

Démarche de prévention
Équipements | Lieux de travail

Conception des lieux et des situations de travail

Santé et sécurité : démarche,
méthodes et connaissances
techniques

ED 950

L'Institut national de recherche et de sécurité (INRS)

pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles est une association loi 1901, créée en 1947 sous l'égide de la Caisse nationale d'assurance maladie, administrée par un Conseil paritaire (employeurs et salariés).

De l'acquisition de connaissances jusqu'à leur diffusion, en passant par leur transformation en solutions pratiques, l'Institut met à profit ses ressources pluridisciplinaires pour diffuser une culture de prévention dans les entreprises et proposer des outils adaptés à la diversité des risques professionnels à tous ceux qui, en entreprise, sont chargés de la prévention : chef d'entreprise, services de prévention et de santé au travail, instances représentatives du personnel, salariés...

Toutes les publications de l'INRS sont disponibles en téléchargement sur le site de l'INRS : www.inrs.fr

Les caisses d'assurance retraite et de la santé au travail (Carsat), la caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France (Cramif) et les caisses générales de sécurité sociale (CGSS) de l'Assurance maladie - Risques professionnels, disposent, pour participer à la diminution des risques professionnels dans leur région, d'un service Prévention composé notamment d'ingénieurs-conseils et de contrôleurs de sécurité. Spécifiquement formés aux disciplines de la prévention des risques professionnels et s'appuyant sur l'expérience quotidienne de l'entreprise, ces professionnels sont en mesure de conseiller et, sous certaines conditions, de soutenir les acteurs de l'entreprise (direction, médecin du travail, instances représentatives du personnel, etc.) dans la mise en œuvre des démarches et outils de prévention les mieux adaptés à chaque situation. Les caisses assurent aussi la diffusion des publications éditées par l'INRS auprès des entreprises.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'INRS, de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite. Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction, par un art ou un procédé quelconque (article L. 122-4 du code de la propriété intellectuelle). La violation des droits d'auteur constitue une contrefaçon punie d'un emprisonnement de trois ans et d'une amende de 300 000 € (article L. 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle).

© INRS, 2025.

Édition : Katia Bourdelet

Conception graphique : Julie&Gilles

Mise en pages : Valérie Latchague-Causse

Illustrations : Jean-André Deledda

ED 950 |
Juin 2025

Démarche de prévention
Équipements | Lieux de travail

Conception des lieux et des situations de travail

Santé et sécurité : démarche,
méthodes et connaissances
techniques

Brochure INRS actualisée par E. Ricci Peignot

Avec l'aide du groupe de travail composé de :

É. Liehrmann et M. Silvan – INRS
T. Depiesse et R. Leval – Carsat Alsace-Moselle
X. Dotal et N. Bourdonneau – Carsat Aquitaine
C. Fernandes et G. Mauguen – Carsat Bretagne
P. Monfayou – Carsat Nord-Picardie
É. Billiard et M. Lauwers Roscouët – Carsat Rhône-Alpes

Et la contribution des experts de l'INRS :

F.-X. Artarit, J.-C. Blaise, F. Bonthoux, P. Chevret, B. Courtois,
B. Daille-Lefevre, C. David, S. Demasy, J.-M. Deniel, R. Feno, C. Gayet,
A. Guilleux, T. Hanotel, S. Hardy, M. Jacques, L. Kerangueven,
A. Le Brech, F. Marc, F. Millorit, M. Mjallad, R. Mouillseaux,
P. Moureaux, T. Nivelet, J. Ratsimihah, L. Robert, A. Romero-Hariot,
B. Salle, E. Silvente, N. Trompette, A.-S. Valladeau, E. Veretout

Et avec la participation de : B. Bisson (Cramif), D. Aoustin (Cimpo),
G. Bouché (ergonome programmeur)

Sommaire

Introduction	8
1 Repères méthodologiques	11
1.1 Conception et prévention	11
1.1.1 Étapes d'un projet de conception	11
1.1.2 Principaux acteurs	14
1.1.3 Enjeux pour la prévention des risques professionnels	14
1.1.4 Démarche générale de prévention en conception	16
1.2 Démarche de conduite de projet	18
1.2.1 Principes fondamentaux pour la conduite de projet	18
1.2.2 Apport de l'ergonomie en conception	19
2 Outils d'aide à la rédaction d'un programme	21
2.1 Recueil des données et analyse des besoins	21
2.2 Réalisation des schémas fonctionnels et définition des surfaces associées	22
2.2.1 Définition des fonctions	22
2.2.2 Détermination des besoins de proximité ou d'éloignement entre fonctions	23
2.2.3 Préparation du schéma fonctionnel	23
2.2.4 Traduction des fonctions en surface	24
2.2.5 Exemples de schémas fonctionnels	24
2.3 Intégration des données dans le programme	26
3 Conception des situations de travail	27
3.1 Dimensions organisationnelles	27
3.1.1 Horaires de travail	27
3.1.2 Communications	28
3.1.3 Rythme de travail	28
3.1.4 Charge physique de travail	28
3.1.5 Posture assise prolongée	30
3.2 Repères dimensionnels	30
3.2.1 Accessibilité	30
3.2.2 Circulations	30
3.2.3 Hauteur de passage	30
3.2.4 Largeurs minimales d'accès aux machines et aux installations industrielles	30
3.2.5 Espacement minimal entre postes de travail	31
3.2.6 Débattement au poste de travail	32
3.2.7 Dimensionnement du poste de travail selon la posture	32
3.3 Interfaces homme-machine	35
3.3.1 Dispositifs d'affichage et de commande	35
3.3.2 Salle de contrôle de commande	35



4	Implantation des bâtiments et des locaux de travail. Circulations	36
4.1	Repères généraux	36
4.1.1	Implantation des bâtiments et des locaux	36
4.1.2	Conception générale des circulations	37
4.1.3	Protection des piétons et prévention des chutes de plain-pied	39
4.1.4	Conception adaptée pour les personnes en situation de handicap	41
4.2	Circulations intérieures	44
4.2.1	Organisation des flux	44
4.2.2	Évacuation en cas d'incendie	45
4.3	Circulations extérieures	47
4.3.1	Organisation des flux et plan de circulation	47
4.3.2	Accès au site et accueil	48
4.3.3	Circulation et stationnement	50
4.3.4	Conception des voiries	54
4.4	Aménagements extérieurs spécifiques	59
4.4.1	Aire de chargement/déchargement de véhicules	59
4.4.2	Pont-bascule	59
4.4.3	Aire ou local de lavage pour véhicules	60
4.4.4	Aire de dépotage de produit liquide	61
5	Ambiances de travail	63
5.1	Bruit	63
5.1.1	Généralités	63
5.1.2	Méthodologie de conception acoustique	65
5.1.3	Différents moyens d'insonorisation	67
5.1.4	Entretien des moyens d'insonorisation	72
5.2	Éclairage	72
5.2.1	Généralités	72
5.2.2	Éclairage naturel	74
5.2.3	Éclairage artificiel	79
5.2.4	Éclairage de sécurité	83
5.2.5	Éclairage extérieur	84
5.3	Ambiances thermiques	85
5.3.1	Généralités	85
5.3.2	Modes de chauffage	88
5.3.3	Équipements de climatisation/refroidissement	94
5.3.4	Travail au froid, en chambre froide ou réfrigérée	95
5.3.5	Travail à la chaleur	96
5.4	Qualité de l'air	97
5.4.1	Généralités	97
5.4.2	Locaux à pollution non spécifique	97
5.4.3	Locaux à pollution spécifique	99
5.4.4	Critères d'efficacité de la ventilation mécanique	102
5.5	Ambiance électromagnétique et rayonnements ionisants	103
5.5.1	Généralités	103
5.5.2	Champs électromagnétiques	103
5.5.3	Rayonnements ionisants	104

6	Prévention des incendies et des explosions	106
6.1	Incendie	106
6.1.1	Généralités	106
6.1.2	Implantation et aménagement intérieur	107
6.1.3	Choix des matériaux de construction	108
6.1.4	Dimensionnement des bâtiments et évacuation	109
6.1.5	Détection, alarme et désenfumage	109
6.1.6	Extinction incendie	109
6.1.7	Aspects particuliers	110
6.1.8	Organisation de la prévention incendie	110
6.2	Explosion (Atex)	110
6.2.1	Généralités	111
6.2.2	Classification et délimitation des zones à risque d'explosion	111
6.2.3	Principes de prévention	112
6.2.4	Choix des matériels pour utilisation en atmosphère explosive	114
7	Structure des bâtiments	115
7.1	Toitures	116
7.1.1	Interventions en toiture	116
7.1.2	Choix des matériaux en toiture, hors circulation	117
7.1.3	Surfaces vitrées ou translucides	118
7.1.4	Surfaces non translucides	119
7.1.5	Ouvrants en toiture	119
7.1.6	Accès et circulation en toiture	120
7.1.7	Lignes de vie et points d'ancrage	120
7.1.8	Autres éléments à prendre en compte	120
7.2	Façades	121
7.2.1	Vitrages en façade	121
7.2.2	Nettoyage des vitrages en façade	122
7.2.3	Matériaux et appareillages à utiliser en façade	122
7.2.4	Accès aux façades	123
7.3	Portes et portails	124
7.3.1	Mesures communes	124
7.3.2	Portes et portails à manœuvre manuelle	125
7.3.3	Portes et portails motorisés à commande manuelle	125
7.3.4	Portes et portails automatiques et semi-automatiques	125
7.3.5	Aménagements de protection contre le risque de collision	126
7.3.6	Autres dispositions	126
7.4	Sols intérieurs	127
7.4.1	Critères principaux	127
7.4.2	Choix entre les revêtements de sols intérieurs	128
7.4.3	Installations sanitaires	128
7.4.4	Prise en compte des contraintes de nettoyage	128
7.5	Escaliers	129
7.5.1	Nombre d'escaliers et largeurs de passage	129
7.5.2	Implantation des escaliers	130
7.5.3	Choix entre escalier droit, à courbe balancée ou hélicoïdal	130
7.5.4	Marches et volées	130

7.5.5 Rampe, garde-corps en rive, main courante	131
7.5.6 Éclairage	131
7.5.7 Ventilation et désenfumage	132

8 Installations techniques, stockages 133

8.1 Installations électriques	133
8.1.1 Généralités	133
8.1.2 Conception des installations	133
8.1.3 Prévention des risques liés à la foudre	135
8.2 Installations en hauteur	136
8.2.1 Moyens d'accès	136
8.2.2 Plates-formes et passerelles de circulation	138
8.2.3 Garde-corps	138
8.2.4 Transfert de charges vers un niveau en hauteur	139
8.3 Espaces confinés	139
8.3.1 Gaines techniques, galeries techniques et vides sanitaires	139
8.3.2 Bassins ou capacités (ouvrages d'assainissement, stockage de produits liquides...)	140
8.4 Dispositifs et moyens de manutention de charge	142
8.4.1 Généralités	142
8.4.2 Choix des moyens de manutention	143
8.4.3 Contraintes associées	145
8.4.4 Installations de manutention continue	147
8.4.5 Moyens de manutention automatisée	147
8.4.6 Appareils de levage	148
8.5 Ascenseurs, monte-charges	150
8.5.1 Implantation et choix	150
8.5.2 Ascenseur praticable pour personne en fauteuil roulant	150
8.5.3 Aménagements pour la sécurité du personnel d'entretien	151
8.6 Locaux techniques	151
8.6.1 Dimensionnement	151
8.6.2 Locaux pour les activités de mise en propreté	152
8.6.3 Locaux de charge de batteries d'accumulateurs	152
8.6.4 Locaux de production d'énergie et de gestion de réseaux	152
8.6.5 Ateliers d'entretien	153
8.7 Installations de stockage	153
8.7.1 Conception générale des stockages	154
8.7.2 Stockage en rayonnage	156
8.7.3 Stockage à l'air libre	157
8.7.4 Stockage en silos et trémies	157
8.7.5 Stockage en cuves ou citernes	158
8.7.6 Stockage des produits chimiques	158
8.8 Déchets	160
8.8.1 Méthodologie de conception	160
8.8.2 Collecte à la source	161
8.8.3 Traitement et évacuation des déchets produits	161
8.8.4 Spécificités pour les déchets radioactifs	162
8.8.5 Spécificités pour le secteur agroalimentaire	162

9	Bureaux et salles de réunion	164
9.1	Définitions	164
9.1.1	Typologie des bureaux	164
9.1.2	Nouvelles formes d'organisation spatiale du travail	165
9.2	Principes généraux	166
9.2.1	Choix des types d'aménagement en fonction des activités de travail	166
9.2.2	Enjeux liés à l'implantation des postes de travail	166
9.2.3	Implantation des espaces collectifs et des circulations	167
9.2.4	Flexibilité	167
9.3	Dimensionnement	167
9.3.1	Espaces de travail fermés	167
9.3.2	Espaces de travail ouverts	168
9.3.3	Accès aux postes de travail	169
9.4	Choix du mobilier	170
9.5	Ambiances de travail	171
9.5.1	Bruit	171
9.5.2	Éclairage	172
9.5.3	Qualité de l'air intérieur	172
9.5.4	Ambiance thermique	173
9.6	Salles de réunion	173
9.6.1	Implantation	173
9.6.2	Aménagement et configuration	173
9.6.3	Ambiances	174
10	Installations sanitaires et locaux sociaux	175
10.1	Installations sanitaires	175
10.1.1	Dispositions générales	175
10.1.2	Cabinets d'aisances et lavabos	176
10.1.3	Vestiaires	178
10.1.4	Douches	180
10.2	Installations de restauration collective	180
10.2.1	Lieux de restauration	181
10.2.2	Cuisines de restauration collective	182
10.3	Locaux médicaux et de premiers soins	184
10.3.1	Locaux pour services médicaux du travail	184
10.3.2	Locaux de premiers soins	185
10.4	Salles de détente	185
10.4.1	Implantation	185
10.4.2	Ambiances physiques	186
10.4.3	Capacité	186
10.4.4	Aménagements particuliers	186
10.4.5	Mobilier et esthétique	186

11	Signalisation et signalétique de sécurité	187
11.1	Généralités	187
11.2	Signalisation de santé et de sécurité réglementaire	188
11.3	Signalétique fonctionnelle	188
12	Réalisation, mise en service, maintenance	190
12.1	Validation des choix jusqu'à la mise en service	190
12.1.1	Démarche générale	190
12.1.2	Suivi du chantier	191
12.1.3	Visites avec les futurs utilisateurs	191
12.1.4	Mise en place des mesures de prévention à la mise en service	191
12.2	Prise en compte de la maintenance ultérieure	191
12.2.1	Dossier des ouvrages exécutés (DOE)	192
12.2.2	Dossier d'intervention ultérieure sur ouvrage (DIUO)	192
12.2.3	Dossier de maintenance des lieux de travail (DMLT)	192
12.2.4	Notices d'instructions des équipements	192

Introduction

Cette brochure résulte d'un travail réunissant des ingénieurs de la Cnam, des Carsat et des experts de l'INRS, pour regrouper au sein d'un seul document les données utiles à la conception des lieux et des situations de travail afin d'améliorer la sécurité, la santé et le bien-être au travail.

Le constat initial est que les projets de conception ont surtout tendance à être traités d'un point de vue économique et technique. Les choix de production, d'organisation, de technologie sont parfois décidés et figés sans même que les activités futures des opérateurs soient prises en compte. Or, pour prévenir les risques d'accidents, les problèmes de santé mais aussi les problèmes de fiabilité du process (gestion des pannes et des modes dégradés...), tout processus de conception nécessite une compréhension et une intégration de la réalité du travail.

Objectif de la brochure

L'objet de cette brochure est d'aider à concevoir des espaces de travail permettant de prévenir les risques professionnels et d'améliorer les conditions de travail, tout en favorisant la performance globale de l'entreprise. En effet, la prévention des risques professionnels est toujours plus efficace et plus économique lorsqu'elle est intégrée dès les premières étapes d'un projet de conception.

On entend par projet de conception tout type d'aménagement, de réaménagement, de rénovation ou de création d'espace de travail, qu'il y ait ou non un dépôt de permis de construire. Les projets dits de petites dimensions, tels que l'installation d'un système de captage, le choix d'une machine et son implantation, la réorganisation d'une petite ligne de production, entrent également dans ce périmètre.

Les repères méthodologiques et techniques présentés sont applicables à tout type d'activité, qu'elle relève du secteur industriel ou tertiaire.

Cette brochure ne prétend pas être exhaustive mais alerte sur les éléments particulièrement structurants des espaces qui ne peuvent être corrigés, ou que très difficilement, une fois les travaux réalisés. Les éléments techniques et méthodologiques proposés constituent des repères généraux et doivent être considérés comme un support de réflexion. La variabilité des systèmes de production et des activités de travail est telle qu'il ne peut être imaginé d'appliquer des solutions standards de façon systématique. Ce document suppose donc une appropriation par l'entreprise au regard de ses spécificités.

À qui s'adresse la brochure ?

Cette brochure s'adresse prioritairement aux maîtres d'ouvrage et aux chefs d'entreprise, en tant que responsables du projet, mais elle donne des repères à la fois méthodologiques et techniques utiles à l'ensemble des acteurs d'un projet de conception (architectes, bureaux d'études, préventeurs, salariés d'entreprise...). Il s'agit de partager un

référentiel commun facilitant le dialogue entre les différents acteurs, autour de la question des activités futures et de la prévention des risques professionnels.

Limites de la brochure

Cette brochure traite spécifiquement des repères en prévention des risques professionnels en lien avec la conception et n'a pas vocation à faire état des autres obligations qui incombent à un maître d'ouvrage (installation classée pour l'environnement (ICPE), établissement recevant du public (ERP), immeuble de grande hauteur (IGH), accessibilité, norme environnementale, sécurité sanitaire des aliments (HACCP)...). Par ailleurs, la prévention des risques professionnels pendant la réalisation des travaux (phase dite de chantier) n'est abordée que brièvement au chapitre 12.

Réglementation

La réglementation pour la prévention des risques professionnels à la conception est encadrée par les dispositions suivantes :

- l'obligation de mettre en place une démarche globale de prévention fondée sur les principes généraux de prévention (énumérés à l'article L. 4121-2 du Code du travail) et sur une évaluation des risques,
- l'obligation de prévoir les principes d'intervention ultérieure sur l'ouvrage avec l'aide du CSPS (coordonnateur sécurité, protection de la santé) dans le but d'améliorer la sécurité lors des travaux d'entretien, de nettoyage et de réparation de l'ouvrage.

Les dispositions législatives et réglementaires propres à la prévention des risques professionnels et applicables lors de la conception ou l'aménagement des locaux et situations de travail font l'objet d'une autre brochure : « Conception des lieux de travail. Obligations des maîtres d'ouvrage. Réglementation » ED 773, INRS. Cette brochure permet notamment de mettre en évidence les aspects techniques imposés par la réglementation.

Les obligations relatives aux maîtres d'ouvrage pour la conception des lieux de travail sont présentées ici comme des repères techniques à part entière, au même titre que les normes, lorsqu'elles constituent des références suffisantes pour prévenir les risques professionnels. Certaines valeurs découlent par ailleurs de l'expérience des préventeurs, lorsque les références réglementaires ou normatives ne suffisent pas pour prévenir efficacement les risques professionnels.

Organisation de la brochure

La brochure propose 12 chapitres, articulés de la façon suivante :

- deux chapitres d'ordre méthodologique :
 - le premier chapitre présente les grandes étapes de la conception, les acteurs et les enjeux pour la prévention des risques professionnels, ainsi

que des repères pour mettre en place une démarche de conduite de projet structurée,

- le second chapitre détaille des outils utiles à la rédaction du programme, document fondamental en conception, qui correspond à la formalisation des exigences du projet, notamment en matière de santé et de sécurité au travail ;

- des chapitres regroupant des repères techniques pour orienter la conception, en complément de la méthodologie proposée :

- le chapitre 3 donne des repères transversaux pour la conception des situations de travail en rapport avec les dimensions organisationnelles, dimensionnelles et les interfaces homme-machine,

- les chapitres 4 à 8 balayent successivement différents aspects qu'il faut pouvoir combiner pour garantir une approche globale de la conception : l'implantation des bâtiments et des locaux, les circulations, les ambiances de travail, la prévention des risques incendie et explosion, les éléments en lien avec la structure même du bâtiment, et des données plus techniques (installations électriques, locaux techniques, manutention, stockage, déchets...),

- les chapitres 9 et 10 présentent des dispositions spécifiques pour la conception des bureaux et salles de réunion, ainsi que pour les locaux sociaux (vestiaires, sanitaires, restauration, locaux médicaux, salle de détente),

- le chapitre 11 traite des éléments en lien avec la signalétique ;

- un dernier chapitre qui synthétise les éléments clés pour la prévention, durant les phases de réalisation et de mise en service, en vue de la maintenance et de l'usage ultérieur des locaux.

– Toutes les normes citées dans cette brochure sont éditées par l'Afnor et sont disponibles à l'adresse suivante : www.boutique-afnor.org.

– Les références bibliographiques sont présentées à la fin de chaque chapitre.





1. Repères méthodologiques

Ce chapitre propose de clarifier les étapes et le rôle des acteurs d'un projet de conception. Il donne aussi des repères méthodologiques pour intégrer la prévention des risques professionnels lors d'un projet de conception de lieux ou de situations de travail.

1.1 Conception et prévention

1.1.1 Étapes d'un projet de conception

Un projet de conception s'inscrit dans une volonté de modifier une situation existante ou de créer une nouvelle situation de travail, pour répondre à un projet plus global de l'entreprise (développement commercial, augmentation de la production ou des effectifs, amélioration des conditions de travail...).

Pour mener à bien un projet de conception architectural, la maîtrise d'ouvrage (c'est-à-dire l'entité responsable de la commande et de la réception de l'ouvrage final) doit structurer la conduite de son projet, en mobilisant les bonnes personnes et en clarifiant leurs rôles et responsabilités (voir § 1.1.2).

Un projet de conception s'articule globalement autour des grandes étapes suivantes :

- **Les études d'opportunité et de faisabilité** : cette phase d'analyse permet de clarifier le projet global de l'entreprise et de définir les enjeux associés. Elle aboutit à la décision de réaliser ou non le projet et, généralement, à la production d'une note de cadrage.
- **La phase de programmation** : il s'agit de rédiger explicitement dans un document (appelé programme) les besoins et attendus au regard du projet d'entreprise. Plus le programme est clair et précis, plus le projet a des chances de réussir. Le chapitre 2 présente des outils utiles pour la rédaction de ce document.

Exprimer les besoins du projet de façon claire et précise pour le concepteur.

- **La phase de conception** : dans cette étape, le concepteur mobilise ses savoirs techniques et créatifs en réalisant les plans du projet et en les détaillant tout au long du processus (de l'esquisse aux plans d'exécution, voir encadré page 13 « Les plans et la notion d'irréversibilité »). Les données du programme doivent être facilement exploitables et compréhensibles. Un dialogue entre le responsable du projet et le concepteur doit permettre de lever toute ambiguïté sur les attendus. Les plans détaillés servent ensuite à l'élaboration du dossier

de consultation des entreprises (DCE) pour permettre la réalisation des travaux.

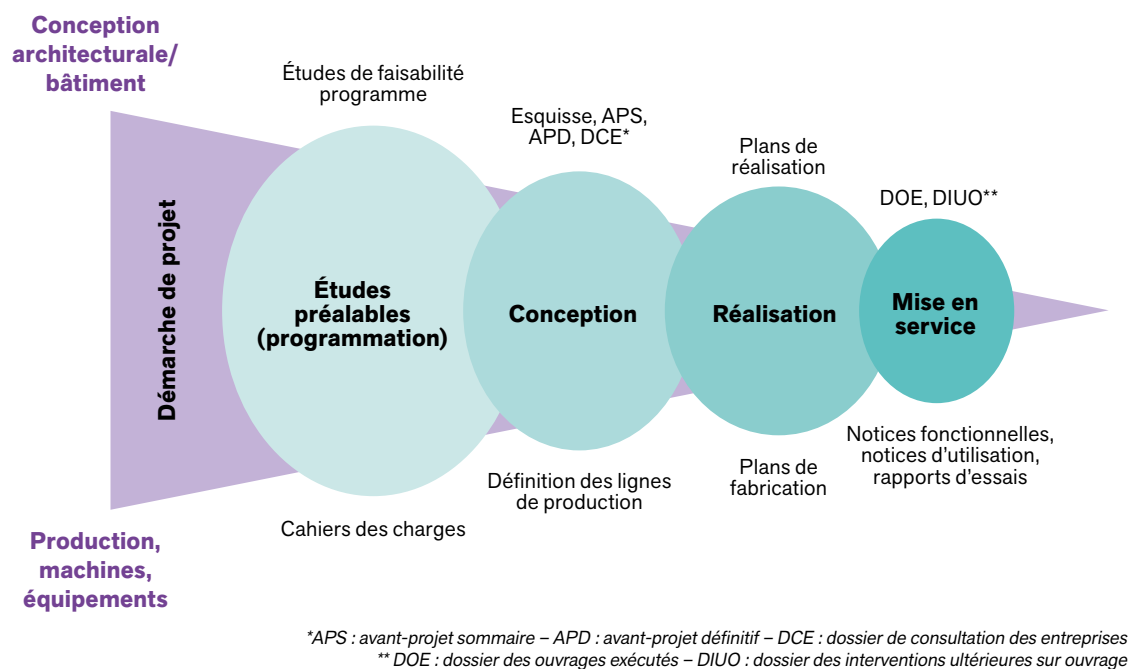
C'est sur la base des plans qu'est construit un lieu de travail : il faut s'assurer qu'ils répondent aux besoins.

- **La phase de réalisation** : dite « phase chantier », elle correspond à la phase de construction effective du projet. À ce stade, les modifications lourdes (décaler l'emplacement d'un mur ou d'une porte, rajouter des surcharges au sol...) sont quasiment impossibles.
- **La mise en service** : phase de finalisation du projet, elle correspond notamment à la réception et à l'appropriation des nouveaux espaces de tra-

vail. Les ajustements correctifs doivent rester à la marge. Différents dossiers sont remis à cette phase, comme le dossier des interventions ultérieures sur ouvrages (DIUO), initié en phase de conception (voir § 12.2).

Pour un projet de conception d'une ligne de production industrielle, la formalisation des exigences est synthétisée dans un cahier des charges fonctionnel (voir brochure ED 6231 [1]) et les plans de plus en plus détaillés relèvent plutôt des plans de fabrication. La démarche générale de conception et les enjeux restent néanmoins similaires.

Les différents documents qui accompagnent le projet, qu'il soit architectural ou industriel, sont synthétisés dans la figure 1.1.



■ Figure 1.1 – Étapes d'un projet de conception et principaux documents associés.

■ Les plans et la notion d'irréversibilité

Les plans reflètent la traduction de ce que le concepteur a compris de la demande initiale. Si la demande est incomplète au départ, le concepteur orientera son projet sur la base de ses propres hypothèses, au risque de ne pas répondre aux spécificités de l'entreprise. Tout l'enjeu de la conception réside dans l'expression claire des besoins par le responsable du projet et de sa bonne compréhension par le concepteur.

Toute fonction qui n'aura pas été définie clairement dans le programme par le maître d'ouvrage, avec une surface associée, ne pourra pas être dessinée sur les plans. Elle ne sera pas construite au final, sauf actions correctives coûteuses.

Les différents niveaux de détails représentés successivement sur les plans figent un certain nombre d'aspects qu'il sera très difficile, voire impossible sans surcoût, de remettre en question par la suite.

- **L'esquisse** : elle traduit les éléments majeurs du programme, généralement à une échelle de représentation 1/500^e pour les plans généraux et les détails au 1/200^e. Elle fixe le parti pris ou concept architectural et l'intégration au site.

Même si le niveau de détail est restreint, il est fondamental à ce stade de vérifier que l'esquisse comporte bien l'ensemble des éléments attendus et les surfaces demandées dans le programme. C'est à cette phase que le maître d'œuvre examine la compatibilité entre le programme et l'enveloppe financière fixée par le maître d'ouvrage.

- **L'avant-projet sommaire (APS)** : il précise la composition générale en plan et en volume, permet d'apprécier les volumes intérieurs et l'aspect extérieur de l'ouvrage, et propose les grandes lignes des solutions techniques. L'échelle généralement utilisée est au 1/200^e.

Les ajustements de structure peuvent encore être réalisés, mais les grands principes d'implantation sont déjà figés par l'esquisse.

- **L'avant-projet définitif (APD)** : il détaille les surfaces de tous les éléments du programme, arrête en plans, coupes et façades les dimensions du bâtiment et son aspect, insère les éléments de détails tels que les réseaux techniques, les pentes de sols, l'implantation des siphons...

À ce stade, seul l'agencement du matériel peut être ajusté à moindre coût. Les surfaces définies au départ doivent donc être justes pour intégrer les équipements et les espaces de travail adaptés sans difficultés (voir § 2.2.4). L'estimation définitive du coût prévisionnel des travaux est arrêtée.

Une fois les étapes d'avant-projet validées par le maître d'ouvrage, le concepteur peut passer à la réalisation des plans d'exécution qui serviront à la consultation des entreprises de travaux pour la réalisation du chantier.

1.1.2 Principaux acteurs

Le tableau 1.1 présente les principaux acteurs dans un projet de conception architecturale et leurs principales missions, notamment au regard de la prévention des risques professionnels. Dans le cadre de la conception d'une ligne de production ou pour des projets de réaménagement ne nécessitant pas de dépôt de permis de construire, les missions décrites dans le tableau 1.1 doivent être assurées par des acteurs disposant d'une définition claire de leurs rôles et responsabilités.

Le maître d'ouvrage doit rester investi de sa responsabilité de commanditaire et de décideur pendant toute la durée du projet.

La figure 1.2 présente les acteurs mobilisés selon les étapes du projet de conception architecturale.

1.1.3 Enjeux pour la prévention des risques professionnels

Chaque acteur d'un projet de conception a ses propres enjeux, plus ou moins partagés avec les autres acteurs, voire contradictoires. Par exemple, pour un chef d'entreprise, les enjeux peuvent être l'investissement financier, la possibilité d'adapter son outil de travail pour améliorer la production, la qualité du produit ou du service, ou les conditions de travail. Pour un architecte, une conception

nouvelle peut représenter un enjeu commercial, en constituant une référence supplémentaire pour son activité. Il est donc nécessaire de partager une vision globale des enjeux et des objectifs de l'ensemble des parties prenantes du projet (voir § 1.2).

Sur le plan technique, un bâtiment difficile à entretenir se dégrade rapidement, un équipement de travail dont les opérations de maintenance et de réparation sont longues en raison des difficultés d'accès occasionne des arrêts de production, un coût supplémentaire d'intervention et une disponibilité réduite. Des appareils d'éclairage inaccessibles seront mal nettoyés, les ampoules grillées non remplacées, ce qui entraînera une ambiance sombre, une fatigue des opérateurs, un risque de chute et d'accident accru et une perte d'efficacité.

Intégrer la prévention des risques professionnels dès la conception permet de réduire durablement les accidents du travail, les maladies professionnelles, tout en améliorant la performance globale de l'entreprise.

Les machines et équipements techniques, par exemple les installations de ventilation, de chauffage et de climatisation, les machineries de monte-charges et d'ascenseurs, les ponts roulants, les systèmes de stockage et de manutention sont, par ailleurs, très interdépendants de la conception du bâtiment lui-même. Les contraintes particulières

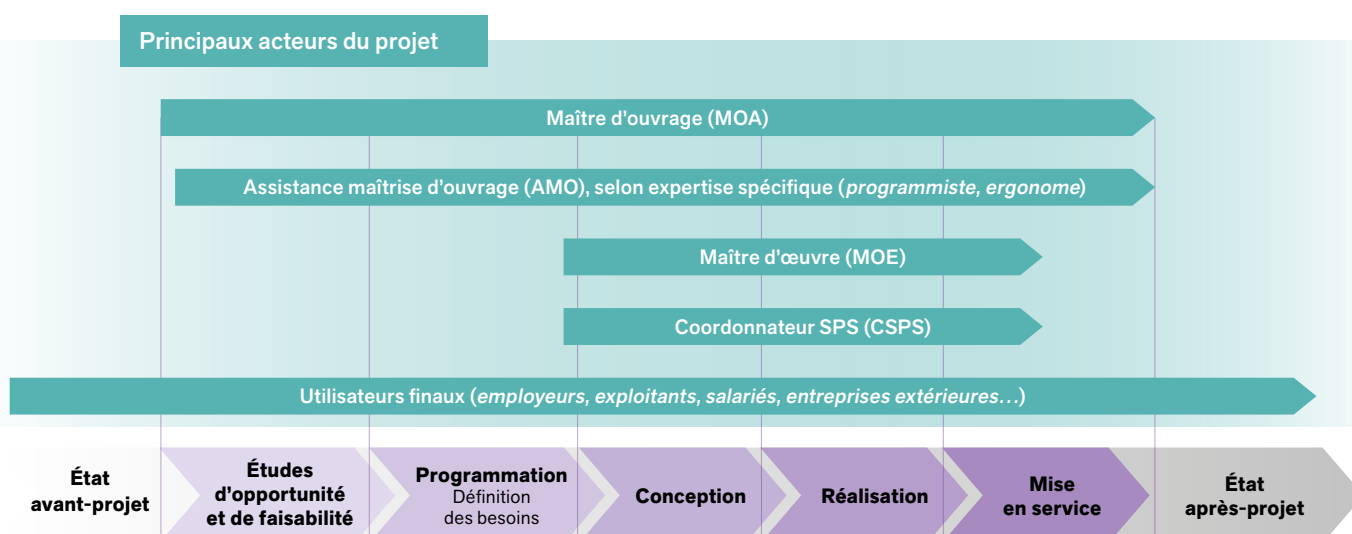


Figure 1.2 – Les étapes d'un projet : principaux acteurs.

Tableau 1.1: Synthèse des principaux acteurs d'un projet de conception architecturale et de leurs missions principales.

Acteurs	Définition	Principales missions dans le projet
Maître d'ouvrage ou maîtrise d'ouvrage (MOA) Peut être l'employeur, un promoteur immobilier, une direction immobilière interne, un organisme public (mairie, collectivité, syndicat d'assainissement...)	Personne physique ou morale pour le compte de qui l'ouvrage ou les travaux sont exécutés.	Définit les besoins et les traduit en programme architectural. Définit l'enveloppe financière. Choisit le terrain. Choisit la maîtrise d'œuvre et lui passe la commande de l'ouvrage . Désigne le coordonnateur en matière de sécurité et de protection de la santé (coordonnateur SPS) et garantit son intégration pendant toutes les phases de l'opération. Pilote et organise la conduite de projet. Valide tous les choix de conception jusqu'à la réception de l'ouvrage . Réceptionne l'ouvrage et le dossier d'interventions ultérieures sur ouvrage (DIUO) élaboré par le coordonnateur SPS. Donne le dossier de maintenance des lieux de travail (DMLT) à l'utilisateur des lieux (voir § 12.2.3).
Maître d'œuvre ou maîtrise d'œuvre (MOE) Architecte, ingénierie spécialisée ou bureau d'études technique, entrepreneur...	Personne physique ou morale responsable de la conception et de la réalisation des travaux.	Conçoit le projet (apporte une réponse architecturale et spatiale aux exigences du programme). Suit l'exécution des travaux. Conseille le MOA sur les aspects techniques en matière de réalisation de l'ouvrage (devoir de conseil de l'architecte). Assiste le maître d'ouvrage pour la réception des travaux.
Coordonnateur en matière de sécurité et protection de la santé (coordonnateur SPS) Compétence réglementaire	Personne physique désignée par le MOA avant l'avant-projet sommaire (APS).	Fait appliquer les principes généraux de prévention pour la réalisation du chantier. Coordonne la sécurité sur le chantier. Élabore le plan général de coordination. Élabore et met à jour le DIUO pour le compte du MOA.
Assistance maîtrise d'ouvrage (AMO) Programmist, ergonomiste, expert environnement, architecte...	Toute personne dont les compétences spécifiques permettent d'assister le MOA dans la conception et la réalisation de son projet.	Conseille le MOA sur des aspects méthodologiques (y compris conduite du projet), organisationnels ou techniques (sécurité, ergonomie, environnement...).
L'employeur Chef d'entreprise, pouvant être ou non le MOA	Responsable de l'utilisation des lieux de travail.	Garantit la santé et la sécurité de ses salariés (en mettant en œuvre les principes généraux de prévention). Assure l'entretien des locaux dans des conditions de sécurité satisfaisantes. Même s'il n'est pas MOA, l'employeur doit vérifier que les travaux réalisés lui permettront, à terme, de tenir ses obligations en matière de santé et de sécurité au travail.
Les utilisateurs finaux Toutes les personnes amenées à travailler dans l'espace futur (exploitants, maintenance, administratifs, employeur...), qu'elles soient internes ou non à l'entreprise	Experts de leur propre activité dans l'entreprise.	Ont des connaissances sur l'usage actuel de l'espace existant. Peuvent évaluer les propositions d'organisation du travail envisagées au regard de leurs connaissances métier. Peuvent évaluer la possibilité d'exercer leur métier efficacement et en sécurité selon les propositions de plans. Ils sont à la fois ceux qui connaissent les besoins pour mener à bien leur travail et ceux pour qui l'espace deviendra une ressource ou une contrainte pour exercer leur activité. À ce titre, ils constituent des acteurs incontournables de la conception.

Remarque

Dans un certain nombre de projets de conception, la maîtrise d'ouvrage est occasionnelle, c'est-à-dire que la fonction n'est tenue qu'une seule fois dans une carrière professionnelle. Particulièrement dans cette configuration, il est essentiel que le maître d'ouvrage soit accompagné par des organismes de prévention (service de santé au travail, Carsat...) ou par des assistants à la maîtrise d'ouvrage ayant des compétences dans la prévention des risques professionnels.

d'implantation, d'exploitation, de sécurité, de maintenance, voire de démantèlement, doivent donc être intégrées dès la conception du cadre bâti.

Prévenir les risques professionnels dès la conception contribue à assurer des conditions de travail efficaces (recherche d'efficacité à moindre coût pour les opérateurs), à faciliter la maintenance, à diminuer l'absentéisme et le turn-over, à faciliter le recrutement, à fidéliser les salariés, et à la bonne santé économique de l'entreprise.

1.1.4 Démarche générale de prévention en conception

La démarche générale de prévention des risques professionnels en conception consiste à :

– **s'appuyer sur les résultats de la démarche d'évaluation des risques professionnels** (formalisée dans

le DUERP⁽¹⁾) réalisée dans les espaces de travail existants : identifier les contraintes, les risques et la manière de les traiter dans le projet,

– **analyser et évaluer les choix** concernant le bâtiment, l'organisation du travail et le process vis-à-vis des risques potentiels encourus par les personnes, – **élaborer des choix de conception** techniques et organisationnels qui permettent de supprimer les risques ou de les maîtriser.

Cette démarche exige que le maître d'ouvrage reste impliqué tout au long du projet, depuis la phase de conception jusqu'à la réception de l'ouvrage (voir tableau 1.2).

Les principes généraux de prévention qui s'imposent à l'employeur doivent permettre de guider et de prioriser les choix de conception (voir encadré « Principes généraux de prévention »).

1. DUERP : le document unique d'évaluation des risques professionnels est un document obligatoire pour l'employeur, qui formalise son évaluation des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs.

Tableau 1.2 : Synthèse des principaux enjeux et des actions nécessaires de la part du maître d'ouvrage pour intégrer la prévention des risques professionnels à chaque étape de la conception.

Phase	Objectif pour la prévention des risques professionnels	Actions de la maîtrise d'ouvrage pour y parvenir
Études d'opportunité et de faisabilité	Identifier les grands enjeux en matière de santé, conditions de travail et prévention des risques et s'assurer de leur prise en compte dans le cadrage du projet.	Analyser les risques et conditions de travail de la situation existante ou dans des situations de référence.
Programmation	Clarifier et définir dans le programme les objectifs en matière de prévention des risques professionnels et d'amélioration des conditions de travail.	Simuler différents scénarios des futures activités pour supprimer les risques à la source et améliorer les conditions de travail. Formuler les exigences vérifiables qui permettent de prévenir les risques professionnels selon l'organisation du travail souhaitée et les moyens associés (humain, matériel, spatial).
Conception	Supprimer ou réduire les risques a priori sur les plans, en considérant la dimension dynamique du travail et tous les métiers.	Vérifier la prise en compte effective des exigences sur les plans (analyser les plans avec rigueur). Dialoguer avec le concepteur et lui faire préciser les éléments présents sur les plans et ceux qui n'apparaissent pas encore. Simuler sur les plans avec les salariés la façon dont ils pourraient travailler et faire ajuster la conception pour répondre aux principes généraux de prévention.
Réalisation	Vérifier que les éléments demandés au titre de la prévention des risques professionnels sont correctement réalisés/construits.	Suivre la réalisation du chantier. Arbitrer sur les écarts entre la réalisation effective et les plans, au regard des conséquences sur la santé au travail et la prévention des risques professionnels. Demander les ajustements nécessaires.
Mise en service	Analyser les risques résiduels et mettre en place des mesures correctives éventuelles.	Permettre l'appropriation des lieux par les salariés (organiser des visites dès la « phase chantier »). Réaliser les ajustements éventuels des postes de travail selon les retours des salariés. Mettre à jour ou créer le document unique d'évaluation des risques professionnels.



Principes généraux de prévention et obligations de l'employeur et du maître d'ouvrage

Articles L. 4121-1 et L. 4121-2 du Code du travail

« Obligations de l'employeur »

L'employeur doit prendre les mesures nécessaires pour assurer la sécurité et protéger la santé des travailleurs sur le fondement des principes généraux de prévention suivants :

1. Éviter les risques.
2. Évaluer les risques qui ne peuvent pas être évités.
3. Combattre les risques à la source.
4. Adapter le travail à l'homme, en particulier en ce qui concerne la conception des postes⁽²⁾ de travail ainsi que le choix des équipements de travail et des méthodes de travail et de production, en vue notamment de limiter le travail monotone et le travail cadencé et de réduire les effets de ceux-ci sur la santé.
5. Tenir compte de l'état d'évolution de la technique.
6. Remplacer ce qui est dangereux par ce qui n'est pas dangereux, ou par ce qui est moins dangereux.
7. Planifier la prévention en y intégrant, dans un ensemble cohérent, la technique, l'organisation du travail, les conditions de travail, les relations sociales et l'influence des facteurs ambiants, notamment les risques liés au harcèlement moral et au harcèlement sexuel, ainsi que ceux liés aux agissements sexistes.
8. Prendre des mesures de protection collective en leur donnant la priorité sur les mesures de protection individuelle.
9. Donner les instructions appropriées aux travailleurs.

Articles L. 4211-1 et R. 4211-1 et suivants du Code du travail

« Obligations du maître d'ouvrage »

Le maître d'ouvrage entreprenant la construction ou l'aménagement de bâtiments destinés à recevoir des travailleurs doit se conformer aux dispositions légales visant à protéger leur santé et sécurité au travail, que ces opérations nécessitent, ou non, l'obtention d'un permis de construire.

Loi Essoc : un nouveau dispositif permettant de déroger à certaines règles de construction

Instauré par l'ordonnance du 30 octobre 2018⁽³⁾ prise en application de la loi du 10 août 2018 pour un État au service d'une société de confiance, dite loi Essoc, le « permis de faire », également dénommé « permis d'expérimenter » permet aux maîtres d'ouvrage et aux constructeurs de déroger à certaines règles de construction. Ces dérogations ne sont toutefois possibles que s'ils apportent la preuve qu'ils parviennent, par les moyens qu'ils mettent en œuvre, à des résultats équivalents à ceux découlant de l'application des règles auxquelles il est dérogé, et que ces moyens présentent un caractère innovant d'un point de vue technique ou architectural. Ainsi, cette loi permet aux constructeurs, notamment en matière de sécurité incendie, d'aération des logements ou encore d'accessibilité du cadre bâti, de justifier de la garantie d'un niveau de sécurité satisfaisant autrement qu'en se référant aux dispositions prescriptives prévues par la réglementation, en particulier dans les établissements recevant des travailleurs.

Dans le domaine de la conception des bâtiments, la réglementation est donc en cours de mutation ; ce nouveau dispositif introduisant une certaine liberté de « faire différemment » que ce qui est précisément prescrit. Et ces évolutions ont nécessairement des conséquences sur la mise en œuvre de la prévention des risques professionnels, dans la mesure où les employeurs doivent s'assurer que les locaux qu'ils utilisent sont conformes à la réglementation en termes d'hygiène et de sécurité du travail.

Pour en savoir plus, voir l'article « Dérogations à certaines règles de construction : conséquences de la loi Essoc pour la protection incendie » [2].

2. Le poste de travail inclut l'espace dans lequel il s'insère et la relation avec les autres espaces.

3. Ordonnance n° 2018-937 du 30 octobre 2018 visant à faciliter la réalisation de projets de construction et à favoriser l'innovation.

1.2 Démarche de conduite de projet

Les principes exposés ci-après sont ceux que le réseau prévention considère comme essentiels pour s'assurer d'une prise en compte effective et efficace de la prévention des risques professionnels dans un projet de conception.

1.2.1 Principes fondamentaux pour la conduite de projet

La réussite d'un projet de conception réside dans la capacité du maître d'ouvrage à :

- **Agir en amont des projets** : plus le projet avance dans le temps, plus il est difficile de modifier la conception d'ensemble. Certaines décisions sont irréversibles, et ce très tôt dans le projet (dès la validation de l'esquisse du projet). Il est donc important de clarifier les besoins avant même d'avoir des plans pour permettre leur intégration à la conception. Ces besoins doivent être identifiés et formalisés dans le programme.

Ne pas attendre les plans pour s'interroger sur les futures conditions de travail afin de faciliter leur intégration au projet.

- **Garantir une vision globale** : cela consiste à mobiliser les compétences adéquates permettant la prise en compte de l'ensemble des composantes du projet, c'est-à-dire non seulement des aspects de performance économique ou technique et environnementale, mais aussi ceux liés à la santé, à la sécurité, à l'hygiène, aux conditions de travail et à l'organisation du travail. La concrétisation d'un projet de conception est le résultat de compromis entre ces différentes composantes. Il est essentiel d'y intégrer la prévention des risques professionnels et l'usage futur pour aboutir à des conditions de travail adaptées. Ces compromis doivent être discutés dans des groupes de suivi du projet créés à cet effet. Les décisions finales reviennent à la maîtrise d'ouvrage qui doit pouvoir arbitrer tout au long du projet au regard de l'ensemble des points de vue, dans une instance clairement identifiée (comité de pilotage).

- **S'appuyer sur une démarche participative** : il s'agit de mettre en place un ou plusieurs groupes de travail mobilisés à chaque phase du projet. L'ensemble des métiers concernés y est représenté (exploitation, maintenance...) et des acteurs complémentaires sont sollicités selon les besoins : ingénieurs, ergonomes, architectes, responsables des ressources humaines, responsables de l'hygiène et sécurité, services de santé au travail... (voir encadré « Structurer la conduite de projet »).

Structurer la conduite de projet

Il est recommandé de mettre en place une conduite de projet structurée, qui permet de mobiliser l'ensemble des acteurs concernés, de caractériser leurs rôles, leurs missions et leurs limites de responsabilité. Sa forme concrète va dépendre de la taille de l'entreprise, de son fonctionnement, de l'importance du projet à mener. Cette organisation s'appuie généralement sur :

- **Un comité de pilotage** : instance de coordination, de prise de décisions et d'arbitrage, qui assure, dans les limites fixées par le maître d'ouvrage ou le chef d'entreprise, la gestion (technique, économique...) du projet.
- **Un groupe de suivi du projet** : instance qui assure la cohérence globale entre les différentes disciplines (ingénierie, qualité sécurité environnement, préventeurs, service de santé au travail...), généralement en lien direct avec le concepteur.
- **Un ou plusieurs groupes de travail** : porteurs du point de vue du travail réel, avec des représentants de chaque métier, ces groupes n'ont pas de rôle décisionnel mais un rôle d'instruction des choix de conception au regard des besoins relatifs à l'usage. L'apport des intervenants extérieurs (ergonome, programmeur, préventeur, architecte...) peut utilement nourrir leur réflexion, à condition de connaître les situations de travail propres à l'entreprise (ressources ou difficultés rencontrées, variabilité des situations de travail...). L'animation de ces groupes doit être rigoureuse afin que la sollicitation des salariés soit utile : périmètre du projet et possibilités réelles de modifications claires et annoncées ; formalisation systématique et exhaustive des choix réalisés en retraçant l'historique des arbitrages suite aux simulations réalisées (voir § 1.2.2).

Les instances représentatives du personnel doivent être consultées pour tout aménagement important modifiant les conditions de santé et de sécurité ou les conditions de travail. Au-delà de cette obligation, il est fortement recommandé de les impliquer dans la démarche pour leur connaissance globale de l'entreprise et afin de faciliter l'appropriation du projet par tous.

- **Prévoir un processus itératif** : cela consiste à avoir des échanges réguliers tout au long du projet entre le maître d'ouvrage et le concepteur, pour vérifier la correspondance des plans avec les besoins exprimés. Cette itération doit être réalisée à chaque modification de plans (changement structurel, déplacement ou ajout d'équipements, précision du niveau de détails...). Le double enjeu de ces allers-retours est, d'une part, de donner les éléments au bon moment au concepteur et, d'autre part, de s'assurer tout au long du projet que l'avancement ne dégrade pas la réponse aux exigences formulées au départ.

1.2.2 Apport de l'ergonomie en conception

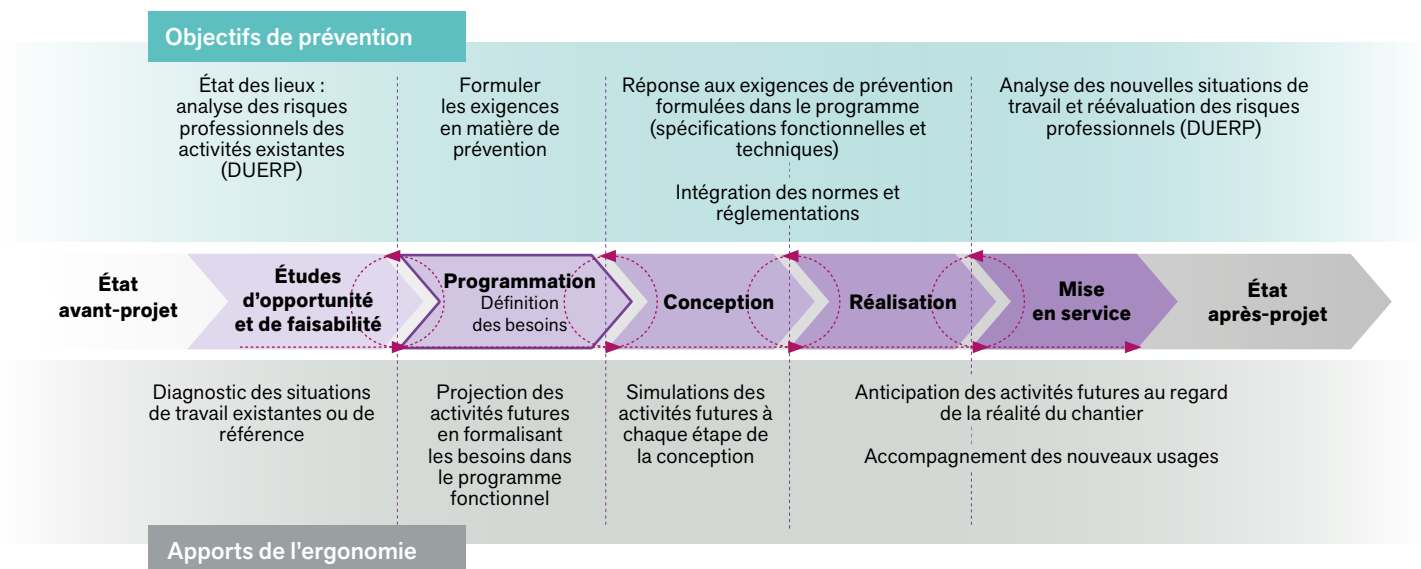
L'analyse du travail réel en ergonomie permet de clarifier les besoins et les contraintes du travail au regard des capacités et limites des personnes. Elle permet en particulier de mettre en visibilité la variabilité des situations de travail (fluctuation saisonnière, fonctionnement en mode dégradé...)

et la diversité des éléments qui les composent (aspects humain, technique et organisationnel). Ces éléments sont essentiels pour prendre en compte convenablement les repères techniques liés à la prévention des risques professionnels.

Les apports structurants de l'ergonomie dans un projet de conception peuvent être envisagés à plusieurs niveaux (voir figure 1.3) :

- Établir un diagnostic des situations de travail basé sur l'analyse du travail réel :
 - ressources ou difficultés des situations de travail existantes dans l'entreprise ou dans des situations de référence.
 - enjeux de santé et de performance.
- Définir des repères pour la conception :
 - besoins et contraintes liés à l'homme, aux tâches à réaliser, à l'environnement,
 - scénarios (activités futures projetées) permettant de tester par simulation différentes configurations de travail (organisationnelles, spatiales).
- Tester et valider les choix de conception au regard des scénarios envisagés :
 - simulation du travail futur pour procéder aux ajustements si nécessaire, en s'appuyant sur différents supports : plans 2D, 3D, maquette carton ou numérique (BIM⁽⁴⁾), échelle réelle, logiciel d'aide

4. Le BIM (*Building Information Modeling* ou modélisation des informations (ou données) du bâtiment) définit à la fois une méthode de travail et la maquette numérique 3D en tant que telle, dans laquelle sont regroupées l'ensemble des données du bâtiment. Ces données ont vocation à être utilisées et actualisées lors de la conception, la construction, l'exploitation puis la démolition du bâtiment.



■ Figure 1.3 – Articulation entre les objectifs de prévention et les apports possibles de l'ergonomie à chaque étape du projet.

à la conception de type Mavimplant (voir encadré « Le logiciel Mavimplant »),

– compromis à faire en fonction des marges de manœuvre.

• Animer les groupes de travail dans le cadre d'une démarche participative :

– formalisation de l'expertise du travail des opérateurs,

– instruction des choix de conception au regard du travail,

– aide à l'appropriation par les futurs utilisateurs.

Il est souhaitable que l'ergonome intervienne dès les études préalables et jusqu'à la mise en service.

Il peut être positionné directement dans l'équipe de maîtrise d'ouvrage, ou d'assistance à la maîtrise d'ouvrage. Il peut aussi faire partie de l'équipe de maîtrise d'œuvre à la demande, ou non, du maître d'ouvrage.

■ Le logiciel Mavimplant

Pour aider les petites entreprises à aménager leurs locaux de travail et à prendre en compte la santé et la sécurité des usagers, l'INRS a développé le logiciel Mavimplant en partenariat avec les fédérations professionnelles.

Mavimplant permet aux maîtres d'ouvrage occasionnels (artisans, TPE) de rédiger un programme intégrant la prévention des risques professionnels et de construire une maquette virtuelle en 3 dimensions de leurs futurs locaux de travail lors de leur construction ou rénovation. Il les aide ainsi à définir le meilleur scénario d'implantation du mobilier et des machines pour :

- améliorer leur productivité,
- suivre les évolutions techniques et réglementaires,
- s'adapter à la demande des clients,
- optimiser l'organisation du travail,
- améliorer les conditions de travail.

Mavimplant conseille et aide à la conception des locaux, en tenant compte de la prévention des risques professionnels lors de l'implantation des équipements et des flux.

Simple d'utilisation, Mavimplant est destiné à des non spécialistes. Il est accessible en ligne et disponible pour plusieurs métiers : boulangers-pâtisseries, garagistes (entretien et réparation automobile), hôteliers, cafetiers et restaurateurs, responsables d'entrepôts logistiques.

Pour en savoir plus : www.inrs.fr/mavimplant

Bibliographie

[1] Réussir l'acquisition d'une machine ou d'un équipement de travail. ED 6231, INRS

[2] Dérogations à certaines règles de construction : conséquences de la loi Essoc pour la protection incendie. *Hygiène et sécurité du travail*, INRS, n° 256, 2019



2. Outils d'aide à la rédaction d'un programme

Le programme est un document fondamental pour un concepteur : il constitue une base de travail qui doit être sûre, complète et explicite (voir brochure ED 91 [1]). Dans le cas d'un projet de conception d'une ligne industrielle, d'achat d'un équipement ou d'une machine, se référer à la brochure ED 6231 [2] concernant la rédaction d'un cahier des charges.

Le recueil de données et la méthode proposée pour la réalisation de schémas fonctionnels présentés dans ce chapitre aident à élaborer un programme qui intègre la prévention des risques professionnels et l'ergonomie des futurs lieux de travail.

La démarche générale de programmation s'appuie sur les étapes suivantes :

- une analyse du contexte général et un recueil de données (voir § 2.1) ;
- la réalisation des schémas fonctionnels basée sur :
 - une définition des « fonctions » regroupant les différentes activités de l'entreprise qui entretiennent entre elles une homogénéité fonctionnelle, dont la maille d'analyse et de regroupement dépend du périmètre de l'étude (voir § 2.2.1),
 - la détermination des besoins de proximité ou d'éloignement entre ces fonctions, selon l'organisation du travail envisagée, les contraintes techniques et la nature des relations (échange d'informations verbales, flux de matières, de personnes, relation visuelle, technique) (voir § 2.2.2),

- leur représentation graphique dans un schéma fonctionnel (voir § 2.2.3),
- l'association d'une surface déterminée pour chaque fonction (surface fonctionnelle) (voir § 2.2.4) ;

- la rédaction du programme en tant que tel (voir § 2.3).

La finalité de la démarche est de fournir au concepteur un maximum d'éléments sur l'usage futur souhaité.

Pour cela, le programme doit notamment lister précisément toutes les fonctions attendues dans le projet de conception et les surfaces correspondantes pour répondre à l'organisation future projetée.

Toute fonction non identifiée dans le programme ne sera pas intégrée par le concepteur dans le projet et n'aura pas de matérialité dans l'espace construit.

2.1 Recueil des données et analyse des besoins

Le recueil des données, existantes et prospectives, permet de caractériser dans le programme les éléments constitutifs du fonctionnement futur de l'entreprise devant être intégrés par le concepteur

pour répondre aux besoins exprimés, tant du point de vue constructif qu'organisationnel. Simultanément, il permet de clarifier le projet plus global de l'entreprise, au-delà du projet de conception spatiale en tant que tel : orientations de l'entreprise (produits, évolutions technologiques...), objectifs de performance (qualité, productivité, délais de fabrication, conditions de travail...).

Les données traitées doivent recouvrir toutes les dimensions du projet qui ont une incidence directe ou indirecte sur le dimensionnement et la configuration des espaces : données financières, techniques, humaines, organisationnelles, de santé et sécurité...

À titre d'illustration, les choix organisationnels doivent être étudiés précisément car ils ont une conséquence directe sur la conception. Par exemple, un projet d'augmentation de la production peut se traduire par une augmentation de l'espace alloué, par un changement technique ou bien par le changement d'organisation du travail (horaire posté, rotation...).

Certaines données sont incontournables comme celles contenues dans le document unique d'évaluation des risques professionnels (DUERP) élaboré dans la situation antérieure de travail. Pour des activités nouvelles, il est utile de chercher ces données dans des situations de référence s'approchant de la situation envisagée.

La compréhension du contexte général doit permettre d'explorer différents thèmes et de mettre en lien :

- l'analyse des caractéristiques du personnel,
- l'analyse des situations de travail,
- l'analyse de la documentation disponible en matière de santé et de sécurité (document unique, comptes rendus d'accidents, bilan social, consignes...),
- l'analyse des produits ou des familles de produits les plus représentatifs du processus de fabrication et de l'activité des opérateurs,
- l'analyse des flux de circulation (matières, produits et informations),
- l'analyse des risques (ambiances physiques et chimiques, manutentions manuelles...),
- les choix d'organisation future du travail : horaires de travail, fabrication en îlots fonctionnels, en îlots produits ou en ligne, organisation en juste-à-temps,
- la stratégie de l'entreprise à court et moyen termes (par exemple, l'abandon à terme d'un ou plusieurs

produits, la sous-traitance d'un secteur d'activité, ou bien encore l'agrandissement d'un atelier...).

C'est le croisement de ces données entre elles qui permet de faire naître des hypothèses nouvelles de travail et, ainsi, de prendre en compte dans le projet le point de vue du travail et de la prévention des risques professionnels.

2.2 Réalisation des schémas fonctionnels et définition des surfaces associées

Les schémas fonctionnels permettent de représenter visuellement le fonctionnement de l'entreprise et de traduire ainsi synthétiquement le fonctionnement de la future entité. Ce type de schéma guide les choix spatiaux retenus sans pour autant imposer de formes préalables enfermant la dimension créative du concepteur.

La méthode ci-après est applicable quel que soit le secteur d'activité.

2.2.1 Définition des fonctions

La première étape consiste à établir une liste précise de toutes les fonctions attendues dans le nouvel espace de travail.

Le terme « fonction » peut désigner ici, selon la taille du projet, un service (ressources humaines, comptabilité...), une zone de travail (soudage, assemblage, mise en peinture, emballage des produits finis, stockage des déchets de fabrication...) ou le travail sur une machine (raboteuse, scie à ruban, presse à compacter...), ou encore un espace fonctionnel (entrée, sortie, issue de secours...).

Les principales fonctions à identifier sont celles liées :

- au processus de production lui-même avec les zones support associées (espaces de stockage...),
- aux activités de maintenance, contrôle qualité, méthodes et ordonnancement,
- aux risques physiques ou chimiques (bruit, chaleur, pollutions spécifiques, incendie, explosion),

- aux circulations des produits et des personnes (entrées, sorties, stationnements...),
- aux activités connexes (services administratifs, direction, locaux sociaux, accueil des chauffeurs, chaufferie, locaux électriques...).

La précision de la définition des fonctions détermine la maille de l'analyse fonctionnelle. Différents niveaux de représentation sont généralement réalisés :

- le schéma fonctionnel général donne une vision des relations entre les grandes fonctions de l'entreprise,
- les schémas fonctionnels des unités restreintes détaillent les éléments attendus dans chaque grande fonction du schéma fonctionnel général.

La méthode présentée ici est réalisable manuellement lorsque le projet est découpé en un nombre de fonctions limité à une quinzaine. Pour un nombre de fonctions plus élevé, ou pour simuler plusieurs scénarios de fonctionnement, la mise en œuvre d'un logiciel spécialisé peut s'avérer nécessaire.

2.2.2 Détermination des besoins de proximité ou d'éloignement entre fonctions

Cette étape consiste à déterminer les besoins de proximité ou d'éloignement entre fonctions.

Les choix des degrés de proximité/éloignement sont effectués en fonction des exigences de production, de qualité des produits, des besoins de communication, et en s'appuyant sur des critères concourant à la prévention des risques professionnels et à l'amélioration des conditions de travail, à savoir :

- suppression, sinon réduction par isolement ou par éloignement, de l'exposition aux risques liés aux ambiances physiques ou chimiques (bruit, vibration, chaleur, pollution, incendie, explosion...),
- réduction des distances à parcourir et, le cas échéant, respect du principe de la marche en avant,
- suppression des croisements entre flux : piétons/PL, engins et PL/VL,
- prise en compte des besoins de communication entre fonctions ou, selon la maille de l'analyse fonctionnelle, de prélèvement direct d'informations, notamment visuelles, sur le process ou sur les postes de travail environnants...

- prise en compte des besoins plus qualitatifs liés à la nature des activités de travail (concentration, confidentialité, sentiment de sécurité, symbolique de l'espace vis-à-vis du sentiment de reconnaissance...).

La détermination des besoins de proximité entre fonctions gagne à prendre en compte les flux de matières ou d'informations. Ainsi, par exemple, une proximité souhaitable deviendra impérative si, en l'absence de tout autre support possible de communication, le besoin d'échange direct d'informations entre les opérateurs des deux activités considérées est élevé.

L'important à cette étape est de clarifier qualitativement les degrés de proximité et d'éloignement entre les fonctions (pourquoi on définit tel ou tel degré de proximité) et de les prioriser.

2.2.3 Préparation du schéma fonctionnel

Il s'agit de donner une représentation visuelle et schématique des liens de proximité/éloignement.

Remarque

- Un schéma fonctionnel complète le texte, il ne le remplace pas.
- Un schéma fonctionnel doit rester lisible et facilement compréhensible.

Les fonctions sont symbolisées, par exemple, par des cercles et les degrés de proximité par des traits d'épaisseur différente. Les fonctions sont disposées côte à côte s'il existe une liaison de proximité importante, en commençant par celles comportant le plus de liaisons fortes. Si deux fonctions doivent impérativement être accolées, elles peuvent être représentées par deux cercles contigus (voir exemples § 2.2.5).

Il n'est pas rare que le premier schéma obtenu soit imparfait (éloignement non satisfait, croisement de liaisons, incompatibilité entre besoin réel d'échanges d'informations entre secteurs et éloignement...). Il convient alors de procéder à une réorganisation des fonctions en cherchant à optimiser l'ensemble, sans jamais perdre de vue les relations identifiées précédemment.

Un schéma fonctionnel peut être enrichi d'informations structurantes pour le concepteur. Par exemple, si un pont roulant doit être mutualisé entre plusieurs ateliers, il peut être représenté sur le schéma. De même, il est possible de spécifier

les locaux devant impérativement bénéficier de lumière naturelle (voir figure 2.1).

2.2.4 Traduction des fonctions en surface

L'objectif est d'aboutir à un tableau listant de façon précise chaque fonction attendue et sa surface bien dimensionnée, afin de ne pas pénaliser les conditions de travail et le fonctionnement global de l'entreprise.

Dimensionner avec précision les surfaces associées à chaque fonction.

Il est essentiel que la surface associée à chaque fonction intègre :

- l'espace dédié à l'opérateur, en considérant ses postures dynamiques,
- la surface occupée au sol par l'équipement (machine, appareil, mobilier...), ainsi que l'espace nécessaire à son exploitation (accès, circulation, stockage d'en-cours, manutention...) et à sa maintenance (ouverture de portes, dépose d'éléments encombrants, espace de maintenance *in situ*...). Les espaces de stockage à proximité des postes de travail ne doivent pas être sous-estimés et ne peuvent être évalués qu'en collaboration avec les salariés.

La surface doit aussi prendre en compte des données qualitatives, comme le besoin de confidentialité qui va conditionner un espacement entre les postes, ou la gestion de la sécurité, par éloignement ou séparation physique pour prévenir le risque d'agression. Il ne faut pas oublier les locaux

sociaux et les locaux techniques liés à l'activité de l'entreprise (stockage de matériel...), ainsi que l'espace alloué pour les circulations et les sanitaires.

Généralement, le dimensionnement des circulations principales, des sanitaires et des locaux techniques liés au fonctionnement et à la maintenance du bâtiment en tant que tel, relève d'un ratio en fonction des surfaces précédentes et de l'effectif.

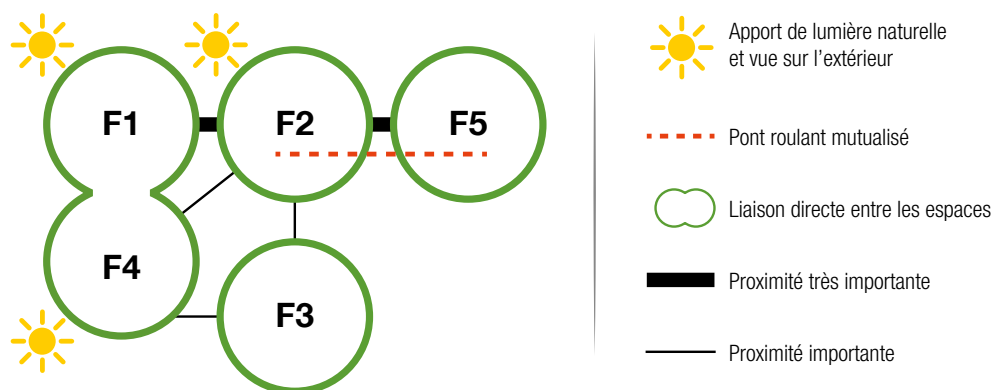
Remarque

Il est indispensable que les acteurs du projet partagent la même définition des surfaces et de ce qu'elles y incluent afin d'éviter toute confusion (par exemple, intégration ou non des surfaces de circulation dans les valeurs indiquées, voir § 9.1).

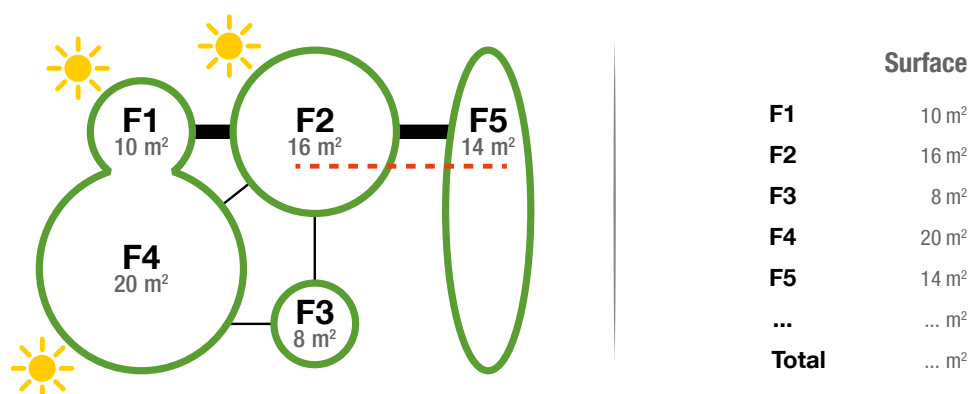
Le schéma fonctionnel peut utilement être complété en indiquant explicitement les surfaces nécessaires par fonction (voir figure 2.2), mais il ne doit pas remplacer un tableau exhaustif.

2.2.5 Exemples de schémas fonctionnels

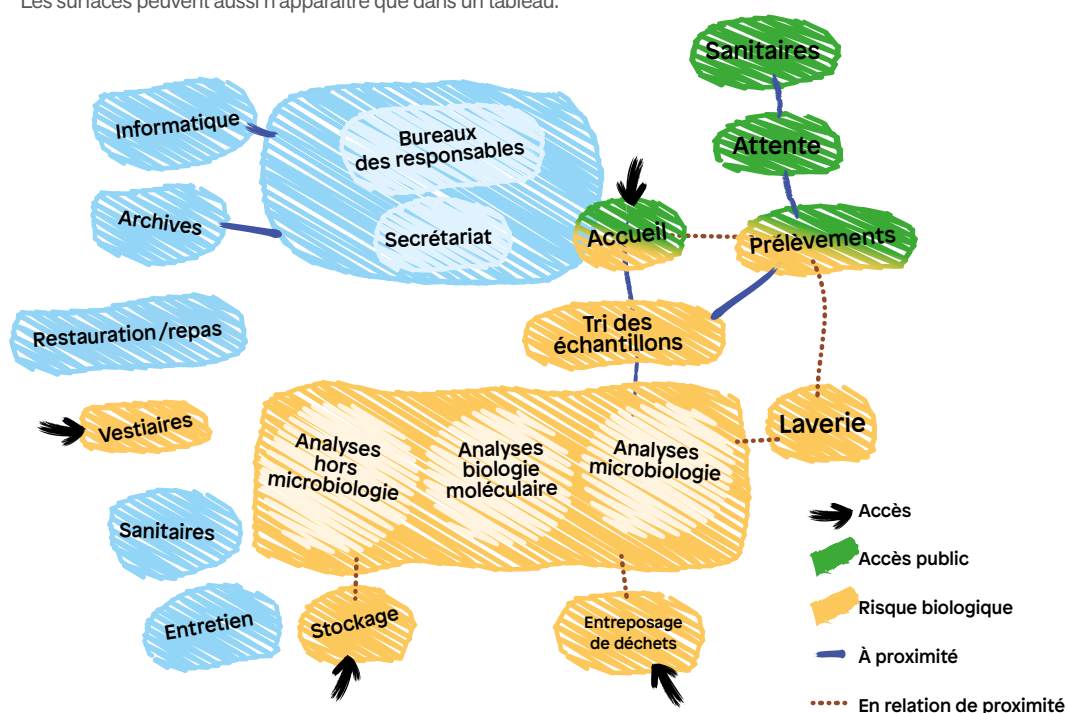
Les exemples ci-après illustrent un schéma fonctionnel général (figure 2.3) et un schéma fonctionnel sur une unité en particulier (figure 2.4) pour la conception d'un laboratoire d'analyses de biologie médicale (voir brochure ED 999 [3]). Des schémas similaires sont disponibles dans la brochure ED 6099 [4] concernant la conception et rénovation des Ehpad.



■ Figure 2.1 – Exemple de schéma fonctionnel enrichi d'informations structurantes (apport de lumière naturelle, liaison directe entre espaces, mutualisation de pont roulant), exploitable pour un concepteur.

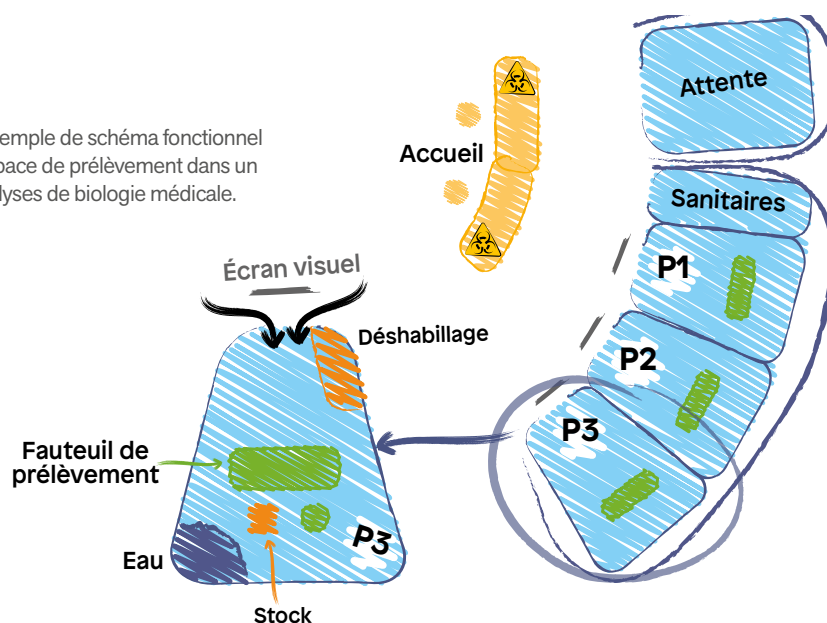


■ Figure 2.2 – Exemple de schéma fonctionnel intégrant les surfaces utiles nettes attendues. La forme générale de l'espace attendu peut être aussi suggérée (par exemple, F5 peut être un local en longueur). Les surfaces peuvent aussi n'apparaître que dans un tableau.



■ Figure 2.3 – Exemple de schéma fonctionnel général pour un laboratoire d'analyses de biologie médicale.

■ Figure 2.4 – Exemple de schéma fonctionnel détaillé pour l'espace de prélèvement dans un laboratoire d'analyses de biologie médicale.



2.3 Intégration des données dans le programme

Les informations principales à retrouver dans un programme sont les suivantes :

- **La description des données de base du projet (programme général) :**

- la description du contexte général de l'entreprise,
- les produits (nature, conditionnement, quantités, stockage, risques et nuisances),
- le processus de fabrication et les équipements (fonctions, dimensions, capacité, énergies, rejets, maintenance, risques et nuisances),
- le personnel (effectif, horaires, répartition par secteur...),
- les évolutions probables et possibles,
- l'organisation du travail envisagée,
- ...

- **L'organisation fonctionnelle des espaces, incluant :**

- pour chaque fonction identifiée : une description de la fonction et les spécifications qualitatives (lumière naturelle, protection vis-à-vis du bruit) et quantitatives associées,
- une description des liaisons fonctionnelles entre les fonctions,
- les schémas fonctionnels en tant que tel (représentation graphique).

- **La liste exhaustive des surfaces associées à chaque fonction identifiée et, selon les cas, les hauteurs et les gabarits de passage pour :**

- les zones d'accueil du public, des salariés,
- le procédé, les équipements de production, les stockages, les manutentions,
- la maintenance,

- la circulation intérieure et extérieure (produits, véhicules, personnes),
- les stockages (matières premières, en-cours, produits finis, déchets),
- les stockages intermédiaires inclus,
- les bureaux, les salles de réunion,
- les locaux techniques,
- les locaux sociaux, réfectoires,
- les parkings,
- ...

- **La définition des niveaux de performance attendus par fonction :**

- moyens de levage,
- confort thermique été/hiver,
- éclairage (naturel, artificiel),
- ventilation,
- insonorisation,
- fluides et énergies (puissance, disponibilité),
- ...

- **Des précisions sur les caractéristiques spécifiques du projet :**

- zones d'accès contrôlé,
- principe de construction souhaité,
- réglementations et recommandations particulières,
- sécurité incendie/explosion,
- ...

Le maître d'ouvrage est légitime à demander contractuellement au maître d'œuvre des éléments lui permettant de comprendre et de suivre, lors de la phase de conception, la façon dont le projet répond à ses attentes : simulations des récits d'activité et scénarios envisagés fournis par le maître d'ouvrage en amont, cinématiques de manutention des équipements pour leur remplacement, documents explicatifs, réunions d'échange...

Bibliographie

- [1] Conception des lieux et situations de travail. La programmation. ED 91, INRS
- [2] Réussir l'acquisition d'une machine ou d'un équipement de travail. ED 6231, INRS
- [3] Conception des laboratoires d'analyses biologiques. ED 999, INRS
- [4] Conception et rénovation des Ehpad. Bonnes pratiques de prévention. ED 6099, INRS



3. Conception des situations de travail

Ce chapitre aborde les éléments essentiels pour la conception des situations de travail. On entend par situation de travail, la façon et les conditions dans lesquelles un opérateur est amené à effectuer son activité, en relation avec son environnement physique, organisationnel et social.

L'approche des situations de travail s'opère *via* deux échelles d'analyse complémentaires et à traiter simultanément :

- à l'échelle d'un atelier, d'un service ou d'une entité fonctionnelle, autour du ou des collectifs de travail,
- à l'échelle du poste et de son environnement immédiat, autour de l'individu au travail.

Pour ces deux niveaux d'analyse, les points suivants sont à prendre en compte :

- **les dimensions organisationnelles** (voir § 3.1),
- **les repères dimensionnels** (voir § 3.2),
- les caractéristiques **des interfaces homme-machine** (voir § 3.3),
- **les ambiances de travail** (bruit, éclairage, ambiance thermique, qualité de l'air, environnement électromagnétique) (voir chapitre 5).

La conception des situations de travail doit aussi tenir compte de l'analyse des risques spécifiques : l'objectif est de supprimer les risques dans la situation de travail ou, en cas d'impossibilité, de les diminuer pour les rendre compatibles avec la santé des opérateurs, conformément aux principes généraux de prévention, tout en permettant de réaliser le travail sans contrainte. Une analyse des risques *a priori* doit permettre d'évaluer les

moyens de prévention à mettre en place. Ceux-ci sont traités plus spécifiquement dans les chapitres suivants.

3.1 Dimensions organisationnelles

Les dimensions organisationnelles présentées ci-après ont des conséquences sur la conception des situations et des espaces de travail et doivent être examinées et discutées lors du processus de conception, dès la phase de programmation.

3.1.1 Horaires de travail

Les choix organisationnels doivent chercher à éviter le travail de nuit et de week-end (à défaut, à le limiter).

Si le travail de nuit ne peut être évité, il faut concevoir les espaces de façon à en atténuer les effets néfastes (assurer une exposition à une lumière d'intensité assez importante avant ou en début de poste puis la limiter en fin de poste, prévoir des espaces adaptés pour faire la sieste...).

En cas de travail posté, la conception devra par ailleurs intégrer la présence simultanée des équipes (dimensionnement des vestiaires, espace de transmission des consignes/relève...).

Pour aller plus loin, se référer au dossier web « Travail en horaires atypiques » [1].

3.1.2 Communications

L'objectif est d'assurer un déroulement du travail efficace par une bonne coordination des tâches et de permettre aux opérateurs concernés d'avoir les échanges nécessaires à la réalisation de leur activité.

L'équilibre est à trouver entre les besoins d'échanges verbaux directs et la gêne acoustique que cela peut créer, tout en préservant les éventuelles nécessités de contact visuel direct.

Dans l'industrie, on privilégiera la constitution de petites entités de travail en implantant, par exemple, plusieurs lignes d'usinage ou de montage plutôt qu'une seule et en évitant de cloisonner les postes de travail pour faciliter les communications. Pour permettre une bonne compréhension entre opérateurs à un mètre de distance, le niveau de bruit ambiant dans un atelier ne devrait pas dépasser 65 à 70 dB.

Dans le secteur tertiaire, il est recommandé de privilégier des petits regroupements (bureau individuel ou collectif de moins de 5 personnes, bureaux bench de 4 postes en open space...) plutôt que le regroupement d'effectifs importants de salariés (plus de 5 personnes) dans de grands espaces ouverts où la gêne acoustique est amplifiée (voir § 9.5.1). Les regroupements doivent tenir compte des besoins de travail en équipe et de la nature de l'activité.

Pour les communications à distance, on prévoira des moyens adaptés aux besoins, ainsi que l'espace nécessaire à leur implantation (téléphone, visioconférence, audioconférence, interphone...).

Les espaces d'échanges entre équipes doivent également être prévus à la conception (salles de réunion, espaces conviviaux dédiés, espaces de transmission de consignes...).

3.1.3 Rythme de travail

Le rythme de travail est un facteur déterminant dans les situations de travail. Par exemple, certains modes d'organisation de type « fini-parti », le mode de rémunération à la tâche, les cadences imposées par les équipements de travail...

conduisent à travailler dans l'urgence et augmentent les risques d'accident, les risques de troubles musculosquelettiques et les risques psychosociaux.

On choisira plutôt de :

- **donner de l'autonomie dans la gestion du temps**, avec la mise en place de stocks tampons entre les postes (l'espace dédié doit être prévu en conséquence),

- **prévoir des pauses régulières** afin de favoriser les périodes de récupération physique et mentale (des espaces adaptés doivent être prévus (voir § 10.4)),

- **limiter la fréquence des tâches ou les activités répétées** impliquant le corps entier ou les membres supérieurs. Pour cela, plusieurs options : mettre en place une polyvalence et une rotation rapide des opérateurs à des postes de travail moins contraignants ou réellement différents dans leur contenu opératoire, répartir les activités contraignantes physiquement sur la durée du temps de travail, découper de façon adéquate le temps de cycle machine et le temps de cycle opérateur (en évitant les cadences imposées par les machines), limiter à 40 actions techniques⁽⁵⁾ par minute les gestes sollicitant les membres supérieurs (norme NF X 35-119),

- **éviter le travail monotone** en rejetant le « tout automatisé » qui y conduit inéluctablement, et en prévoyant les espaces pour les opérateurs en conséquence,

- **prévoir des périodes d'adaptation** après l'accueil de nouveaux embauchés et au retour de congés ou de maladie, en limitant les exigences de production et en prévoyant des espaces adaptés pour permettre l'accompagnement et le compagnonnage sur poste.

3.1.4 Charge physique de travail

Les activités physiques au travail doivent être évaluées afin d'organiser le travail de façon à préserver la santé des salariés. La charge physique est l'une des principales sources d'accidents du travail et de maladies professionnelles. Elle est à l'origine de fatigue, de douleurs mais aussi d'accidents (traumatiques, cardiovasculaires...), d'atteintes de l'appareil locomoteur (troubles musculosquelettiques) et d'inaptitudes au travail.

5. Une action technique est une action manuelle élémentaire requise pour la réalisation des opérations effectuées au cours du cycle de travail, telles que « tenir, tourner, pousser, couper, saisir, poser... ».

Les facteurs de risque sont liés au contenu et à l'organisation du travail mais aussi à l'environnement physique et social (qualité du climat social, des collectifs de travail...) qui sont à prendre en compte lors de la conception des lieux et des situations de travail.

Il est, par exemple, nécessaire de prévoir dès la conception les conditions de réalisation des tâches de manutention, afin de limiter les efforts physiques et de prévenir une charge physique trop importante impliquant des risques de troubles musculosquelettiques (voir figure 3.1).

Cela nécessite :

- d'identifier les caractéristiques des produits manipulés (masse unitaire, dimensions et formes, moyens de préhension, conditionnement...) et les efforts associés (voir norme NF X 35-109),
- de limiter les masses unitaires manutentionnées manuellement et le tonnage journalier cumulé,
- de limiter les distances de déplacement avec port de charge, ainsi que la hauteur de prise/dépose des charges portées,
- d'être vigilant quant aux caractéristiques de l'environnement (état et qualité des sols, obstacles sur le

parcours...) et aux conditions d'exécution du port de charge (reprise de manutention, possibilité de récupération...) qui peuvent accroître le risque,

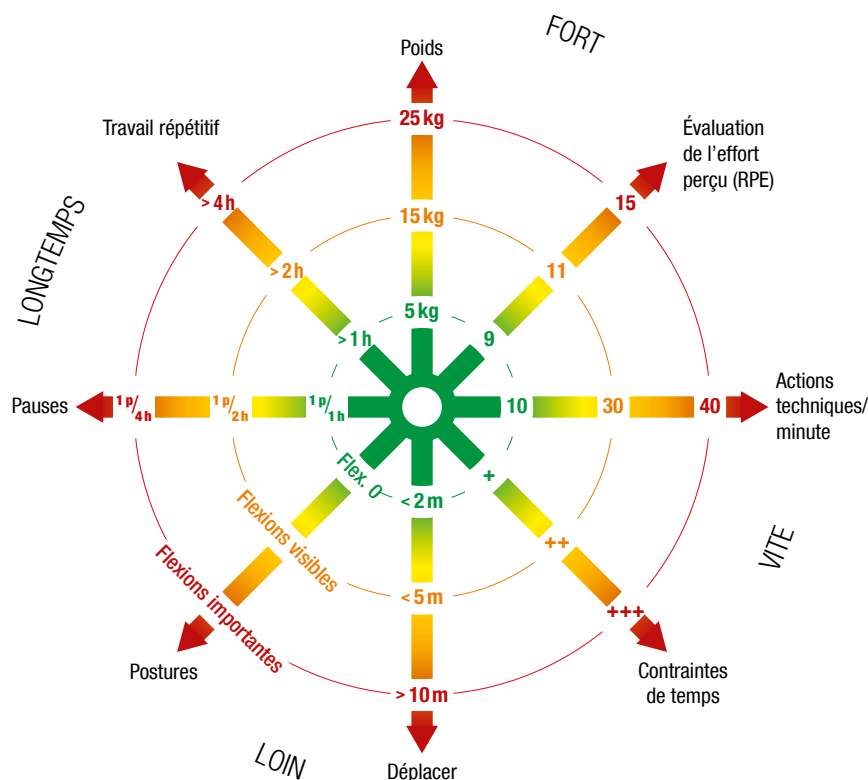
- de mettre à disposition des équipements d'aide à la manutention (voir § 8.4).

Le port de charge nécessite de prévoir des espaces supplémentaires afin de favoriser la manipulation de la charge elle-même (encombrement), les déplacements associés (risque de chocs ou de chutes), voire les besoins de dépose intermédiaire (rupture de charge).

Remarque

La mise en œuvre de mesures de prévention collective doit être prioritaire sur le recours à des technologies d'assistance physique plus individuelles, telles que les exosquelettes. Le choix de s'orienter vers ce type d'équipement doit au préalable faire l'objet d'une analyse du besoin d'assistance physique, en tenant compte des spécificités de la tâche et des nouvelles contraintes potentielles, des caractéristiques des futurs utilisateurs et du contexte organisationnel (voir brochure ED 6315 [2]).

Les repères plus spécifiquement liés à la manutention manuelle lors du stockage en rayonnage sont traités au § 8.7.2.



■ Figure 3.1 – Le cercle des « trop », pour la caractérisation de la charge physique de travail.

3.1.5 Posture assise prolongée

La posture assise, lorsqu'elle est prolongée et associée à une très faible dépense énergétique, peut avoir des conséquences délétères pour la santé : augmentation des risques de troubles musculosquelettiques, contribution à l'apparition de facteurs de morbidité (cancers, diabète de type 2, maladies cardiovasculaires, obésité).

Informers les salariés, quantifier l'exposition et proposer des interruptions régulières de la posture assise en permettant, notamment, d'alterner entre différentes postures sont à préconiser, ce qui peut avoir des incidences sur les choix de conception : espace disponible à proximité du poste de travail pour permettre des assises alternatives (swiss ball...), choix du mobilier (bureau à hauteur variable...), organisation du travail permettant des pauses régulières et une mobilité...

3.2 Repères dimensionnels

Cette partie traite des repères dimensionnels pour l'installation des équipements en tenant compte des caractéristiques anthropométriques des personnes. L'aménagement des bureaux et des espaces tertiaires est abordé plus spécifiquement dans le chapitre 9.

3.2.1 Accessibilité

La conception des bâtiments doit faciliter l'accessibilité aux lieux de travail des personnels y compris des personnes handicapées. À ce titre, les lieux de travail et leurs locaux annexes, aménagés dans un bâtiment neuf ou dans la partie neuve d'un bâtiment existant, doivent être accessibles aux personnes handicapées, quel que soit leur type de handicap et quel que soit l'effectif de l'établissement.

Les lieux de travail sont considérés comme accessibles aux personnes handicapées lorsqu'elles peuvent y accéder, se repérer, y circuler, en sortir, communiquer, le tout avec la plus grande autonomie possible.

Les lieux de travail doivent, par ailleurs, être conçus de manière à permettre l'adaptation des postes de travail aux personnes handicapées (voir § 4.1.4).

3.2.2 Circulations

L'objectif est de permettre à l'opérateur de circuler et d'évacuer en toute sécurité les locaux, tout en minimisant la fatigue pour y parvenir. Les données correspondantes sont présentées en détail au chapitre 4.

Pour que ces circulations restent libres de tout obstacle et pour éviter leur encombrement, il faut prévoir des stocks tampons à proximité des postes de travail, ce qui permettra de limiter les risques de chutes de plain-pied mais également de limiter les déplacements et les manutentions au juste nécessaire.

3.2.3 Hauteur de passage

On recommande une hauteur de passage libre au droit des postes de travail de 2,10 m minimum (norme NF E 85-014).

La hauteur sera augmentée en cas de possibilité d'atteinte d'une zone dangereuse située en hauteur (risque de brûlure, pièces en mouvement...) : 2,50 m si le risque occasionné par le contact avec la zone dangereuse est faible ; 2,70 m en cas de risque élevé (norme NF EN ISO 13857).

Les hauteurs de passage libre dans les circulations dépendent, quant à elles, des gabarits y circulant (voir § 4.1.2.2).

3.2.4 Largeurs minimales d'accès aux machines et aux installations industrielles

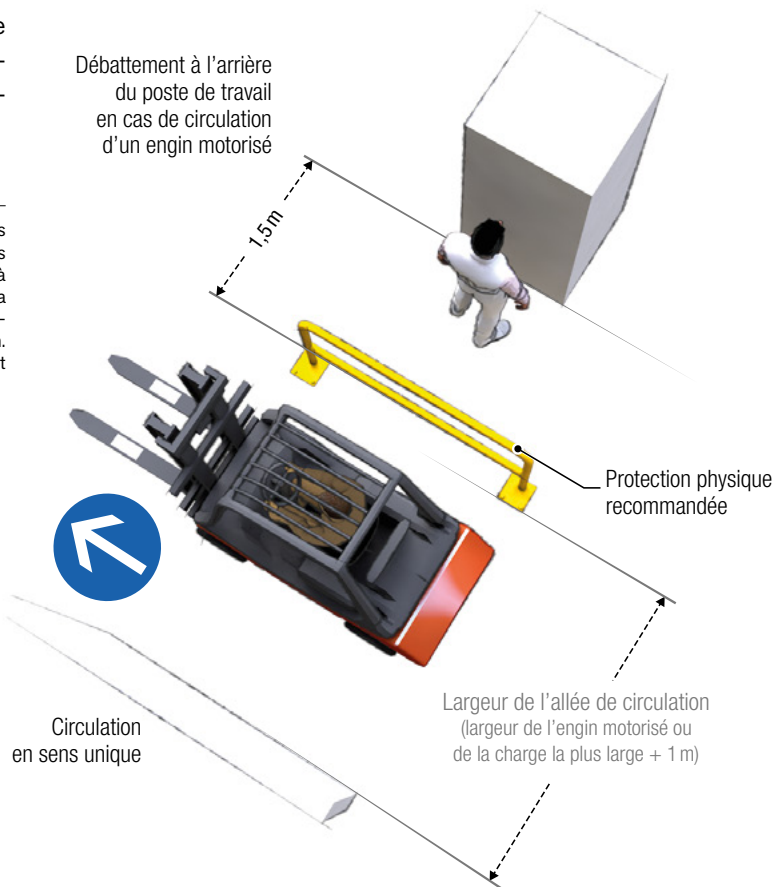
Un espace suffisant au poste de travail est nécessaire pour réaliser l'exploitation, la maintenance, le montage et démontage, total ou partiel, imposé par une panne ou une remise en état, selon que les opérations sont réalisées sur place ou en atelier. Les valeurs minimales d'accès sont présentées dans le tableau 3.1.

Pour des raisons pratiques, les portes d'accès au bâtiment doivent elles-mêmes permettre le passage des machines et des équipements en limitant au maximum les démontages préalables.

3.2.5 Espacement minimal entre postes de travail

Les postes de travail doivent offrir une distance interpersonnelle d'au moins 1,20 m (d'épaule à épaule), distance sous laquelle la proximité entre travailleurs peut engendrer un malaise (intrusion dans la sphère personnelle)⁽⁶⁾.

6. E.T. Hall, dans sa théorie de la proxémie, définit les distances interpersonnelles acceptables en fonction des liens que l'on entretient avec l'autre : plus la relation à l'autre est intime, plus la distance tolérée est faible. La distance minimale acceptable avec des relations professionnelles ou des inconnus est de l'ordre de 1,20 m. En deçà de cette valeur, la proximité à l'autre devient dérangeante.



■ Figure 3.2 – Schéma d'implantation d'un poste de travail situé dos à une circulation d'engins motorisés.

Tableau 3.1: Largeur minimale des passages et accès aux postes de travail (hors de toute contrainte particulière : positions nécessaires à l'activité et encombrement des EPI éventuels, port de charge, nombre d'intervenants et nécessité de se croiser, évacuation d'un blessé...).

	Largeur en mm
Largeur d'accès au poste de travail et entre équipements	800 mini*
Largeur d'un accès pour intervention occasionnelle ou exceptionnelle, de courte durée et sans effort	600 mini**
Débattement au poste de travail	1 000 mini (à ajuster selon la nature de l'activité et les postures adoptées, voir figure 3.3)
Débattement minimal au poste de travail en cas de présence d'une circulation d'engins motorisés dans le dos de l'opérateur	1 500 mini*** (voir figure 3.2)
Débattement sur un poste de travail tertiaire	Se référer au § 9.3.3

* Cette valeur, réglementaire, est portée à 900 mm dans le cas où le passage est un dégagement en cas d'incendie pour un effectif inférieur à 20 personnes (voir tableau 4.2).

** Les normes NF EN ISO 14122-2 pour la conception des machines et NF E 85-014 pour la conception industrielle tolèrent, exceptionnellement et sous conditions d'évaluation des risques, une valeur de 500 mm ; valeur ne permettant pas à tout gabarit de travailler sans risque.

*** Cette valeur est la seule dans ce tableau à permettre à un fauteuil roulant non motorisé de faire un demi-tour sur lui-même.

3.2.6 Débattement au poste de travail

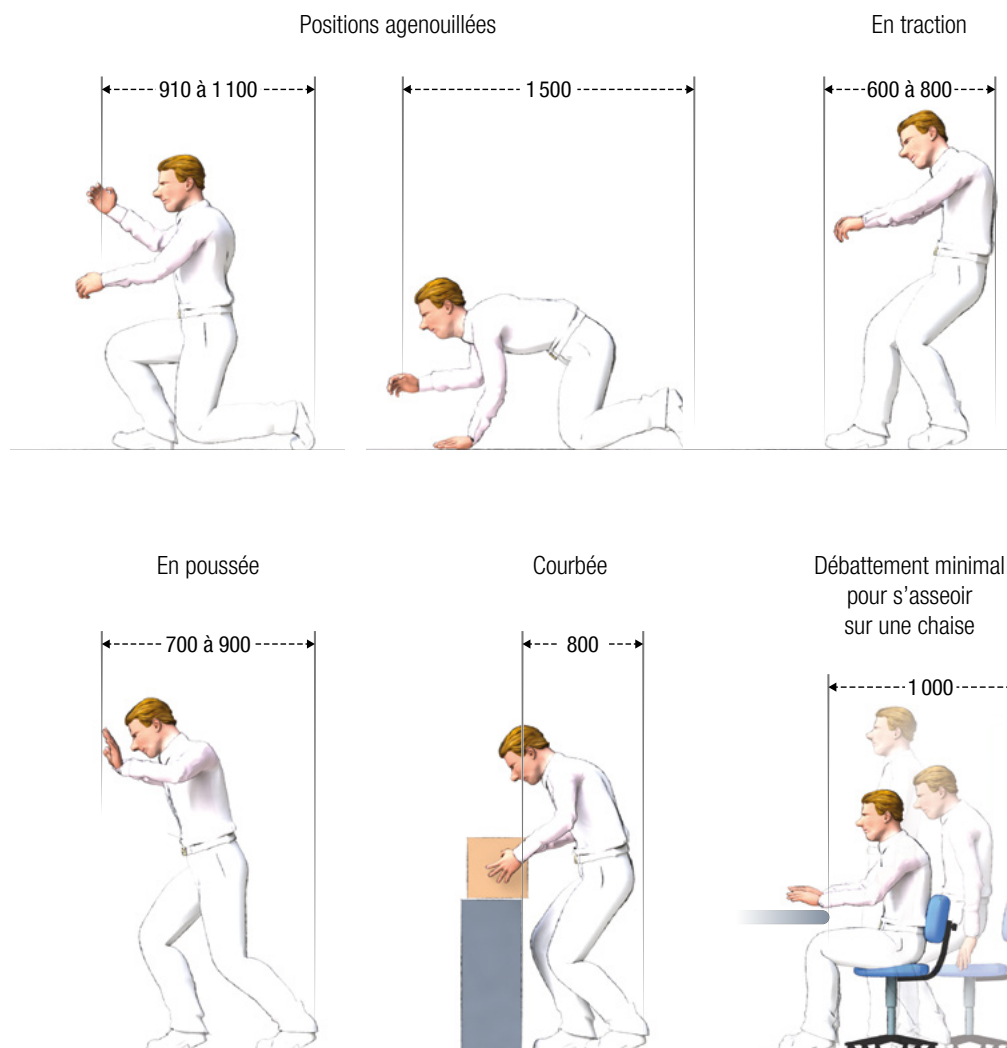
L'espace disponible au poste de travail ne doit pas être déterminé uniquement en fonction de la position de travail principale, mais doit intégrer l'ensemble des postures dynamiques du corps pouvant être adoptées au cours de l'activité, qu'elle soit régulière (activité d'exploitation, travail de bureau...) ou plus ponctuelle (maintenance, nettoyage...).

Les dimensions présentées en figure 3.3 sont des valeurs minimales à ajuster en fonction de la diversité des caractéristiques physiques des personnes, lorsque la posture est maintenue de façon prolongée.

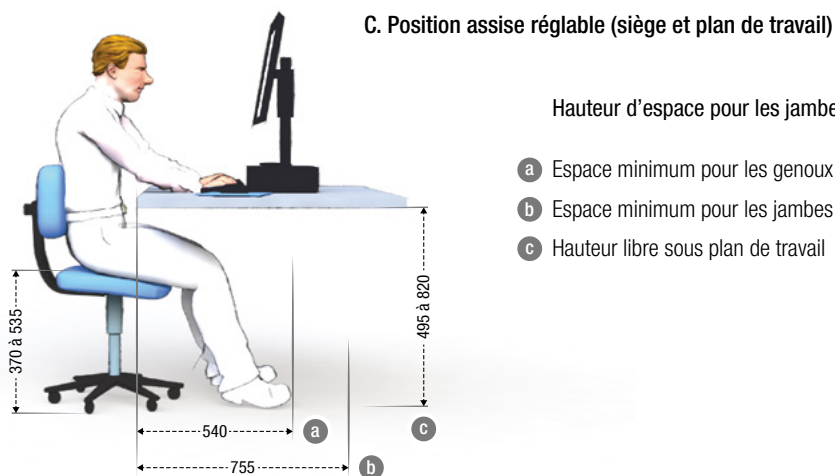
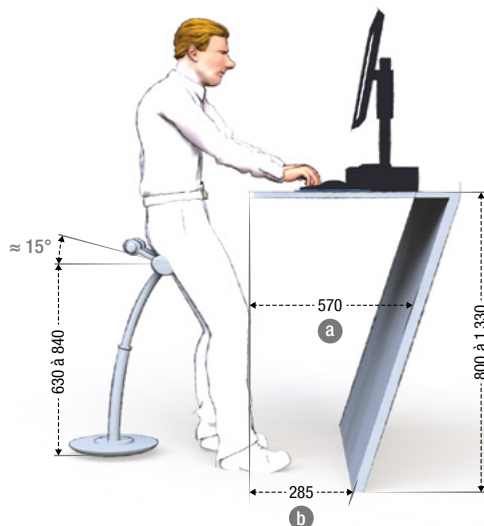
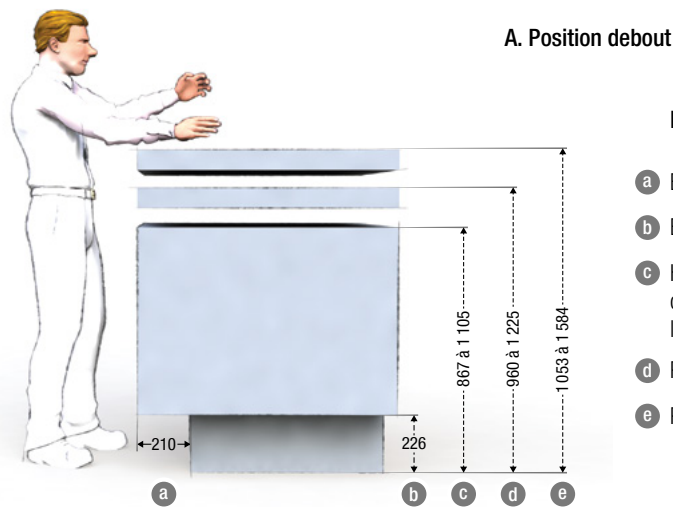
3.2.7 Dimensionnement du poste de travail selon la posture

L'objectif est de permettre d'adopter des postures adaptées, confortables et non dangereuses pour la santé. Pour cela, il est nécessaire de :

- recueillir les données relatives au travail à effectuer : manutentions, exigences visuelles, type de commandes, d'outils, objets à atteindre, efforts à exercer...,
- déterminer la posture principale à privilégier : debout, assis ou assis-debout (voir figure 3.4),
- permettre les changements de posture réguliers et éviter les postures statiques longues, par exemple en alternant les positions assis et debout, en concevant le plan de travail avec l'utilisation d'un siège



■ Figure 3.3 – Dimensions minimales requises (en mm) selon les postures, d'après la norme NF EN ISO 14738.



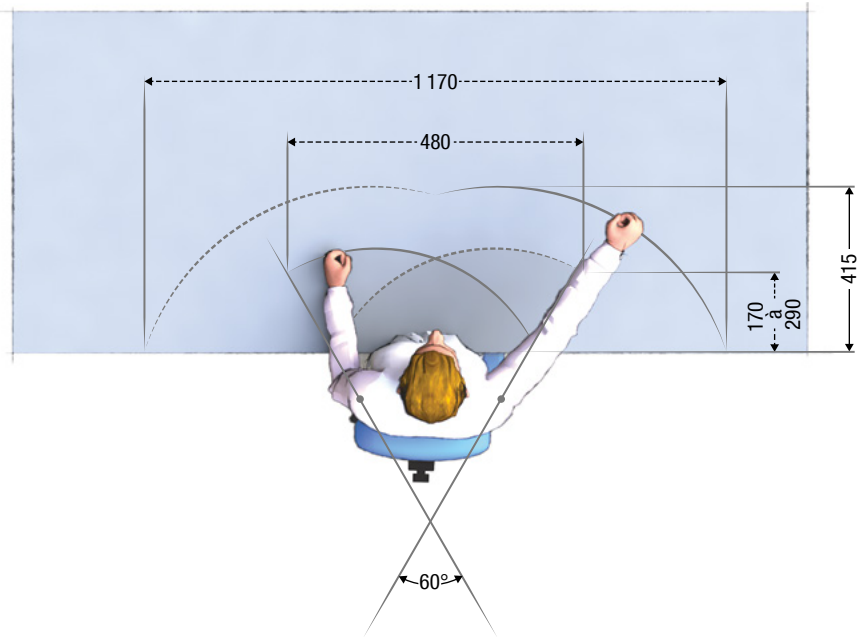
■ Figure 3.4 – Hauteurs de travail conseillées en fonction des exigences de précision de la tâche et selon la position de travail.

N.B. : les valeurs indiquées correspondent aux hauteurs de travail et non à la hauteur du plan de travail. Celui-ci doit être ajusté en fonction de la taille des pièces et de la variabilité des interventions.

assis-debout ou en proposant un plan de travail réglable en hauteur,

- pour les postures assis et assis-debout, prévoir un dégagement pour les genoux et les jambes (voir tableau 3.2),
- pour la posture debout, prévoir un dégagement pour les pieds et tenir compte des exigences de vision ou de manutention pour déterminer la hauteur du plan de travail (réglable si possible),
- se situer dans les zones d'atteinte optimales (maximum bras tendus) et respecter les limites des amplitudes articulaires de confort de travail des différents segments et parties du corps (voir figure 3.5).

En cas de grande variabilité entre les gabarits des personnes, il est conseillé de prévoir des plans de travail à hauteur variable facilement réglables. Pour les positions debout, il est possible d'ajuster les hauteurs de travail via une plate-forme réglable au niveau du sol d'une hauteur maximale de 265 mm.

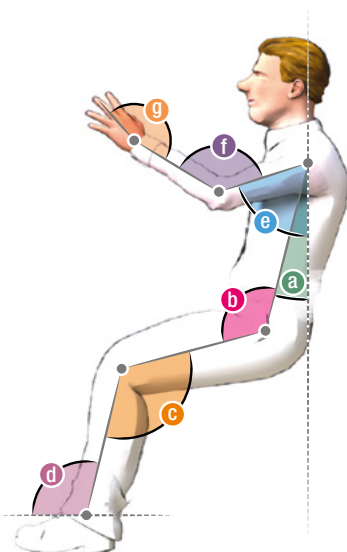


Zone de travail conseillée

Mesures fondées sur une surface de siège horizontale (en mm)

Figure 3.5 – Zone d'atteinte préférentielle.

Tableau 3.2: Valeurs limites des amplitudes articulaires de confort de travail.



Définition	Limite inférieure	Limite supérieure
a Axe du tronc - Verticale	10°	20°
b Axe du tronc - Axe de la cuisse	90°	110°
c Axe de la cuisse - Axe de la jambe	95°	120°
d Axe de la jambe - Parallèle à la semelle	90°	110°
e Axe du bras - Verticale dans le plan sagittal antéro-postérieur (flexion)	10°	35°
Axe du bras - Verticale dans le plan frontal (abduction)	0°	30°
f Axe du bras - Axe de l'avant-bras	80°	160°
g Axe de l'avant-bras - Axe de la main (flexion)	180°	190°
Axe de l'avant-bras - Axe de la main (inclinaison latérale)	170°	190°

3.3 Interfaces homme-machine

Les interfaces homme-machine doivent être conçues en tenant compte de l'organisation du travail, de la nature des informations nécessaires à la réalisation de l'activité et de la façon de les présenter, afin qu'elles puissent être traitées facilement par les personnes et sans risques d'erreur.

3.3.1 Dispositifs d'affichage et de commande

Pour réussir une conception bien intégrée des dispositifs d'affichage et de commande, il est nécessaire de :

- rechercher, en y associant les salariés, la meilleure adéquation entre les caractéristiques des outils et celles des tâches à réaliser,
- respecter les règles de latéralisation de commandes pour éviter, dans des situations d'urgence, le retour toujours possible de réflexes stéréotypés,
- élaborer des consignes claires pour que, lors de la mise en service des installations, les opérateurs puissent aisément coordonner leurs actions et facilement coopérer,
- utiliser dans les documents techniques des termes familiers aux opérateurs pour faciliter leur compréhension,
- vérifier la qualité de l'information symbolique décrivant le fonctionnement des machines en privilégiant une représentation simplifiée des variables d'entrée et de sortie du système, la prise en compte des seules informations utiles, l'introduction d'informations redondantes pour tout risque d'erreur résiduel... (voir norme NF EN 894-4).

Une attention particulière doit être portée à la signification des couleurs et des formes utilisées

dans la spécification des interfaces homme-machine, du marquage et de l'identification des réseaux, notamment pour la conception des interfaces de contrôle et de pilotage d'installations à risque. Les principes de codage correspondants utilisés pour les indicateurs et les organes de service sont décrits dans la norme NF EN 60073.

3.3.2 Salle de contrôle de commande

En cas de besoin, pour l'emplacement et la conception des moyens d'information et de commande des installations (pupitres, tableaux, salles de contrôle), il est conseillé :

- d'éviter une centralisation systématique de ces moyens dans une salle de contrôle unique ou, si cette exigence est imposée par le procédé, de faciliter la consultation ou le pilotage local (console de consultation, commande locale),
- de concevoir, le cas échéant, les cabines et salles de contrôle de manière à faciliter des prises d'informations directes (vue directe et globale sur les installations),
- de regrouper les dispositifs d'information en fonction des nécessités de consultation (par exemple, suivi de paramètres en simultané, comparaison de valeurs affichées...),
- de regrouper des dispositifs de commande sur lesquels l'opérateur devra agir simultanément (diminution des déplacements, coordination à distance) en rendant possible, si nécessaire, le contrôle de l'effet de la commande sur le système (présence des informations en retour),
- dans le plan vertical, de disposer préférentiellement les informations dans un angle de 30° en dessous de la ligne horizontale partant des yeux,
- de positionner dans le champ visuel direct les informations les plus importantes.

Bibliographie

[1] Travail en horaires atypiques. Dossier web INRS. Disponible sur <https://www.inrs.fr>

[2] Acquisition et intégration d'un exosquelette en entreprise. Guide pour les préventeurs. ED 6315, INRS



4. Implantation des bâtiments et des locaux de travail. Circulations

L'objectif de ce chapitre est de donner des repères utiles pour optimiser les circulations et l'implantation des bâtiments ou des locaux entre eux.

En concertation avec les salariés, il peut être nécessaire de concilier plusieurs impératifs, parfois contradictoires, par exemple faciliter les communications à l'intérieur de petits groupes de travail tout en limitant la propagation du bruit vers d'autres postes de travail.

4.1 Repères généraux

Le choix du site, en fonction de son environnement, permettra ou non une réduction du risque routier et facilitera la conciliation vie privée/vie professionnelle selon la disponibilité des transports en commun, les possibilités de restauration, la présence ou non de services de proximité...

L'implantation des bâtiments sur le terrain aura des conséquences sur l'optimisation, la sécurisation des déplacements et la fluidité du trafic extérieur.

L'agencement des bâtiments et des locaux entre eux favorisera ou non les communications entre les équipes, la facilité d'accès aux espaces de travail ou bien la propagation de nuisances (bruit, pollution de l'air...).

Au final, que les circulations soient intérieures ou extérieures aux bâtiments, elles doivent permettre des déplacements optimisés et sûrs.

4.1.1 Implantation des bâtiments et des locaux

La méthode présentée au § 2.2 permet de clarifier les relations fonctionnelles entre les différents espaces du projet.

Tout en tenant compte du résultat de cette analyse fonctionnelle, les points suivants doivent être examinés avec précision pour définir l'implantation spatiale sur le site.

4.1.1.1 Implantation générale

Les surfaces des bâtiments et aires annexes prévues pour les zones de stockage (matières premières, déchets...) et les parkings (PL, VL, personnel, visiteurs) doivent être dimensionnées sur la base des volumes ou effectifs maximum prévisibles (événements particuliers, fonctionnement dégradé...).

Chaque espace doit avoir une fonction unique.

Les bâtiments ou locaux principaux doivent être implantés de façon à faciliter le repérage et les déplacements dans l'entreprise : par exemple, situer les locaux de stockage de matériel mobile (transpalette, grue d'atelier...) à proximité des lieux d'utilisation ; implanter les locaux de stockage des équipements de protection individuelle (EPI) entre les vestiaires et les zones de travail ; faciliter la visibilité d'un poste d'accueil ou d'un secrétariat

permettant d'orienter les personnes extérieures vers une salle d'attente à proximité immédiate ; utiliser des lettres, numéros ou couleurs pour faciliter le repérage sur un site de grande taille et en cohérence avec l'implantation géographique...

On évitera les locaux « couloirs », que l'on doit traverser pour accéder à un autre local, en interférant avec les postes de travail qu'ils accueillent. L'étude des flux et des circulations devra tenir compte des contrôles d'accès particuliers (locaux accessibles aux seules personnes habilitées ou autorisées).

On ne doit pas être amené à traverser un local à risque pour accéder à un autre local.

4.1.1.2 Risque incendie et risque vis-à-vis de l'environnement

Les bâtiments doivent être conçus de manière à permettre, en cas de sinistre, l'accès de l'extérieur et l'intervention des services de secours et de lutte contre l'incendie. Il appartient aux concepteurs de prévoir les voiries adaptées à l'accès des véhicules d'intervention. Il est possible pour cela de faire appel directement au service départemental d'incendie et de secours (SDIS). Les réglementations ou dispositions spécifiques pour les établissements recevant du public et pour les immeubles de grande hauteur sont à respecter le cas échéant. Pour les bâtiments de stockage à risque d'incendie et sans risque d'explosion : la distance entre bâtiments sera égale à la hauteur du bâtiment le plus haut avec un minimum de 10 mètres. L'implantation des bâtiments à risque d'explosion tiendra compte de la réglementation Atex (atmosphères explosives).

L'implantation des installations à risque pour l'environnement (incendie, explosion, toxicité...) doit respecter la réglementation relative aux installations dites « classées ». Dans ce cas, on se reportera à l'arrêté ministériel correspondant pour respecter, le cas échéant, les distances d'éloignement par rapport aux limites du site (se renseigner auprès de votre Dreal/DRIEE).

4.1.1.3 Orientation des façades (selon éclairage naturel et apports thermiques)

L'orientation des bâtiments doit permettre de limiter les apports thermiques excessifs en été. En toiture, les dispositifs d'éclairage à face éclairante seront orientés au nord (mini-sheds en toiture par exemple).

Il est recommandé que la distance séparant deux bâtiments soit au moins égale à la hauteur du bâtiment le plus élevé afin de préserver un éclairage naturel suffisant et une vue sur l'extérieur aux niveaux inférieurs du bâtiment le plus bas.

4.1.1.4 Anticipation des évolutions spatiales

Il est également important de prendre en compte les évolutions prévisibles à moyen et long terme (augmentation de la production, du stockage, ajout d'un service...) de façon à prévoir les évolutions possibles du bâtiment et à envisager des possibilités d'extension et de modularité des espaces.

4.1.2 Conception générale des circulations

Les circulations sont à l'origine de plusieurs risques, fréquents et souvent graves : collision, écrasement, chute de plain-pied, heurt... Que les circulations soient situées à l'intérieur ou à l'extérieur des bâtiments, certaines règles de conception permettent de limiter ces risques.

4.1.2.1 Analyse des flux

Il est nécessaire de procéder à une analyse préalable et systématique de tous les flux dans l'entreprise, qu'ils soient en lien avec l'activité existante ou l'activité future envisagée.

Ces flux sont de différentes natures : il s'agit de flux de personnes, de matières, d'engins, de véhicules personnels, de véhicules utilitaires, de poids lourds, de véhicules de secours, d'engins de manutention lourde (camion-grue, convoi exceptionnel...). Ces flux doivent être mis en regard de l'analyse fonctionnelle générale, de façon à ce qu'ils soient pris en compte lors de la conception.

■ 4.1.2.2 Repères généraux pour la conception des circulations

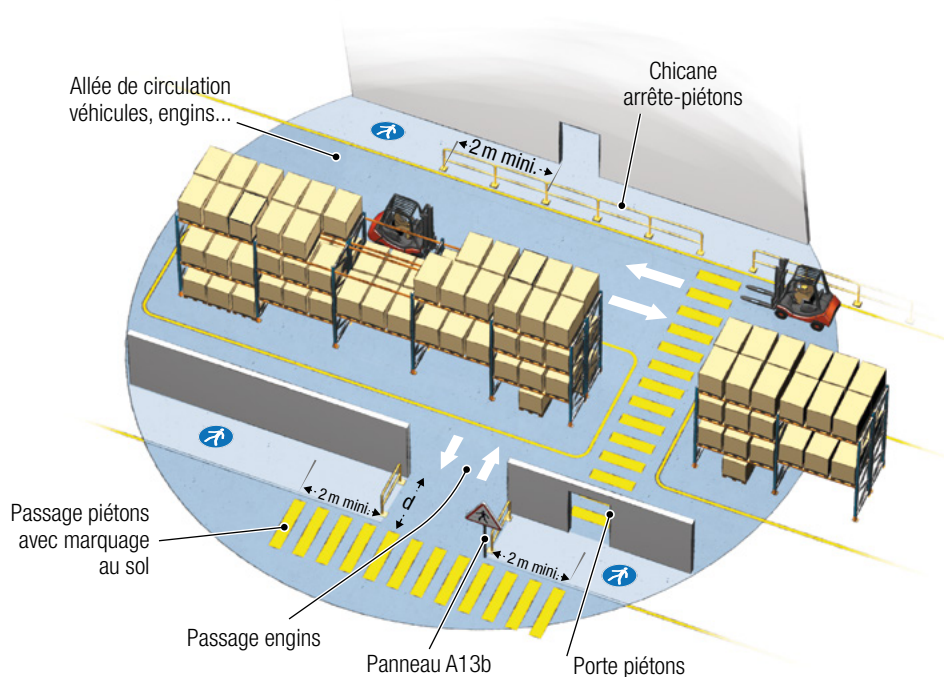
Les règles de conception suivantes permettent de limiter les risques de collisions, de heurts ainsi que les chutes de plain-pied. Elles sont applicables en intérieur ou en extérieur de bâtiment, quel que soit le secteur d'activité de l'entreprise (industriel ou tertiaire).

- **Séparer les flux piétons** des zones de circulation d'engins ou de véhicules.
- **Éviter les croisements de flux** et protéger systématiquement les piétons de tout risque de collision avec des engins ou véhicules (séparation physique, renforcement de l'éclairage, panneau signalétique, ralentisseur...) (voir figure 4.1).
- **Éviter la superposition d'usage** : les circulations ne doivent pas empiéter sur les espaces de stockage, l'emprise du mobilier, les espaces de travail (même lors des opérations de maintenance).
- **Dimensionner les zones de circulation en fonction des gabarits** amenés à les emprunter (voir tableau 4.1), même de façon exceptionnelle.
- **Garantir une qualité de sol adaptée** (charge roulante, revêtement, coefficient de glissance, facilité de nettoyage, pérennité des revêtements...) :

- pour la qualité des sols en extérieur, se reporter au § 4.3.4,
- pour les circulations intérieures, se reporter au § 7.4 .

- **Éviter les ruptures de niveaux** : privilégier les sols plans, qui limitent les risques de chutes et facilitent le déplacement de charge.
- **Éviter les ruptures de charges** : favoriser les déplacements de charges sans interruption entre le lieu d'approvisionnement et le lieu d'utilisation ou d'évacuation finale.
- **Assurer un éclairage adapté**, non éblouissant : mettre en place des dispositions limitant les effets du changement brutal de niveau d'éclairement à l'entrée des bâtiments, lorsqu'on passe d'un extérieur très lumineux à une zone intérieure peu éclairée (implanter des fenêtres à proximité des ouvertures sur l'extérieur, renforcer l'éclairage en entrée de bâtiment).

Les dimensions minimales à prendre en compte sont présentées dans le tableau 4.1 et sont à ajuster en fonction de l'étude des flux ou des réglementations particulières (ERP, ICPE, IGH...).



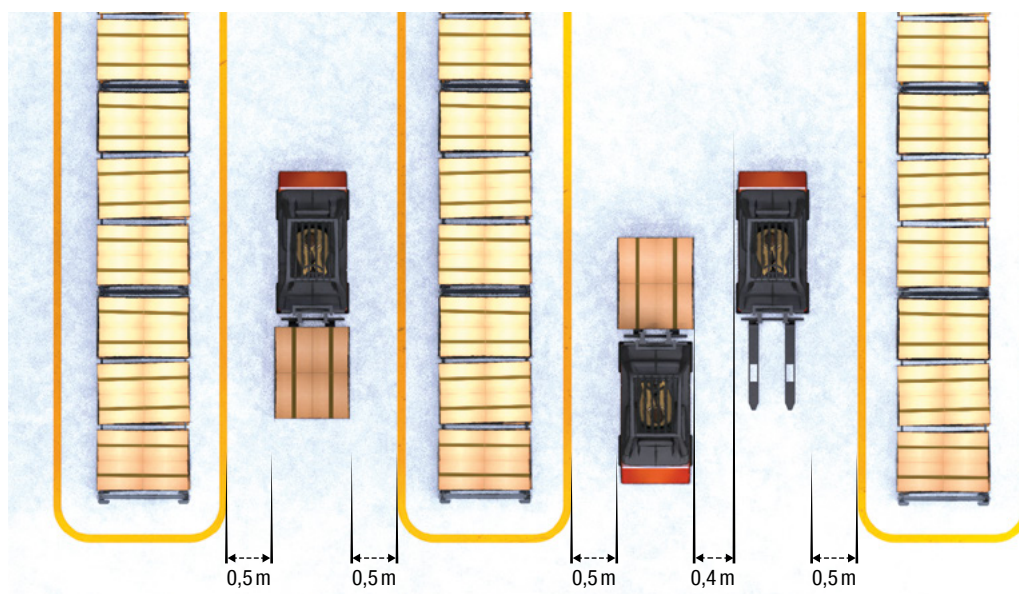
■ Figure 4.1 – Exemple de solutions pour éviter les collisions au franchissement d'une porte piéton.

Tableau 4.1: Gabarit de passage recommandé selon le type de flux.

	Circulation en sens unique	Circulation en double sens	Hauteur de passage libre recommandée dans les circulations
Piéton seul	0,90 m*	1,50 m**	2,20 m
Cheminement pour personne à mobilité réduite	1,40 m	1,60 m contraint 1,80 recommandé (voir figure 4.5)	
Engin de manutention (voir figure 4.2)	Largeur de l'engin ou de la charge la plus large + 1 m	Largeur des 2 engins ou des 2 charges les plus larges + 1,40 m	Hauteur minimale : 2,20 m ou hauteur de l'engin ou de la charge la plus haute + 0,30 m
Véhicules légers	3 m	5 m	Hauteur minimale : 2 m ou hauteur du véhicule + 0,30 m
Véhicules utilitaires (< 3,5 t)			
Véhicules lourds (hors dispositions particulières en cas de convoi exceptionnel)	4 m	6,5 m 7 m en virage	4,30 m

* Minimum fixé par la réglementation en conception. Cette valeur peut éventuellement être réduite à 0,80 m en cas d'impossibilité technique dans le cadre d'une réhabilitation quand le passage constitue un dégagement en cas d'incendie.

** Valeur recommandée permettant à un fauteuil roulant manuel de faire demi-tour.



■ Figure 4.2 – Largeur des voies de circulation selon le tableau 4.1 pour les chariots automoteurs.

4.1.3 Protection des piétons et prévention des chutes de plain-pied

Lors de la conception des bâtiments, une réflexion sur l'organisation des flux et la circulation des piétons doit permettre de prévenir les risques (chutes de plain-pied, collisions...) tout en optimisant les

déplacements. Pour ce faire, il est recommandé de :

- **Réduire les distances de déplacement des piétons** et de respecter le tracé des « lignes de désir », c'est-à-dire le cheminement le plus court pour atteindre la zone de son choix. L'incitation à la mobilité dans le cadre de la lutte contre la sédentarité ne doit pas être un argument pour augmenter

artificiellement les distances de déplacement. Cela se traduit :

- par une réflexion sur l'emplacement des parkings, des bâtiments annexes, des locaux sociaux. Les vestiaires doivent ainsi se trouver sur le cheminement parking/postes de travail,
- par une définition des trajets les plus directs possible, en cohérence avec les flux de communication (entre services par exemple), les zones d'accès communes (vestiaires, sanitaires, salle de repos ou de restauration) et les postes de travail, et entre postes de travail entretenant ensemble des liens réguliers.

● **Supprimer au maximum les dénivellations** pour éviter les chutes et faciliter l'accès aux personnes à mobilité réduite ainsi que le déplacement des matériels et équipements roulants. Il est interdit de placer une ou deux marches isolées dans les circulations.

● **Limiter au maximum la présence de piétons** dans les zones à risque (zones dans lesquelles circulent des engins ou des véhicules notamment).

● **Séparer les flux piétons** et matérialiser la circulation piétonne en conjuguant au besoin, selon l'analyse des risques, protection mécanique (garde-corps, murets, plots, trottoirs..., voir figure 4.1), signalisation verticale et horizontale avec une signalétique adaptée facilitant le repérage spatial, notamment celui des dégagements incendie (voir § 4.2.2 et chapitre 11).

● **Soigner particulièrement la qualité des sols** et leur pérennité : revêtements faciles d'entretien et homogènes tout au long des cheminements (le changement de revêtement ou des aspérités de l'ordre de quelques millimètres suffisent à générer un trébuchement).

● **S'assurer de l'absence d'obstacle** dans les zones de cheminement :

- en dimensionnant correctement les espaces de stockage aux endroits où ils sont nécessaires (stockage de matières premières au poste, production en cours...) et en prévoyant des rangements dédiés pour les chariots et le matériel roulant,
- en évitant, à la conception, les zones où des éléments de machines et d'installations pourraient dépasser dans les allées (en statique ou en dynamique),
- en supprimant les obstacles au sol ou près du sol, tels que les passages de câbles, les réseaux, les éléments flexibles qui peuvent être installés ponctuellement sur certaines opérations. Par exemple :

prévoir des prises électriques à proximité immédiate des zones de branchement d'un ventilateur portable pour des interventions en espace confiné, prévoir des prises intégrées au niveau des tables de réunion pour permettre le branchement des ordinateurs portables, prévoir des points d'eau fixes à proximité des zones d'utilisation de tuyaux d'arrosage. ...

● **Éclairer correctement les zones piétonnières**, notamment dans les escaliers, les zones de croisement, les zones à proximité d'un risque ; veiller au niveau d'éclairage, à l'absence d'éblouissement, à la facilité d'entretien des luminaires (voir § 5.2).

De plus, le dimensionnement des circulations piétonnes doit intégrer les exigences propres aux personnes à mobilité réduite (voir tableau 4.1 et § 4.1.4).

Dispositions complémentaires

Une attention particulière doit être portée à la prévention des risques de chutes de plain-pied dès la conception (voir dossier web « Chutes de plain-pied » [1]). Il est recommandé, en plus des dispositions précédentes, de :

● **Signaler visuellement les obstacles résiduels** après travaux s'ils n'ont pu être évités (dénivelés, aspérités).

● **Prévoir des rambardes ou main courante** le cas échéant.

● **Configurer l'espace de travail autour des équipements** pour permettre la réalisation des tâches en tenant compte des conditions de manipulation des pièces et des zones de stockage temporaire (voir chapitre 3). Les situations non permanentes, telles que la maintenance de l'équipement, doivent également être prises en compte dans l'analyse.

● **Concevoir les espaces pour faciliter le nettoyage** et l'entretien des locaux (par exemple, caniveaux et points d'eau à proximité des zones pouvant être salies).

● **Mettre en place des revêtements antidérapants** lorsqu'ils sont nécessaires (voir § 7.4).

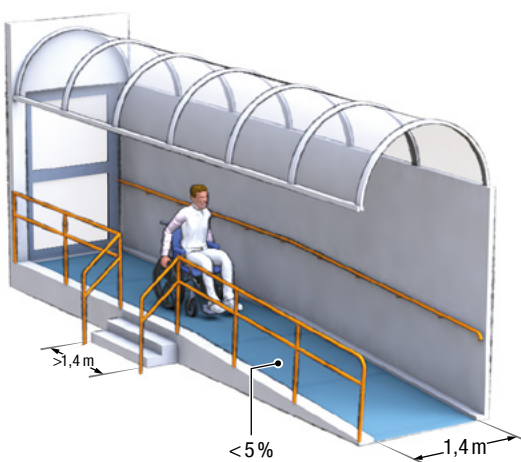
● **Organiser le travail** de façon à éviter les situations d'urgence : proscrire les primes à la tâche, les organisations du travail de type « fini-quitte », « fini-parti »... qui conduisent à augmenter la vitesse des déplacements. Pour les situations inévitables, limiter les distances à parcourir par regroupement des locaux impliqués (réserves chirurgicales à proximité

du bloc opératoire ; accès à la salle de contrôle de commande de plain-pied avec les zones d'intervention en urgence...).

4.1.4 Conception adaptée pour les personnes en situation de handicap

Les lieux de travail doivent être aménagés dès leur conception en tenant compte des personnes en situation de handicap, que ce handicap soit passager (fracture, maladie...) ou permanent, et les dispositions adoptées à cet effet doivent permettre l'accès et l'évacuation notamment des personnes circulant en fauteuil roulant.

Les repères ci-après sont donnés à titre indicatif pour leur caractère structurant en conception et relèvent donc essentiellement des dispositions pour les personnes en fauteuil roulant. Ces repères sont valables pour des personnes pouvant se déplacer de façon autonome. Une étude particulière devra être effectuée pour des personnes non autonomes (en Ehpad par exemple) afin de préciser les besoins spécifiques et les incidences sur l'espace pour les personnes accompagnantes. Pour les personnes sourdes ou malentendantes, il convient de prêter une attention particulière à la qualité de l'éclairage naturel et artificiel et de choisir des dispositifs permettant de créer une redondance visuelle des informations sonores (par exemple, préférer les visiophones aux interphones, doubler les alarmes sonores par des alarmes visuelles...).



■ Figure 4.3. – Rampe d'accès praticable pour une personne autonome en fauteuil roulant.

Pour aller plus loin, se référer à l'ouvrage « Handicap et construction » [2].

4.1.4.1 Qualité des sols

Les sols et revêtements doivent être :

- non meubles (par exemple, pas de sable et gravillons),
- lisses et non glissants (par exemple, pas de pavés bombés ni de joints en creux),
- sans obstacle à la roue du fauteuil.

Les trous ou fentes dans le sol doivent avoir un diamètre ou une largeur inférieurs à 2 cm.

Le profil en long est de préférence horizontal et sans ressaut.

4.1.4.2 Pente d'évacuation des eaux

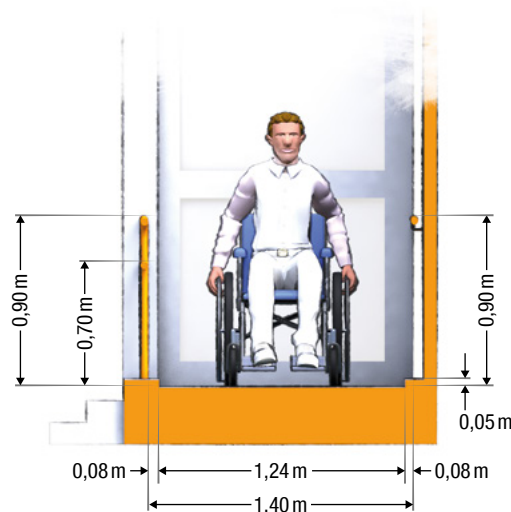
La pente transversale doit être la plus faible possible tout en favorisant l'évacuation latérale de l'eau (en cas de pluie ou à l'intérieur des locaux nettoyés à grande eau) ; en cheminement courant, le dévers est aussi fonction de la nature et des qualités d'adhérence du revêtement employé. La pente sera de l'ordre de :

- 1,5 à 2 % pour le béton ou l'asphalte,
- 2 à 3 % pour l'enrobé.

4.1.4.3 Ressauts

Les ressauts sont à éviter. Dans le cas contraire, leurs bords doivent être arrondis ou chanfreinés.

La hauteur maximale des ressauts à bords arrondis ou chanfreinés est de 2 cm ; toutefois, leur



hauteur peut atteindre 4 cm lorsqu'ils sont aménagés en chanfrein trois fois plus long que haut.

La distance minimale entre deux ressauts est de 2,50 m. Les pentes avec ressauts multiples dits « pas d'âne » sont interdites.

4.1.4.4 Rampe d'accès (voir figure 4.3)

Les cheminements doivent, de préférence, être horizontaux. Lorsqu'une pente est nécessaire, elle doit être inférieure à 5 %. Lorsqu'elle dépasse 4 %, un palier de repos est nécessaire tous les 10 mètres. En cas d'impossibilité technique, les pentes suivantes sont exceptionnellement tolérées : 8 % sur une longueur inférieure à 2 m, 12 % sur une pente inférieure à 0,50 m.

Un garde-corps préhensible est obligatoire le long de toute rupture de niveau de plus de 40 cm de hauteur.

4.1.4.5 Largeur de circulation et diamètre de giration

Pour les personnes se déplaçant en fauteuil roulant, le gabarit de passage minimal est de 0,80 m de large et de 1,30 m de long, avec un diamètre de rotation minimal de 1,50 m (voir figure 4.4). Le diamètre de rotation minimal pour un fauteuil roulant électrique est de 2,20 m.

Ces dimensions ne tiennent pas compte de l'espace nécessaire pour un accompagnant. Il est

recommandé d'adapter la conception en conséquence (voir figure 4.5).

La largeur minimale réglementaire du cheminement est de 1,40 m. Une largeur de 1,50 m est recommandée, car elle permet plus aisément le croisement d'un piéton et d'un fauteuil roulant. Tout cheminement débouche nécessairement sur un lieu (local ou aire) large d'au moins 1,50 m pour permettre la rotation d'un fauteuil roulant.

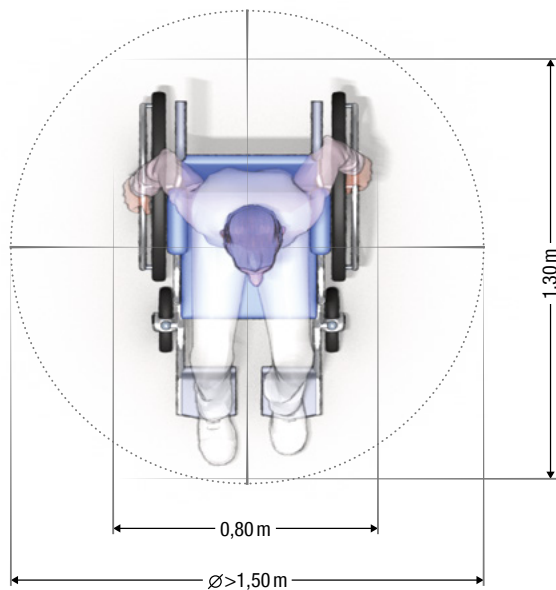


Figure 4.4 – Gabarit d'une personne se déplaçant de façon autonome en fauteuil roulant.

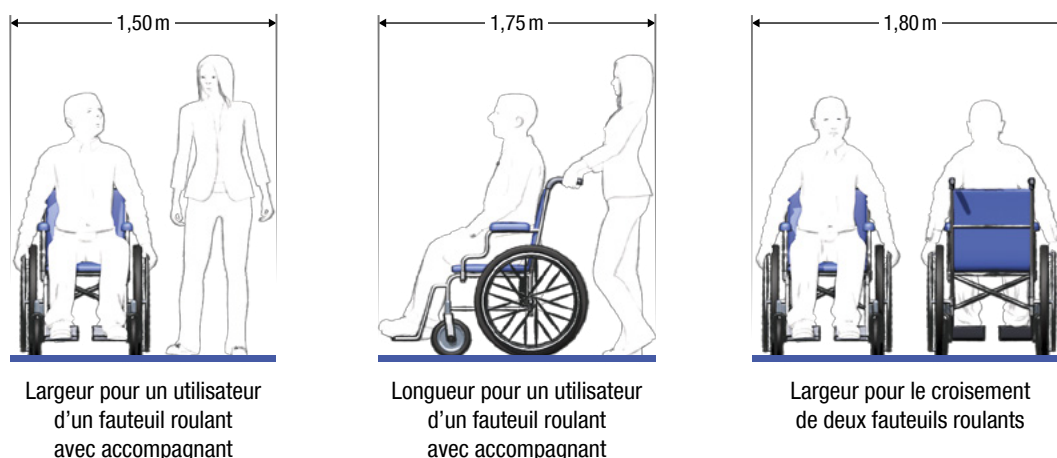


Figure 4.5 – Repères dimensionnels pour un utilisateur de fauteuil roulant avec accompagnant ou pour le croisement de deux fauteuils roulants.

La largeur minimale recommandée pour les couloirs est de 1,60 m, mais une largeur de 1,80 m facilite le croisement de deux fauteuils roulants.

4.1.4.6 Portes

La largeur minimale réglementaire des portes (voir figure 4.6) est de :

- 1,40 m lorsqu'elles desservent un local pouvant accueillir plus de 100 personnes,
- 0,90 m lorsqu'elles desservent des locaux pouvant recevoir moins de 100 personnes,
- 0,80 m lorsqu'elles desservent un local d'une surface inférieure à 30 m².

Pour les portes à deux vantaux, l'un des vantaux doit avoir une largeur minimale de 0,80 m.

4.1.4.7 Palier de repos

Un palier de repos est obligatoire devant chaque porte, en haut et en bas de chaque plan incliné, et à l'intérieur de chaque sas, sur une longueur d'au moins 1,40 m, hors débattement de porte.

4.1.4.8 Cheminement accessible aux personnes malvoyantes

Le revêtement du cheminement accessible aux personnes malvoyantes ou aveugles doit présenter un contraste visuel et tactile par rapport à son environnement. À défaut, le cheminement doit comporter sur toute sa longueur un repère continu, tactile pour le guidage à l'aide d'une canne d'aveugle, et visuellement contrasté par rapport à son environnement pour faciliter le guidage des personnes malvoyantes.

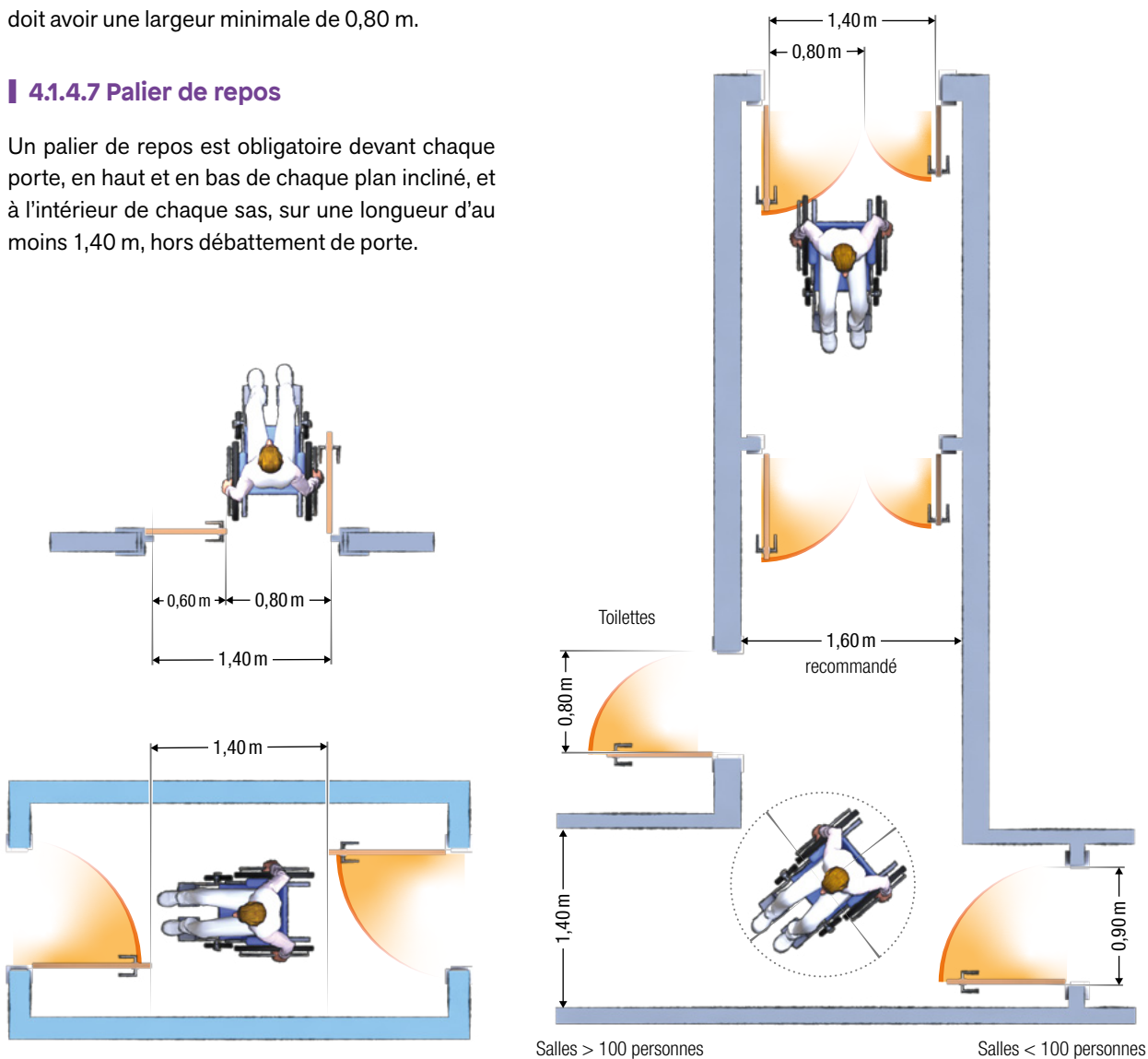


Figure 4.6 – Dimensionnement de portes adapté au passage d'une personne autonome en fauteuil roulant.

Il convient de supprimer au maximum les éléments en saillie et, dans tous les cas, de rendre tout obstacle éventuel repérable par une personne aveugle ou malvoyante (voir figure 4.7).

■ 4.1.4.9 Évacuation en cas d'incendie

Le Code du travail prévoit des dispositions spécifiques pour les salariés en situation de handicap (voir § 4.2.2.5).

4.2 Circulations intérieures

L'étude des flux ne peut se faire que sur la base de simulations de situations réalistes de travail, en s'appuyant sur des scénarios définis lors du travail de conception.

4.2.1 Organisation des flux

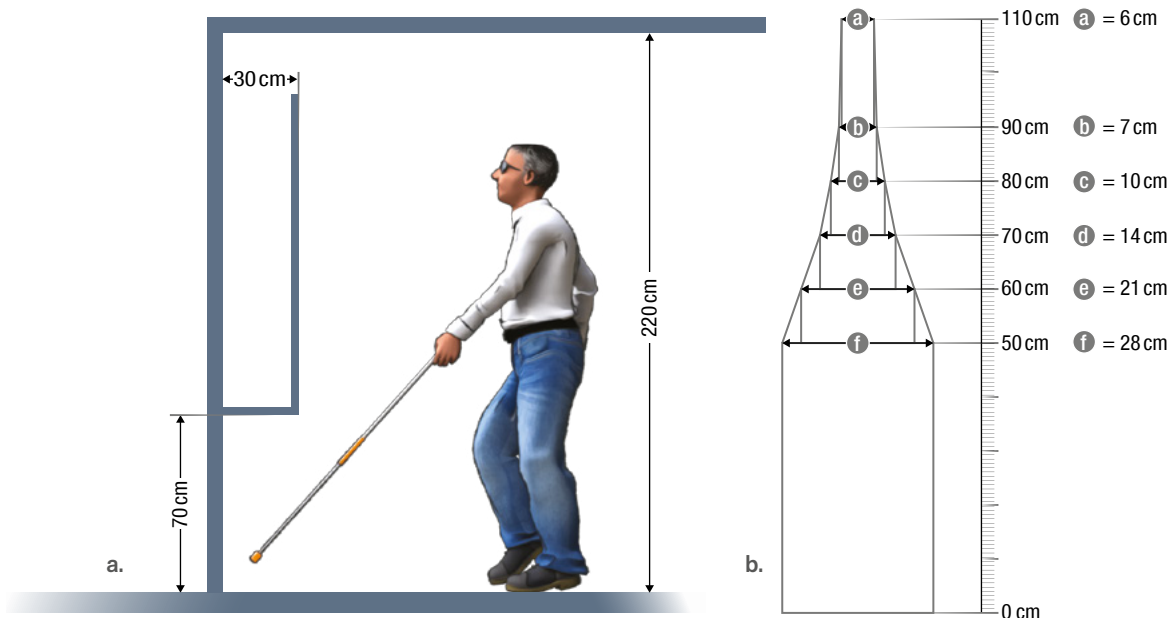
Toutes les règles de conception énoncées au § 4.1.2 s'appliquent à l'intérieur des bâtiments

(séparation des flux, dimensionnement...). En outre, les circulations horizontales sont particulièrement déterminées par les dispositions relatives à l'évacuation des personnes en cas d'incendie (voir § 4.2.2).

La conception des circulations doit aussi anticiper les interventions de maintenance, de manière à permettre le transfert horizontal ou vertical des charges et en s'assurant que toutes les circulations sont dimensionnées pour acheminer les équipements, depuis la zone de livraison/évacuation de l'entreprise jusqu'au lieu d'implantation final.

En cas de besoin, les moyens de transport du matériel entre les étages (monde-charge, ascenseur, treuil... (voir § 8.4.6.2 et § 8.5) doivent être adaptés au déplacement de tout le matériel, qu'il soit lié au process (machines, chariots de manutention...) ou aux activités administratives (photocopieuses, mobilier de bureau...). Les ascenseurs seront aussi utiles pour les activités de nettoyage (transport des mono-brosses, auto-laveuses, chariots).

Leur dimensionnement doit intégrer les dimensions des gabarits les plus volumineux, en largeur, longueur et hauteur, et inclure, le cas échéant, la présence d'accompagnants.



a. Saillie maximale du mobilier en fonction de sa hauteur d'implantation.

b. Dimension des obstacles détectables par une canne, pour une hauteur de 110 cm, l'obstacle doit avoir une épaisseur d'au moins 6 cm ; pour une hauteur de 50 cm, l'épaisseur de l'obstacle doit être au moins égale à 28 cm (voir « Handicap et construction » [2]).

■ Figure 4.7 – Éléments de conception pour le repérage des obstacles par des personnes malvoyantes ou aveugles.

4.2.2 Évacuation en cas d'incendie

4.2.2.1 Dimensionnement réglementaire des dégagements

Pour permettre une évacuation sûre et rapide des personnes présentes, les maîtres d'ouvrage doivent concevoir des lieux de travail comprenant des dégagements (escaliers, couloirs, portes, circulations...) dont le nombre et la largeur dépendent du nombre de personnes susceptibles de les emprunter (voir tableau 4.2) ou bien de leur positionnement dans l'entreprise ; s'ils sont situés au sous-sol par exemple, des règles spécifiques s'appliqueront. Ces dégagements doivent être toujours libres de tout obstacle.

Les cheminements d'évacuation doivent être clairement identifiés et balisés à l'aide d'un éclairage de sécurité (voir § 5.2.4). Il en est de même pour

les cheminements menant aux espaces d'attente sécurisés.

Ces informations sont regroupées dans un plan d'évacuation de la zone considérée, disposé à *minima* aux entrées et sorties de ladite zone.

Les dimensions des bâtiments et leur implantation doivent tenir compte des possibilités d'intervention des sapeurs-pompiers (largeur et résistance des voies circulables).

Ces données doivent être intégrées lors de la construction des lieux de travail ou lors de leur modification, extension ou réhabilitation.

4.2.2.2 Distances maximales d'évacuation

D'une manière générale, les distances à parcourir pour permettre l'évacuation rapide des occupants en cas d'incendie vers un lieu sûr seront aussi faibles que possible. Le positionnement des

Tableau 4.2: Dimensionnement en nombre et largeur des dégagements incendie selon l'effectif.

Effectif (nombre de personnes salariées + public)	Nombre de dégagements réglementaires	Nombre total d'unités de passage (UP)	Largeur minimale totale des dégagements
< 20	1	1	0,90 m
20-50	1 + 1 dégagement accessoire (a)	1 + 1 accessoire	1,50 m (0,90 + 0,60)
	ou 1 (b)	2	1,40 m
51-100	2	2	1,80 m (0,90 + 0,90)
	ou 1 + 1 dégagement accessoire (a)	2 + 1 accessoire	2,00 m (1,40 + 0,60)
101-200	2	3	2,30 m (1,40 + 0,90)
201-300	2	4	2,80 m (1,40 + 1,40)
			ou 2,70 m (1,80 + 0,90)
301-400	2	5	3,30 m (2,40 + 0,90)
			ou 3,20 m (1,40 + 1,80)
401-500	2	6	3,90 m (0,90 + 3,00)
			ou 3,80 m (1,40 + 2,40)
			ou 3,60 m (1,80 + 1,80)
> 500	2 (500 premières personnes) + 1 (pour 500 personnes ou fraction de 500 personnes supplémentaires)	1 unité pour 100 personnes ou fraction de 100 personnes	Exemple : pour 750 personnes : 3 dégagements totalisant 8 unités de passage Soit : 5,20 m (1,40 + 1,40 + 2,40) ou 5,10 m (0,90 + 1,80 + 2,40) ou 5,00 m (1,40 + 1,80 + 1,80)

(a) Un dégagement accessoire peut être constitué par une sortie, un escalier, une coursive, une passerelle, un passage souterrain ou un chemin de circulation, rapide et sûr, d'une largeur minimale de 0,60 m, ou encore par un balcon filant, une terrasse, une échelle fixe.

(b) Cette solution est acceptée si le parcours pour gagner l'extérieur n'est pas supérieur à 25 m et si les locaux desservis ne sont pas en sous-sol.

escaliers, des issues des locaux et du bâtiment, et tout éventuel cul-de-sac dont on ne pourrait éviter la création, devront répondre aux conditions de distances limites résumées ci-dessous :

- Pour gagner un escalier, quel que soit le point en étage ou en sous-sol : 40 m maximum.
- Pour rejoindre une sortie donnant sur l'extérieur depuis le débouché au niveau du rez-de-chaussée d'un escalier : 20 m maximum.
- Les itinéraires de dégagement ne doivent pas comporter de cul-de-sac supérieur à 10 m.
- Pour rejoindre une issue débouchant sur l'extérieur ou sur un local donnant lui-même sur l'extérieur, depuis un local à risque d'explosion ou d'incendie contenant des matières susceptibles de prendre feu instantanément au contact d'une flamme ou d'une étincelle et de propager rapidement l'incendie : 10 m maximum.
- La distance maximale que les personnes doivent parcourir en rez-de-chaussée à partir d'un point

quelconque d'un local pour atteindre une sortie ou un dégagement protégé ne doit pas excéder⁽⁷⁾ :

- 50 m si le choix existe entre plusieurs sorties,
- 30 m dans le cas contraire.

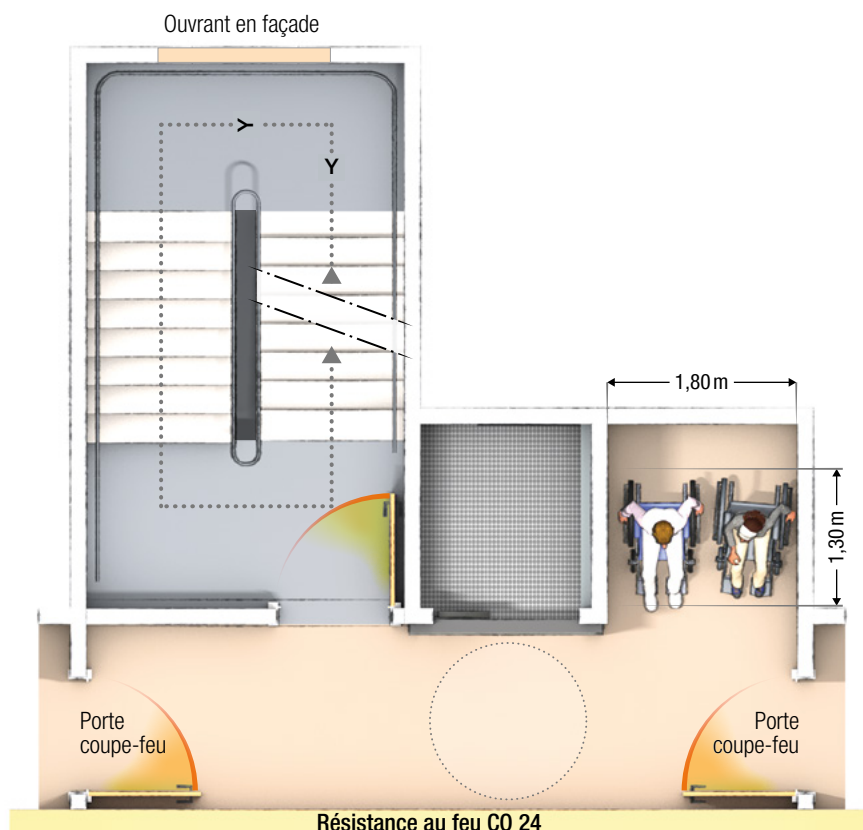
Les ascenseurs, monte-charges ou tapis roulant ne peuvent pas justifier la diminution du nombre de dégagements ou de leur largeur.

■ 4.2.2.3 Portes servant à l'évacuation

Les portes servant à l'évacuation obéissent aux caractéristiques suivantes :

- celles susceptibles d'être utilisées pour l'évacuation de plus de 50 personnes et celles des locaux où sont stockés ou manipulés des produits inflammables ou pouvant générer des atmosphères explosives, s'ouvrent dans le sens de la sortie,

7. Le Code du travail ne prévoyant pas de distance spécifique pour ce cas, il est recommandé de se référer aux dispositions applicables aux ERP.



■ Figure 4.8 – Exemple d'espace d'attente sécurisé : il est situé dans une zone qui n'est pas un cul-de-sac, en dehors de la circulation, et qui permet de s'assurer aisément de la présence ou non de personnes en attente d'évacuation.

- celles faisant partie des dégagements réglementaires (voir tableau 4.2) s'ouvrent par une manœuvre simple (bec-de-cane, poignée tournante, crémone à poignée ou à levier, barre anti-panique...),
- celles étant verrouillées sont manœuvrables de l'intérieur sans clé et de manière simple (voir point précédent).

Les portes coulissantes, à tambour ou s'ouvrant vers le haut, ne peuvent constituer un dégagement réglementaire que si elles sont motorisées et qu'en cas de défaillance, elles libèrent la largeur totale de la baie par quelque moyen que ce soit.

4.2.2.4 Escaliers d'accès en sous-sol

La largeur des escaliers d'accès aux sous-sols doit être augmentée de la moitié de la largeur minimale des dégagements applicables à l'employeur lors de l'utilisation des lieux de travail. En conséquence, la largeur d'un escalier d'accès au sous-sol ne doit jamais être inférieure à 1,20 m (pour un effectif de moins de 20 personnes), et doit être augmentée pour des effectifs plus importants.

Lorsque l'effectif est supérieur à 100 personnes, la largeur des escaliers doit être déterminée en prenant pour base l'effectif ainsi calculé :

- l'effectif des personnes est arrondi à la centaine supérieure,
- il est majoré de 10 % par mètre ou fraction de mètre au-delà de 2 m de profondeur.

Les largeurs données ne doivent pas être réduites par une saillie ou un dépôt, à l'exception d'aménagements fixes à une hauteur maximale de 1,10 m ne faisant pas saillie de plus de 0,10 m (main courante par exemple).

4.2.2.5 Dégagements praticables pour les personnes en fauteuil roulant et espaces d'attente sécurisés

Le Code du travail prévoit des espaces d'attente sécurisés ou équivalents (palier d'ascenseur, palier d'escalier, plate-forme à l'air libre..., voir figure 4.8) pour permettre de maintenir les personnes en situation de handicap à l'abri des flammes, de la fumée et des températures élevées pendant une heure dans l'attente de leur évacuation par les services de secours.

4.3 Circulations extérieures

4.3.1 Organisation des flux et plan de circulation

4.3.1.1 Organisation générale des flux

Les types de flux extérieurs aux bâtiments à considérer dépendent de l'activité de l'entreprise et des moyens mis en œuvre.

Les principales circulations extérieures à prendre en compte sont en général constituées :

- des flux entrants des matières premières et des produits avant transformation par l'entreprise (PL, VUL, voie ferrée, maritime, fluviale...),
- des flux sortants des produits fabriqués par l'entreprise et d'évacuation des déchets (PL, VUL, voie ferrée, maritime, fluviale...),
- des flux liés à la production entre les différents bâtiments/ateliers où est effectuée l'activité (chariots élévateurs et éventuellement autres engins mobiles, voie ferrée...),
- des flux piétonniers entre les différents bâtiments/ateliers (circulation entre les bâtiments pendant les horaires de travail, en début et fin de poste, entrées et sorties de l'entreprise...),
- des autres flux (véhicules du personnel, des entreprises extérieures, des visiteurs...).

Les principes de conception à mettre en œuvre pour organiser les flux extérieurs sont les suivants :

- choisir de préférence des systèmes de transport des produits mécanisés plutôt que manuels, continus plutôt que discontinus,
- retenir un sens unique de circulation antihoraire (dans le sens inverse des aiguilles d'une montre), notamment pour favoriser la mise à quai des poids lourds avec recul « à main gauche » (voir § 4.4.1),
- éviter les croisements des différents flux (aires d'évolution séparées pour chaque type de flux), et notamment le croisement des piétons et des engins mobiles,
- éviter ou limiter les manœuvres (demi-tours, marches arrière) notamment pour les camions,
- aménager les croisements de façon à favoriser la visibilité,
- dimensionner au juste besoin les voies de circulation, les aires de garage et de manœuvre.

Dans la pratique, la mise en œuvre de ces principes doit aussi tenir compte :

- d'autres impératifs tels que la limitation nécessaire du nombre d'entrées pour des raisons de gardiennage et de commodité pour les transporteurs (par exemple, faire viser des documents à l'entrée et à la sortie de l'entreprise),
- de différentes contraintes telles que l'implantation des bâtiments déjà construits, les contraintes inhérentes au terrain (servitudes, possibilités d'aménagement des entrées/sorties...).

■ 4.3.1.2 Plan de circulation

L'application des principes énoncés précédemment conduit à l'élaboration du plan de circulation.

La figure 4.9 est un exemple de recherche d'optimisation du plan de circulation extérieure d'une entreprise comportant notamment un sens giratoire unique et antihoraire pour les véhicules avec mise à quai des poids lourds à main gauche.

Une méthode pour établir le plan de circulation consiste à :

1. Faire un plan-masse de l'entreprise.
2. Recenser les moyens de transport et de déplacement.

3. Déterminer et tracer sur le plan les différents flux.

4. Prendre en compte la variabilité des horaires de circulation.

5. Identifier les zones de circulation à croisements multiples.

6. Formaliser les résultats dans un document de synthèse.

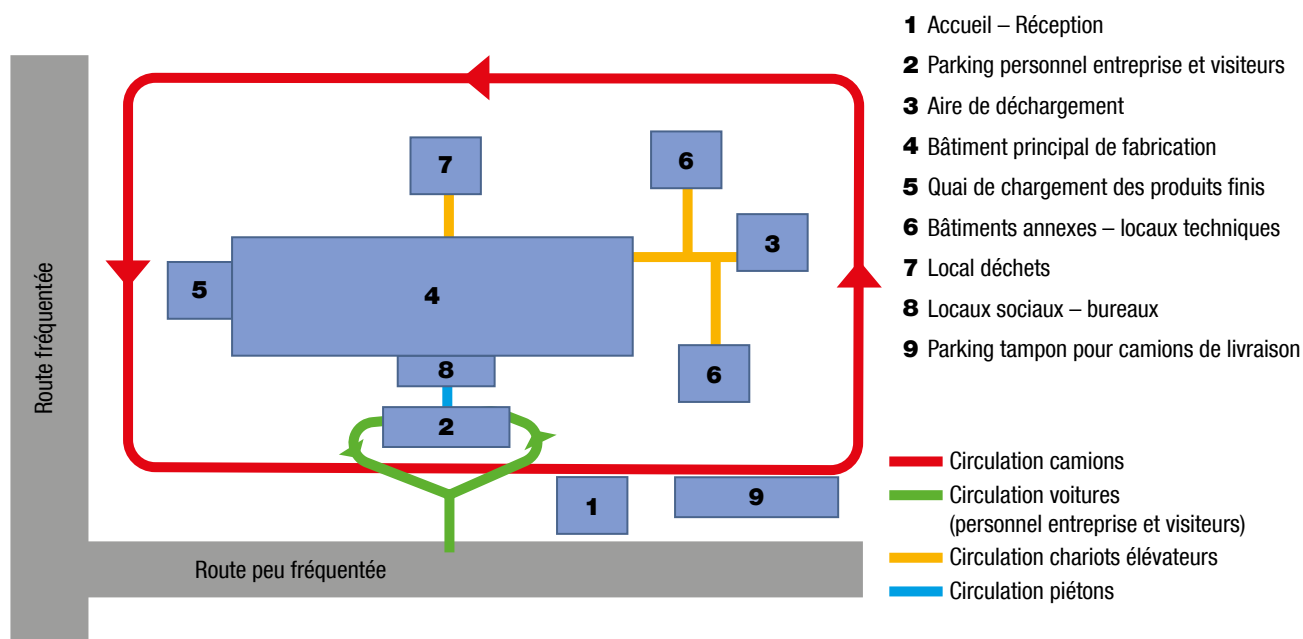
7. Mettre en place à l'entrée de l'entreprise le synoptique du plan de circulation (panneau 2 m x 3 m minimum) et les signalisations horizontales et verticales correspondantes à l'intérieur.

4.3.2 Accès au site et accueil

Pour assurer, dès l'entrée sur le site, la mise en œuvre des principes énoncés précédemment, il faut, selon le type de flux, appliquer les préconisations suivantes.

■ 4.3.2.1 Accueil des piétons

- Créer des entrées séparant la circulation piétonne de celle des véhicules.
- Aménager des cheminements sécurisés et signalisés conduisant vers les principaux lieux de destina-



■ Figure 4.9 – Exemple de plan de circulation prévisionnel.

tion (par exemple, les locaux sociaux ou les locaux administratifs).

4.3.2.2 Accueil des véhicules

- Signaler si possible l'entrée de l'entreprise très en amont pour guider les conducteurs vers l'entrée.
- Préserver la visibilité en sortie du site : définir le cône de visibilité permettant à un véhicule de s'engager sans risque sur la voirie et le laisser libre de tout obstacle visuel (aménagement paysager, panneaux...).
- Implanter le portail ou la barrière d'entrée à l'écart de la voie publique à une distance au moins égale à la longueur du véhicule le plus long amené à pénétrer, de façon à lui permettre de se soustraire entièrement à la circulation routière (voir figure 4.10).
- Envisager, si possible, d'aménager un carrefour giratoire en face de l'entrée-sortie (voir § 4.3.4.3).

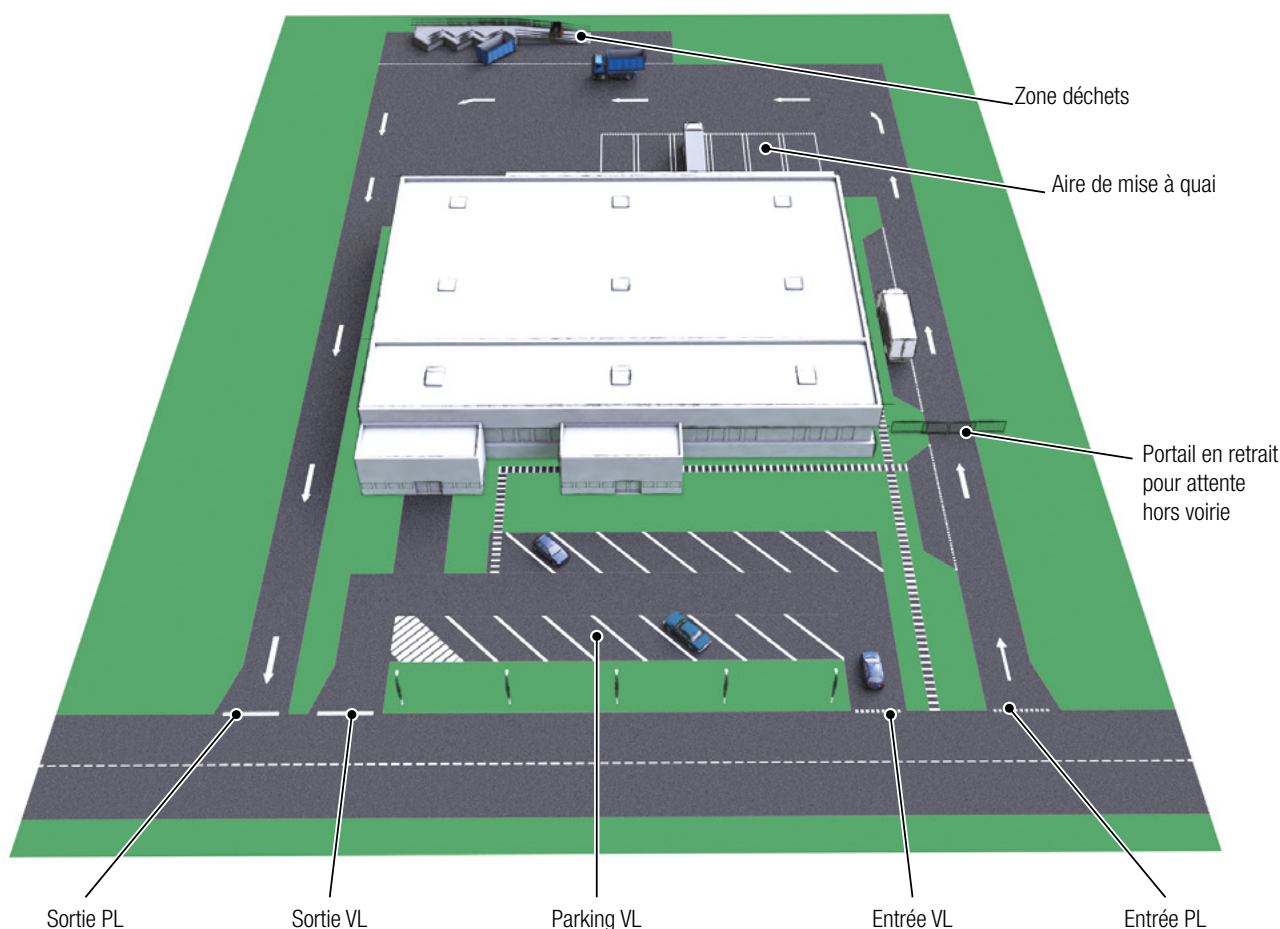
• Chaque fois que possible, créer, pour les véhicules, des entrées séparées des sorties (voir figure 4.10).

• Informer, dès l'entrée de l'entreprise, des zones de chargement/déchargement et de l'itinéraire aller-retour à suivre au moyen d'une signalétique par pictogrammes (à défaut, un plan en plusieurs langues).

• Prévoir des aires de stationnement intermédiaire pour les poids lourds, idéalement à l'intérieur du site ou à proximité (voir § 4.3.3 et brochure ED 6350 [3]).

4.3.2.3 Accueil des conducteurs de poids lourds

Afin d'éviter les accidents de circulation dans l'aire d'évolution des poids lourds, créer pour les conducteurs un cheminement piéton sécurisé, aussi direct que possible, depuis la cour des quais



■ Figure 4.10 – Exemple d'aménagement d'entrée, avec séparation des flux poids lourds (PL) et véhicules légers (VL), séparation des entrées et sorties et aménagement du portail en retrait de la voirie.

et du parking d'attente jusqu'au service expédition/réception (marquage au sol dans la cour, escalier d'accès au bâtiment, signalétique sur les portes, signalétique conduisant vers les quais par l'intérieur...).

4.3.3 Circulation et stationnement

■ 4.3.3.1 Circulation et stationnement des véhicules légers (VL) et des véhicules utilitaires légers (VUL)

La taille du ou des parkings tiendra compte des effectifs de l'entreprise, des entreprises intervenantes, des visiteurs, tout en intégrant les fluctuations saisonnières (voir figure 4.11).

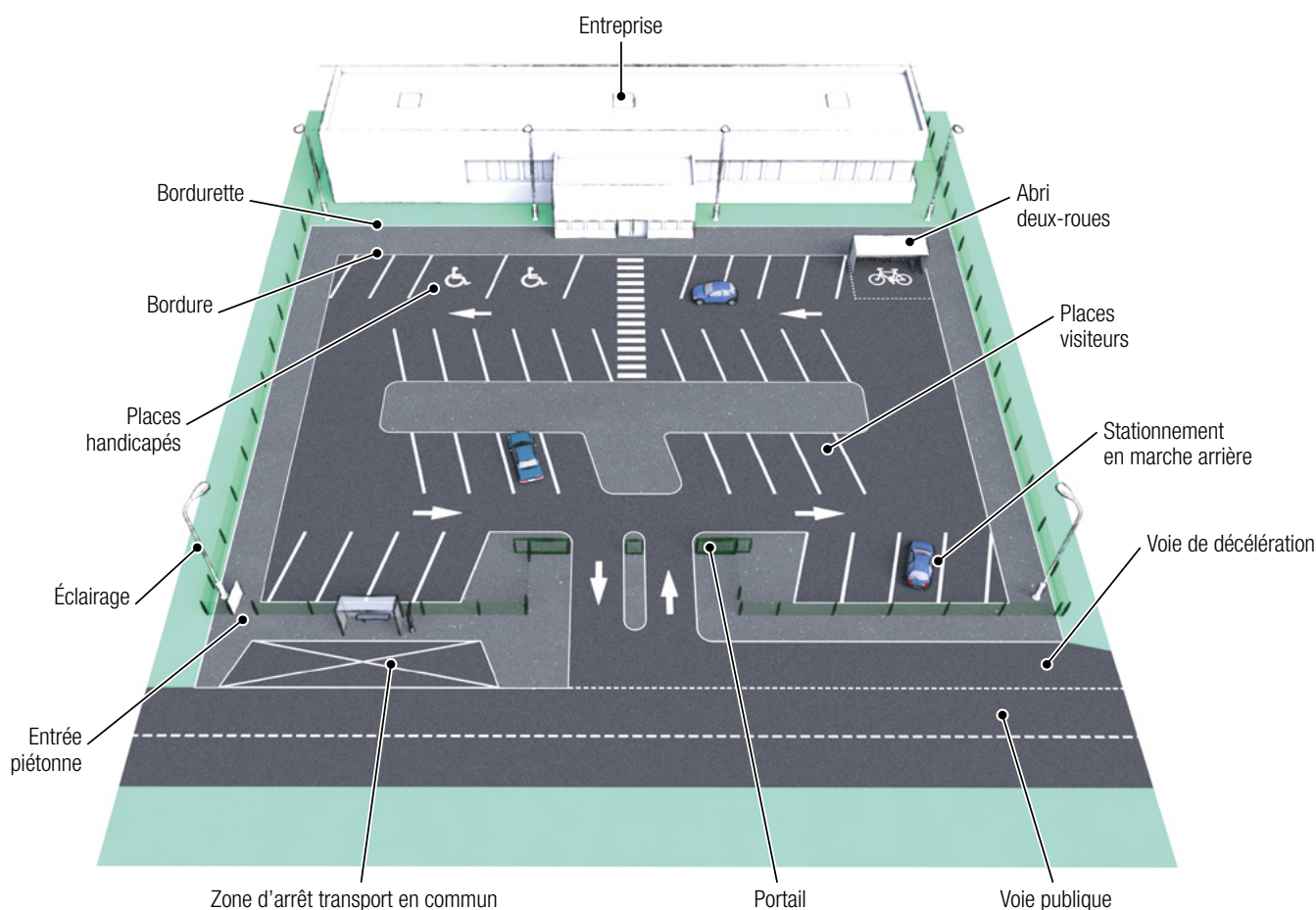
Le plan de circulation doit tenir compte des flux VUL selon qu'il s'agit de véhicules de livraison, de maintenance, d'exploitation, et proposer à cet

effet des aires de stationnement spécifiques tout en organisant les flux piétons correspondants.

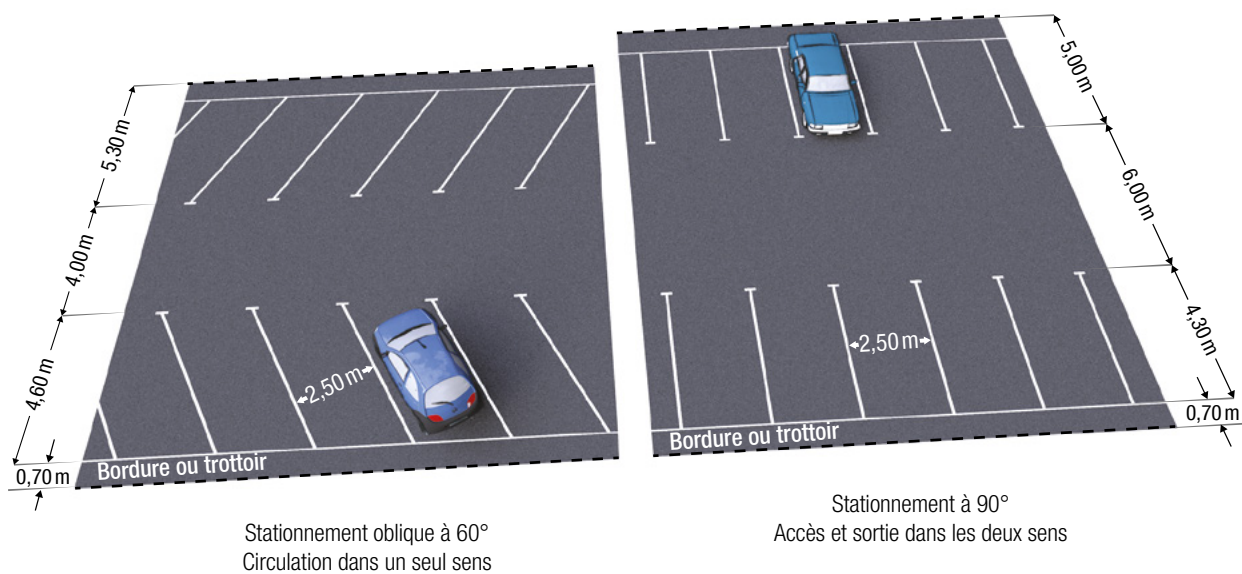
Le stationnement sur parking des VL doit être proche de l'entrée du personnel et des vestiaires, situé dans l'enceinte de l'entreprise et dimensionné avec un ratio de 25 m² par voiture, soit [2,5 m x 5 m x 2] (voir figure 4.12). Ce ratio inclut le stationnement et les voies de circulation associées, mais ne tient pas compte des besoins relatifs aux cheminements piétons dédiés.

L'aire de stationnement doit être conçue pour que les véhicules puissent quitter leur emplacement en marche avant, l'accès sur l'emplacement pouvant se faire soit en marche avant (solution à privilégier, voir figure 4.13), soit en marche arrière, ces dernières conditions imposant un stationnement en épi (voir figure 4.14).

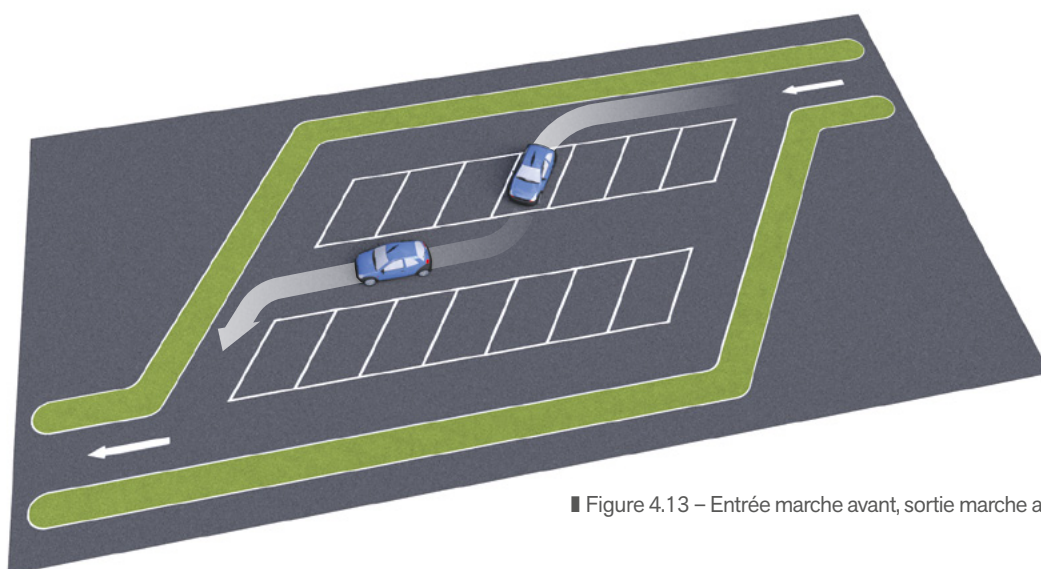
Des aménagements spécifiques doivent être prévus pour les deux-roues.



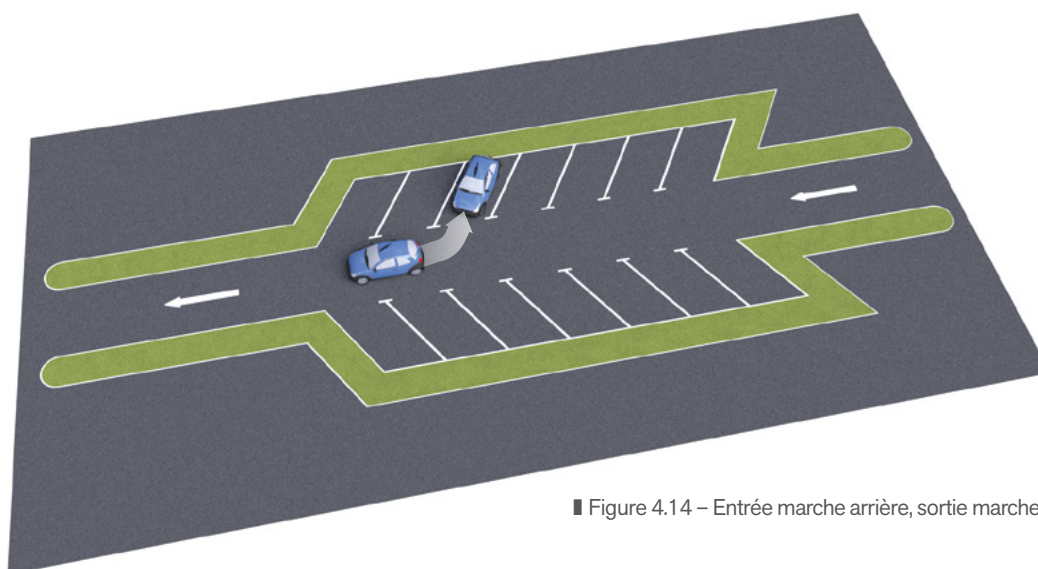
■ Figure 4.11 – Exemple de parking véhicules légers (VL).



■ Figure 4.12 – Dimensionnement des espaces de stationnement véhicules légers (VL).



■ Figure 4.13 – Entrée marche avant, sortie marche avant.



■ Figure 4.14 – Entrée marche arrière, sortie marche avant.

Une attention particulière doit être prête à l'éclairage des zones piétonnières et à l'aménagement de places réservées aux personnels à mobilité réduite (voir figure 4.15).

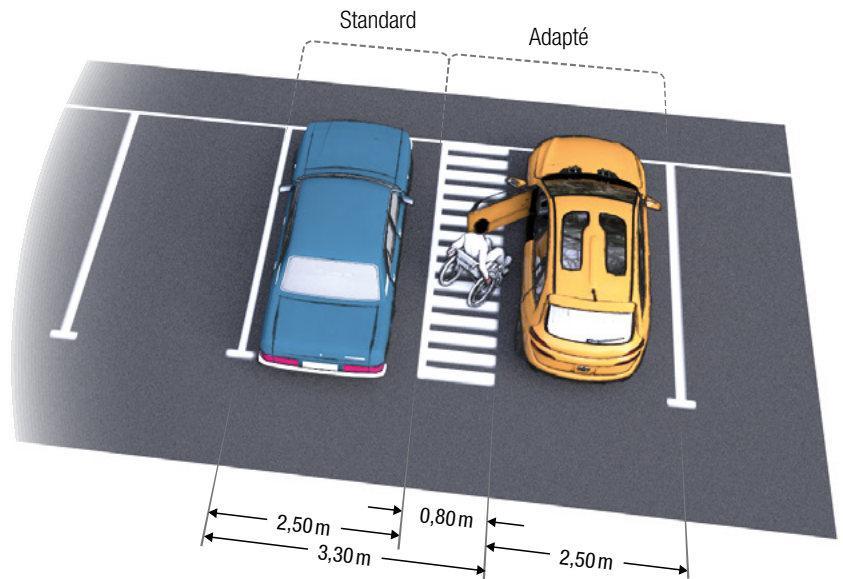
Un emplacement de stationnement est dit aménagé pour les personnes en fauteuil roulant lorsqu'il comporte une bande d'accès latérale :

- d'une largeur de 0,80 m,
- libre de tout obstacle,
- protégée de la circulation.

La largeur totale de l'emplacement ne peut être inférieure à 3,30 m.

Les emplacements réservés sont indiqués par une signalétique verticale (logo spécifique) et horizontale (marquage au sol de couleur bleue).

Le nombre de places est de une par tranche de 50 places, ou fraction de 50 places.



■ Figure 4.15 – Place véhicules légers (VL) aménagée pour les personnes en fauteuil roulant.

■ 4.3.3.2 Circulation et stationnement des poids lourds (PL)

La conception des circulations pour les poids lourds doit permettre :

- d'éviter les retournements et les marches arrière par la mise en place d'une circulation à sens unique et antihoraire,
- de limiter les distances de mise à quai.

   titre d'exemple, la largeur recommandée pour faire un demi-tour continu est de 30 m, aussi bien pour un tracteur et semi-remorque, un camion tracteur et une remorque, que pour un camion d'intervention des sapeurs-pompiers. Pour tracer une courbe qui permette un virage aisé du véhicule, il est prudent de prévoir un rayon de 13,50 m dans l'axe de la chaussée.

La hauteur minimale de passage d'un poids lourd est de 4,30 m. D'une façon plus générale, la hauteur de passage d'une voie de circulation est déterminée par la hauteur maximale du véhicule ou de l'engin et de la charge à transporter augmentée d'une distance de réserve de 0,30 m (données qui doivent être prises en compte lorsque des transports exceptionnels s'avèrent nécessaires). La hauteur minimale de passage pour un véhicule d'intervention des secours est de 3,50 m.

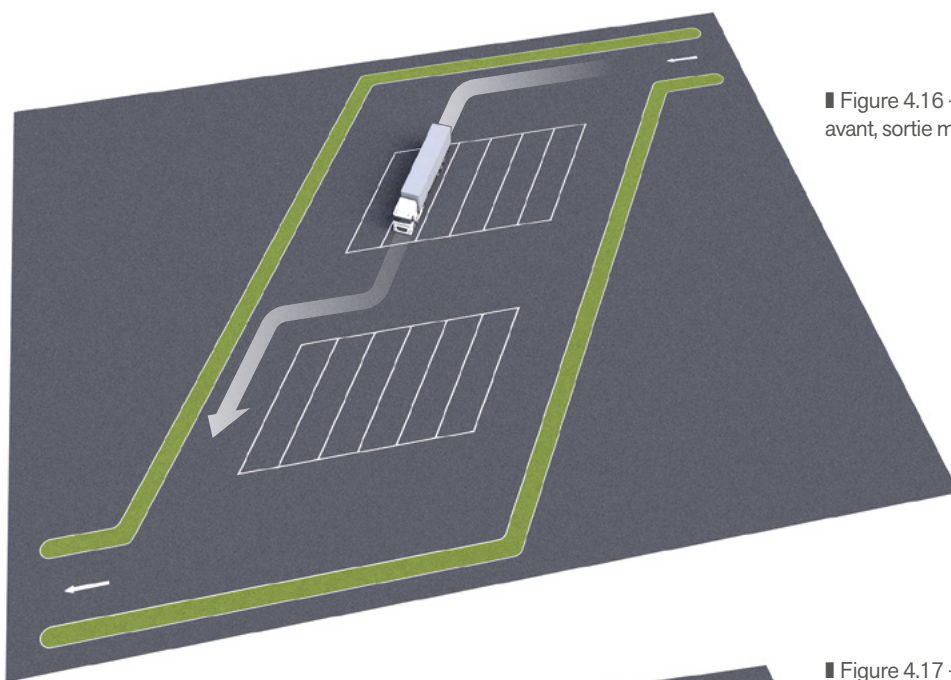
Il est nécessaire de prévoir des zones d'attente :

-    proximité des locaux administratifs (pour les documents à faire viser) et des locaux sociaux prévus pour les chauffeurs,
- sur le terrain de l'entreprise mais hors clôture,
-    l'extérieur (sur le domaine public), en évitant d'en- traîner un stationnement gênant ou abusif.

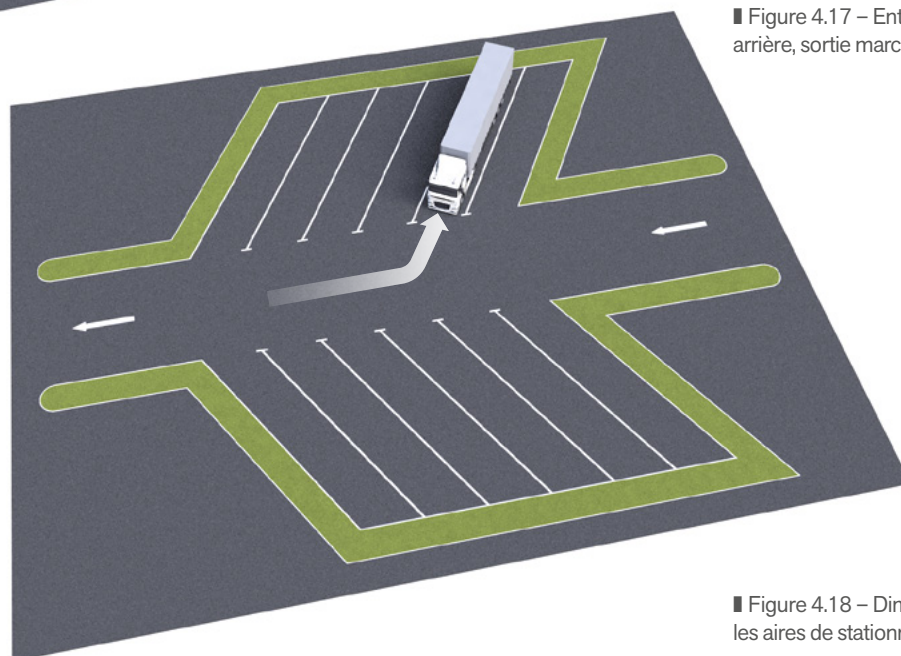
Ces parkings sont nécessaires pour écrêter le flux entrant de poids lourds (sur une journée donnée ou lors des pics d'activité), permettre le stationnement et gérer les arrivées en dehors des heures d'ouverture.

Si l'établissement est amené à accueillir des véhicules frigorifiques, il faut prévoir des postes élec- triques de branchement pour les longs parcages afin d'éviter les bruits de moteur à combustion et la pollution générée.

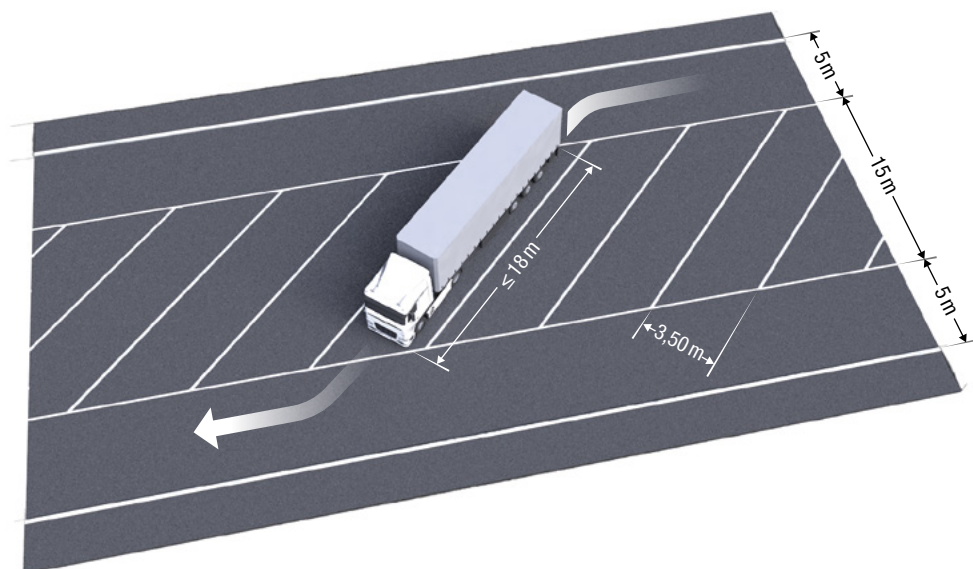
L'aire de stationnement des PL doit être conçue pour que les véhicules puissent quitter leur empla- cement en marche avant, l'accès sur l'emplace- ment devant se faire soit en marche avant (solution à privilégier, voir figure 4.16) ou, si impossibilité, en marche arrière à main gauche (voir figure 4.17). Dans les deux cas, cela impose un stationnement en épi avec des surfaces adaptées (voir figure 4.18).



■ Figure 4.16 – Entrée du poids lourd (PL) marche avant, sortie marche avant.



■ Figure 4.17 – Entrée du poids lourd (PL) marche arrière, sortie marche avant.



■ Figure 4.18 – Dimensions requises pour les aires de stationnement des poids lourds (PL).

4.3.4 Conception des voiries

4.3.4.1 Choix des revêtements des chaussées et zones de circulation

Il faut choisir les revêtements de chaussée et autres zones de circulation extérieure en fonction des charges et des agressions physico-chimiques (voir tableau 4.3) qu'ils auront à supporter.

4.3.4.2 Plaques de recouvrement d'ouvertures

Il est recommandé d'implanter les réseaux (par exemple, égouts, caniveaux) et leurs ouvertures

d'accès, chaque fois que c'est techniquement possible, en dehors des voies de circulation pour éviter la neutralisation des voies lors des interventions de maintenance.

Dans tous les cas, leurs ouvertures au niveau du sol devront être recouvertes de plaques encastrées à ras du sol, et présenter une résistance adaptée aux sollicitations auxquelles elles seront soumises pour éviter toute déformation rémanente sous l'effet du poinçonnement dynamique développé par le passage répété de VL et PL. On utilisera à cet effet des plaques marquées conformes à la norme NF EN 124 (parties 1 à 6).

Tableau 4.3: Revêtements conseillés pour les zones de circulation.

Zones concernées	Dégradations à éviter	Revêtements à éviter	Revêtements conseillés
Voies réservées aux piétons et vélos	Poinçonnement	Dalles perforées engazonnées (risque de trébuchement)	Couche de base : grave naturelle. Couche de surface : – pavés autobloquants, – dalles de béton, – asphalte sur béton, – enrobé à chaud. Épaisseur totale : 10 à 15 cm
Aires pour chariots automoteurs et transpalettes	Poinçonnement Arrachement	Enduits superficiels de gravillons + liants qui ne résistent pas à l'arrachement par friction dû aux braquages de roues	Couche de fondation : grave naturelle. Couche de base : grave concassée. Couche de surface : matériaux enrobés (au bitume modifié ou à module élevé), enrobé percolé ou dalle de béton. Épaisseur totale : 20 à 40 cm
Voies réservées aux VL, VUL et motos	Poinçonnement Arrachement	Enduits superficiels de gravillons + liants qui ne résistent pas à l'arrachement par friction dû aux braquages de roues	Couche de base : grave naturelle ou concassée. Couche de surface : pavés autobloquants ou couche de matériaux enrobés. Épaisseur totale : 20 à 40 cm
Aires pour PL	Poinçonnement Arrachement	Enduits superficiels de gravillons + liants qui ne résistent pas à l'arrachement par friction dû aux braquages de roues	Couche de fondation : grave naturelle. Couche de base : grave concassée ou grave-bitume. Couche de surface : matériaux enrobés, béton bitumineux ou enrobé percolé. Épaisseur totale : 50 à 100 cm
Aire de béquillage de semi-remorques	Poinçonnement	Matériaux enrobés et asphalte	Dalle de béton sous la zone de béquillage. Enrobé anti-poinçonnement (enrobé percolé ou à module élevé).
Zone de dépotage d'hydrocarbures	Corrosion	Matériaux enrobés et asphalte	Dalle de béton en forme de pente pour récupération des effluents.
Zone de dépotage de produits chimiques	Corrosion	(Dépend de la réactivité du produit chimique)	Dalle de béton protégée par peinture anticorrosion et posée avec forme de pente pour récupération des effluents.
Zone de dépose de bennes à déchets	Poinçonnement Arrachement	Matériaux enrobés et asphalte	Dalle de béton non lissée pour éviter le risque de glissades. Enrobé anti-poinçonnement (enrobé percolé ou à module élevé). Rail métallique de guidage.

4.3.4.3 Carrefours giratoires

Un carrefour giratoire permet d'augmenter la sécurité en évitant le croisement direct (souvent perpendiculaire) des flux de véhicules, en diminuant la vitesse lors du franchissement de l'intersection et en rendant la circulation plus fluide.

Il doit :

- comporter un terre-plein central, matériellement infranchissable, ceinturé par une chaussée à sens unique par la droite, sur laquelle débouchent différentes routes,
- être annoncé par une signalisation spécifique.

Un niveau satisfaisant de sécurité est assuré sous réserve d'une conception générale et d'une réalisation de détail pertinentes. Son aménagement doit ainsi être le plus simple possible : il doit être de faible étendue, de forme circulaire, sans bretelle superflue et conçu de façon à ce que l'îlot central n'aggrave pas les conséquences d'une perte de contrôle du véhicule à l'entrée du carrefour.

Géométrie d'un giratoire (voir figure 4.19)

Le giratoire doit présenter des dispositions géométriques appropriées afin de contraindre les véhicules à réduire leur vitesse pour le franchir.

D'une façon générale, les dimensions d'un carrefour giratoire doivent être cohérentes par rapport aux dimensions de son îlot central. Ses dimensions doivent être adaptées :

- au profil en travers de la route principale,
- au site,
- au niveau de trafic global, au trafic poids lourds,
- aux emprises disponibles, au relief,
- au nombre de branches...

Sur une route à une seule chaussée, un rayon de marquage de la rive extérieure de l'anneau – c'est-à-dire le rayon du bord droit de la chaussée annulaire (R_g) – compris entre 15 et 25 m est généralement conseillé pour offrir des conditions de giration suffisantes aux poids lourds. Pour les trafics faibles, un rayon (R_g) compris entre 12 et 15 m est envisageable. Sur une route à deux chaussées, un rayon extérieur d'anneau (R_g) de 25 m est généralement conseillé, la largeur de la chaussée annulaire ne devant en aucun cas être inférieure à 6 m.

L'îlot central doit être libre de tout obstacle à la vue (plantation haute) à moins de 2 m de sa bordure périphérique. Un îlot central d'une dizaine de mètres de rayon est généralement souhaitable en présence d'un trafic de semi-remorques

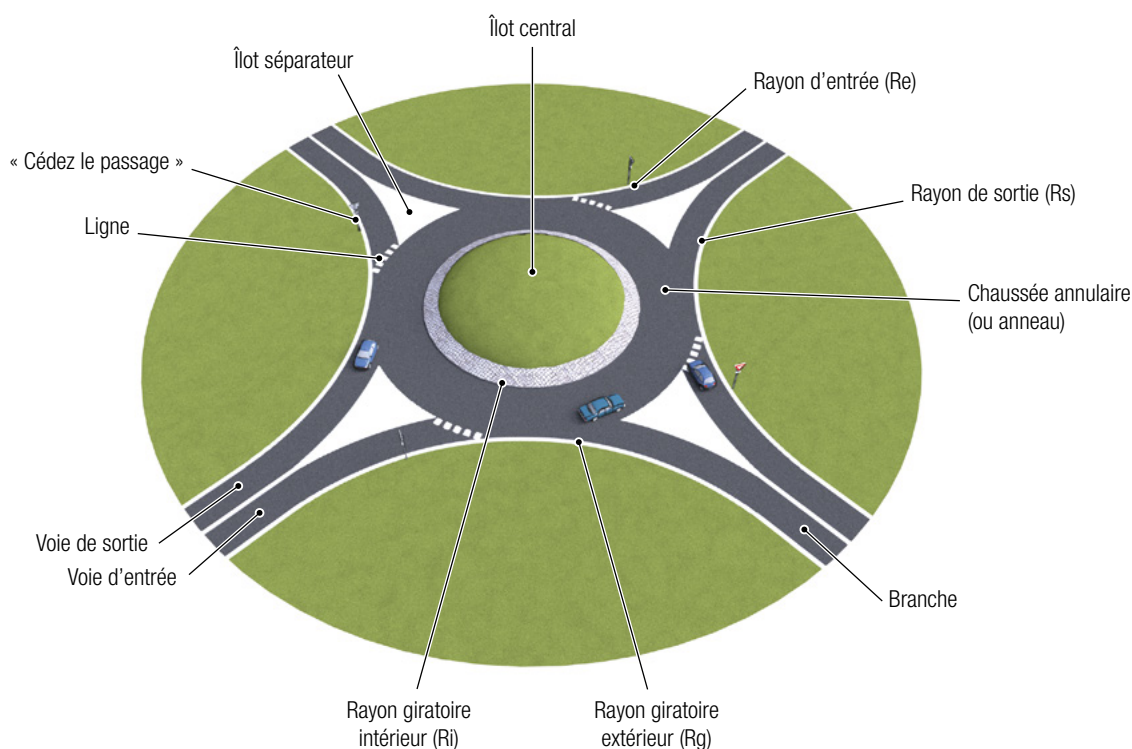


Figure 4.19 – Principaux éléments et paramètres d'un carrefour giratoire.

significatif, de façon à assurer un certain confort pour les mouvements de ces véhicules.

Une configuration des voies d'approche en « courbe et contre-courbe » est à exclure, de même qu'un îlot central de forme non circulaire, une largeur d'anneau irrégulière, ou encore tout effet d'illusion de continuité de la chaussée (donné par un alignement d'arbres par exemple). On exclura également l'absence de volume de l'îlot central. De même, il convient d'éviter de surdimensionner les composants de l'aménagement, notamment le nombre de voies en entrée ou en sortie ou l'élargissement de l'anneau et de l'îlot central.

Dès lors que la déclivité de la route est supérieure à 3 %, l'implantation d'un giratoire doit s'accompagner de dispositions particulières pour assurer la stabilité des poids lourds (par exemple, redressement du profil en travers à l'approche du giratoire projeté). Au-delà de 6 %, il est exclu d'implanter un giratoire.

Les zones de dévers extérieur de l'anneau, ou les zones de dévers normal pour les branches d'entrée et de sortie, ne doivent en aucun point dépasser 3 % de pente transversale, y compris dans les zones de raccordement des surfaces gauches. Pour les giratoires dont l'assiette est inclinée (pente transversale globale de l'aménagement), aucune pente ne doit être ajoutée à cette pente transversale générale de l'anneau (1,5 à 2 %). Dans le cas d'une forte déclivité (5 à 6 %) imposée par la géométrie environnante du site et des voies, on fera alors varier le dévers autour de l'anneau pour récupérer ce dénivelé entre 2 % sur la partie haute de l'anneau (chaussée orientée vers l'intérieur) et 2 % sur la partie basse (chaussée orientée vers l'extérieur), par exemple.

Signalisation

Il convient de doter l'abord du giratoire d'une pré-signalisation visible et lisible constituée d'un panneau de type AB25 (référence du Code de la route) placé à 10 m minimum (30 m sur voirie publique) de son entrée et, à proximité immédiate, d'un panneau AB3a + M9c rappelant que l'on aborde un carrefour à sens giratoire avec priorité à gauche (voir figure 4.20).

Le marquage au sol est en rapport avec la signalisation verticale (bande « cédez le passage ») et adapté à la configuration particulière des lieux.

4.3.4.4 Dispositifs de contrôle de la circulation et ralentisseurs de vitesse

Des aménagements d'infrastructure sont nécessaires pour inciter les usagers à respecter une vitesse contrôlée.

D'une manière générale, les principes de fonctionnement et les techniques d'aménagement relèvent au minimum de ceux prévus pour les « zones de 30 km/h » des milieux urbains.

Ces aménagements peuvent avoir pour objectifs :

- de limiter la vitesse par des dispositifs d'alerte : bande centrale longitudinale colorée sur la chaussée, bandes d'alerte (bandes rugueuses en surélévation ou rainurage en profondeur de la chaussée), refuge central sur passage zébré, aménagement paysager des abords (arbustes, plots, bacs à fleurs...),
- de limiter la vitesse par une contrainte géométrique : ralentisseurs de type trapézoïdal ou dos-d'âne, rétrécissements de chaussée, chicanes, avancées de trottoirs, mise en place de glissières,
- d'écarter une voie de circulation au droit des débouchés de portes (voir photo 4.1),



Photo 4.1 – Écarteur de circulation au droit d'un débouché de porte.



Figure 4.20 – Panneaux de pré-signalisation et de signalisation d'un giratoire.

– de structurer l'espace, en favorisant la séparation des flux de circulation, en privilégiant l'emprunt d'un itinéraire, et en favorisant le stationnement.

Ralentisseurs

La décision d'installer des dispositifs ralentisseurs dans l'entreprise doit tenir compte, d'une part, d'une analyse rigoureuse des flux et des types d'engins amenés à circuler dans chaque zone et, d'autre part, de la réglementation générale relative à ce type de dispositifs afin de ne pas créer, à l'intérieur de l'entreprise, des situations différentes du contexte général de circulation sur les voies publiques.

Pour cela, ces ralentisseurs, lorsqu'ils sont implantés à l'intérieur de l'entreprise, respecteront les dispositions déjà en usage pour les voies publiques. Ils seront donc :

- implantés sur des voies localement limitées à 30 km/h et dont la déclivité est inférieure à 4 %,
- précédés d'une signalisation verticale (panneaux) et horizontale (marquage),
- distants entre eux de 150 m au maximum,
- situés à plus de 40 m des sorties de virage et à plus de 25 m des ouvrages d'art (ponts, tunnels),
- positionnés entre bordures de trottoir et/ou séparateurs de voies en relief canalisant la circulation.

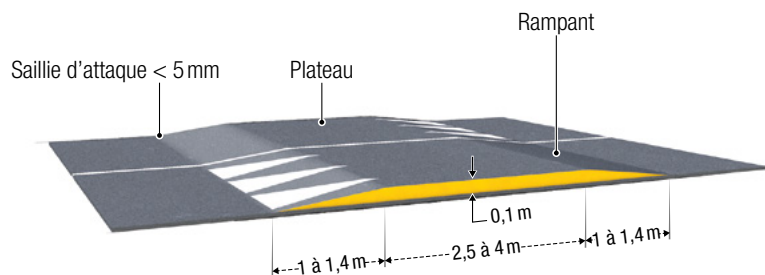
Les dispositions constructives auxquelles doivent répondre les deux types de ralentisseurs sont représentées figure 4.21 pour les ralentisseurs de type trapézoïdal, et figure 4.22 pour les ralentisseurs de type dos-d'âne.

Coussins

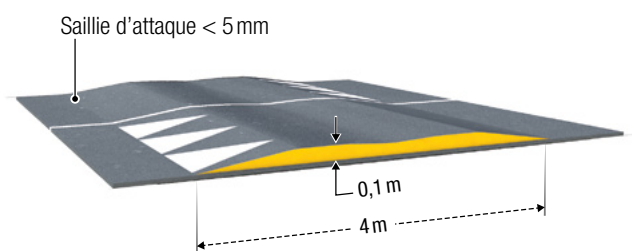
Le coussin (appelé « coussin berlinois ») est un dispositif en surélévation qui ne couvre qu'une partie de la chaussée avec un franchissement adapté à chaque type de véhicule (voir figure 4.23). Pour une configuration standard (largeur d'environ 1,85 m), il oblige les véhicules légers à faire passer au moins deux roues dessus, mais en dispense les poids lourds du fait de leur largeur supérieure.

Si l'on souhaite ralentir également la circulation des poids lourds, au risque de malmener leur chargement, il y a lieu d'installer des coussins berlinois d'une largeur de 2,20 m.

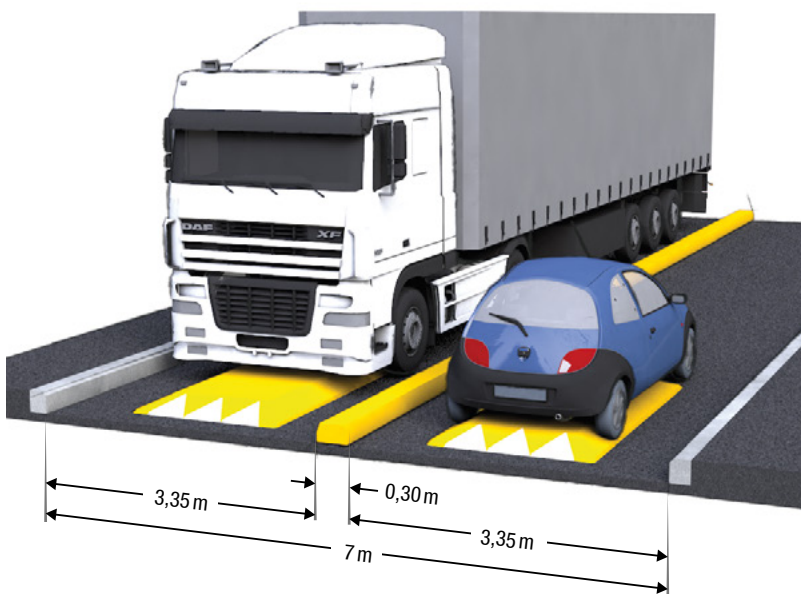
Ne couvrant qu'une partie de la chaussée, le coussin berlinois réduit les nuisances sonores lors du franchissement par rapport aux autres dispositifs,



■ Figure 4.21 – Ralentisseur de type trapézoïdal.



■ Figure 4.22 – Ralentisseur de type dos-d'âne.



■ Figure 4.23 – Coussins berlinois.

ne gêne pas le cheminement d'un cycliste et ne perturbe en rien l'écoulement des eaux pluviales, puisque la partie latérale de la chaussée reste libre de tout obstacle.

À l'intérieur de l'entreprise, lorsque le flux PL est séparé du flux VL, la largeur du coussin ralentisseur peut être fixée à :

- 1,85 m sur les voies réservées aux VL (voir figure 4.24),
- 2,20 m sur les voies réservées aux PL (voir figure 4.25).

La mise en œuvre de coussins berlinois s'effectue soit avec une seule pièce en cas de voie unique, soit avec deux pièces placées en vis-à-vis pour les circulations comprenant deux voies. Ce dispositif doit alors impérativement être positionné dans une zone où les voies sont suffisamment restreintes pour empêcher tout contournement.

Limites d'utilisation

Ces dispositifs (ralentisseurs et coussins) sont principalement destinés aux chaussées réservées exclusivement à la circulation de VL, VUL ou PL.

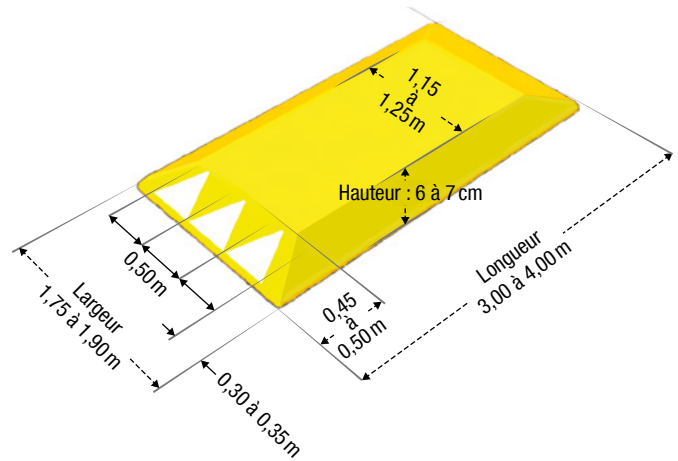
Ils ne sont pas recommandés sur les chaussées susceptibles de recevoir des véhicules de manutention (chariots automoteurs, PEMP, transpalettes, gerbeurs...), car ils leur font courir des risques particuliers : accrochage des fourches ou du châssis, à-coups et sauts, renversement latéral, impossibilité de franchissement avec des roulettes de faible diamètre... Toutefois, les ralentisseurs trapézoïdaux occupant la largeur complète de la chaussée sont admis si le type d'engin de manutention utilisé est bien identifié et qu'il est vérifié que le franchissement du ralentisseur peut s'effectuer sans risque.

En aucun cas, la géométrie du ralentisseur ne doit être modifiée, ce qui aurait pour conséquence de le rendre sans effet ou, a contrario, d'aggraver les risques lors des franchissements.

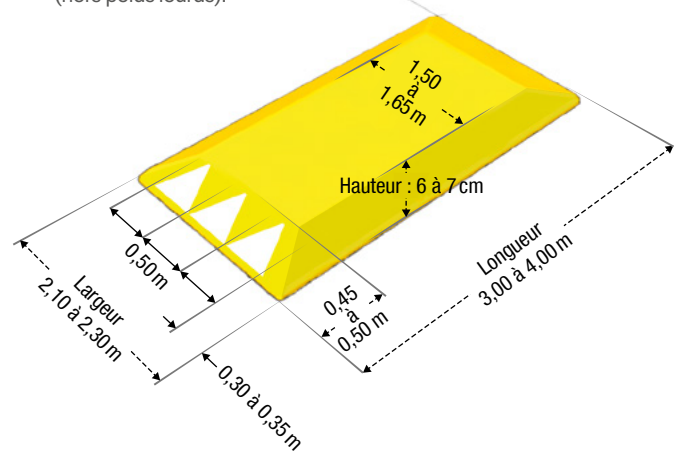
Signalisation et marquage

Il convient de signaler l'approche et la position de ces dispositifs par une signalisation verticale avec les panneaux de la figure 4.26.

Un marquage au sol positionné sur la largeur complète du rampant du dispositif est fortement conseillé (voir figure 4.27) ; il se présente sous forme de triangles blancs (dents de requin), toujours orientés pointe en haut dans le sens de montée sur le dispositif, occupant la largeur de la voie.



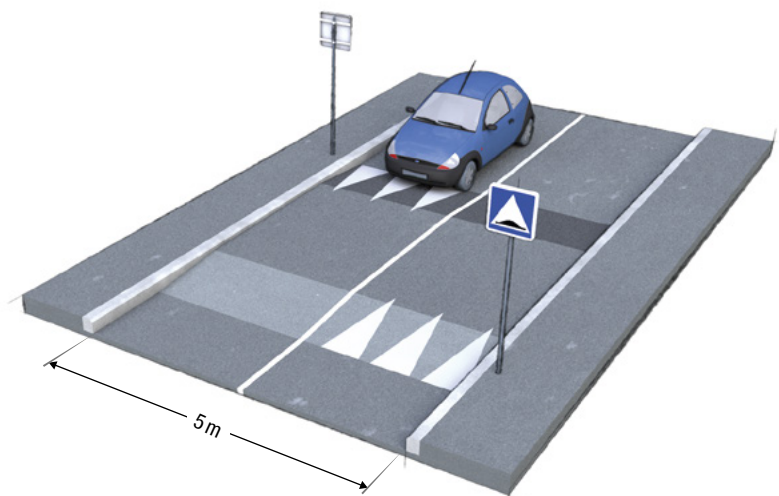
■ Figure 4.24 – Coussin de ralentissement des VL, VUL (hors poids lourds).



■ Figure 4.25 – Coussin permettant aussi le ralentissement des poids lourds.



■ Figure 4.26 – Signalisation verticale des ralentisseurs.



■ Figure 4.27 – Exemple de marquage au sol du rampant, à l'aide de triangles blancs pour signaler le ralentisseur.

Autres dispositifs de réduction de vitesse

D'autres types de dispositifs permettent de ralentir la vitesse de circulation des véhicules, notamment la pose de bordures hautes, de guides (en béton ou caoutchouc) et bordures chasse-roues, de glissières métalliques ou en bois, de mobiliers urbains hauts (bornes, barrières, jardinières...).

Ils doivent être judicieusement positionnés et espacés pour créer un effet de paroi qui donnera l'impression de circuler dans une voie ou un couloir plus étroit qu'il ne l'est réellement.

Ils doivent être utilisés avec discernement car la limitation du champ de vision ou la restriction géométrique générée peuvent être source d'accident.

4.4 Aménagements extérieurs spécifiques

4.4.1 Aire de chargement/déchargement de véhicules

La conception précise des quais et des cours pour le chargement et le déchargement de véhicules est présentée dans la brochure ED 6059 [4].

4.4.1.1 Construction, forme et emplacement du quai

On s'orientera préférentiellement vers des quais où le transbordement s'effectue par l'arrière du véhicule.

Lorsque des déchargements latéraux s'avèrent nécessaires, ils doivent être mis en œuvre dans une zone de plain-pied, réservée et dimensionnée en cohérence avec l'engin de déchargement.

Lorsqu'une rampe d'accès aux bâtiments est nécessaire, elle doit avoir une pente inférieure à 8 % pour un engin motorisé (dans tous les cas, inférieure aux limites indiquées par le fabricant de l'engin de manutention), et être dotée de protections latérales et d'un revêtement antidérapant. L'utilisation de transpalettes manuels est fortement déconseillée, et doit être limitée au transport de charges inférieures à 300 kg, sur une distance inférieure à 30 m et sur des pentes maximales de 2 %.

Les quais ouverts sans séparation physique avec le bâtiment qu'ils desservent sont à proscrire, non seulement en raison des risques accrus de chute de personnes et d'engins de manutention, mais aussi pour assurer la protection thermique des opérateurs et limiter les risques de vol.

On préférera un quai droit à un quai en épi. Le quai droit est construit au ras de la structure du bâtiment et intègre les poteaux et piliers éventuels de la structure dans ses murs. Le quai peut aussi être intégré dans un tunnel de transbordement.

Les quais doivent comporter au moins une issue d'évacuation (rampe ou escalier) et, si leur longueur dépasse 20 m, une issue à chaque extrémité. Cette obligation ne dispense pas du respect des dispositions spécifiques propres aux dégagements en cas d'incendie/explosion et à la réglementation des installations classées.

Le sol des quais devra être non glissant.

4.4.1.2 Prévention des risques spécifiques

La prévention des risques spécifiques aux quais et cours de chargement/déchargement des véhicules est détaillée dans la brochure ED 6059 [4]. Le tableau 4.4 reprend, risque par risque, les sujets pour lesquels ce document émet des préconisations de prévention.

4.4.1.3 Local d'accueil des conducteurs

Le local d'accueil des conducteurs doit être situé à proximité du service réception/expédition de l'entreprise de manière à limiter les déplacements piétonniers.

Il comprendra un coin repos, un ensemble sanitaire et des douches pour hommes et femmes.

Le coin repos avec vue sur l'extérieur sera d'une surface minimale de 6 m², majorée d'1 m² par personne supplémentaire au-delà de deux, équipé de tables, de chaises et d'un distributeur de boissons.

4.4.2 Pont-bascule

Une attention particulière doit être portée aux ponts-bascules dès le programme de conception, lors de l'analyse des flux.

Tableau 4.4 : Synthèse des préconisations (voir brochure ED 6059 [4]).

Objectifs/Risques	Sujets de préconisation
Réduire les risques de heurt d'un piéton par un véhicule lors des manœuvres d'accostage des poids lourds	▪ Profondeur des cours ▪ Entre-axes des portes de quais ▪ Chemin piétonnier ▪ Éclairage de l'aire de manœuvre ▪ Tracé de la voie de circulation des poids lourds
Réduire les risques d'écrasement de piétons entre deux véhicules lors des manœuvres d'accostage des poids lourds	▪ Guide-roues ▪ Marquage au sol
Réduire les risques de basculement d'une remorque dételée dans les cours	Aire de béquillage
Supprimer les risques de chute du chariot et de personnel depuis le quai	▪ Quais intégrés ou tunnels de transbordement (auto-docks) ▪ Espace libre pour l'encastrement du hayon rabattable sous le niveleur ▪ Quais dédiés et aménagement de cour spécifique pour accueillir les véhicules de gabarit inhabituel ▪ Dispositifs de maintien des camions à quai ▪ Profils des pentes de cours
Réduire les risques d'écrasement entre le camion et le quai	Dispositifs de sécurité réduisant le risque d'écrasement lors de la mise à quai d'un poids lourd
Réduire les risques liés aux vibrations et à la perte de maîtrise des engins de manutention lors des opérations de transbordement	Choix du matériel de jonction quai – camion : niveleur de quai motorisé, encastré dans le bâtiment ou intégré dans un tunnel de transbordement
Réduire les risques de heurt d'un piéton par un chariot à l'intérieur des remorques	Éclairage monté sur des bras articulés

Selon leur type (encastré ou en élévation), les ponts-basculés présentent en effet un ensemble d'avantages et d'inconvénients qu'il convient de prendre en compte lors du choix initial :

- Un pont encastré dans le génie civil ne gêne pas l'ensemble des flux, mais induit des contraintes d'accès à ses organes internes, par exemple lors :
 - de l'étalonnage ou du remplacement des pesons,
 - du contrôle des appuis,
 - du nettoyage de la fosse...
- Un pont en élévation oblige une séparation des flux et des aménagements particuliers :
 - bornes d'enregistrement en entrée et en sortie accessibles depuis la cabine du camion (positionnées à hauteur de la fenêtre du conducteur pour que le chauffeur n'ait pas à descendre du camion),
 - en l'absence de bornes d'enregistrement, passerelles latérales de part et d'autre pour réduire le risque de chute du chauffeur,
 - guide-roues à l'entrée du pont.

Le choix d'installer un pont en entrée et un autre en sortie du site ou de l'installation, lorsque cela est possible, présente un certain nombre d'avantages :

- séparation des flux entrants et sortants,
- maintien possible des pesées en cas de panne ou de maintenance de l'un des deux ponts, si les

circulations et ce mode de fonctionnement dégradé ont été prévus à la conception.

4.4.3 Aire ou local de lavage pour véhicules

Sur une aire ou dans un local de lavage pour véhicules (en excluant les risques spécifiques aux opérations de nettoyage/dégazage des citernes qui ne sont pas traités ici), les facteurs de risque les plus importants sont liés aux équipements et à la présence d'eau : risque d'électrification ou d'électrocution, risque de perforation par un jet d'eau sous haute pression... Il faut aussi souligner le risque quasi-permanent de glissade accru en présence de boue ou de traces d'hydrocarbures provenant de fuites sur les véhicules.

4.4.3.1 Lavage au jet d'eau haute pression

Le lavage au jet d'eau à haute pression présente des risques en fonction de la pression, du débit et de la forme du jet.

Il ne faut utiliser que des appareils à jet divergent et de pression inférieure à 70 bars pour réduire le

risque de blessure corporelle et de détérioration des composants caoutchoutés des véhicules.

Pour plus de détails sur les appareils de nettoyage à eau sous haute pression ou pour le choix d'un tel appareil, voir la brochure ED 784 [5].

4.4.3.2 Lavage de VL avec machine programmée à rouleaux

Les machines doivent être conformes à la réglementation « Machines », être marquées en conséquence « CE » et munies d'un dispositif d'arrêt d'urgence.

4.4.3.3 Implantation

L'aire de lavage doit être implantée à distance des autres aires de travail, des circulations et des installations électriques extérieures, de façon à ce que ces dernières restent hors de portée des jets d'eau. Si l'éloignement est insuffisant, il convient d'entourer l'aire de lavage de parois ou de créer un local de lavage fermé, situé dans ou hors bâtiments et s'inscrivant dans le plan de circulation. Du fait des nuisances sonores, le local de lavage doit être éloigné des postes de travail environnants ou isolé à l'aide de parois acoustiques.

4.4.3.4 Installations électriques situées à portée du jet d'eau

Il faut réduire ces installations au strict minimum. Toute installation électrique située à portée d'un jet d'eau devra être conçue et protégée spécialement pour éviter le risque d'électrisation ou d'électrocution en cas d'atteinte par le jet :

- matériel électrique étanche et protégé contre les jets d'eau de degré de protection d'au moins IP 55,
- disjoncteurs différentiels à très haute sensibilité (seuil de déclenchement de préférence inférieur à 12 mA et obligatoirement inférieur à 30 mA) installés de préférence en amont de chaque prise de courant ou, au minimum, au départ des installations électriques desservant les lieux situés à portée du jet d'eau,
- mise à la terre de tous les appareils.

4.4.3.5 Revêtement de sol

Le sol doit être obligatoirement non glissant. Il peut être constitué, par exemple, avec :

- un carrelage caractérisé soit par un coefficient de frottement d'au moins 0,30, soit par un classement d'au moins R12 selon la norme DIN 51130,
- un revêtement coulé sur place (béton, revêtement routier...) sous réserve que la couche de finition présente une rugosité équivalente à celle d'un papier de verre à gros grains.

4.4.3.6 Évacuation des eaux de lavage boueuses et huileuses

Il faut assurer cette évacuation en prévoyant un sol disposant de formes de pente convergeant vers un dispositif de collectage muni d'un déshuileur et d'un bac de décantation pour la rétention des boues et des hydrocarbures.

4.4.4. Aire de dépotage de produit liquide

L'implantation des voies de circulation, des aires de stationnement des véhicules et des appareils de distribution et de remplissage doit être telle que les voies d'accès ne soient pas en impasse et que les véhicules puissent évoluer (et, le cas échéant, évacuer) en marche avant.

4.4.4.1 Dispositions générales

Outre les dispositions générales qui suivent, d'éventuelles dispositions spécifiques prévues par la réglementation ICPE sont à respecter en fonction des caractéristiques des produits ou des activités de l'entreprise, par exemple les dispositions de la rubrique 1435 pour les stations-service et celles de la rubrique 4331 concernant les liquides inflammables.

Le poste de distribution doit être abrité par un auvent pour protéger les opérateurs des intempéries.

Les installations de dépotage doivent répondre aux préconisations suivantes :

- Se situer de préférence à 10 m minimum des autres installations et limites de propriété. Cette distance peut être diminuée par la mise en place de dispositions renforcées de protection incendie (mur coupe-feu, extinction automatique d'incendie...).
- Permettre une interruption rapide de l'alimentation en produit et la mise en sécurité de l'installation en cas d'urgence (coupure de l'alimentation électrique de tout ou partie des équipements par exemple) ;

des organes de coupure facilement identifiables et accessibles seront disposés en nombre suffisant et à des emplacements judicieusement choisis.

- Disposer d'éléments de consignation sur le réseau de tuyauterie véhiculant les produits (double vanne avec purge intermédiaire, par exemple ; voir brochure ED 6109 [6]).
- Tous les équipements en contact ou susceptibles d'être en contact avec le ou les produits (notamment en cas de dysfonctionnement) seront adaptés aux caractéristiques du produit ; les équipements prévus pour fonctionner dans une zone Atex seront certifiés pour la zone Atex correspondante. De la même manière, les équipements fonctionnant en atmosphère corrosive doivent disposer d'une protection particulière.
- Dissocier autant que possible les aires de dépôtage de produits incompatibles (notamment pour éviter des réactions dangereuses dans les cuvettes de rétention) ; dans le cas où il sera néanmoins prévu le dépôtage de plusieurs produits, prévoir des détrompeurs.
- Prévoir un dispositif de mise à la terre pour les camions ; interconnecter et relier à la terre tous les équipements métalliques (réservoirs, cuves, canalisations, appareils de distribution...).
- Lorsque les dispositions techniques ou la nature des produits le permettent, privilégier un système de dépôtage (vers les cuves) par aspiration plutôt que par refoulement.

■ **4.4.4.2 Cuve de rétention**

En cas de fuite, le produit doit être retenu sur place par un dispositif faisant cuvette de rétention en matériau résistant aux produits dépotés.

Le volume de la rétention doit être au moins égal au plus grand des deux volumes suivants : capacité

du plus grand réservoir ou moitié de la capacité totale des réservoirs associés à cette rétention. Un point bas dans la rétention est aménagé afin de faciliter le pompage en cas de fuite et pour évacuer les eaux pluviales.

Le revêtement de sol des aires de dépôtage et de remplissage doit être étanche, résister aux produits dépotés et conduire les liquides vers un ou des collecteurs.

Il peut être nécessaire de prévoir des dispositifs particuliers sur les réseaux de rétention et collecteurs associés, notamment des séparateurs d'hydrocarbures pour les parkings ou stations-service afin de retenir les hydrocarbures, tout en les séparant de l'eau en cas de pluie.

■ **4.4.4.3 Signalisation et moyens de secours**

L'installation doit, par ailleurs, répondre aux dispositions suivantes :

- comporter un système d'alarme incendie,
- disposer de moyens appropriés d'extinction qui seront, de préférence, automatiques ou constitués de RIA (robinet d'incendie armé), ou PIA (poste d'incendie additivé) le cas échéant, et d'extincteurs portatifs adaptés au type de feu,
- disposer d'une douche de sécurité et d'un rince-œil situés à proximité (voir § 8.7.1.10),
- indiquer, de façon visible, sur les réservoirs la nature des produits contenus, leur capacité et les risques associés (pictogrammes). Indiquer sur les tuyauteries la nature du produit véhiculé, ses caractéristiques de danger (pictogrammes) et le sens d'écoulement, particulièrement au niveau des vannes, ainsi que les précautions nécessaires en cas d'intervention à proximité des réservoirs et tuyauteries (voir § 8.7.6).

■ **Bibliographie**

- [1] Chutes de plain-pied. Dossier web INRS. Disponible sur <https://www.inrs.fr>
- [2] Handicap et construction. Louis-Pierre Grosbois, Le Moniteur, 2020
- [3] Conception et aménagement des plates-formes et entrepôts logistiques. ED 6350, INRS
- [4] Conception et rénovation des quais pour l'accostage, le chargement et le déchargement en sécurité des poids lourds. ED 6059, INRS
- [5] Équipements à jets d'eau sous haute et très haute pression. ED 784, INRS
- [6] Consignations et déconsignations. ED 6109, INRS



5. Ambiances de travail

Les ambiances de travail (bruit, éclairage, ambiance thermique, qualité de l'air, rayonnement électromagnétique) peuvent engendrer une gêne, un inconfort, un risque pour la santé ou, au contraire, contribuer à la bonne réalisation du travail et améliorer son efficacité.

Le traitement des ambiances de travail requiert donc un soin particulier dans le processus de conception des lieux et situations de travail. Des normes et le résultat de l'analyse des activités permettent de mieux définir les choix à effectuer en termes de confort, de sécurité et d'efficience au travail.

5.1 Bruit

Le bruit est la nuisance physique la plus répandue dans le monde du travail, quel que soit le secteur d'activité, industriel ou tertiaire. Le coût sanitaire et social associé est estimé à plusieurs dizaines de milliards d'euros par an, auxquels s'ajoutent les coûts indirects pour l'entreprise : actions correctives de traitement du bruit, impact sur les espaces de travail, absentéisme, conséquences sur l'organisation du travail en équipe...

Le bruit peut être responsable d'une dégradation de la santé auditive des personnes (surdité légère à profonde, acouphènes...), de stress, de fatigue

et d'une augmentation de la charge mentale. En cela, il peut être à l'origine de la dégradation de la santé, de la qualité du travail fourni et de l'efficacité des personnes. Il peut notamment augmenter les risques d'erreurs ou d'accidents.

Le présent chapitre porte plus spécifiquement sur les problématiques rencontrées dans le milieu industriel. Les spécificités du traitement acoustique dans les espaces tertiaires sont traitées dans le § 9.5.1.

5.1.1 Généralités

5.1.1.1 Sensation de bruit

Le bruit est un phénomène acoustique, un son qui produit une sensation auditive considérée comme désagréable ou gênante. Les bruits audibles à l'oreille humaine correspondent à des fréquences allant de 20 Hertz (sons graves)    20 000 Hertz (sons aigus). Les niveaux d'intensité sonore sont exprimés en décibels (dB). Le seuil d'audibilité est de 0 dB et, au-delà de 130 dB, toute exposition même de courte durée est dangereuse.

Dans un lieu de travail, les sources de bruit sont multiples et situées en des endroits divers. Le bruit reçu en totalité, appelé bruit ambiant, est la somme des bruits provenant de toutes ces sources et des réflexions sur des obstacles.

Propagation du bruit dans un lieu de travail

En l'absence de toute réverbération, en « champ libre », le niveau sonore décroît avec l'éloignement. Il baisse de 6 décibels chaque fois que l'on double la distance à la source. À l'intérieur de locaux, cet avantage est réduit : en plus du bruit direct, l'opérateur perçoit le bruit réfléchi par les parois du local (voire par les parois d'autres obstacles). Si bien que, dans certains locaux, lorsqu'on s'éloigne de la source, le niveau de bruit diminue moins vite que si on se trouvait en plein air. S'il n'est pas spécifiquement traité, le local est donc un facteur d'augmentation du bruit par rapport au champ libre. La mise en place de matériaux acoustiques absorbants réduit le niveau de bruit dans un local (voir figure 5.1).

L'oreille humaine ne présente pas la même sensibilité à toutes les fréquences. Les sons aigus, de fréquence supérieure à 6 000 Hz, et les sons graves, de fréquence inférieure à 500 Hz, sont perçus moins fort, à même niveau, que ceux à fréquences médianes. Pour traduire l'effet de la courbe de sensibilité de l'oreille en fonction de la fréquence des niveaux sonores perçus, la réglementation utilise la pondération décibel A. C'est cette pondération – notée dB(A) – qui traduit le mieux les effets des bruits sur l'oreille interne et la cochlée.

Le bruit en tant que nuisance ou support d'information utile

Le bruit peut être porteur d'informations utiles à un opérateur pour prendre une décision d'action,

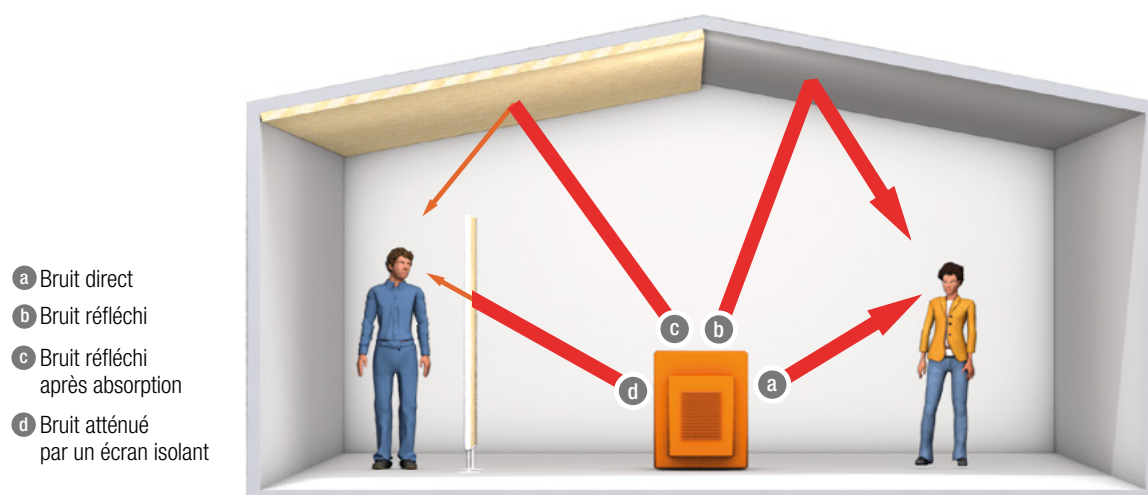
prévenir un incident ou un accident. Agir sur le bruit requiert ainsi une analyse préalable de l'activité réelle de travail, en concertation avec les travailleurs, afin de ne pas supprimer une source d'information qui leur est significative et utile. La performance acoustique d'un local doit notamment être définie en fonction des besoins de communication et de concentration.

La gêne due au bruit ambiant lors de la réalisation d'une tâche nécessitant de la concentration est directement liée à ses caractéristiques (niveau de bruit, variations temporelles, voire fréquentielles). Selon la norme NF S31-199, le niveau de bruit ambiant acceptable dans un lieu où s'exerce une activité continue qui implique des processus cognitifs complexes ne doit pas excéder 45 dB(A) à 55 dB(A) selon l'activité au poste de travail (par exemple, dans un laboratoire situé dans un hall de production ou au poste de travail dans un bureau ouvert).

Les communications verbales peuvent devenir inintelligibles si le bruit de fond couvre la voix humaine. La voix normale (ni forte, ni criée) a un niveau d'intensité sonore autour de 60 dB(A). S'il est nécessaire de crier pour se faire entendre par un interlocuteur situé à 1 m, c'est que le niveau de bruit est certainement au-dessus de 90 dB(A).

■ 5.1.1.2 Réglementation

Conformément aux dispositions du Code du travail, **l'employeur, en sa qualité d'utilisateur des locaux, est tenu de prendre toutes les mesures**



■ Figure 5.1 – Principaux modes de propagation du bruit.

de prévention visant à supprimer ou réduire au minimum les risques résultant de l'exposition au bruit, en tenant compte du progrès technique et de la disponibilité de mesures permettant de maîtriser le risque à la source, et cela quel que soit le niveau sonore d'exposition.

Le traitement acoustique des locaux (réduction de la réverbération du bruit et limitation de sa propagation) est une obligation légale incombant au maître d'ouvrage pour les locaux où doivent être installés des équipements susceptibles de générer une exposition sonore quotidienne supérieure à 85 dB(A), sauf s'il est établi que la réverbération, évaluée par une méthode d'acoustique prévisionnelle, ne provoque pas une augmentation du niveau d'exposition sonore quotidien d'un travailleur de plus de 3 dB(A).

Le traitement acoustique doit être directement intégré à la conception des locaux (voir § 5.1.3.5), car les investissements à effectuer pour réaliser la correction acoustique du local réverbérant multiplieraient par deux ou trois le coût d'une prévention intégrée.

Dans la réglementation, la décroissance des niveaux sonores par doublement de distance à la source caractérise la performance acoustique du traitement d'un local :

- des minima de décroissance sont fixés, leurs valeurs étant de 2 à 4 dB selon l'encombrement et la superficie du local,
- en l'absence de toute réverbération et dans un local vide, la décroissance serait de 6 dB par doublement de distance.

5.1.2 Méthodologie de conception acoustique

5.1.2.1 Intégration du bruit dans le programme

Lors de la rédaction du programme, il importe de faire le recensement exhaustif des sources de bruit à l'intérieur et à l'extérieur des lieux de travail. À ce propos, le fabricant d'une machine est tenu de préciser dans la notice d'instructions les caractéristiques du bruit émis par cette machine lorsqu'il dépasse 70 dB(A) et, s'il est inférieur à 70 dB(A), de mentionner ce point. Les performances acoustiques attendues doivent être formalisées

explicitement dans le programme. La conception du bâtiment dépendra ainsi de la nature des sources de bruit, de leur mode de propagation (aérien ou solide, c'est-à-dire par la structure du bâtiment) et des valeurs cibles à atteindre selon l'activité. L'implantation des locaux et des postes de travail, le choix des matériaux, la structure des bâtiments, les équipements techniques (voir figure 5.4) sont autant de points sensibles à traiter.

La figure 5.2 illustre le résultat de cette démarche pour un exemple de réaménagement réduisant l'exposition au bruit dans un atelier.

5.1.2.2 Acoustique prévisionnelle intérieure

L'acoustique prévisionnelle intérieure est à mettre en œuvre en amont de la construction ou de la transformation d'un local. Elle permet, par simulation numérique de la propagation et de la réverbération sonore (voir figure 5.3), de prédire quantitativement le niveau d'efficacité des solutions mises en œuvre pour contrôler l'exposition au bruit : traitement acoustique anti-réverbérant, cloisonnement, encoffrement, écran, implantation des machines...

Beaucoup de bureaux d'études spécialisés en acoustique industrielle utilisent à cet effet des logiciels tels que Rayplus acoustique [1] créé par l'INRS et mis à disposition des Carsat/Cramif/CGSS (notamment de leurs centres de mesures physiques) et des professionnels.

Pour prédire l'efficacité d'un projet de correction acoustique d'un local, les logiciels de ce type proposent deux familles de résultats :

- d'abord, la décroissance sonore par doublement de distance à une source de bruit de référence. À noter que cette décroissance peut être calculée au moment de l'étude acoustique, même à un stade où les caractéristiques (puissance acoustique, position) des machines destinées à être installées dans le local sont inconnues,
- ensuite, des cartes de bruit prédisant, selon les solutions correctives envisagées (traitement du local, cloisonnement, encoffrement, écran, implantation des machines), soit les niveaux sonores en divers points du local, soit les gains sur les niveaux sonores par rapport à une situation initiale.

Le recours à l'acoustique prévisionnelle, associée à une simulation de l'activité future de travail, est



Avant aménagement

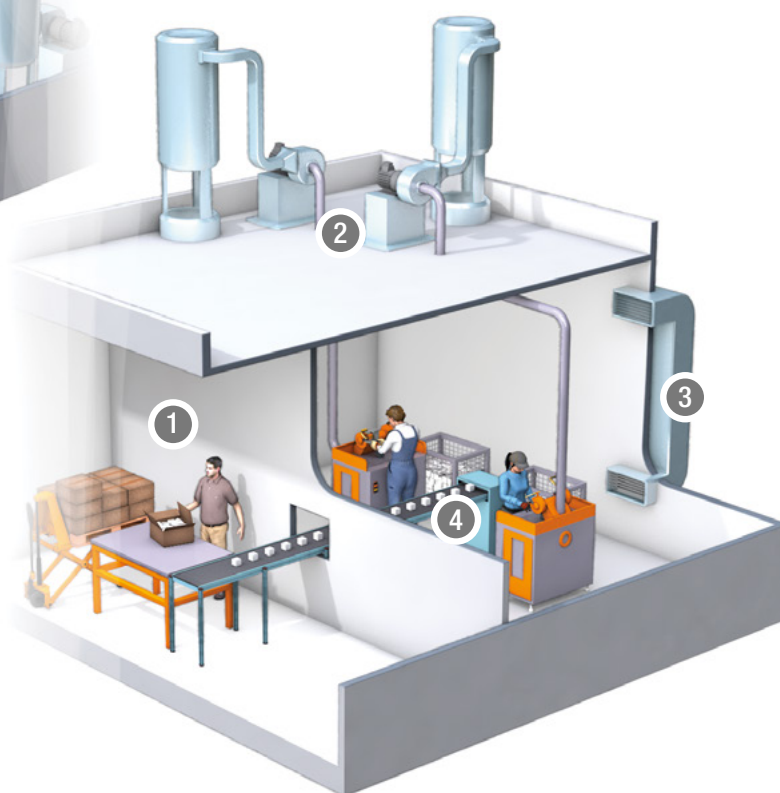
Après réaménagement de l'atelier

La zone d'emballage a été séparée de la zone bruyante. ❶

Les extracteurs et les aérothermes ont été placés à l'extérieur des zones de travail afin de diminuer le niveau sonore. ❷ ❸

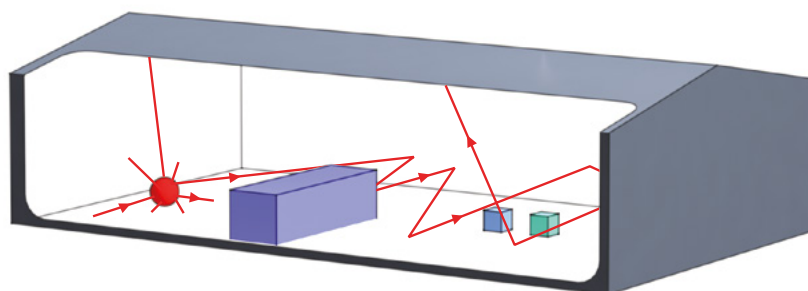
L'espace libéré a permis d'espacer les postes de travail et d'installer un tapis roulant facilitant les manutentions et supprimant les bruits dus aux chutes de pièces dans les bacs. ❹

La circulation dans l'atelier est considérablement améliorée.

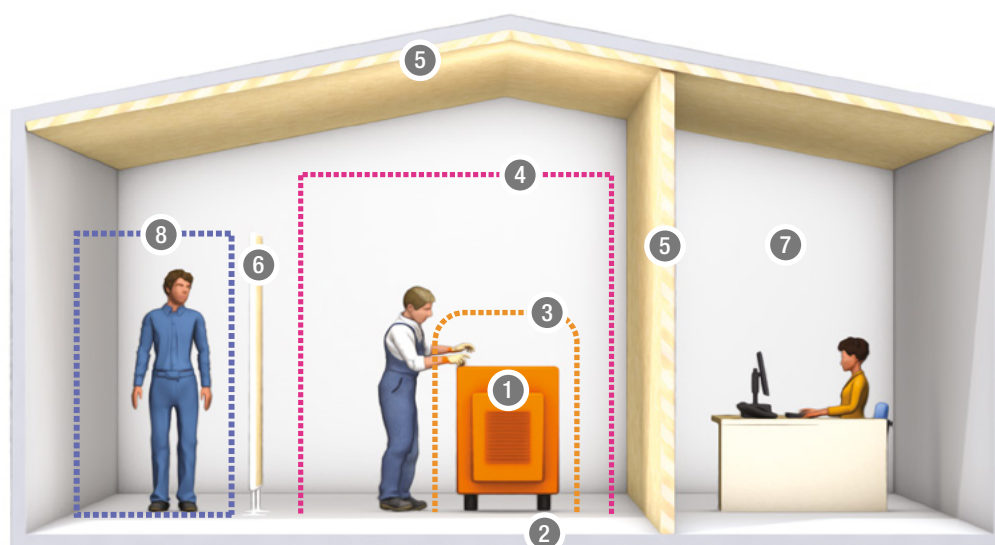


Après aménagement

■ Figure 5.2 – Exemple de réaménagement d'un atelier bruyant.



■ Figure 5.3 – Prédiction de la réverbération et de la propagation du bruit à l'intérieur d'un local.



1 Supprimer le bruit à la source

- Choisir des équipements silencieux d'origine
- Faciliter leur entretien en prévoyant l'espace pour la maintenance et les moyens de manutention

2 Éviter la propagation des vibrations

- Intégrer les plots anti-vibratiles à la conception
- Désolidariser les structures porteuses d'équipements vibrants de la structure porteuse du bâtiment

3 Isoler la source de bruit dans un capotage acoustique

- Uniquement pour les équipements dont le fonctionnement est autonome et avec peu d'opération de maintenance et peu d'émission de chaleur

4 Isoler la source de bruit dans un encoffrement ou un local dédié

- Traiter les parois acoustiquement
- Intégrer l'espace pour toutes les opérations humaines et les moyens de manutention (sans oublier la zone de dépose de l'équipement démonté)

5 Traiter acoustiquement le local

- Prévoir les matériaux absorbants dans le local pour limiter les effets de la réverbération
- Prévoir des parois présentant un affaiblissement acoustique suffisant pour réduire la propagation du bruit en dehors du local

6 Implanter des écrans acoustiques

- Les écrans ne doivent pas faire obstacle à la vue sur l'extérieur ou gêner les besoins de communication
- Ils doivent masquer les sources sonores, être isolants et si possible absorbants

7 Éloigner des sources de bruit les zones de travail nécessitant une forte concentration

- Isoler les bureaux des ateliers et de tout équipement bruyant
- Isoler les zones de convivialité

8 Isoler l'opérateur dans une cabine insonorisée

- Uniquement si la ventilation, l'éclairage artificiel, l'apport de lumière naturelle et la vue sur l'extérieur peuvent être garantis (sauf incompatibilité avec la nature de l'activité)

■ Figure 5.4 – Différentes solutions d'insonorisation.

donc indispensable tant pour le concepteur d'un projet que pour le maître d'ouvrage souhaitant optimiser ses choix et appuyer ses décisions sur une garantie de résultats. Celle-ci pourra être rendue contractuelle lors de la commande.

Dans le cas d'un bâtiment à construire, cette optimisation doit notamment porter sur le choix des matériaux de construction (voir, par exemple, le système de couverture thermo-acoustique de la figure 5.6).

Dans le cas d'une correction de bâtiment réverbérant, cette optimisation portera en particulier

sur le choix des matériaux additionnels de correction acoustique (par exemple, baffles suspendus, revêtements des parois par des matériaux acoustiques).

5.1.3 Différents moyens d'insonorisation

Les solutions d'insonorisation, telles que présentées sur la figure 5.4, sont nombreuses et doivent être adaptées à chaque cas (voir base de données Techniques de réduction du bruit en entreprise [2]).

Les dispositions les plus efficaces dépendent du contexte et des possibilités d'agir ou non sur le bâti : conception neuve, réhabilitation d'un bâtiment existant, réaménagement d'un service, intégration d'une nouvelle machine... Elles dépendent aussi de l'activité réalisée et des problématiques rencontrées.

L'objectif à atteindre est d'assurer la protection collective des personnes contre le bruit.

Par exemple, dans l'industrie, la prévention portera plutôt sur l'insonorisation des équipements bruyants alors que, dans les activités tertiaires ou les zones administratives, il s'agira plutôt de tenir compte des besoins de concentration, de respect de la confidentialité ou, au contraire, des besoins d'échange et de partage.

5.1.3.1 Réduction du bruit à la source

Ce mode d'action – le plus efficace – est à retenir en priorité dès que possible et même avant toute étude d'acoustique prévisionnelle. On peut, selon les cas, y parvenir :

- en indiquant les niveaux de bruit souhaités (les plus bas possible compte tenu de l'état de l'art) comme critères contractuels dans les cahiers des charges des équipements de travail,
- en choisissant, chaque fois que cela est possible, les plus silencieux,
- en veillant à la maintenance des équipements de travail et notamment de leurs parties tournantes (équilibrage),
- en munissant certaines machines de dispositifs appropriés (silencieux pour échappement d'air comprimé, butées en caoutchouc pour éviter certains claquements, tôles rigides, outils spéciaux, et tout dispositif réduisant les vibrations génératrices de bruit).

On tiendra compte des conditions réelles d'exploitation et des équipements périphériques : l'adjonction d'un ventilateur, les chocs sur une goutte d'entrée ou un tapis d'évacuation peuvent faire plus de bruit que la machine elle-même.

La réglementation demande que les machines soient conçues afin que les risques résultant de l'émission du bruit aérien produit soient réduits au niveau le plus bas possible, compte tenu de l'état de l'art.

Si une machine telle qu'une presse, un turbo-alternateur, un concasseur... nécessite des fondations

spéciales pour éviter la propagation des vibrations, le constructeur fournira les caractéristiques nécessaires à l'étude de génie civil.

Si la machine n'est pas suffisamment silencieuse de par sa conception, il y a lieu d'en assurer l'insonorisation par les moyens cités ci-après.

Les sources intenses de bruit telles que moteurs, pompes, compresseurs, centrales de traitement de l'air... seront installées préférentiellement dans des locaux indépendants traités spécifiquement (voir § 5.1.3.4).

5.1.3.2 Suspensions anti-vibratiles et désolidarisation des structures

La conception des éléments de construction doit éviter la transmission des vibrations par le sol, notamment en montant les équipements bruyants sur des structures massives, elles-mêmes désolidarisées de la structure des bâtiments.

Les suspensions anti-vibratiles peuvent être complémentaires aux autres solutions. En tant qu'éléments du dispositif insonorisant destinés à amortir les vibrations et à éviter les transmissions solidiennes, elles doivent être étudiées en même temps. Leur mise en œuvre est d'autant plus complexe que les fréquences sont basses ; elle relève, en conséquence, de la compétence d'un spécialiste du domaine.

À titre indicatif, une suspension anti-vibratile bien dimensionnée permet d'atténuer jusqu'à 90 % des vibrations transmises. Des paramètres complémentaires seront également déterminés par le spécialiste pour optimiser le choix en évitant notamment l'amplification des vibrations de fréquence inférieure ou voisine de la fréquence propre d'oscillation de l'ensemble machine-suspension, ceci afin d'éviter tout risque de résonance.

5.1.3.3 Capotage, encoffrement ou déplacement de la source

Lorsque la réduction du bruit à la source n'est pas possible, le traitement acoustique le plus efficace consiste à capoter, encoffrer⁽⁸⁾ ou bien à déplacer

8. On distingue ici, d'une part, le capotage acoustique, situé à proximité immédiate de la machine, dont le démontage partiel ou total est nécessaire pour intervenir sur l'équipement, et l'encoffrement, d'autre part, qui permet d'intervenir sans démontage des parois acoustiques pour les opérations courantes et qui intègre les espaces de travail et l'extraction des calories si nécessaire.

dans un local dédié une machine bruyante (voir § 5.1.3.4). L'encoffrement devra réserver un espace suffisant pour assurer les interventions d'exploitation et de maintenance de la machine avec les moyens de manutention adaptés.

Le choix du type de traitement doit être effectué au démarrage de la conception, de façon à ce que son encombrement ne vienne pas réduire les espaces de travail environnants.

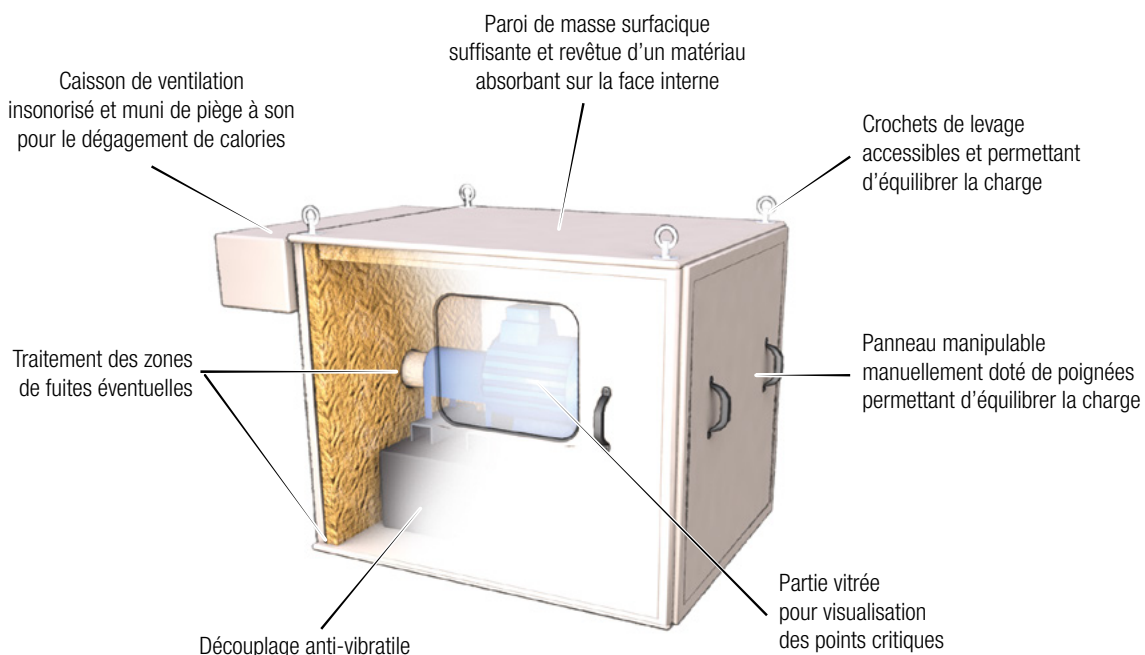
Pour décider de la pertinence d'un de ces trois traitements, il convient de faire une revue préalable d'identification de chaque intervention à réaliser sur la machine, qu'elle soit de surveillance, d'exploitation ou de maintenance. Si les interventions sont fréquentes, que le nombre d'équipements est important, ou que les machines bruyantes dégagent une grande quantité de chaleur, un encoffrement ou bien le déplacement dans un local dédié est préférable à un capotage imposant des démontages réguliers.

Un capotage ou un encoffrement qui gêne l'exploitation ou la maintenance sera laissé ouvert et sera donc bien moins efficace qu'attendu.

Lorsque les impératifs d'accès et de fonctionnement de la machine le permettent, comme c'est généralement le cas pour les machines automatiques, le capotage ou l'encoffrement de la

machine devra être conçu de façon à ce que (voir figure 5.5) :

- les parois soient de masse surfacique suffisante pour atténuer le bruit et distantes d'au moins 200 mm de la ou des sources de bruit pour éviter tout couplage aérien,
- des matériaux absorbants soient intégrés sur les parois internes pour diminuer l'amplification générée par le confinement de la source,
- les ouvertures soient traitées, par exemple, par des silencieux acoustiques,
- il n'y ait aucune fuite, c'est-à-dire que le capotage ou l'encoffrement soit étanche hors ouvertures fonctionnelles,
- il y ait si nécessaire un découplage anti-vibratile par rapport à la machine,
- les éventuelles ventilations et compensations thermiques (l'évacuation des calories) soient insonorisées. Les pièges à son doivent être accessibles pour permettre leur nettoyage,
- des accès pour les interventions régulières soient prévus : ouvrants étanches, panneaux facilement manipulables (poids inférieur à 25 kg avec poignées de préhension ou, pour des interventions plus lourdes, panneaux manipulables à l'aide de moyens de manutentions adaptés),
- des parties vitrées, présentant un isolement acoustique homogène avec celui des parois, permettent la visualisation des zones critiques s'il y a des impératifs



■ Figure 5.5 – Exemple de capotage acoustique à proximité de la machine.

de contrôle visuel, en intégrant les contraintes de nettoyage de ces parties vitrées sur les deux faces. Pour plus de détails, se référer à la fiche ED 147 [3].

■ 5.1.3.4 Isolation de la source de bruit dans des locaux spécifiques

La séparation des machines bruyantes et des postes de travail est à rechercher systématiquement et ce, quelles que soient les contraintes posées par l'organisation du travail, la circulation des hommes et des produits. Ainsi, les activités bruyantes (machines, ateliers, lieux de rassemblement ou de convivialité) ne doivent pas être situées à proximité de postes de travail particulièrement sensibles au bruit.

Dans le secteur industriel, l'isolement d'un équipement dans un local spécifique sera mieux approprié qu'un encoffrement ou un capotage dans le cas :

- d'équipements à fonctionnement autonome (par exemple, compresseur, groupe électrogène, centrale d'aspiration, centrifugeuse...),
- de machines alimentées, commandées et surveillées depuis l'extérieur (par exemple, broyeur, presse à parpaings...).

S'il y a un risque de transmission de vibrations excessives à la structure du bâtiment, ce mode d'insonorisation doit être complété par un découplage anti-vibratile des machines. Il en est de même pour les éléments liés aux machines tels que les tuyauteries et les gaines par exemple, qui pourraient rayonner dans le reste de l'atelier ou mettre en vibration des éléments rayonnants tels que les bardages. La propagation des vibrations génératrices de bruit est à limiter autant que possible au droit des points particuliers que constituent les raccords de dilatation, les supports de fixation et les traversées de paroi.

À titre d'exemple, un mur traditionnel de parpaings, de briques ou en béton de masse surfacique $\geq 100 \text{ kg/m}^2$ assure un affaiblissement sonore $\geq 40 \text{ dB(A)}$ pour tout bruit de fréquence $\geq 500 \text{ Hz}$. Ce mode d'insonorisation permet une efficacité généralement très supérieure à celle d'un encoffrement classique en tôle. Ce sont alors les accès qui constituent les points faibles et qui pourront nécessiter la création de sas munis de portes acoustiques haute performance.

Dans le secteur tertiaire, il est conseillé de regrouper les moyens d'impression et de reprographie dans des locaux séparés. Les zones de convivialité (machine à café, zone de repos/détente, restauration...) doivent être isolées acoustiquement et/ou implantées à distance des autres activités (voir § 9.5.1).

■ 5.1.3.5 Traitement acoustique du bâtiment

Il est nécessaire de spécifier dans le programme les exigences acoustiques attendues, en même temps que les exigences thermiques et les sélections de couleurs par exemple, afin que celles-ci soient intégrées dans le choix des matériaux des parois. Pour plus de détails, voir la brochure ED 6103 [4].

Le traitement acoustique consiste à revêtir le plafond et éventuellement les murs à l'aide de matériaux acoustiquement absorbants (essentiellement fibreux ou poreux). Cela permet de diminuer la réverbération d'un local et de limiter la propagation du bruit d'une zone de travail vers une autre. En complément, ce traitement peut aussi contribuer à améliorer l'isolation.

Ainsi il faudra distinguer :

- **L'absorption acoustique** apportée par les matériaux absorbants qui ont pour fonction de réduire l'amplification due à la réflexion d'un bruit sur la face exposée d'une paroi.

L'absorption acoustique est caractérisée par les coefficients d'absorption acoustique par bande de fréquence, dits « Alpha Sabine », fournis par les fabricants : de 0 (non absorbant) à 1 (complètement absorbant) (voir figure 5.6).

- **L'isolation sonore** apportée par les matériaux isolants qui ont pour fonction de réduire le niveau de bruit qui traverse une paroi (par exemple, le bardage plein extérieur sur la figure 5.6).

L'isolation sonore d'un matériau est caractérisée par son indice d'affaiblissement R par bande de fréquence et son indice d'affaiblissement global R_w , exprimés en dB. Pour éviter de dégrader l'isolation, il est indispensable que la paroi ne comporte ni pont phonique, ni orifice de fuite.

L'indice d'affaiblissement d'un matériau acoustique du commerce est fourni par son fabricant. Pour les matériaux traditionnels de construction

(béton, briques...), l'indice d'affaiblissement acoustique dépend de la masse surfacique du matériau. De manière générale, plus la densité et l'épaisseur du matériau sont importantes, plus l'indice d'affaiblissement est important.

Exemples de masses unitaires de parois épaisses d'1 cm : béton 23 kg/m², plâtre 10 kg/m², brique pleine 20 kg/m², verre 25 kg/m², pin ou sapin 4 kg/m², bois contreplaqué ou en fibres compressées 6 kg/m².

Dans le cas particulier d'un matériau absorbant destiné au traitement acoustique de locaux de l'industrie alimentaire, se reporter aux indications complémentaires du § 5.1.4.

Cas particulier des baffles suspendus de correction acoustique

En solution corrective ou lorsque des exigences techniques le nécessitent, les baffles suspendus sont une alternative au plafond acoustique. Ils

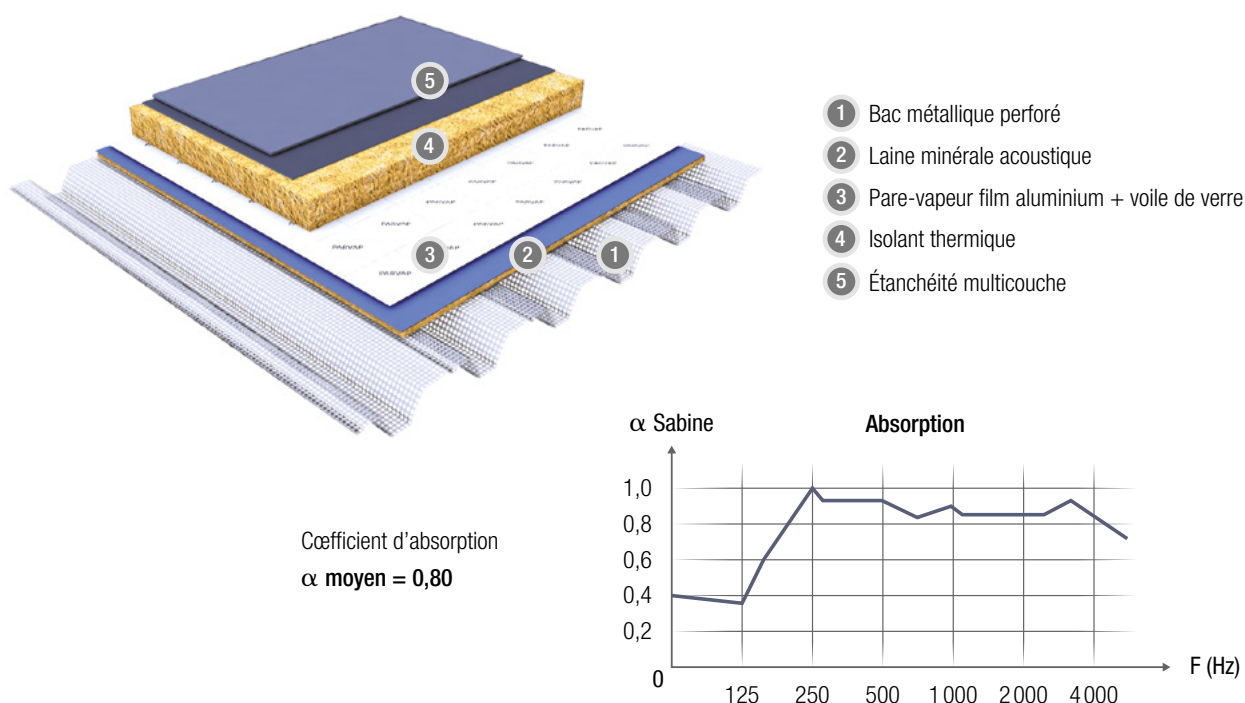
sont plus facilement installables et démontables a posteriori mais plus coûteux qu'un plafond et ils doivent être entretenus régulièrement. Installés en nombre suffisant, ils peuvent permettre d'avoir une surface absorbante plus importante que la seule surface du plafond. Ils peuvent aussi être installés assez bas pour une meilleure absorption (notamment dans le cas de grande hauteur sous plafond), et ils n'empêchent pas d'accéder à des réseaux situés au plafond.

Dans le cas de locaux où les conditions d'hygrométrie et de température ne permettent pas d'éviter la condensation, il faut recourir à des baffles ensachés dans un plastique étanche.

5.1.3.6 Installation d'écrans acoustiques

La pose d'écrans dans un local de travail vient toujours en complément du traitement acoustique de ce dernier.

Exemple de couverture thermo-acoustique avec bac métallique perforé et coefficients d'absorption sonore fournis par le fabricant



■ Figure 5.6. – Exemple de courbe Alpha Sabine caractérisant la performance d'absorption sonore résultant de la présence d'une laine minérale derrière un bardage perforé.

À noter que la laine minérale est normalement parfaitement absorbante au-dessus de 500 Hz mais que le bardage perforé dégrade légèrement ses performances.

Un écran doit être à la fois :

- absorbant, pour réduire la réverbération et ainsi contribuer à une diminution du bruit ambiant,
- et isolant afin de limiter la transmission sonore entre la source et le récepteur.

La hauteur de l'écran doit dépasser largement la source de bruit ainsi que celle des points de réception à protéger (oreilles des travailleurs). La hauteur de l'écran doit aussi être le résultat d'un compromis entre une bonne protection acoustique et le confort visuel (vue sur l'extérieur).

Enfin, les écrans ne doivent pas empêcher les circulations et réduire les espaces de travail autour des équipements.

■ 5.1.3.7 Isolation du personnel en cabine

Lorsque l'isolation acoustique des machines par encoffrement ne peut être envisagée, l'isolation du personnel en cabine ou en box insonorisé est conseillée. Outre les mêmes qualités acoustiques que celles d'un encoffrement ou d'un local technique, une telle cabine devra comporter une bonne ventilation ou une climatisation, un bon éclairage et une bonne visibilité vers l'extérieur. Le non respect de l'une ou l'autre de ces recommandations se traduirait, par exemple, par l'ouverture des portes de la cabine, ce qui exposerait à nouveau le personnel à une ambiance sonore élevée.

5.1.4 Entretien des moyens d'insonorisation

Les dispositions concourant à faciliter le nettoyage des moyens d'insonorisation sont :

- le captage des polluants chaque fois que possible,
- des espaces et moyens d'accès adaptés (fixes de préférence) et facilement utilisables,
- les moyens de manutention le cas échéant (par exemple, pour l'entretien des baffles) ou des dispositifs facilitant leur retrait (par exemple, panneau acoustique sur rail),
- le choix de matériaux acoustiques facilement nettoyables.

Remarque

Pour le traitement acoustique des locaux dans l'industrie agroalimentaire, des matériaux acoustiques nettoyables sont commercialisés. À titre d'exemple, on citera les laines minérales revêtues de peinture microporeuse, nettoyables à l'éponge, ou encore les laines

de verre ensachées dans un polyfluorure de vinyle, nettoyables au jet basse pression. Sous certaines conditions, ces matériaux résistent aux nettoyages fréquents par canon à mousse ou jet d'eau (de 15 à 40 bars maximum, se conformer aux instructions de nettoyage du fabricant) et leur surface lisse s'oppose au développement bactérien. Ils peuvent être utilisés en faux plafond, en revêtement mural ou en baffles.

5.2 Éclairage

5.2.1 Généralités

Le confort visuel est indispensable pour travailler avec un minimum d'efficacité et de qualité. Plus de 80 % des informations nécessaires au bon déroulement de l'activité parviennent par voie visuelle. Voir et être vu sont des conditions nécessaires à la sécurité.

■ 5.2.1.1 Perception visuelle

La rapidité de perception correspond à la durée minimale de présentation d'un signal pour qu'il soit perçu. Elle varie en fonction du niveau d'éclairement et du rapport de luminance entre la cible et l'environnement. Pour les niveaux de luminance les plus faibles, notamment à l'intérieur des bâtiments, les facultés de l'œil – et plus spécifiquement la rapidité de perception et l'acuité visuelle de discernement – diminuent notablement. Pour corriger l'effet de la diminution de ces facultés, lors d'un travail soutenu à un rythme donné, l'œil est obligé de faire un effort visuel fatigant à la longue. Il est à noter que la fatigue s'amplifie lorsque l'absence de visibilité sur l'extérieur empêche de reposer l'œil par accommodation sur le lointain. De plus, avec le vieillissement, l'opérateur a besoin d'un niveau plus élevé d'éclairement et d'un contraste plus fort.

Une distribution adaptée des luminances dans le champ visuel permet de moins solliciter la contraction pupillaire et les mouvements oculaires tout en augmentant :

- la finesse de la vision (acuité visuelle),
- la discrimination de petites différences de luminances (sensibilité aux contrastes),
- l'accommodation et la convergence.

L'éblouissement causé par la surexposition d'une partie de la rétine doit également être évité. L'œil a besoin d'un temps d'accommodation important pour passer d'un environnement très lumineux (par exemple en extérieur un jour ensoleillé) à un environnement plus sombre (intérieur d'un bâtiment). Cela implique notamment de prendre en compte à la conception ces zones de transition pour éviter tout risque d'accident (chute sur un obstacle au sol, collision avec un engin...).

5.2.1.2 Réglementation

Les bâtiments doivent être conçus et disposés de telle sorte que la lumière naturelle puisse être utilisée pour l'éclairage des locaux de travail, sauf dans les cas où la nature technique des activités s'y oppose. Ces locaux doivent en outre comporter à hauteur des yeux des baies transparentes donnant sur l'extérieur.

L'éclairage artificiel doit être vu comme un éclairage de compensation, dont la qualité de rendu doit permettre d'assurer toutes les tâches visuelles dans les meilleures conditions.

L'obligation de vue sur l'extérieur à hauteur des yeux vise, quant à elle, un double objectif : permettre le repos oculaire par une accommodation de l'œil au loin et assurer l'équilibre psychique des personnes. En effet, les personnes travaillant dans des locaux aveugles sont significativement exposées à plus de risques de stress, de dépression et de perturbations du rythme circadien. La conception des vitrages est abordée au § 7.2.

La compréhension de ce double objectif amène à éviter tout raisonnement consistant à compenser une absence de lumière naturelle par l'installation de systèmes de luminothérapie, qui ne peuvent compenser, dans une certaine mesure, que les obligations liées à l'éclairage naturel, mais ne permettent aucunement de répondre à l'obligation de vue sur l'extérieur.

5.2.1.3 Intégration de l'éclairage à la conception

En matière de prévention des risques professionnels, les études prévisionnelles d'éclairage doivent avoir pour objectifs principaux de :

- définir les niveaux d'éclairement suffisants pour réaliser les tâches à effectuer,

- utiliser en priorité la lumière naturelle et permettre la vue sur l'extérieur,
- utiliser des sources d'éclairage artificiel assurant une qualité de rendu des couleurs adaptée,
- éviter l'éblouissement,
- faciliter la maintenance des luminaires.

L'éclairage doit être déterminé par le contenu du travail et par ses variations au cours du temps.

De telles études – qui permettent d'éviter les erreurs et les surcoûts – doivent être confiées à un éclairagiste compétent utilisant des logiciels de calcul rigoureux, et à qui on aura transmis au préalable l'analyse des besoins liés à chaque activité dans l'entreprise.

Ainsi, dès la phase de programmation, il convient de préciser, pour chaque situation de travail, la nature de l'activité et les contraintes visuelles correspondantes, en tenant compte :

- de l'éclairage naturel,
- de l'aménagement de fenêtres offrant la vue sur l'extérieur à hauteur des yeux,
- du choix des protections solaires,
- de la teinte des parois internes des locaux,
- de l'éclairage artificiel intérieur : éclairage général, éclairage localisé,
- de l'éclairage artificiel extérieur,
- de l'éclairage de sécurité...

Les exigences de sécurité pour toutes les activités doivent être précisées, notamment pour les opérations de maintenance (accessibilité, protection contre les chutes de hauteur...).

5.2.1.4 Choix des couleurs

Le choix des couleurs joue un rôle sur le confort et l'agrément de l'environnement ainsi que sur la sécurité (pour la signalisation de santé et de sécurité, voir chapitre 11).

Les couleurs d'ambiance sur les lieux de travail (ateliers, bureaux...) visent des objectifs distincts et complémentaires :

- du point de vue fonctionnel, elles contribuent à mettre en évidence les informations utiles et à organiser l'espace,
- du point de vue esthétique, elles permettent de créer un environnement coloré agréable et harmonieux,
- elles participent au maintien de la propreté des locaux.

Les couleurs ne se réduisent pas à la peinture. Les revêtements, les matériaux, l'éclairage jouent un rôle important. Il faut prendre en compte non seulement les murs et le plafond, mais aussi les machines, les installations, le mobilier, les accessoires et le sol. Tous ces éléments contribuent à la qualité de l'environnement de travail.

Il convient aussi de définir les couleurs d'ambiance et les caractéristiques photométriques des surfaces (facteur de réflexion et type de réflexion des parois et surfaces intérieures), qui influent sur l'éclairage et le rendu des couleurs.

Les facteurs de réflexion recommandés (valeurs cibles) dans les locaux sont présentés dans le tableau 5.1.

Tableau 5.1: Facteurs de réflexion recommandés dans un local (selon la norme NF X35-103).

Plafond	0,7 à 0,9
Murs	0,5 à 0,8
Plan de travail	0,3 à 0,6
Sol	0,2 à 0,4

Le choix des couleurs joue un rôle important dans l'éclairage des zones de travail par leur pouvoir réfléchissant (voir figure 5.7).

Une ambiance colorée agréable va de pair avec une palette réduite de couleurs et utilise les principes d'opposition et de complémentarité des couleurs (par exemple, entre les murs et les matériels utilisés), plutôt que les contrastes de luminance qui génèrent une fatigue visuelle.

Dans l'espace balayé par les yeux pour accomplir les tâches, les surfaces colorées seront non

brillantes (de préférence satinées) et homogènes du point de vue des facteurs de réflexion. Cela est valable aussi pour les plans de travail de bureau et d'ateliers, les dispositifs de signalisation, les équipements utilisés pour l'exécution des tâches. En ce qui concerne la facilité de nettoyage, les surfaces satinées sont aussi faciles à nettoyer que les brillantes, comparativement aux surfaces mates sur lesquelles les salissures s'accrochent généralement plus fortement.

Il est à noter également que les teintes claires diffusant la lumière contribuent au confort visuel avec, en prime, des économies pouvant atteindre, pour l'éclairage artificiel et quel que soit le type de lampes, environ 15 % en coût global comparativement au même local tapissé de parois sombres.

Le choix des couleurs doit tenir compte des contraintes d'activité, par exemple :

- plan de travail de couleur bien distincte de celle des matières ou des objets travaillés, de façon à créer un bon contraste entre ces éléments, notamment dans le cas de petits objets,
- rayonnages de stockage en hauteur de teinte claire de manière à constituer des repères visuels bien visibles pour faciliter le positionnement de palettes en hauteur.

5.2.2 Éclairage naturel

La qualité de la lumière naturelle, à l'écart du rayonnement solaire direct, constitue le référentiel en matière de confort visuel (absence d'éblouissement, rendu des couleurs maximal). Elle a une influence positive pour la détection des défauts, l'amélioration de la qualité et de la sécurité. Par

Couleurs et matériaux

Blanc	100
Aluminium, papier blanc	80-85
Ivoire, jaune citron vif	70-75
Jaune vif, ocre clair, vert clair, bleu pastel, rose pâle, crème	60-65
Vert citron, gris pâle, rose, orange soutenu, bleu gris	50-55
Calcaire, bois clair, bleu ciel	40-45
Chêne clair, ciment sec	30-35
Rouge profond, vert prairie, bois, vert feuille clair, vert olive, brun	20-25
Bleu foncé, pourpre, brun rougeâtre, gris ardoise, brun foncé	10-15
Noir	0

Pouvoir réfléchissant (%)



■ Figure 5.7 – Exemples de pouvoir réfléchissant des couleurs et matériaux et recommandation de zones d'utilisation.

ailleurs, elle concourt à l'équilibre psychologique en permettant de conserver un contact avec l'extérieur dans les locaux de travail. De ce fait, la lumière du jour est en tout préférable à la lumière artificielle.

Les niveaux d'éclairement naturel doivent permettre soit l'extinction totale de l'éclairage artificiel le jour, soit une extinction partielle de l'éclairage artificiel.

La moyenne de 5 000 lux constitue l'éclairement extérieur de référence. Le facteur de lumière du jour (FLJ) est la valeur généralement utilisée dans les labels type BBC, BEPOS⁽⁹⁾. . . Toutefois, ce facteur ne tient pas compte du prospect (environnement immédiat du bâtiment), ni des fluctuations météorologiques ou des spécificités d'ensoleillement propres à chaque région.

Ainsi, pour prévenir les risques professionnels, il est recommandé de réaliser les études d'éclairage en se basant plutôt sur les deux extrêmes : la nuit (absence pratiquement totale de lumière naturelle) et en situation de plein soleil, pour identifier les risques d'éblouissement.

Pour dimensionner les dispositifs d'éclairage, il est alors nécessaire de prendre en considération une série de paramètres caractérisant :

- le local ou le bâtiment à éclairer (dimensions, proportions, orientation, environnement. . .),
- les dispositifs de prise de jour envisagés (type, dimensions, proportions, répartition, positions) et leurs protections solaires,
- le matériau transparent ou translucide constituant ces prises de jour (facteur de transmission lumineuse – à noter qu'un simple vitrage clair absorbe plus de 95 % du rayonnement ultraviolet, mais laisse pénétrer environ 80 % des infrarouges),
- la diminution de l'éclairement par les salissures atmosphériques qui se déposent sur les prises de jour.

Critères d'implantation

Les caractéristiques géométriques du local et les activités qui s'y déroulent conduisent à choisir soit un éclairage latéral, soit un éclairage zénithal, ou encore un mélange des deux.

9. BBC : bâtiment basse consommation – BEPOS : bâtiment à énergie positive. Labels sur lesquels s'appuient les réglementations thermiques en matière de consommation d'énergie et de développement durable.

Trois possibilités s'offrent donc au concepteur :

- pour des locaux de faible hauteur sous plafond (inférieure à 3 m), on retiendra exclusivement un éclairage latéral,
- pour ceux dont la hauteur est supérieure à 4,50 m, l'éclairage zénithal est indispensable, sauf pour les locaux de faible profondeur, avec éventuellement un complément par un éclairage latéral en partie haute des façades. En cas de présence permanente de personnes dans ces locaux, la vue sur l'extérieur doit être aussi prévue,
- pour les locaux de hauteur intermédiaire, comprise entre 3 et 4,50 m, le choix dépend de leurs autres caractéristiques (profondeur, largeur, forme du bâtiment, activité dans le local).

5.2.2.1 Prises de jour en toiture

Dans de nombreux bâtiments industriels, l'obtention d'un éclairage naturel satisfaisant impose le recours à l'éclairage à travers les toitures. Quelle que soit la hauteur du bâtiment ou du local, il est recommandé que les prises de jour en toiture soient constituées de dispositifs munis de faces éclairantes situées uniquement au nord. Les prises de jour ne sont ainsi jamais exposées au rayonnement solaire direct et évitent donc le risque de surchauffe de l'ambiance interne en été. Cette recommandation se transforme en nécessité dans le cas des locaux de faible hauteur (c'est-à-dire inférieure à 6 m).

Critères de choix

Afin de capter la lumière naturelle sans risque de surchauffe l'été, ni éblouissement, il convient de choisir des dispositifs basés sur le principe de sheds orientés au nord, tels des lanterneaux en forme de mini-sheds et autres formes d'éclairants, ponctuels ou continus, munis de faces opaques sur les côtés exposés au soleil et transparentes au nord (voir photo 7.1).

Dans le cas de dispositifs dont la prise de jour fait face à la course du soleil (dômes, coupoles, plaques d'éclairage), il convient de retenir ceux dont l'éclairant est constitué d'un matériau multi-peau (isolation thermique) et translucide (réduction du risque d'éblouissement).

Pour éviter l'éblouissement, ce type de prise de jour doit par ailleurs être situé à plus de 30° au-dessus de l'horizontale par rapport aux opérateurs.

Dans le cas d'un atelier de faible hauteur comparativement à sa longueur, il convient de choisir des moyens d'éclairage naturel à travers les toitures constitués de dômes à costières surélevées formant garde-corps.

Les ouvrants translucides en toiture pour le désenfumage (dispositif d'évacuation des fumées et gaz chauds) peuvent être utilisés comme source d'apport de lumière naturelle.

Quel que soit le dispositif d'éclairage naturel retenu en toiture, il doit être accessible et constitué de matériaux non fragiles ou complété par un moyen de protection anti-chutes pour la sécurité du personnel de maintenance (voir § 7.1).

Répartition

Une répartition uniforme est indispensable pour une diffusion homogène de la lumière naturelle à l'intérieur des locaux. On évitera un seul lanterneau central et on prévoira des dispositifs de protection contre les éblouissements.

■ 5.2.2.2 Prises de jour en façade

Fenêtres

La fonction première des fenêtres est d'assurer la vue sur l'extérieur à hauteur des yeux. Pour cela, elles doivent présenter les caractéristiques suivantes :

- hauteur d'allège comprise entre 1 m et 1,10 m (travail assis) ou 1,10 m à 1,30 m (travail debout),
- superficie des parties transparentes égale, a minima, au quart de la superficie de la plus grande paroi du local (en ne considérant que la partie située en dessous de 3 m de haut).

La fonction d'appoint des fenêtres est aussi de contribuer à la pénétration de l'éclairage naturel dans les locaux. Néanmoins, la profondeur de pénétration du flux lumineux est limitée par la hauteur des fenêtres et son efficacité réelle se réduit aux postes de travail situés près de la façade, à une distance au plus égale à une fois la hauteur de la fenêtre. Au-delà, l'apport de lumière naturelle est intéressant en termes d'ambiance lumineuse mais ne suffit pas à elle seule pour la réalisation des activités de travail.

Dans tous les cas, pour bénéficier de la qualité d'éclairement de la lumière naturelle, les postes de travail permanents doivent être situés à une

distance maximale de la façade comprise entre 2 et 3 fois la hauteur par rapport au sol de la limite supérieure de la partie vitrée (voir figure 5.8). Ce coefficient est à adapter en fonction des obstacles éventuels, qu'ils soient extérieurs (brise-vent, arbres, vis-à-vis...) ou intérieurs (mobiliers, plantes...), et selon l'ensoleillement de la région, l'orientation du bâtiment, le niveau du bâtiment où se situe la fenêtre, et de tout autre paramètre pouvant réduire l'apport réel de lumière naturelle. **Au-delà de cette distance, les postes de travail sont considérés comme étant en espace aveugle car ne bénéficiant plus de l'apport de lumière naturelle.** Dans le cas d'ateliers de grandes dimensions, l'éclairage naturel des zones éloignées des façades nécessite ainsi toujours des prises de jour en toiture.

Les études prévisionnelles d'éclairage doivent permettre d'évaluer la réelle pénétration de l'éclairage naturel dans les locaux afin de définir les zones les plus appropriées pour l'implantation des postes de travail permanents.

Il est souhaitable que chaque fenêtre reçoive directement la lumière naturelle, qu'une portion de ciel soit visible de chaque zone de travail et que le bâtiment visible le plus proche soit situé à une distance égale à deux fois sa hauteur.

Les dispositions spécifiques pour l'entretien des façades et des fenêtres sont présentées au § 7.2.

Bandes translucides de façade

La fonction des bandes translucides de façade peut consister à apporter un éclairage naturel complémentaire aux fenêtres ou à assurer l'éclairage naturel de locaux dépourvus de postes de travail permanents. Ainsi, quand elles sont disposées :

- horizontalement en partie haute de locaux, elles peuvent, par exemple, assurer l'éclairage naturel d'une passerelle longeant une façade ou augmenter la pénétration de la lumière naturelle en direction des postes de travail éloignés des fenêtres,
- verticalement, elles peuvent venir compléter l'éclairage naturel d'allées de circulation situées entre des rayonnages de stockage en hauteur.

Certains matériaux présentent une structure allongée, sur leur surface ou dans leur masse, par exemple le polycarbonate alvéolaire qui a une structure tubulaire. Ce type de matériau peut

créer une grande bande lumineuse à l'intérieur des locaux lorsqu'il reçoit le soleil directement, et devenir extrêmement éblouissant.

Les moyens de nettoyage en sécurité des bandes translucides doivent être prévus dès la conception.

Protections solaires

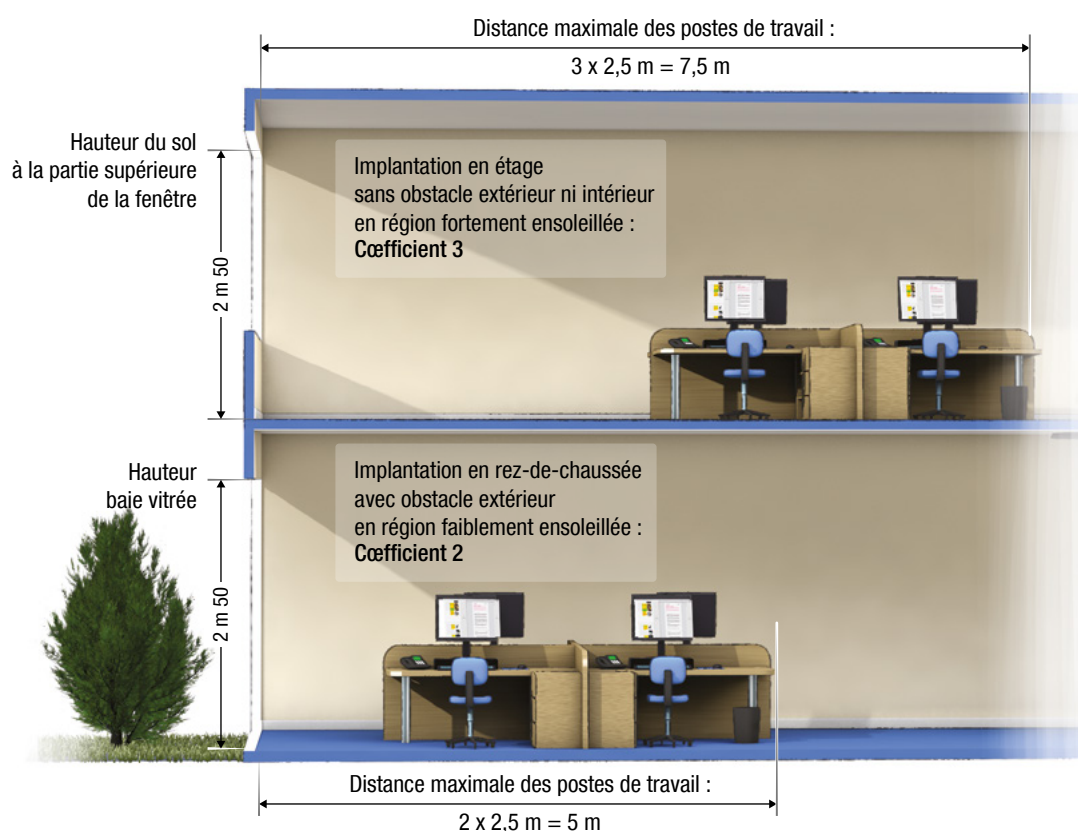
Les postes de travail situés à l'intérieur des locaux doivent être protégés du rayonnement solaire gênant, soit par la conception des ouvertures, soit par des protections fixes ou mobiles appropriées. Les protections solaires constituées par des vitrages spéciaux, des films solaires, des stores mobiles, des auvents et autres brise-soleil sont non seulement indispensables pour protéger des éblouissements mais contribuent aussi à la protection thermique en été.

Pour les expositions est et ouest, des protections verticales sont nécessaires (par exemple, stores). Au sud, elles pourront être remplacées par des auvents. Ces protections permettent de réduire l'apport thermique, voire de corriger l'asymétrie de rayonnement (différence de température des

parois), source d'inconfort local. Lorsque le local est de petites dimensions (par exemple bureaux), les protections verticales seront installées à l'extérieur pour éviter un apport thermique excessif par le rayonnement solaire.

À noter que les traitements de façade architecturaux, type sérigraphie, verre imprimé ou coloré, éléments de façade suspendus, peuvent être inefficaces pour protéger des risques d'éblouissement et gêner la qualité de la vue sur l'extérieur (distorsion de couleurs, du paysage) (pour en savoir plus, voir le document [5]). Il est ainsi conseillé de vérifier le rendu avant validation du choix des éléments de façade, en testant sur un échantillon par différents ensoleillements et situations météorologiques, à différentes distances des postes de travail (par exemple, en montant l'échantillon sur un support mobile).

- **Les vitrages solaires** réfléchissent une part de la lumière vers l'extérieur et, selon leurs caractéristiques, filtrent plus ou moins fortement la lumière pénétrante. Lorsque la capacité de protection du vitrage est élevée, l'assombrissement s'accroît



■ Figure 5.8 – Exemple de définition des distances maximales d'implantation des postes de travail permanents pour bénéficier de la lumière naturelle, en fonction des caractéristiques du local.

par ciel couvert ou en hiver. La protection contre l'éblouissement nécessite donc, lors du choix d'un tel vitrage, de trouver un compromis satisfaisant été/hiver.

Pour guider le choix, les fabricants fournissent :

- le « facteur de transmission lumineuse » compris entre 0 et 100, un facteur proche de 100 correspondant à un verre non solaire,
- le « facteur solaire », lui-même gradué entre 0 et 100, un facteur de 100 correspondant à un verre laissant pénétrer toute l'énergie thermique.

Un tel choix, sur la base de valeurs objectives, doit cependant intégrer le facteur subjectif, une teinte donnée pouvant, selon les sensibilités individuelles, être jugée rafraîchissante en été et lugubre en hiver.

Les vitrages à face externe formant miroir du côté le plus éclairé doivent être privilégiés lorsqu'il est nécessaire d'empêcher la vue vers l'intérieur (respect du critère de confidentialité, de l'intimité), tout en permettant la vue vers l'extérieur. Dans les périodes sombres ou de nuit, le respect de la confidentialité peut être assuré par la fermeture des stores mobiles ou des rideaux.

- Basés sur le même principe que les vitrages solaires, **les films solaires adhésifs** peuvent utilement compléter les vitrages traditionnels ou corriger des situations existantes. Ils agissent tant sur l'éblouissement que sur les apports thermiques. Tout comme les vitrages solaires, leur caractère permanent peut générer un assombrissement plus important, notamment en hiver ou par temps couvert.

- **Les stores mobiles**, de par leur variété et leurs possibilités de réglage en cours de journée, permettent d'éviter les inconvénients des vitrages solaires. À titre d'exemple, dans la gamme des tissés maillés de teinte sombre, un même degré de protection contre l'éblouissement pourra être choisi avec un maillage complètement occultant ou avec un maillage préservant à la fois une relative visibilité sur l'extérieur et une protection contre l'éblouissement. Le même résultat peut être obtenu avec un store à lames métalliques perforées pour des stores extérieurs exposés au vent.

Pour le confort thermique d'été, il convient d'accorder, chaque fois que possible, la priorité aux stores extérieurs dont l'échauffement sous le rayonnement solaire est dissipé hors bâtiment. Ces dispositifs réduisent d'au moins 80 % la

pénétration de l'énergie thermique du rayonnement. Par exemple, pour une baie vitrée standard, le facteur solaire est de 95 %, et pour une baie vitrée équipée d'un brise-soleil extérieur, le facteur solaire descend à 5 %.

Les stores intérieurs doivent être réservés à des situations où leur échauffement d'été ne constitue pas une gêne (par exemple, lieu de passage, baie orientée au nord, cas où l'échauffement est dissipé par ventilation...). Ces dispositifs sont en effet beaucoup moins performants car toute l'énergie thermique du rayonnement pénètre à l'intérieur sur les stores qui la rediffusent à l'intérieur comme des radiateurs thermiques.

- **Les aménagements fixes formant brise-soleil** (auvents, ensembles de lames brise-soleil, voir photo 5.1) : pour être efficaces, il est nécessaire que les dimensions et le positionnement des auvents et autres lames brise-soleil fassent écran à la course du soleil pour ombrager efficacement les vitrages, ce qui est réalisable uniquement pour les vitrages situés au sud. Pour leur dimensionnement et leur positionnement, il convient alors de prendre en compte l'inclinaison du soleil par rapport à l'horizontale lorsqu'il se trouve au zénith (64° en été, 18° en hiver). Un dimensionnement judicieux protégera des surchauffes de juin à septembre et préservera les apports naturels de chaleur en hiver. Pour le brise-soleil, les lames étant pratiquement horizontales, la protection solaire permet de préserver une bonne visibilité sur l'extérieur.



© Xavier Dotal/Carsat Aquitaine/2021

■ Photo 5.1 – Dispositif de casquette brise-soleil.

Pour des fenêtres faisant face au soleil levant ou couchant et dans la mesure où ce type d'aménagement ne protège pas de l'éblouissement en début et en fin de journée, les autres modes de protection solaire doivent être privilégiés.

5.2.3 Éclairage artificiel

L'objectif de l'éclairage artificiel est de compenser les variations d'éclairement naturel tout en maintenant une distribution des éclairagements adaptée à la nature de l'activité à effectuer. L'éclairage artificiel doit, en outre, être implanté de manière à réduire les rapports de luminance entre l'environnement, les prises de jour et les sources de lumière.

5.2.3.1 Niveaux d'éclairement adaptés aux tâches à effectuer

Lorsque la lumière naturelle est insuffisante (journée nuageuse, période nocturne) ou bien pour des activités à besoins visuels spécifiques, les niveaux d'éclairement doivent être obtenus par l'éclairage artificiel.

Les niveaux d'éclairement spécifiés dans le Code du travail sont les valeurs minimales à maintenir sur le plan de travail ou, à défaut, au sol. Ces valeurs sont souvent insuffisantes pour garantir un éclairage de qualité, car elles ne tiennent pas compte des besoins spécifiques du travail.

Le tableau 5.2 indique pour quelques types d'espaces, d'activités ou de locaux, les niveaux moyens d'éclairement à maintenir⁽¹⁰⁾. Pour atteindre ces objectifs, les niveaux d'éclairement doivent être initialement surdimensionnés afin de garantir les niveaux d'éclairement à l'usage, en tenant compte du vieillissement de l'installation et de son empoussièrisme éventuel.

À titre indicatif, en l'absence d'un plan de maintenance, l'éclairement initial⁽¹¹⁾ doit correspondre à l'éclairement moyen à maintenir, multiplié par un facteur dit d'empoussièrisme, à savoir :

– 1,5 fois l'éclairement moyen « à maintenir » pour des locaux dits à « faible empoussièrisme » (par

10. Éclairement moyen à maintenir : c'est l'éclairement moyen, juste encore acceptable avant une intervention de nettoyage des luminaires, complétée ou non par le remplacement des lampes (NF EN 12464-1).

11. Éclairement initial : c'est l'éclairement lorsque l'installation est neuve, à savoir la valeur prise en compte dans les calculs de dimensionnement de l'installation (NF X35-103).

Tableau 5.2: Niveaux d'éclairement normalisés.

Espaces, activités, locaux concernés	Éclairements moyens à maintenir (d'après NF EN 12464-1)
Parc de stationnement de voitures	20 lux
Zones et couloirs de circulation piétonne - Escaliers	100 lux
Zones de circulation de véhicules - Quais de chargement	150 lux
Vestiaires - Lavabos - Cantines - Toilettes - Archives	200 lux
Usinage grossier de métaux avec tolérance $\geq 0,1$ mm - Soudage Zones de manutention, d'emballage et d'expédition, d'entrepôts Travail sur écran d'ordinateur	300 lux
Bureaux - Salles de réunion - Infirmeries - Salles de soins - Cuisines de restauration Usinage, polissage de métaux avec tolérance $< 0,1$ mm Travail du bois sur machines - Caissières de magasins	500 lux*
Travaux de couture textile - Bureaux de dessin industriel	750 lux
Travaux de peinture sur véhicules	750 à 1 000 lux
Tâches de mise au point d'électronique - Travail manuel sur montres Stoppage sur tissus Contrôle des couleurs en polychromie d'impression	1 500 lux
Travaux de gravure sur acier et sur cuivre	2 000 lux
Certaines activités médicales	> 2 000 lux

*Pour l'éclairage de bureaux, il est recommandé de prévoir 300 lux en éclairage général avec un éclairage complémentaire de 200 lux par bureau pour ajustement selon la luminosité de l'écran (voir § 9.5.2).

exemple, bureaux, laboratoires, locaux hospitaliers, montages électroniques...),

– 1,75 fois l'éclairage moyen « à maintenir » pour des locaux dits à « empoussièrisme moyen » (par exemple, boutiques, restaurants, entrepôts, magasins, ateliers d'assemblage...),

– 2 fois l'éclairage moyen « à maintenir » pour des locaux dits à « empoussièrisme élevé » (par exemple, aciéries, fonderies, locaux de polissage, menuiseries...).

Pour réduire l'importance de l'éclairage moyen initial à installer, il est recommandé que le donneur d'ordres s'engage auprès de l'éclairagiste sur le respect du plan de maintenance (fréquence de nettoyage des lampes, des luminaires et des locaux, fréquence de remplacement des lampes).

Cela autorise l'éclairagiste à définir un facteur de maintenance plus faible que le facteur d'empoussièrisme précédent. Ce facteur de maintenance est lui-même égal au produit de plusieurs facteurs dont l'importance varie en fonction du temps écoulé entre deux nettoyages :

- un « facteur lampe » qui caractérise la décroissance du flux lumineux par vieillissement de la lampe,
- un « facteur luminaire » qui tient compte de la capacité de rétention des poussières, différente selon le type de luminaire,
- un « facteur local » qui tient compte de la réduction, par la poussière retenue, de la lumière réfléchie sur les parois du local,
- un « facteur de survivance des lampes » qui dépend de la fréquence de remplacement des lampes.

■ Les Led – Avantages et précautions particulières

Les Led (*Light emitting diodes* ou diodes électroluminescentes) présentent de multiples avantages sur les autres dispositifs d'éclairage, notamment les lampes à décharge (lampes à vapeur de sodium, lampes à vapeur de mercure, lampes aux halogénures métalliques) et les tubes fluorescents : pas de risque d'explosion ; pas de risque de bris de verre ; peu de risque de brûlure au contact ; pas d'émission de rayonnements ultraviolets ou infrarouges ; forte résistance aux chocs et aux secousses ; possibilité de gradation et d'intermittence de l'éclairage ; taille réduite qui permet de les intégrer dans de très petits espaces ; flux lumineux immédiatement disponible ; aucune dégradation par les allumages et extinctions fréquents.

Toutefois, en raison de leur forte luminance, les précautions suivantes doivent être respectées :

- Pour limiter les risques de lésions de l'œil, utiliser préférentiellement des Led ou luminaires à Led de groupe GR0 ou GR1 d'après la norme NF EN 62471 (les fabricants doivent obligatoirement indiquer le groupe auquel appartient le luminaire lorsqu'il est supérieur à GR1).
- Implanter les Led de façon à éviter les niveaux de luminance importants dans le champ visuel pour prévenir les risques d'éblouissement :
 - veiller à ce que les dispositifs susceptibles d'éblouir les opérateurs (Led nues directement visibles, plots lumineux en contremarche, Led dans le champ visuel lors du stockage en hauteur...) ne soient pas situés dans les zones de position habituelle du regard,
 - porter une attention particulière aux risques d'éblouissement par réflexion sur des surfaces lisses (métal, verre, miroir...).
- Vérifier in situ les effets éventuels du papillotement, qui peut être très variable d'un produit à l'autre et peut fausser la perception de l'environnement (notamment illusion d'une pièce immobile ou en mouvement lent alors qu'elle est en vitesse rapide, génératrice d'accidents).

Les autres critères contribuant à assurer un éclairage de qualité doivent être respectés : équilibre entre le niveau d'éclairage requis et la température de couleur selon le diagramme de Kruithof (figure 5.9), indice de rendu des couleurs... Voir aussi le dossier web INRS sur les Rayonnements optiques [6].

5.2.3.2 Éclairage général - Éclairage localisé : répartition et uniformité d'éclairement

Le rapport maximal admissible entre le niveau d'éclairement d'une zone de travail et l'éclairement général environnant est de 5.

Un facteur d'environ 1,5 représentant la plus petite différence significative dans la sensation d'un changement d'éclairement, la norme NF EN 12464-1 propose l'échelle suivante des éclairagements recommandés : 20 - 30 - 50 - 75 - 100 - 150 - 200 - 300 - 500 - 750 - 1 000 - 1 500 - 2 000 - 3 000 - 5 000 lux.

Dans les zones occupées de façon continue, l'éclairement moyen à maintenir ne doit pas être inférieur à 200 lux.

Pour des tâches ne nécessitant pas la perception de détails, c'est-à-dire dont l'éclairement nécessite au plus 300 lux, l'éclairage artificiel peut être assuré entièrement par l'éclairage général.

Enfin, sur un même plan de travail, l'uniformité d'éclairement est l'objectif à viser.

5.2.3.3 Choix des lampes

Les critères les plus importants pour la prévention sont les suivants :

- **La durée de vie** (voir tableau 5.3) : éviter les durées courtes qui nécessitent des remplacements fréquents en retenant des durées de vie supérieures à 4 000 heures pour toute implantation en hauteur.

Tableau 5.3: Caractéristiques indicatives des familles de lampes courantes.

Famille de lampes	Température de couleur (°K)	Rendu des couleurs (IRC)	Durée de vie économique (heures)	Observations
À incandescence standard	2 700	100	1 000	Lampes supprimées du marché.
À incandescence halogène basse tension	2 900 à 3 000	100	2 000	Énergivores, émission d'UV, quartz (risque de casse en cas de chute pendant la maintenance). Risque de brûlures.
À incandescence halogène très basse tension	3 000	100	2 000 à 4 000	
Fluorescentes à tube rectiligne	2 700 à 6 500	40 à 85	8 000	Non adapté pour un éclairage intermittent. Efficace pour un éclairage d'ambiance.
Fluorescentes compactes	2 700 à 4 000	85	8 000	
À décharge à vapeur de mercure	3 000 à 4 000	33 à 60	8 000	Non adapté pour l'éclairage intermittent – ne permet pas le rallumage à chaud (délais de 10 à 15 minutes avant rallumage). Possible source d'inflammation en cas de casse. Émission d'UV. Verre (risque de casse en cas de chute).
À décharge aux halogénures (iodures) métalliques	2 800 à 6 000	70 à 93	6 000	
À décharge à vapeur de sodium haute pression	1 700 à 2 500	20 à 65	8 000	
À décharge à vapeur de sodium basse pression	1 700 à 2 500	monochromatique*	12 000	
À induction	2 700 à 4 000	80	60 000	
Led (lampe à diode électroluminescente)	3 000 à 6 000	80	40 000	Adapté aux intermittences. Vieillessement prématuré dans les ambiances chaudes, chlorées ou en présence d'hydrocarbures.

* IRC très faible à réserver à l'éclairage extérieur vu que ce type de lampe restitue uniquement la couleur jaune et transforme les autres en une teinte blafarde.

- **Le rendu des couleurs** (capacité à restituer les couleurs obtenues à partir de la lumière du soleil, valeur maximale de l'IRC égale à 100) : exiger un indice IRC ou Ra d'au moins 80 dans les locaux de travail en réservant les lampes à décharge de vapeur de sodium monochromatiques (IRC très faible) éventuellement pour l'éclairage extérieur.

- **L'adaptation aux conditions d'utilisation** : certaines lampes ne sont pas adaptées pour un usage intermittent (allumages successifs de plus ou moins courte durée), émettent des UV pouvant altérer la vision pour un usage intensif et présentent des risques de casse en cas de chute selon le matériau utilisé (verre).

Les critères complémentaires de choix sont les suivants :

- **La température de couleur** (couleur apparente) : plus le niveau d'éclairage requis est élevé, plus il est recommandé une température de couleur élevée. Le diagramme en figure 5.9 précise la gamme de température de couleur recommandée en fonction du niveau d'éclairage requis. Pour une reconnaissance fidèle des couleurs, la température de couleur doit être située entre 4 000 K et 6 500 K.

- **L'indice de protection électrique** : il doit être adapté à l'activité professionnelle, notamment en cas de présence d'eau ou de poussières dans les locaux (code IP), ou de manipulation de pièces de grand gabarit (code IK de protection contre les impacts mécaniques externes). Veiller à informer l'éclairagiste de l'ambiance du local et des activités réalisées afin qu'il adapte le choix des lampes en conséquence.

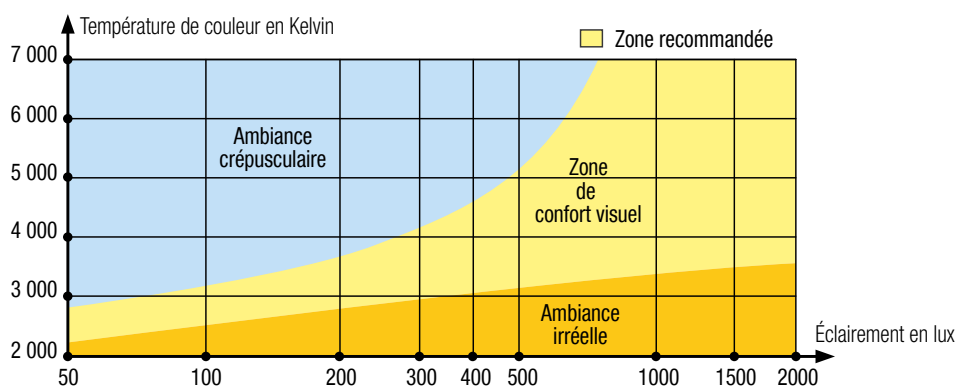
■ 5.2.3.4 Choix, implantation et disposition des luminaires

Les critères les plus importants pour la prévention sont les suivants :

- **Éviter l'éblouissement** : il convient à cet effet d'implanter le luminaire de sorte que la lampe ne soit pas visible en position assise dans un angle inférieur à 30° par rapport au regard horizontal (voir figure 5.10) ; à défaut, de le munir de grilles de défilement. Les Led doivent être munies de systèmes empêchant toute vision directe du faisceau émis (diffuseur, verre opale, grilles de défilement...). En présence d'écrans informatiques, choisir des luminaires à basse ou très basse luminance. Les tubes fluorescents seront placés de préférence perpendiculairement à la ligne de vision.

- **Permettre l'entretien des réflecteurs et le remplacement des lampes en sécurité** : pour éviter le risque de chute de hauteur et permettre que les opérations de maintenance courante s'effectuent depuis le sol, il convient d'installer des luminaires suspendus sur dérouleur, en particulier au-dessus des escaliers. Des luminaires encastrables traversant un plancher technique permettent une maintenance de plain-pied par le haut à partir d'un local qui doit lui-même être éclairé. Des luminaires pourvus d'éléments amovibles et articulés d'accès à la lampe ou dotés d'un dispositif évitant la chute d'objets en position d'ouverture facilitent eux-mêmes les opérations de maintenance.

- **Veiller à l'adaptation du luminaire au type de lampe utilisée**. Les lampes doivent être utilisées aux emplacements pour lesquels elles sont prévues (intérieur, extérieur, ambiance humide, poussié-



■ Figure 5.9 – Diagramme de Kruithof : ressenti selon le niveau d'éclairage et la température de couleur.

reuse...). Les systèmes de tubes à Led dits « rétrofit » installés en lieu et place des tubes fluorescents après adaptation électrique (suppression du starter ou du ballast) sont déconseillés en raison de l'absence de garantie sur la qualité et sur les performances de l'éclairage obtenu.

- **Disposer les luminaires en tenant compte de la position des opérateurs** à leur poste de travail pour éviter les effets d'ombre sur la zone de travail. La disposition des luminaires doit éviter les ombres portées par les installations aériennes (gainés, stockages en hauteur...). Les luminaires, plus nombreux et moins puissants à l'aplomb des aires et des allées à éclairer, doivent être hors d'atteinte des charges en cours de manutention et des moyens de manutention le cas échéant. Pour des hauteurs d'implantation supérieures à 4,5 m, les tubes fluorescents sont déconseillés en raison de leur faible portée ; leur préférer un ensemble de lampes à décharge parsemé de lampes à allumage instantané.

- **Éviter l'implantation des luminaires dans la ligne de vision habituelle** de l'opérateur. Lorsqu'il s'agit d'un plan de travail fixe éclairé par des tubes fluorescents, ces derniers doivent être implantés perpendiculairement à la ligne de vision.

- **Planter les luminaires à Led de façon à éviter aussi toute réflexion** sur une surface réfléchissante située dans le champ de vision de l'opérateur à son poste de travail.

Le dispositif d'allumage/extinction associé doit être étudié pour répondre aux besoins fonctionnels : allumage/extinction par rangées parallèles aux fenêtres, par îlots de production...

5.2.4 Éclairage de sécurité

L'éclairage de sécurité est encadré par la réglementation relative aux circuits et installations de sécurité, ainsi que celle relative aux installations d'éclairage de sécurité. Il doit notamment :

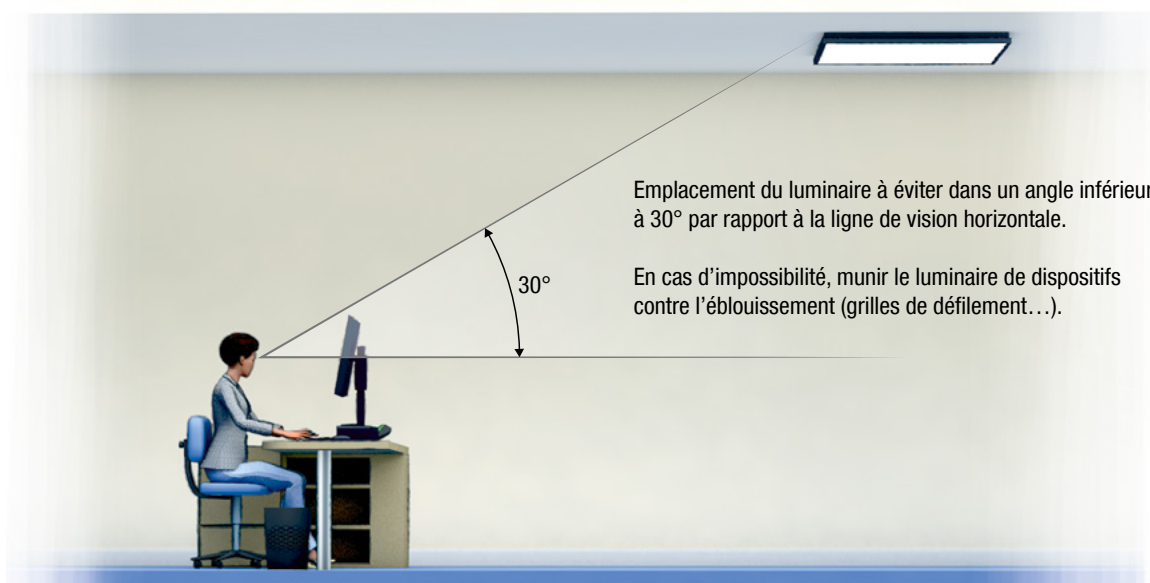
- assurer l'éclairage d'évacuation,
- assurer l'éclairage d'ambiance ou anti-panique,
- permettre la mise en œuvre des mesures de sécurité et l'intervention éventuelle des secours.

Un éclairage par installation fixe est à prévoir dans tous les lieux de travail.

Les luminaires et alimentation électrique de l'éclairage de sécurité répondent aux deux cas de figures suivants.

5.2.4.1 Cas courant

L'éclairage de sécurité est assuré soit à partir de blocs autonomes, soit par des luminaires reliés à une source centrale. Lorsque l'installation d'éclairage de sécurité n'est pas réalisée en très basse tension de sécurité (TBTs), elle doit l'être suivant un schéma qui n'implique pas la coupure au



■ Figure 5.10 – Implantation des luminaires pour éviter l'éblouissement.

premier défaut (schéma IT, par exemple) et respecter la réglementation relative aux installations d'éclairage de sécurité pour les établissements relevant du Code du travail.

Les blocs autonomes d'éclairage de sécurité (BAES) doivent être conformes à la norme NF EN 60598-2-22 et aux normes de la série NF C71-8004. Ils doivent porter la marque NF AEAS ou autre certification équivalente. Les blocs autonomes d'éclairage d'évacuation seront de préférence équipés d'origine d'un système automatique de tests intégrés (SATI) conforme à la norme NF C71-820⁽¹²⁾. Les BAES fonctionnent en toute autonomie : si un bloc est défaillant, il ne provoquera pas la mise hors service de l'ensemble.

Si ces blocs doivent être installés en atmosphère explosive, ils doivent être conçus spécifiquement à cet effet (voir § 6.2.4).

■ 5.2.4.2 Cas particulier d'installations alimentées par une source centralisée (Luminaires sur source centralisée - LSC)

Les luminaires doivent être conformes à la norme NF EN 60598-2-22, lorsque leur alimentation électrique est assurée par une source centralisée constituée :

- soit par des batteries réalisant une alimentation électrique de sécurité conforme à la norme NF EN 50171, dont la durée de fonctionnement autonome est d'au moins une heure,
- soit par un ou des groupes électrogènes pouvant assurer l'alimentation correcte de l'éclairage de sécurité dans un temps au plus égal à 15 secondes et qui doivent être conformes à la norme NF S61-940.

5.2.5 Éclairage extérieur

L'éclairage extérieur doit permettre d'assurer une visibilité suffisante. Il doit de plus être conçu de façon à ce que sa maintenance soit aisée et ne fasse pas courir de risque professionnel particulier.

■ 5.2.5.1 Visibilité

Il faut retenir comme niveau moyen d'éclairement de référence celui d'un parc de stationnement de voitures, soit 20 lux selon la norme NF EN 12464-2.

12. Ou à toute autre norme ou spécification technique équivalente d'un autre État appartenant à l'Espace économique européen.

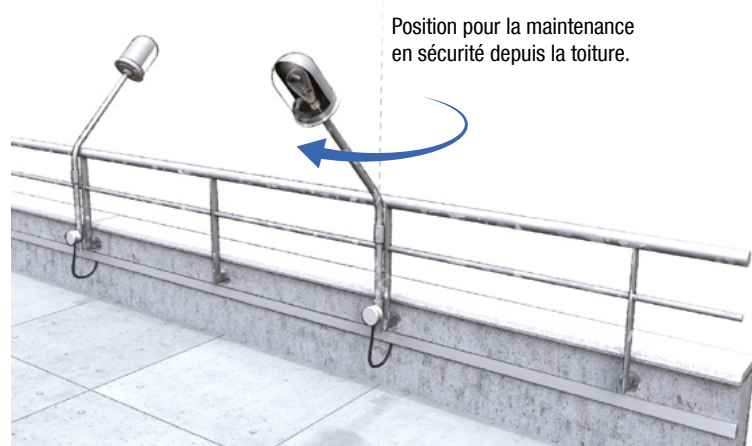
Les zones de croisement des véhicules ou engins de manutention avec les cheminements piétons, les zones dangereuses (obstacles...) et, dans la mesure du possible, le cheminement allant des places de stationnement réservées aux personnes handicapées à l'entrée des bâtiments, doivent bénéficier d'un éclairement renforcé à 50 lux.

En cas de zone de travail en extérieur, il est recommandé d'assurer un niveau d'éclairement adapté à l'activité. Par exemple, pour du nettoyage grossier ou des tâches ne nécessitant pas de perception de détails, 50 lux sont suffisants ; en cas de lecture nécessaire (adresse, étiquette, instrumentation), un éclairage localisé peut être prévu pour assurer 100 à 150 lux sur la zone de lecture.

■ 5.2.5.2 Maintenance

Les choix de conception doivent prendre en compte un accès aux luminaires sûr et facile pour leur nettoyage et le remplacement des lampes, tels que :

- des luminaires pour l'éclairage en façade installés en partie haute d'un bâtiment muni d'une toiture-terrasse de façon à y accéder par la toiture (voir figure 5.11). La crosse support de luminaire peut être installée sur des colliers permettant, après desserrage, le pivotement du luminaire vers l'intérieur du toit,
- des bornes d'éclairage de hauteur inférieure à celle d'un homme pour une maintenance depuis le sol,
- des luminaires de hauteur limitée à celle de la nacelle élévatrice ou de l'échafaudage dont dispose,



■ Figure 5.11 – Principe de luminaire pivotant pour le remplacement d'ampoule.

le cas échéant, l'entreprise pour la maintenance à l'intérieur du bâtiment,

– quelle que soit la hauteur des luminaires, retenir ceux dont les éléments amovibles d'accès à la lampe restent reliés ensemble en position ouverte de façon à éviter la chute d'éléments.

5.3 Ambiances thermiques

L'objectif en matière de conception des locaux de travail est d'assurer une ambiance thermique adaptée à l'activité physique des personnes. Certains secteurs d'activité peuvent exposer les salariés à des ambiances extrêmes, comme le travail dans les espaces de surgélation ou, au contraire, les fonderies.

En tout état de cause, la gestion des ambiances thermiques doit être conçue en tenant compte aussi des exigences de qualité de l'air intérieur (voir § 5.4).

5.3.1 Généralités

5.3.1.1 Équilibre thermique corporel

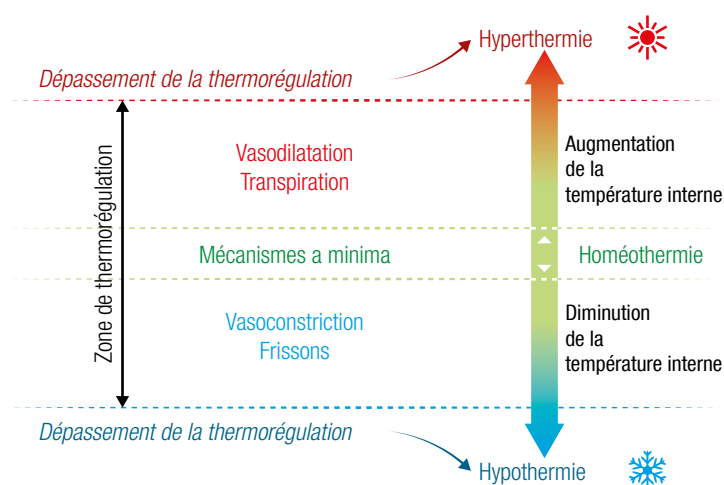
L'être humain est un homéotherme : sa température corporelle doit rester constante quelles que soient les caractéristiques thermiques de

l'environnement. Des moyens de régulation physiologiques contrôlent l'équilibre thermique corporel. Il s'agit, soit des mécanismes de régulation au froid : la vasoconstriction et les frissons, soit des mécanismes de régulation à la chaleur : la vasodilatation et la transpiration.

Si les mécanismes physiologiques de régulation interne du corps ne permettent pas d'atteindre une situation satisfaisante, la personne peut jouer sur sa tenue vestimentaire (enlever un pull ou en rajouter un, par exemple), ou adapter son activité physique (se mettre en mouvement lorsqu'il fait froid pour activer le métabolisme, ou au contraire limiter ses efforts par forte chaleur). Ces comportements d'adaptation ne sont pas toujours possibles au travail et sont parfois insuffisants.

Ces mécanismes permettent de conserver, dans certaines limites de contrainte, la température interne du corps dans des valeurs admissibles : c'est la zone de thermorégulation (voir figure 5.12). Néanmoins, les capacités de thermorégulation du corps étant limitées, lorsque les contraintes deviennent trop élevées, ou l'ambiance thermique devient trop sévère ou encore si la durée d'exposition est trop longue, l'équilibre hydrominéral de la personne exposée est rompu et une dérive inéluctable de la température du corps intervient. Des risques apparaissent alors, tant pour la santé qu'en termes d'accidents induits par l'altération des performances mentales et physiques.

La question des ambiances thermiques doit donc être prise en compte dès la conception.



■ Figure 5.12 – Description des mécanismes de thermorégulation.

5.3.1.2 Paramètres influençant les ambiances thermiques

Les paramètres externes qui interviennent dans l'équilibre thermique du corps dans un environnement donné sont :

- la température de l'air,
- le degré d'humidité de l'air,
- la vitesse de déplacement de l'air,
- le rayonnement (température des surfaces adjacentes).

Outre la température, il est donc nécessaire de maîtriser aussi le degré d'humidité, la vitesse de déplacement de l'air et le rayonnement au poste de travail. Le rayonnement doit notamment être pris en compte aux abords des fenêtres ou à proximité de surfaces chaudes (métal en fusion, four...) ou froides (glace...).

La température de l'air, à elle seule, n'est pas suffisante pour donner une indication sur l'ambiance thermique.

Dans des ambiances modérées, le taux d'humidité de l'air a peu d'impact sur la sensation thermique. En revanche, quand le pourcentage d'humidité dans l'air est trop important, alors l'évaporation de la sueur ne va pas pouvoir être efficace pour refroidir le corps, entraînant indirectement une augmentation de la température corporelle.

Le confort thermique est généralement assuré dans les plages suivantes, mais ces paramètres doivent être adaptés en fonction du travail réalisé et de la tenue de travail portée (voir tableaux 5.4 et 5.5) :

- température de l'air en fonction de l'activité physique (voir tableau 5.4),
- degré d'hygrométrie compris entre 30 % et 70 %,
- vitesse de l'air inférieure à 0,2 m/s au poste de travail (inférieure à 0,15 m/s en hiver),
- limitation des surfaces rayonnantes,
- homogénéité des températures de rayonnement : éviter les situations où seule une partie de la personne est exposée au rayonnement, ce qui crée des différences de températures ressenties sur

Tableau 5.4: Indications de températures intérieures recommandées pour le confort d'hiver pour différentes activités professionnelles (adapté de E. Grandjean. Précis d'ergonomie et de la norme ISO 8996).

Type d'activité	Dépense énergétique en W/m ² *	Température de la pièce en °C
Repos et activité statique faible	50 à 60	21
Activité faible	60 à 120	19
Activité modérée	120 à 180	18
Activité élevée	180 à 240	17
Activité très élevée	> 240	15 - 16

* Watt par mètre carré de peau

Tableau 5.5: Valeurs recommandées par la norme NF EN ISO 7730 pour des activités sédentaires ou légères.

Il s'agit de valeurs admissibles si la température moyenne de rayonnement* est égale à la température de l'air, pour un isolement vestimentaire de 1 clo en hiver et 0,5 clo** en été et pour une hygrométrie relative de 50 %.

Activité (W/m ²)		Température d'air (°C)		Vitesse moyenne de l'air à ne pas dépasser au poste de travail (m/s)	
		Été (saison de refroidissement)	Hiver (saison de chauffage)	Été (saison de refroidissement)	Hiver (saison de chauffage)
Sédentaire	70	24,5 ± 1,5	22,0 ± 2,0	0,20	0,15
Légère	93	23,0 ± 2,0	19,0 ± 3,0	0,20	0,15

* La température moyenne de rayonnement correspond à la température uniforme d'une enceinte noire théorique dans laquelle un occupant échangerait la même quantité de chaleur rayonnante que dans l'enceinte réelle non uniforme (définition de la norme NF EN ISO 13731). La température moyenne de rayonnement se mesure fréquemment au moyen d'un thermomètre à globe noir.

** Le clo est une unité utilisée pour qualifier l'isolement thermique vestimentaire. Un clo correspond à 0,155 °C.m²/W (sous-vêtements à manches et jambes courtes, chemise, pantalon, veste, chaussettes, chaussures) et permet de garder un sujet assis dans une situation confortable (T° de l'air = 21°C, vitesse de l'air = 0,1 m/s).

différentes parties du corps (asymétrie de température de rayonnement),
– ne pas dépasser 3 °C d'écart de température de l'air entre le sol et le niveau des mains.

5.3.1.3 Réglementation

Les nouveaux bâtiments sont soumis à différentes réglementations thermiques (RT 2012, RT 2020...) qui s'appuient sur des labels type bâtiment à basse consommation (BBC) ou bâtiment à énergie positive (BEPOS). Ces réglementations visent à réduire fortement les consommations d'énergie en favorisant notamment une isolation thermique efficace et une forte étanchéité du bâtiment. Elles ne sont pas destinées à répondre aux objectifs de prévention des risques professionnels.

En complément, le maître d'ouvrage est tenu de concevoir des locaux de travail dont les ambiances thermiques sont adaptées à l'activité humaine.

De plus, le Code du travail prévoit que l'employeur doit s'assurer du chauffage des locaux et du maintien d'une ambiance thermique adaptée. Il doit aussi protéger les postes de travail du rayonnement solaire gênant.

Il faut rappeler que les locaux de travail doivent être ventilés pour assainir l'air ambiant et éviter les élévations exagérées de température et les condensations. Les caractéristiques de la ventilation doivent notamment être fixées en fonction de la quantité de chaleur à évacuer.

5.3.1.4 Intégration du confort thermique à la conception

Il faut d'abord définir les besoins qui peuvent être liés au process et ceux indispensables aux opérateurs sur les postes prédéfinis, puis effectuer un bilan thermique, même sommaire, sur la base des éléments disponibles afin de déceler les principales contributions à l'inconfort thermique des opérateurs.

Suivant le résultat, il s'agira d'abord d'intervenir sur le process (captage ou évacuation), puis sur le bâti (apports ou pénétration). Il ne sert en effet à rien de faire des investissements sur le bâti si l'inconfort est essentiellement dû au process, et inversement. L'organisation ou l'aménagement de certains postes en zone exposée doit être conçu en prévoyant, par exemple, des systèmes pouvant

supprimer ou déporter l'activité humaine (manipulateur, caméra de contrôle...) dans la zone exposée.

Il restera à définir le système le plus approprié, selon les espaces ou les situations de travail, pour chauffer, rafraîchir ou climatiser l'atmosphère ambiante des locaux.

5.3.1.5 Réduction des apports thermiques internes dus aux machines ou équipements

Il est essentiel d'identifier les sources internes de chaleur, de capter et d'évacuer les apports thermiques élevés de manière à préserver l'atmosphère ambiante. Voici quelques exemples de modes d'action possibles :

- choix, lors de l'acquisition, de machines ou d'équipements dégageant le moins de chaleur possible dans les locaux,
- installation, dans un local réservé et ventilé, d'un équipement à fonctionnement autonome et à fort dégagement calorifique (par exemple, four de cuisson),
- calorifugeage des canalisations ou des parois chaudes,
- captage à la source des émissions d'air chaud ou de vapeur, y compris par encoffrement ventilé de l'équipement,
- écrans réfléchissant les rayonnements thermiques vers leur source (plaques aluminium séparées par un isolant, une couche d'air) et, si besoin, évacuation de la chaleur par ventilation forcée ou par refroidissement à l'eau,
- couleurs des parois (écrans, encoffrements...) : blanc ou aluminisé sur toute face devant réfléchir un rayonnement thermique en direction de sa source,
- verres antithermiques sur les regards de visualisation des sources de chaleur rayonnantes.

5.3.1.6 Partis pris architecturaux visant à réduire les influences externes et climatiques

Orientation du bâtiment et implantation des locaux

Regrouper sur la façade la plus exposée au soleil des locaux ne nécessitant que peu de baies pour leur éclairage naturel (par exemple, locaux techniques, locaux de stockage avec ou sans quais).

Couleur des parois externes du bâti

Accorder la priorité aux couleurs à fort facteur de réflexion (blanc, couleurs pastel, aluminium) renvoyant une partie du rayonnement solaire hors bâti.

Protection solaire

Il est rappelé que plus la protection solaire est efficace, moins il pénètre de chaleur dans le bâti et plus il est économique de rafraîchir l'ambiance interne l'été. Les principales recommandations guidant le choix de protections solaires, conjuguant confort visuel et thermique, sont regroupées aux § 5.2.2.1 et 5.2.2.2. Il convient donc de donner la priorité en toiture à des dispositifs d'éclairage naturel basés sur le principe du shed orienté au nord (voir photo 5.2), et munis d'un voile de protection solaire externe.

Inertie thermique d'ensemble

Il faut noter que l'inertie thermique représente la capacité du bâti et de son contenu à conserver soit le froid, soit le chaud. En été, la quantité de froid accumulée la nuit retarde la montée en température le lendemain. La quantité de froid est d'autant plus élevée que la masse du bâti et de son contenu est importante (matériaux à forte densité et à forte chaleur massique). L'inertie thermique est ainsi à prendre en considération lors des choix structuraux de base, c'est-à-dire lors du choix entre bâti du type massif (béton + maçonnerie) et bâtiment du type léger (charpente + bardage).

Isolation thermique des parois du bâti

L'isolation thermique est déterminante des économies d'énergie en hiver et du confort en été. Il est recommandé de faire appel à un thermicien pour en déterminer la valeur optimale.

Faux plafonds ou galeries techniques sous toiture

La ventilation des combles en été permet de réduire la température de rayonnement générée par le plafond de la pièce en dessous.

Façade vitrée

Pour ce type de façade, fréquent dans le tertiaire, le confort d'été peut être optimisé à la conception par association des principes suivants : création



Photo 5.2 – Exemple de sheds orientés au nord.

d'une façade à deux parois vitrées séparées à chaque étage par une passerelle de maintenance en caillebotis, avec abaissement de la température de rayonnement du vitrage intérieur, obtenu par l'effet combiné de stores de protection solaire disposés entre ces deux parois et d'un rafraîchissement du volume d'air intermédiaire. Le volume d'air compris entre ces deux parois étant considérablement plus faible que le volume intérieur du bâtiment qu'il protège, la consommation globale d'énergie de rafraîchissement s'en trouve nettement diminuée. De plus, en hiver, rafraîchissement à l'arrêt, ce système assure une isolation thermique équivalente à celle d'un double vitrage incluant une lame d'air de très forte épaisseur. Il en est de même pour l'isolation phonique contre les bruits provenant de l'extérieur.

5.3.2 Modes de chauffage

En fonction de la qualité et du renouvellement de l'air recherchés dans les locaux, on distingue deux grandes familles de modes de chauffage (voir tableau 5.6). Il est cependant à noter que, dans le cas des moyens de chauffage à combustion (gaz, fuel) consommant l'oxygène du local, le débit d'apport d'air neuf à introduire dans le local pour la respiration humaine devra être majoré par le débit d'air comburant nécessaire à cette combustion.

5.3.2.1 Indications pour le choix des moyens de chauffage

Indépendamment des exigences des autres réglementations (locaux d'habitation, établissements recevant du public...), les installations fixes destinées au chauffage et à l'alimentation en eau

Tableau 5.6: Modes de chauffage et typologie d'appareils associés.

Modes de chauffage	Description et principe de fonctionnement (désignés par des lettres majuscules aux § 5.3.2.2 et 5.3.2.3)
Chauffages ne consommant pas l'oxygène du local et n'émettant pas de produits de combustion dans ce local : - Installation à chaufferie centrale et avec réseau de distribution par fluide caloporteur alimentant : - des radiateurs à eau chaude - des panneaux ou faisceaux radiants « obscurs » à eau ou à vapeur - des aérothermes à eau ou à huile - des sols chauffants à circulation d'eau chaude - Installation à chaufferie centrale avec conditionnement d'air diffusé par : - ventilo-convecteur - éjecto-convecteur - centrale de traitement d'air (CTA) - Installation de chauffage électrique : - par plafonds ou modules de faux plafond radiant à film chauffant - par panneaux radiants suspendus « obscurs » ou « lumineux » - par sols chauffants à nappes de câbles chauffants - par aérothermes (posés ou suspendus) à chauffage électrique direct - Installation à combustion interne à circuit étanche, avec conduit d'amenée d'air comburant, et avec conduit d'évacuation hors locaux des gaz, fumées et imbrûlés : - faisceaux radiants tubulaires à combustion interne (gaz, fuel), raccordés hors locaux comme ci-dessus - aérothermes à combustion interne avec cheminée à ventouse	A1 A2 B1 A3 B3 B4 B5 A4 A5 A3 B1 A6 B1
Appareils à combustion interne avec prise d'air dans le local chauffé et avec conduit d'évacuation hors locaux des fumées et imbrûlés : - Générateurs à air pulsé et aérothermes à combustion interne - Faisceaux radiants tubulaires (suspendus) à combustion interne et avec extracteurs individuels ou avec collecteur d'évacuation	B2 B1 B6 A6

chaude ne doivent pas présenter de risque pour la santé et la sécurité des travailleurs, ni aggraver les risques d'incendie ou d'explosion inhérents aux activités du bâtiment. Elles ne doivent pas provoquer d'émission de substances dangereuses, insalubres ou gênantes et ne doivent pas être la cause de brûlures ou d'inconfort pour les travailleurs. Parmi les divers textes réglementaires et normatifs concernant l'aspect sécurité, il est nécessaire de se référer aussi aux DTU (documents techniques unifiés)⁽¹³⁾.

Les appareils de production et d'émission de chaleur, ainsi que leurs conduits de fumée et cheminées, sont installés de façon à ne pas pouvoir transmettre le feu aux matériaux de construction, aux matières et objets susceptibles d'être placés à proximité et aux vêtements du personnel.

13. Les documents techniques unifiés (DTU) sont les normes de mise en œuvre et d'exécution des travaux de bâtiments dans les règles de l'art. Ils sont disponibles auprès de l'Afnor ou du Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB).

Tous les appareils évoqués doivent être munis des dispositifs de sécurité spécifiques à leur type. Pour les appareils utilisant un carburant liquide ou gazeux, il convient notamment d'exiger un dispositif assurant une combustion complète et coupant l'arrivée de combustible en cas de défaut d'air.

Il n'existe pas de solution « toute faite » en matière de chauffage de locaux de travail. Il convient de s'intéresser non seulement à l'installation de chauffage, mais aussi aux besoins spécifiques liés à la nature du bâtiment, aux procédés de fabrication, aux normes d'ambiances particulières, au confort et à l'activité des occupants, ainsi qu'aux contraintes particulières du site.

L'assainissement de l'air des locaux (prioritairement par suppression et/ou captage des émissions locales des polluants) ainsi que la récupération d'énergie véhiculée par l'air vicié à extraire des locaux sont des données de base complémentaires à considérer pour le choix d'un moyen de chauffage.

Pour les locaux à risque d'incendie ou d'explosion, le chauffage sera chaque fois que possible assuré par des générateurs de chauffage implantés en extérieur et transférant la chaleur à l'intérieur grâce à des conduits de distribution (par exemple, chauffage par circulation d'eau chaude, chauffage par conduits de distribution d'air chaud).

Dans le cas exceptionnel d'un générateur de chauffage devant être installé à l'intérieur même d'un local à risque d'explosion, celui-ci devra être choisi parmi les matériels utilisables en atmosphère explosible identifiables par leur marquage (voir § 6.2.4).

Ce matériel est également utilisable dans le cas de locaux où le risque se limite au risque d'incendie.

Une attention particulière sera portée aux températures d'auto-inflammation (TAI) des produits présents dans le local à risque. La TAI la plus basse devra être plus élevée que la température de surface des éléments constitutifs de l'installation de chauffage.

Trois types d'installations de chauffage peuvent être distingués :

- Production de chaleur centralisée et distribution par fluide caloporteur via des émetteurs : ce type d'installation concerne plutôt les locaux de surface importante où une bonne maîtrise des conditions climatiques intérieures est requise.
- Production et distribution de chaleur décentralisées et regroupées sur un même équipement directement installé dans les locaux à traiter : ce type d'installation convient bien pour les petites et moyennes surfaces sans forte contrainte thermique.
- Système mixte par production de chaleur centralisée pour les besoins de base, associée ou non à une récupération d'énergie, et compléments ponctuels sur les émetteurs ajustés aux besoins locaux : ce type d'installation est plutôt adapté aux locaux de grandes surfaces, avec des besoins énergétiques (liés aux process) importants et variés et pour lesquels les conditions climatiques intérieures requises sont plutôt contraignantes.

Dans tous les cas, la production de chaleur pourra être réalisée à partir de combustibles liquides ou gazeux, ou à partir de l'électricité en fonction des contraintes techniques et économiques locales. L'utilisation de combustibles solides est plutôt réservée aux installations de production de chaleur centralisée.

La production centralisée de chaleur peut être assurée par chaudière, générateur d'air chaud, pompe à chaleur, ou par cogénération pour les installations importantes. Parfois, des réseaux locaux de chaleur ou des activités industrielles proches ayant des excédents de calories peuvent constituer des solutions économiquement intéressantes.

La qualité de l'installation de chauffage, perceptible par l'occupant, dépendra en grande partie de l'émetteur de calories installé dans le local traité. Deux grandes familles peuvent être distinguées :

- les émetteurs statiques qui agissent par rayonnement et par convection,
- les émetteurs dynamiques qui agissent essentiellement par convection, par mouvement d'air forcé.

■ 5.3.2.2 Émetteurs statiques

Radiateurs de chauffage central à eau chaude – A1

Ils permettent de réaliser une bonne répartition du chauffage dans le cas de locaux de faible hauteur et de surface moyenne. Ils sont généralement à placer à proximité des ouvertures (baies vitrées).

Panneaux et faisceaux de chauffage central à eau ou à vapeur – A2

Les faisceaux de tubes à ailettes hélicoïdales (plus fréquents que les panneaux) fixés sous plafond à intervalles réguliers peuvent être envisagés pour le chauffage de locaux de grande surface de 3 à 4 m de haut. Ils agissent, dans ce cas, principalement par rayonnement.

Sols chauffants à circulation d'eau chaude ou à chauffage électrique direct – A3

Ils permettent une très bonne répartition de chauffage dans le cas de locaux fermés de grande surface, même de grande hauteur, et sans courant d'air. Ils constituent une masse accumulatrice de chaleur dont l'inertie contribue à la régulation des températures (accumulation en heures creuses et restitution lors des prises de poste). Ils sont envisageables pour des locaux sans pollution résiduelle de poussières ou matières volatiles. Il convient de les éviter pour des locaux destinés à des implantations évolutives de machines à scellement profond.

Ils pourront être préférés à d'autres moyens de chauffage dans les cas :

- de locaux dont le volume est traversé par un pont roulant ou un appareil similaire de grande portée,
- de bâtiments destinés à une implantation évolutive avec cloisonnement de répartition pour locaux devant abriter des activités à ambiance thermique semblable.

La température moyenne de surface du sol procurant le confort se situe entre 19 et 23 °C (limite admise 26 °C).

Par passage d'eau glacée, ces sols peuvent contribuer l'été à rafraîchir une ambiance sans courant d'air, mais il faut limiter la température de l'eau glacée pour éviter les condensations au sol.

Plafonds et panneaux de faux plafonds à film électrique radiant (à environ 60 °C) – A4

Ce moyen peut être envisagé pour le chauffage de locaux de 2,50 à 3 m de haut tels que les locaux de réunion, de restauration, vestiaires, bureaux, ainsi que les ateliers sans manutention d'éléments conducteurs longs, sans risque d'incendie, sans humidité saturante et suffisamment ventilés.

Lors de l'utilisation de ces systèmes, l'asymétrie de température de rayonnement au niveau des postes de travail ne devra pas excéder 5 °C selon la norme NF EN ISO 7730.

En matière de sécurité électrique, l'alimentation en très basse tension de sécurité (50 volts maximum) est nécessaire car le film électrifié est presque à fleur de peau du sous-plafond (fragilité aux chocs, risque de perçage lors de travaux après mise en service). Ce moyen de chauffage n'est pas admis dans les locaux à risque d'explosion.

Panneaux à tubes radiants électriques ou gaz à haute température (nettement supérieure à 60 °C) – A5

On distingue les appareils dits « obscurs » pouvant atteindre 500 °C, des appareils dits « lumineux » pouvant atteindre 950 °C.

Le chauffage par appareils rayonnants au-dessus de 200 °C est particulièrement adapté aux locaux à déperdition thermique élevée (locaux de grande hauteur, peu isolés, ouverts ou semi-ouverts, fortement aérés) ainsi qu'aux grands locaux (même fermés) à besoins caloriques focalisés sur des postes de travail dispersés.

De très faible inertie thermique, ces appareils permettent de limiter l'inconfort des occupants malgré les fortes déperditions du local.

Les appareils de ce type doivent dans tous les cas être implantés hors de portée de tout occupant se tenant sur tout plan de circulation, ainsi qu'à distance suffisante de toute surface inflammable ou sensible à son rayonnement. Pour éviter notamment les surchauffes corporelles locales, il est nécessaire d'implanter :

- les appareils lumineux à au moins 7 m du sol et autres circulations et à 1 m de toute surface inflammable,
- les appareils obscurs à au moins 4 m du sol et autres circulations (utilisables de 4 à 8 m du sol),
- dans tous les cas, il est nécessaire de se conformer aux prescriptions du fabricant.

Appareils radiants à combustion de gaz – A6

On distingue deux types de faisceaux radiants :

- les appareils monoblocs à faisceau d'épingles tubulaires,
- les faisceaux linéaires avec tubulures collectrices (des fumées) et rayonnantes sur toute leur longueur.

Ces appareils sont en général de type obscur (200 à 500 °C). Il existe également une catégorie de radiants lumineux gaz équipés de plaquettes céramiques réfractaires portées à incandescence par la combustion du gaz.

Les indications générales de destination et d'implantation précisées pour les radiants électriques (type A5) s'appliquent également à ces faisceaux. Les émissions gazeuses issues de la combustion, même si cette dernière est complète, doivent impérativement être rejetées hors des locaux par des extracteurs individuels ou par un réseau de collecte et un extracteur unique selon les possibilités d'implantation.

5.3.2.3 Émetteurs dynamiques à diffusion de l'air

- **Caractéristiques** : les calories nécessaires au chauffage sont diffusées dans le local par l'air mis en mouvement. Les émetteurs sont associés à des bouches, grilles ou autres dispositifs de diffusion auxquels devra être prêté une attention particulière (choix technique, dimensionnement, implantation) liée aux conditions requises dans les locaux à traiter.

Les émetteurs dynamiques permettent également d'assurer l'introduction (maîtrisée, asservie...) et le traitement de l'air neuf de compensation nécessaire à l'assainissement des atmosphères de travail (voir § 5.4).

L'implantation de ces émetteurs doit prendre en compte les opérations de maintenance (changement de filtres, de batterie, réglage de ventilateur, régulation...) afin de sécuriser leurs accès.

- **Diffusion** : dans le cas de la diffusion par mélange, l'air insufflé entraîne l'air du local auquel il se mélange par induction. L'air est insufflé à travers des grilles réglables, des diffuseurs linéaires (encore appelés « fentes »), des diffuseurs en plafonnier et à jet pariétal ou des diffuseurs perforés (chaussettes textiles, voir photo 5.3). Cette technique de diffusion par mélange (déstratification d'air) est utilisée lorsque l'on souhaite réchauffer ou refroidir un local de manière homogène sur tout son volume. Elle concerne les volumes de faible et moyenne importance.

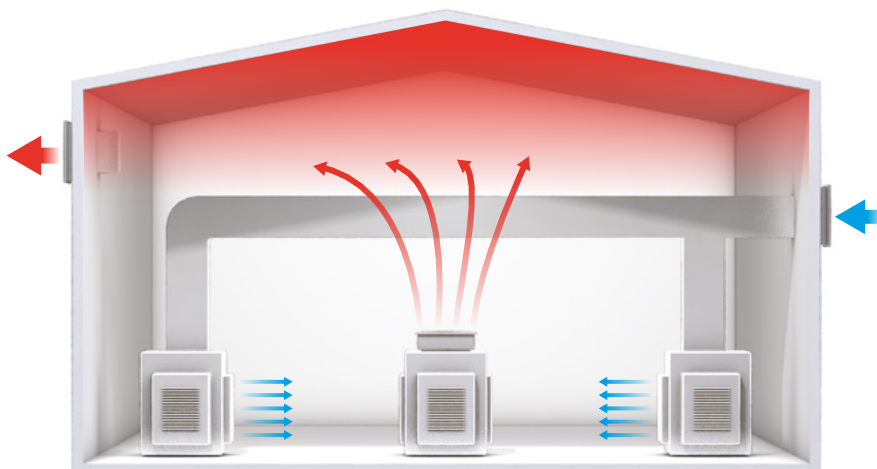
La diffusion d'air par mélange à vitesse d'insufflation élevée est mieux adaptée aux locaux de grande hauteur. Elle permet néanmoins d'obtenir des vitesses résiduelles faibles au niveau des opérateurs. Cette technique nécessite la mise en œuvre de débits d'air élevés (brassage > 4 volumes/h). Des techniques nouvelles tendent à réduire cet inconvénient ; l'utilisation de diffuseurs à pulsion giratoire variable permet ainsi de traiter des locaux de grande hauteur (6-8 m à 24 m) en s'affranchissant des phénomènes de stratification et de la nécessité d'un taux de brassage élevé.



■ Photo 5.3 – Gains textiles dites « chaussettes » pour diffusion d'air à basse vitesse.

En présence de polluants résiduels sous plafond, ces dispositifs sont à éviter car leur mode d'action provoque un renvoi de polluants vers les occupants. La mise en place d'un tel dispositif n'est donc acceptable qu'en l'absence de polluant dans l'air ambiant.

Dans le cas de la diffusion d'air par déplacement à basse vitesse (voir figure 5.13), l'air est insufflé de préférence en partie basse du local et remplace progressivement la totalité de l'air du local extrait en partie haute. L'air est introduit à basse vitesse (0,2 à 1 m/s maxi) à l'aide de dispositifs de diffusion répartis dans le local. Ce système est bien adapté aux applications industrielles et tertiaires de ventilation et de dépollution (biscuiterie, blanchisserie...) où sont développées des charges thermiques importantes.



■ Figure 5.13 – Exemple d'apport d'air neuf à proximité du sol de la zone de travail.

- **Conditions de recyclage de l'air** : les conditions de recyclage de l'air dans un même local ou entre locaux sont à examiner au cas par cas en fonction des types de pollution rencontrés et des réglementations spécifiques à certaines activités (agro-alimentaire, cuisine restauration, laboratoires de bactériologie, salles d'opération, pollution spécifique (chimie)...).

En général, dans le cas de locaux à pollution spécifique, le recyclage de l'air est à prohiber (notamment en cas de présence de cancérrogènes, mutagènes, reprotoxiques (CMR), allergènes ou polluants non identifiés). Lorsque les conditions économiques le justifient, une récupération d'énergie entre l'air rejeté et l'air neuf (échangeur à plaque, caloduc, boucle à eau glycolée, pompe à chaleur, échangeur rotatif appelé roue thermique pour les locaux tertiaires ou en l'absence de pollution spécifique...) est à envisager.

Pour des locaux à pollution spécifique où les installations de chauffage et ventilation concourent à l'assainissement de l'ambiance de travail, il est recommandé d'intégrer aux installations – en particulier à celles de grandes dimensions – toute mesure pouvant diminuer l'importance et la durée des pannes (groupes électrogènes, centrales d'énergie fractionnées en éléments associés) de manière à maintenir une puissance résiduelle d'au moins 30 % en cas de défaillance.

Aérothermes (soit de chauffage central, soit à chauffage électrique direct, soit à combustion interne) – B1

Les aérothermes, formés d'un échangeur de chaleur associé à un ventilateur électrique, génèrent des jets d'air chaud (30 à 35 °C) diffusés à des vitesses élevées (6 m/s en moyenne).

Leur choix et leur implantation (hauteur, direction, vitesse et température de soufflage) doivent être plus particulièrement adaptés aux caractéristiques aérauliques du local à chauffer (forme, volume, dimensions, implantation interne, hauteur de soufflage...) de manière à réaliser une homogénéisation des températures et des vitesses d'air acceptables par les occupants sans perturbation des dispositifs de captage.

Les aérothermes sont utilisés en brassage d'air. Pour éviter la stratification, ils peuvent être complétés par des ventilateurs à soufflage vertical

installés en plafond ou par des prises d'air de brassage près du sol. En présence de polluants résiduels sous plafond, il ne faut pas retenir ces dispositifs car leur mode d'action provoque un renvoi de polluants vers les occupants.

On peut envisager de les suspendre dans des ateliers de type fermé, hauts de 5 à 6 m et d'où est absent tout polluant (poussières, vapeurs et matières volatiles).

Les aérothermes à chauffage électrique direct et ceux à combustion interne ne sont pas admis dans les locaux à atmosphère explosible. Les aérothermes alimentés depuis un réseau central sont admis si leur température de surface est suffisamment modérée et en lien avec la nature du risque. Leur ventilateur et leurs composants électriques devront être spécialement conçus à cet effet.

Générateurs à air pulsé – B2

Ces appareils à combustion interne avec échangeur de chaleur, ventilateur de soufflage d'air chaud et conduit d'extraction des gaz brûlés réunissent les mêmes fonctions qu'un aérotherme à combustion, excepté qu'ils sont destinés à être posés. Ils sont concernés par les mêmes observations que les aérothermes de type B1.

L'obtention d'une homogénéisation convenable des températures et des vitesses d'air peut, selon le local, nécessiter l'adjonction d'un réseau de conduits de distribution. Cela peut conduire à préférer plusieurs aérothermes.

Ventilo-convecteurs – B3

Ces appareils, comportant une batterie d'échange raccordée sur un réseau de chauffage et un ventilateur, sont plus particulièrement adaptés aux locaux de volume faible ou moyen. Il convient de surdimensionner les batteries d'au moins 20 % par rapport aux besoins pour éviter le soufflage à trop basse température en mode chauffage, notamment lors des démarrages de l'installation.

Ces appareils permettent une régulation par appareil ou par pièces. Ils sont en général utilisés pour des raisons de climatisation en été avec un réseau deux tubes ou quatre tubes. Comme pour le chauffage, le surdimensionnement de la puissance frigorifique permet une atteinte plus rapide

des conditions de confort thermique pour les occupants lors du démarrage de l'installation.

Ils se montent en allège ou en plafond.

Éjecto-convecteurs – B4

Ces appareils sont équipés de batteries d'échange alimentées en eau chaude ou glacée suivant les besoins et utilisés suivant le même principe que les ventilo-convecteurs. Ils ne comportent pas de ventilateur, l'air primaire injecté à vitesse élevée assurant l'entraînement de l'air du local par induction. L'air primaire traité (chauffé, refroidi, filtré) assure également l'apport d'air neuf nécessaire à l'aération/assainissement du local.

L'équilibrage et la régulation sont plus délicats que dans le cas des ventilo-convecteurs. Ils génèrent des risques d'inconfort, de vitesses d'air inadaptées et des bruits de soufflage. Ils sont de moins en moins courants.

Centrales de traitement d'air – B5

C'est la version « centralisée » de l'aérotherme. Ces centrales, dont les débits d'air peuvent atteindre plusieurs dizaines de milliers de m³/h, sont en général réservées aux applications de :

- climatisation de locaux de grandes dimensions,
- traitement de charges thermiques internes importantes,
- compensation d'air d'une installation de captage de polluants.

Elles sont raccordées sur des générateurs de chaleur et de froid centralisés ; l'air traité est véhiculé par réseaux de conduits et est insufflé dans les salles au moyen de diffuseurs en lien avec les objectifs de qualité d'introduction d'air recherchés (induction, basse vitesse...).

Générateurs d'air pulsé tempéré ou appareils de chauffage en veine d'air (encore dénommés « make-up ») – B6

Dans ce système de chauffage, la combustion (combustible gazeux) s'effectue dans un brûleur spécial placé dans la veine d'air neuf pulsé, sans échangeur ; le gaz de combustion est donc mélangé à l'air neuf. La température de l'air pulsé est en général basse (20 à 25 °C).

Ce moyen de chauffage est adapté aux locaux de grandes dimensions et aux installations de ventilation à fort débit d'air telles que les cabines de

pulvérisation de peinture. Le réglage et la maintenance périodique de ces installations sont indispensables à la maîtrise du risque lié aux résidus de combustion de gaz.

Généralement, ce type d'équipement nécessite au minimum 10 m³/h d'air comburant par kW de puissance installée.

Ces équipements pour des puissances jusqu'à 300 kW doivent être conformes aux spécifications de la norme NF EN 525. Ils doivent impérativement être associés à des installations d'extraction d'air plaçant le local en légère dépression et asservis (marche et alimentation gaz) au fonctionnement de l'extraction (pressostat de contrôle).

5.3.3 Équipements de climatisation/refroidissement

5.3.3.1 Systèmes de climatisation

Par système de climatisation, il faut entendre une installation qui assure en toute saison des ambiances confortables, dont les paramètres ont été fixés par avance.

Les techniques de production de chaleur et de froid sont à étudier en fonction de chaque région et de chaque site :

- chaudière et groupe frigorifique sur réseaux séparés ou uniques avec inversion été/hiver ou sur boucle d'eau,
- pompe à chaleur réversible air/eau, eau/eau, eau/air, air/air,
- thermo-frigo-pompe (utilisation chaud et froid simultanément).

Il est recommandé de sélectionner des systèmes à quatre tubes (apport de chaleur et de froid) afin d'assurer de bonnes conditions d'ambiance thermique lors des saisons intermédiaires (automne et printemps). Bien souvent l'inertie des systèmes réversibles à deux tubes ne garantit pas un fonctionnement adapté à ces saisons.

Les installations peuvent être centralisées (installations sur mesure pouvant traiter des bâtiments de très grand volume) ou constituées d'appareils autonomes (pompes à chaleur pouvant traiter chacune un atelier).

Pour toute installation neuve, il faut :

- proscrire les dispositifs d'humidification par eau recyclée ou pulvérisée favorisant le risque de

prolifération et de contamination bactérienne (de type légionelles), car ils nécessiteraient des opérations périodiques de désinfection ; accorder la priorité aux humidificateurs à vapeur sèche stérilisant l'eau à sa source d'émission, complétée par une évacuation permanente des condensations,

- préférer aux tours aéroréfrigérantes susceptibles de favoriser la contamination bactérienne un système de refroidissement par batterie d'échangeurs secs.

5.3.3.2 Systèmes de rafraîchissement d'ambiance

On entend par système de rafraîchissement une installation qui améliore la température intérieure en été mais qui établit un niveau de confort inférieur à celui que l'on est en droit d'attendre d'une vraie climatisation.

Sans recourir à des techniques complexes et onéreuses, les solutions suivantes peuvent, selon les cas, apporter des réponses :

- Dispositifs dérivés des systèmes de climatisation pour assurer uniquement un rafraîchissement en été ; ventilation forcée de nuit en tout air neuf lorsque l'inertie du bâtiment, des équipements ou des stocks internes permet d'accumuler la fraîcheur nocturne d'été et si rien d'autre ne s'y oppose ; ventilation forcée de jour en tout air neuf (technique dite du « free-cooling ») pendant les périodes d'occupation des locaux.
- Prévion de ventilateurs d'appoint extracteurs de chaleur complétant, en été, les ventilations prévues pour assurer les débits minimaux d'air neuf répondant uniquement aux besoins d'assainissement de l'air.
- Utilisation des émetteurs de chauffage à circulation d'eau existant pour faire circuler de l'eau froide ou glacée en été. Dans ce cas, un surdimensionnement des échangeurs, généralement calculés pour l'hiver, pour le fonctionnement en rafraîchissement d'ambiance en été, représente un surcoût faible ; dès la conception, il y a lieu de prendre des dispositions pour éviter les condensations ou pour les évacuer selon le type d'émetteur. La conception et la procédure de maintenance doivent intégrer le contrôle du non-développement des micro-organismes dans le système.

- Mise en place de système de rafraîchissement adiabatique par écoulement d'eau sur un média traversé d'un flux d'air. Ce système fonctionne lors des journées chaudes à faible humidité relative et permet un gain de l'ordre de 8 à 10 °C maxi sur la température de l'air extérieur pendant le pic de chaleur. Ce système de refroidissement nécessite au minimum une vidange journalière du bac et un entretien régulier pour éviter encrassement et proliférations microbiennes.

5.3.4 Travail au froid, en chambre froide ou réfrigérée

L'effet global du froid sur l'ensemble du corps va du simple inconfort thermique à la détérioration des fonctions musculaires et sensorielles (et, au stade ultime, à la mort par hypothermie).

La détérioration des fonctions musculaires se traduit notamment par l'apparition de troubles musculosquelettiques (TMS) parfois très invalidants (douleurs ressenties au niveau de l'épaule, risque de syndrome du canal carpien...).

La détérioration des fonctions sensorielles se manifeste par des frissons, des gelures, voire au stade ultime, par des nécroses tissulaires profondes.

Il est, par ailleurs, à noter qu'une diminution de la dextérité manuelle est constatée à partir d'une température du dos de la main inférieure à 24 °C et, en lien avec la survenue possible de TMS, qu'un accroissement de la pression exercée par la main est nécessaire pour compenser la perte de sensibilité due au froid. Le port de gants augmente lui-même l'effort de préhension.

Aux TMS et aux gelures peut s'ajouter, dans des conditions extrêmes d'exposition (par exemple, dans la situation qui doit absolument être évitée d'enfermement prolongé d'une personne dans une chambre réfrigérée), le risque d'hypothermie accidentelle, un refroidissement généralisé qui conduit vers la mort. Les travailleurs doivent être obligatoirement informés de ce risque, des signes avant-coureurs (frissons, gelures, nausées, fatigue, étourdissement, irritabilité ou euphorie, douleurs dans les extrémités et tremblement prononcé) et des mesures de sauvegarde (réchauffement corporel immédiat, consultation d'un médecin).

Par ailleurs, dans le cas de très fortes amplitudes thermiques – amplitude pouvant dépasser 50 °C en été –, peuvent être éprouvées une sensation de gêne respiratoire en sortie de chambre froide et une asthénie en fin de journée. En outre, des troubles des règles sont significativement plus fréquents chez les femmes travaillant au froid.

À ces pathologies et sources d'inconfort doivent être ajoutés les risques d'accidents avec chutes de personnes ou de matériel en raison du gel pouvant se déposer sur les sols ou sur les espaces de rangement. Enfin, en particulier dans les entrepôts frigorifiques, les risques liés aux fluides frigorigènes – notamment à l'ammoniac, gaz frigorigène des plus dangereux dont les fuites peuvent provoquer des œdèmes pulmonaires mortels et dont le mélange avec l'air ambiant crée un risque d'incendie et explosion – doivent être pris en considération.

Ainsi, au regard de la conception des entrepôts frigorifiques, il convient de :

- prévoir à proximité un local chauffé et mettre à disposition des personnels des moyens localisés de chauffage par rayonnement,
- isoler les surfaces métalliques,
- choisir des matériaux de revêtement de sol adaptés au froid,
- installer une ventilation adaptée et limiter les apports d'air extérieur humide (sas, portes à ouverture rapide, rideaux d'air...),
- prévoir une distribution mécanique d'air conçue pour éviter les courants d'air ; la vitesse moyenne d'air maximale tolérable est de 0,20 m/s en l'absence de turbulences ; pour une intensité locale de turbulences supérieure à 20 %, la vitesse moyenne d'air devra être réduite au moins à 0,15 m/s,
- prévoir que l'ouverture des portes des chambres réfrigérées soit possible depuis l'intérieur (dispositifs anti-enfermement),
- installer un dispositif d'avertissement sonore et lumineux permettant de donner l'alarme en cas d'enfermement accidentel,
- pour les activités statiques telles que l'étiquetage, le conditionnement ou le contrôle des commandes, favoriser la mise en place d'un local avec plancher chauffant,
- utiliser des sièges en matériau isolant thermique,
- choisir des chariots de manutention adaptés au travail en chambre froide (équipés d'une cabine chauffée...).

Pour plus d'informations, voir la brochure ED 6350 [7] (chapitre 5) et le dossier web « Travail au froid » [8].

5.3.5 Travail à la chaleur

La réglementation ne définit pas le travail à la chaleur. Toutefois, au-delà de 30 °C pour une activité sédentaire, et 28 °C pour un travail nécessitant une activité physique, la chaleur peut constituer un risque pour les salariés. Fatigue, sueurs abondantes, nausées, maux de tête, vertiges, crampes... ces symptômes courants liés à la chaleur peuvent être précurseurs de troubles plus importants, voire mortels : déshydratation, coup de chaleur.

Du fait notamment du changement climatique, le confort d'été dans les locaux de travail, même de type atelier, devient de plus en plus une préoccupation des industriels et des concepteurs de lieux de travail.

Dans tous les domaines d'activité, des choix architecturaux adaptés contribuent, en limitant au mieux une augmentation excessive des températures à l'intérieur des locaux, à créer les bases pour l'obtention des conditions de confort (isolation thermique, protection solaire zénithale et murale, inertie thermique, ventilation de nuit...).

La climatisation, voire au minimum un système de rafraîchissement d'air, permet d'éviter les situations d'inconfort en été.

La conception doit permettre de :

- prendre en compte le confort d'été dans les choix architecturaux lors de la conception de nouveaux bâtiments,
- réduire la température : climatisation, ventilation,
- réduire le taux d'humidité en ventilant,
- aménager des cabines climatisées pour l'observation des procédés à fort dégagement calorifique,
- automatiser les tâches en ambiance thermique élevée,
- utiliser des aides mécaniques pour réduire la dépense énergétique des salariés,
- réduire l'exposition à la chaleur émise par des surfaces chaudes (calorifugeage des surfaces, utilisation d'écrans ou de revêtements réfléchissants...).

Voir aussi le dossier web « Travail à la chaleur » [9].

5.4 Qualité de l'air

5.4.1 Généralités

On entend par qualité de l'air un ensemble de caractéristiques telles que la composition chimique de l'air, sa vitesse de circulation, sa température et son hygrométrie qui, à des degrés divers, vont permettre d'assurer le confort respiratoire et préserver la santé des personnes.

Une mauvaise gestion des caractéristiques de l'air associée, ou non, à une émission de polluants (poussières, gaz) peut engendrer un effet sur la personne, allant de la simple gêne (inconfort respiratoire) à la pathologie ponctuelle (intoxication, asphyxie) ou chronique (asthme...). En outre, elle peut être source d'incendie ou d'explosion.

Il est donc impératif d'identifier les lieux ou locaux de travail où peuvent se produire des émanations accidentelles, ponctuelles ou permanentes de gaz ou de poussières susceptibles d'exposer les individus à des agents chimiques pathogènes ou à des risques d'incendie/explosion.

La réglementation distingue deux grandes catégories de locaux :

- les locaux dits à pollution non spécifique, dans lesquels la pollution est liée à la seule présence humaine, excepté les locaux sanitaires,
- les locaux dits à pollution spécifique qui présentent des émissions de substances dangereuses ou gênantes (gaz, vapeurs, brouillards, fumées, poussières), de micro-organismes pathogènes et les locaux sanitaires (pour ces derniers, voir § 10.1).

D'autres réglementations peuvent être à considérer ; par exemple, en matière d'hygiène alimentaire, les notions de zones « propres » et zones « sales » (voir § 10.2.2.1), ou les salles blanches... Ces réglementations spécifiques ne sont pas abordées ici et doivent être appliquées au cas par cas, car elles interdisent certaines techniques d'aération.

5.4.2 Locaux à pollution non spécifique

L'objectif est de renouveler l'air vicié par la présence humaine (émission de CO₂ et d'humidité) par introduction d'air neuf pris à l'air libre hors

des sources de pollution, et d'assurer aussi par ce moyen le confort olfactif.

5.4.2.1 Moyens d'aération et taux de renouvellement d'air

En matière d'aération, de ventilation et d'assainissement de l'air, le Code du travail demande le maintien d'un volume d'air minimal par ventilation naturelle ou l'introduction d'un débit d'air neuf par ventilation mécanique.

La ventilation naturelle peut être assurée soit :

- exclusivement par ouverture de fenêtre ou autres ouvertures donnant directement sur l'extérieur ; cela n'est autorisé que lorsque le volume du local de travail est supérieur ou égal à :
 - 15 m³ par occupant pour les bureaux et les locaux où le travail effectué est léger,
 - 24 m³ par occupant pour les autres types de locaux ;
- par des ouvertures communiquant avec un local adjacent. Ce mode d'aération est autorisé lorsque les deux locaux sont à pollution non spécifique ; le local ainsi aéré doit être réservé à la circulation ou à des occupations épisodiques en s'assurant alors que les volumes d'air par personne respectent bien les valeurs ci-dessus.

Si les volumes d'air par personne en ventilation naturelle sont insuffisants, il est nécessaire d'assurer la ventilation de façon mécanique ou bien de restreindre le nombre de postes implantés. À noter que concevoir des locaux de travail en faisant reposer leur aération sur la seule ventilation naturelle à travers des ouvrants, sans prévoir de ventilation mécanique, peut remettre en cause des réaménagements ultérieurs (par exemple, passage en open space ou densification).

La conception de la ventilation dépend d'un effectif maximal, qui peut contraindre un réaménagement ultérieur.

Dans le cas d'une ventilation mécanique, il faut respecter un débit minimal d'air neuf à introduire imposé par la réglementation. Cette ventilation est garantie par des dispositifs mécaniques (diffuseurs, ventilation mécanique contrôlée, extracteurs...) permettant d'assurer en permanence les

débits d'air neuf à introduire par occupant (voir tableau 5.7 et figure 5.14).

Si la ventilation n'est pas assurée par un système double flux (c'est-à-dire une introduction d'air mécanique couplée à une extraction d'air mécanique), il est nécessaire de prévoir des ouvertures de compensation afin de ne pas mettre les locaux en situation de surpression ou de dépression

excessive ; parfois, les fuites dues à des défauts d'étanchéité sont suffisantes, mais il est toujours préférable d'implanter des grilles d'entrée d'air spécifiques.

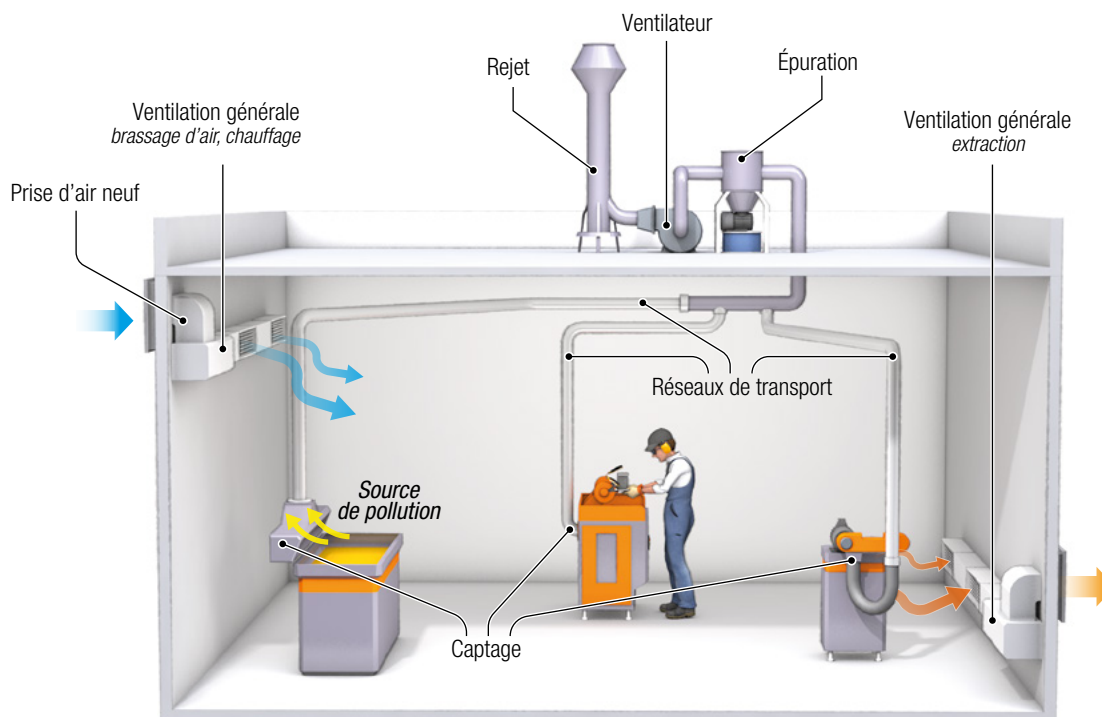
La ventilation mécanique peut être aussi assurée par « balayage » d'un groupe de locaux communicants : l'air neuf est alors introduit par la périphérie d'un groupe de locaux communicants à pollution

Tableau 5.7: Débit minimal d'air neuf à introduire par ventilation mécanique selon le type de local.

Désignation des locaux	Débit minimal d'air neuf par occupant (en m ³ /h par occupant)
Bureaux, locaux sans travail physique	25
Locaux de restauration, de vente, de réunion	30
Ateliers et locaux avec travail physique léger	45
Autres ateliers et locaux	60
Désignation des locaux	Débit minimal d'air introduit par local (en m ³ /h)
Cabinet d'aisances isolé*	30
Salle de bain ou de douche isolée*	45
Salle de bain ou de douche* commune avec un cabinet d'aisances	60
Bains, douches et cabinets d'aisances groupés	30 + 15 N**
Lavabos groupés	10 + 5 N**

* Pour un cabinet d'aisances, une salle de bain ou de douche avec ou sans cabinet d'aisances, le débit minimal d'air introduit peut être limité à 15 m³/h si ce local n'est pas à usage collectif.

** N : nombre d'équipements dans le local.



■ Figure 5.14 – Schéma type d'une installation.

non spécifique et entraîné par une extraction mécanique équipant soit l'un d'eux, soit un local à pollution spécifique (sanitaires, par exemple) implanté parmi eux.

Ces valeurs réglementaires constituent des minima. Aujourd'hui, ces débits sont considérés comme trop faibles pour assurer une bonne qualité de l'air, ils ne tiennent notamment pas compte de l'émissivité des matériaux. Il est recommandé de prévoir un débit d'air neuf minimal de 50 m³/h et par occupant. Ce débit correspond à la valeur recommandée dans les normes de conception des espaces de travail NF EN 16798-1 et NF X 35-102, il permet de garantir, dans des conditions normales d'activité, une élévation de la concentration en CO₂ par rapport à l'air extérieur inférieure ou égale à 400 ppm. Pour les locaux tertiaires, il existe des valeurs guides de qualité de l'air intérieur (VGAI) [10] définies par l'Anses qui peuvent être utilisés pour dimensionner le renouvellement d'air (voir § 9.5.3).

Dans les locaux à pollution non spécifique, le recyclage de l'air est possible mais il doit être filtré ou épuré avant réintroduction. L'air recyclé introduit ne doit en aucun cas provenir d'un local à pollution spécifique et ne doit pas se substituer – même partiellement – au débit d'air neuf déterminé dans le tableau 5.7.

Dans le cas d'un local à pollution non spécifique contigu à un local à pollution spécifique, il faut prévoir une séparation aussi étanche que possible et veiller à mettre en œuvre une ventilation qui fera transiter l'air du local à pollution non spécifique vers celui à pollution spécifique, et non l'inverse. En présence d'orifices (par exemple, des portes), la séparation doit être complétée par la mise en place d'un différentiel de pression de façon à ce que l'air circule, par exemple sous les portes, depuis le local à pollution non spécifique vers le local à pollution spécifique.

Dans le cas d'un chantier mettant en œuvre des produits dangereux ou odorants nécessitant un délai de séchage notable ou bien des matériaux de construction dégageant un certain temps odeurs et composés chimiques, il faut prévoir de réaliser la purge de l'air pollué du bâtiment en augmentant le taux de renouvellement d'air, donc le débit de ventilation, pendant la durée nécessaire avant la livraison.

5.4.2.2 Confort olfactif

Le confort olfactif doit être assuré en toutes circonstances dans les locaux à pollution non spécifique dans lesquels la pollution est, par définition et en principe, liée à la seule présence humaine (odeurs corporelles). Il est normalement garanti par un système de ventilation mécanique assurant l'introduction d'un débit minimal d'air neuf déterminé selon le tableau 5.7 et l'étanchéité des réseaux de ventilation.

Si la ventilation des locaux est interrompue en l'absence de personnel, pour des raisons d'économie d'énergie notamment, il est nécessaire de prévoir sa mise en marche automatique avant la reprise du travail (programmateur lançant la purge du bâtiment avant l'arrivée du personnel) ou, au moins, la mise en marche par une commande manuelle actionnable à l'entrée.

5.4.3 Locaux à pollution spécifique

Dans les locaux à pollution spécifique, le choix d'un mode d'assainissement doit être précédé d'un inventaire des sources de pollution, de leur nature et de leurs caractéristiques physico-chimiques.

La démarche générale de prévention des risques associés consiste d'abord à supprimer toute source de pollution, puis à encoffrer les émissions et à capter les polluants au plus près de leur source, et enfin d'adapter la ventilation générale en conséquence.

Les modes d'assainissement à examiner par ordre de priorité sont les suivants, en tenant compte des interférences possibles entre les dispositifs de ventilation et de chauffage (voir figure 5.14) :

1. Assainissement par suppression des émissions de polluants ;
2. Assainissement par dispositifs de captage par aspiration localisée ;
3. Assainissement par ventilation générale (dilution/évacuation).

Les caractéristiques des polluants relatives aux risques incendie et explosion sont également à prendre en compte (domaine d'explosivité, point d'éclair, énergie minimale d'inflammation) aussi bien en captage par aspiration localisée qu'en

Tableau 5.8 : Guides pratiques de ventilation de l'INRS correspondants aux activités les plus courantes.

Type d'activité	Guides pratiques de ventilation INRS
Tous types d'activité	▪ n° 0. Principes généraux de ventilation (ED 695) ▪ n° 1. L'assainissement de l'air des locaux de travail (ED 657) ▪ n° 10. Le dossier d'installation de ventilation (ED 6008)
Matériaux composites et plasturgie	▪ n° 3. Polyesters stratifiés (ED 665) ▪ n° 21. Ateliers de plasturgie (ED 6146)
Travail et traitement des métaux	▪ n° 2. Cuves de traitement de surface (ED 651) ▪ n° 4. Ventilation des postes de découpe en fonderie (ED 662) ▪ n° 6. Captage et traitement des aérosols de fluides de coupe (ED 972) ▪ n° 7. Opérations de soudage à l'arc et de coupage (ED 668) ▪ n° 14. Décapage, dessablage, dépolissage au jet libre en cabine (ED 768) ▪ n° 20. Postes d'utilisation manuelle de solvants (ED 6049)
Application de peintures	▪ n° 9.1. Cabines d'application par pulvérisation de produits liquides (ED 839) ▪ n° 9.2. Cabines d'application par projection de peintures en poudre (ED 928) ▪ n° 9.3. Pulvérisation de produits liquides. Objets lourds ou encombrants (ED 906)
Traitement de surface	▪ n° 2. Cuves de traitement de surface (ED 651)
Sérigraphie	▪ n° 11. Sérigraphie (ED 6001)
Travail du bois	▪ n° 12. Seconde transformation du bois (ED 750) ▪ n° 26. Conception des dispositifs de captage sur machines à bois (ED 6330)
Laboratoires	▪ n° 18. Sorbonnes de laboratoire (ED 795) ▪ n° 22. Laboratoires d'anatomie et de cytologie pathologiques (ED 6185)
Fabrication de prothèses dentaires	▪ n° 16. Fabrication de prothèses dentaires (ED 760)
Utilisation de matériaux pulvérulents	▪ n° 17. Emploi des matériaux pulvérulents (ED 767)
Traitement des eaux	▪ n° 19. Usines de dépollution des eaux résiduaires et ouvrages d'assainissement (ED 820)

ventilation générale par dilution/évacuation. Les installations de captage/ventilation doivent être compatibles avec les zones Atex potentiellement présentes en leur sein et à proximité.

Dans le cadre d'activités spécifiques ou pour en savoir plus, se référer aux guides pratiques de ventilation de l'INRS référencés dans le tableau 5.8.

5.4.3.1 Assainissement par élimination ou réduction des sources de polluants

Chaque fois que les techniques de production le permettent, il est obligatoire de supprimer les émissions de polluants et, en priorité, celles des plus dangereux pour la santé et les plus susceptibles de faire courir des risques d'incendie/explosion.

Les axes de recherche envisageables sont, selon les cas :

- la suppression du polluant lui-même,
- le travail en vase clos (réacteur ou installation fermée, boîte à gants...),
- l'assainissement par voie humide aux points d'émission (pour la suppression d'émissions de poussières et de fibres).

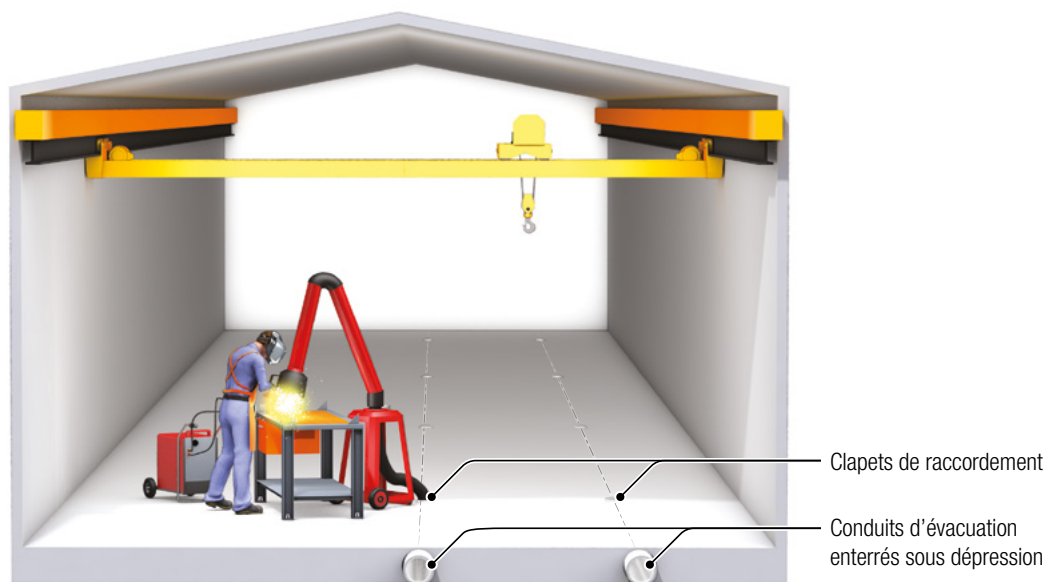
5.4.3.2 Assainissement par dispositifs de captage par aspiration localisée

Lorsque les émissions polluantes ne peuvent être supprimées totalement, elles doivent être encoffrées et captées au plus près de leur source d'émission et aussi efficacement que possible (voir les guides pratiques de ventilation n°s 0 et 1).

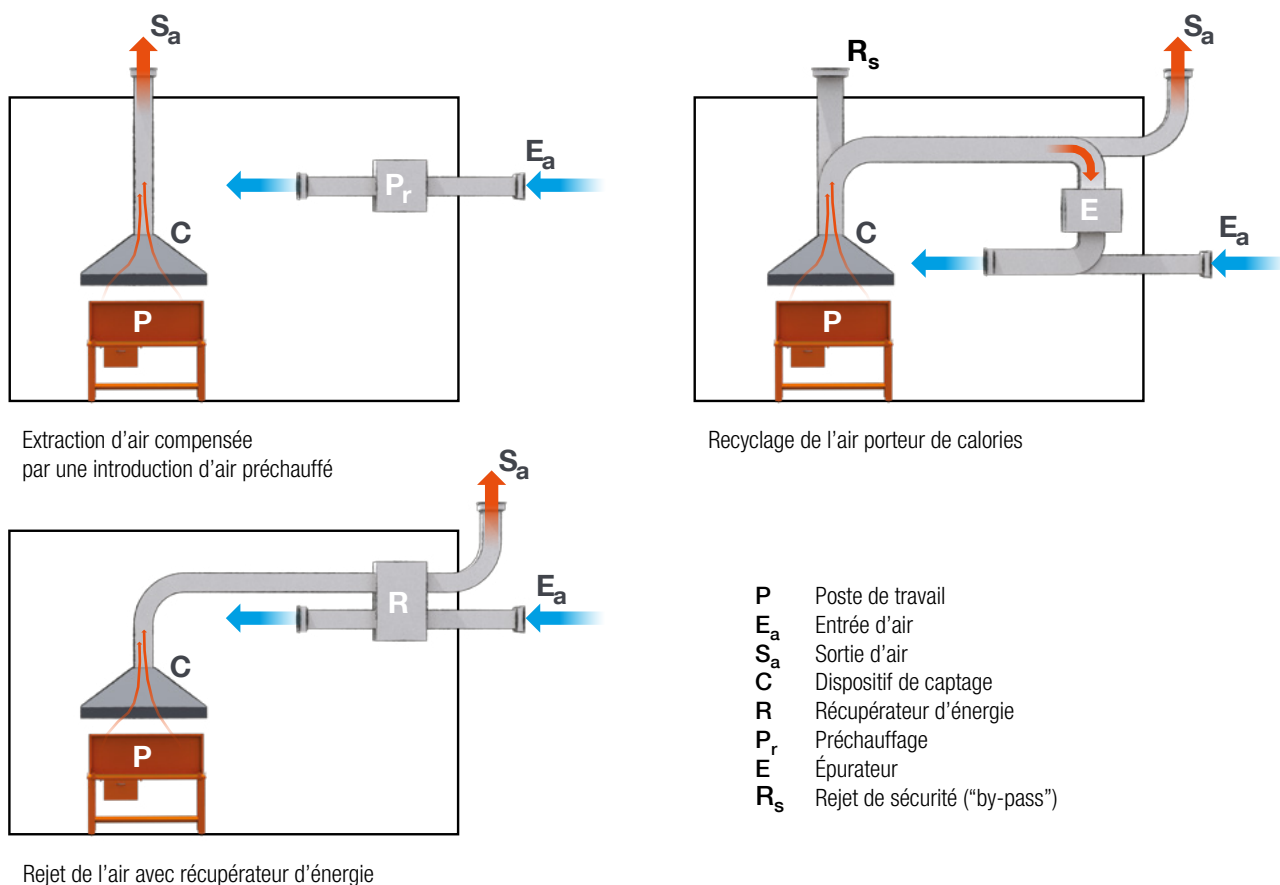
Pour des postes de travail multiples émettant des polluants identiques ou compatibles entre eux, le choix peut se porter, selon notamment la distribution des postes de travail dans l'établissement, soit sur un réseau général de captage/ventilation et d'évacuation pour rejet des polluants à l'extérieur, soit sur des dispositifs de captage/ventilation/évacuation distincts et autonomes. Un réseau centralisé présente souvent l'avantage d'être plus facile à contrôler sur le plan aéraulique et donc d'être plus efficace. Il permet également un traitement et une épuration centralisés de l'air extrait avant rejet à l'extérieur du bâtiment. Il rend cependant tributaire d'une centrale d'aspiration unique, de ses pannes et de ses arrêts pour entretien (voir figure 5.15).

Il faut veiller à ce que deux ou plusieurs postes de travail émettant des polluants réactifs entre eux ne soient en aucun cas raccordés à un même réseau de captage/évacuation.

La figure 5.16 présente différents principes de captage.



■ Figure 5.15 – Hall de mécano-soudure à réseau de collectage/évacuation pour rejet intégré dans le sol.



■ Figure 5.16 – Schémas de principe de différentes installations de captage.

■ 5.4.3.3 Assainissement par ventilation générale (dilution/évacuation)

La ventilation générale doit permettre d'introduire suffisamment d'air en fonction de la nature et de la quantité des polluants ainsi que, le cas échéant, de la quantité de chaleur à évacuer, sans que les débits d'air neuf ne soient inférieurs à ceux prévus par le Code du travail. Sa conception nécessite de faire appel à un expert du domaine.

La ventilation générale doit être prévue :

- en complément des captages localisés pour des sources de polluants nocifs,
- seule, lorsqu'un polluant peu dangereux est émis à l'écart des occupants et à débit assez faible pour que sa dilution dans l'air ambiant abaisse sa concentration nettement en dessous des valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) si elles existent.

Ses caractéristiques techniques sont développées ci-après.

5.4.4 Critères d'efficacité de la ventilation mécanique

■ 5.4.4.1 Niveau sonore

Dans les locaux à pollution spécifique où une ventilation doit être installée, celle-ci ne doit pas augmenter de façon significative le niveau sonore perçu. Il est donc recommandé de fixer à l'installateur un objectif d'émission sonore tel que l'installation de ventilation ne contribue pas à l'exposition sonore des opérateurs. La réduction de la propagation des bruits à l'intérieur des conduits de ventilation est à rechercher par :

- la limitation des vitesses d'air dans les conduits,
- le choix de conduits dont les parois internes sont lisses et de forme limitant la production de turbulences,
- l'utilisation de conduits rigides munis de dispositifs anti-vibratiles ou de conduits souples,
- l'insertion éventuelle de silencieux.

Toute installation de ventilation devra avoir fait l'objet d'un calcul prévisionnel de niveaux sonores à partir de la puissance acoustique de chaque source de bruit.

■ 5.4.4.2 Captage et entraînement des polluants

Pour être efficace, la vitesse de captage devra être supérieure à 0,30 m/s dans la zone polluée la plus éloignée d'un orifice d'aspiration. Cependant, l'air déplacé ne doit pas provoquer de courant d'air et de sensation d'inconfort thermique. Pour éviter toute gêne, les vitesses moyennes d'air au poste de travail doivent être inférieures à 0,15 m/s l'hiver et 0,2 m/s l'été à hauteur du visage (sous réserve de ne pas excéder ponctuellement 0,50 m/s).

■ 5.4.4.3 Dilution et évacuation

Les concentrations résiduelles doivent être maintenues aux plus faibles valeurs possible et toujours inférieures :

- aux valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) si elles existent pour les polluants considérés,
- à 25 % de la limite inférieure d'explosivité (LIE) dans les éléments constitutifs de l'installation (conduits...),
- à 10 % de la LIE dans toute atmosphère où des personnes travaillent.

■ 5.4.4.4 Introduction d'air neuf

Tout débit d'air extrait d'un local par aspiration doit être compensé par introduction d'un débit équivalent d'air neuf. Le local sera par ailleurs placé en légère dépression de façon à ce que les polluants spécifiques qui s'y dégagent n'aillent pas contaminer un local adjacent.

Le débit d'air neuf introduit ne devra, en aucun cas, être inférieur au minimum par occupant indiqué au tableau 5.7.

L'air neuf introduit dans les locaux doit être prélevé à l'abri de toute source de pollution, filtré en cas d'empoussièrement extérieur et, si possible, réchauffé en période froide. Notamment, les prises d'air seront de préférence situées à plus de 8 m de distance horizontale de tout point où sont susceptibles d'être émis ou de s'accumuler des polluants (zone de circulation de véhicules ou aires de chargement, stockage d'ordures, ouvertures d'égouts, conduits de fumées, rejets d'air vicié...).

Les prises d'air, au sol et en toiture, doivent par ailleurs être conçues et implantées en tenant compte

des risques d'obstruction (par la neige, les feuilles mortes...), et doivent pouvoir être nettoyées aisément.

5.4.4.5 Recyclage de l'air

La recherche de dispositifs efficaces récupérant uniquement l'énergie (calories ou frigories) sans recycler l'air d'évacuation des polluants est à envisager en priorité.

Le recyclage est à proscrire dans le cas de polluants cancérigènes, mutagènes, reprotoxiques (CMR), toxiques ou allergisants, ainsi que dans le cas de polluants non identifiés.

Par ailleurs, le recyclage est interdit dans les cabines de projection de peintures liquides ou de vernis lorsque cette projection s'effectue en présence d'un opérateur.

Dans les autres cas, l'air provenant d'un local à pollution spécifique ne doit être recyclé que si tous les polluants sont identifiés et que s'il est techniquement possible de les épurer tous efficacement avant recyclage, et d'assurer la surveillance permanente de l'efficacité de cette épuration.

L'installation de recyclage doit présenter les caractéristiques suivantes :

- comporter un dispositif d'épuration assurant efficacement le respect des valeurs limites d'exposition professionnelle aux postes de travail (ceci nécessite généralement de concevoir l'installation de manière à ne pas dépasser, dans la gaine de recyclage, une concentration résiduelle égale au cinquième de la valeur limite du polluant considéré),
- comporter un dispositif de surveillance permanente provoquant, en cas d'incident d'épuration, au moins une alerte et, au mieux, l'arrêt du recyclage et le rejet direct hors des locaux (by-pass automatique) ; ce dispositif fonctionnera selon un mode de sécurité positive,
- ne recycler l'air que dans des locaux où la pollution est de même nature que celle du local de provenance,
- ne recycler l'air qu'en période de chauffage ou de climatisation (par un jeu de volets formant un by-pass arrêtant automatiquement le recyclage lors de l'arrêt du chauffage ou de la climatisation),
- ne pas permettre de diminuer les débits minima d'air neuf devant être introduits en toutes saisons en fonction du nombre d'occupants concernés.

5.5 Ambiance électromagnétique et rayonnements ionisants

5.5.1 Généralités

Dans le cadre de cette brochure, on distingue (voir figure 5.17) :

- les rayonnements non ionisants, qui incluent les champs électromagnétiques dont la fréquence est comprise entre 0 Hz et 300 GHz et les rayonnements optiques,
- les rayonnements ionisants qui sont les rayonnements dont l'énergie est suffisante pour arracher un électron à la matière, soit environ 10 électronvolts et dont les fréquences sont situées au-delà de 10^{16} Hz.

5.5.2 Champs électromagnétiques

L'exposition des travailleurs aux champs électromagnétiques peut, au-delà d'un certain seuil, entraîner des effets sur leur santé. Les travailleurs ne doivent pas être exposés à des niveaux supérieurs aux valeurs limites d'exposition fixées par la réglementation. Si l'analyse des risques montre une possibilité de dépassement de ces valeurs, alors des mesures de prévention et de protection doivent être mises en œuvre dans le cadre de la conception des lieux de travail.

Une analyse préalable peut être réalisée sur la base des données fournies par le fabricant de l'équipement ou à l'aide de l'outil d'évaluation Oseray [11].

Les principaux équipements, sources de rayonnements non ionisants, sont identifiés dans la brochure ED 4202 [12].

Les mesures permettant de maîtriser les risques doivent être mises en œuvre dès la conception des locaux et des situations de travail. En dehors des choix effectués pour éliminer le risque ou le réduire à la source, on prévoira :

- **Des mesures d'éloignement** : veiller à implanter les équipements émetteurs (susceptibles d'exposer les travailleurs au-delà des limites réglementaires) de façon à éviter toute proximité avec les postes de travail et les zones de circulation. Lorsque ce n'est pas possible, une modification de l'équipement de

travail devra être envisagée (commandes déportées...). Une attention particulière sera portée aux positions des câbles véhiculant des courants de forte intensité.

- **Des blindages ou écrans** : dans certaines situations, il est possible de réduire le champ électromagnétique au voisinage d'un opérateur en interposant un écran (feuille ou grille métallique) entre la source du champ et le poste de travail.

5.5.3 Rayonnements ionisants

Les rayonnements ionisants peuvent être d'origine naturelle (cosmique, tellurique, gaz radon...) ou artificielle (activité nucléaire, radiographie médicale et industrielle, radiothérapie, recherche...)

Selon les dispositions du Code du travail, l'employeur doit évaluer les risques liés aux rayonnements ionisants d'origine naturelle et artificielle, en s'appuyant sur le salarié compétent ou le conseiller en radioprotection s'il a été désigné. Le conseiller en radioprotection peut être une personne compétente en radioprotection (PCR) désignée en interne ou un organisme compétent en radioprotection (OCR). Ses missions consistent à conseiller l'employeur en ce qui concerne notamment la conception, la modification ou l'aménagement des lieux de travail et des dispositifs de sécurité destinés à prévenir les risques liés aux rayonnements ionisants.

Les mesures techniques permettant de limiter l'exposition aux rayonnements ionisants étant coûteuses à mettre en œuvre a posteriori, il est important de prendre en compte ce risque dès la conception des lieux de travail.

5.5.3.1 Rayonnements ionisants liés à l'activité

Selon qu'il s'agit d'une source scellée, non scellée, d'un générateur de rayons X ou d'un accélérateur de particules, des règles de conception spécifiques doivent être respectées.

Pour l'utilisation de sources non scellées, les locaux prévus doivent être conçus en tenant compte de la manipulation de ces produits sous hotte ou dans une boîte à gant. Les revêtements des sols, murs, plafonds et des surfaces de travail doivent être constitués de matériau lisse, imperméable, sans joint et facile à décontaminer.

Dans le cadre de l'installation d'un générateur de rayons X ou d'un équipement contenant une source scellée, l'enceinte ou le local doit être conçu de façon à limiter le niveau d'exposition au poste de travail ainsi que dans tous les locaux attenants. La nature et l'épaisseur des matériaux nécessaires au niveau des parois ou du conteneur devront être définies par une note de calcul selon la norme applicable au type de source.

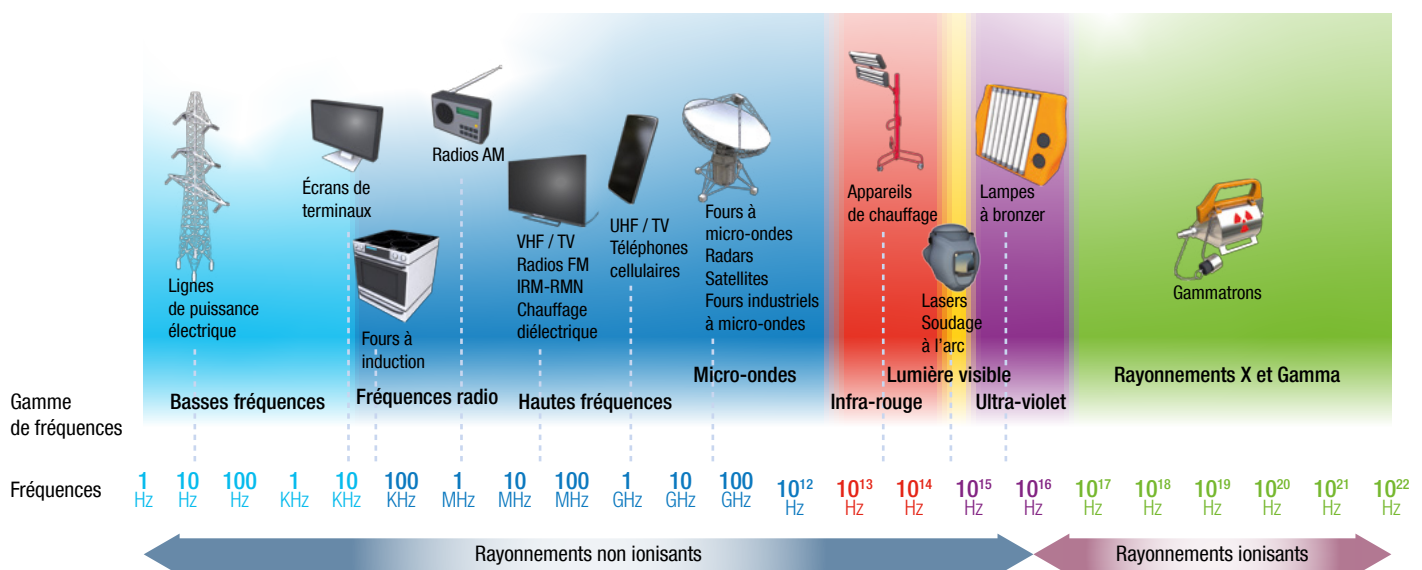


Figure 5.17 – Spectre électromagnétique et émissions de quelques équipements électriques.

5.5.3.2 Mesures de prévention

1. Privilégier les technologies n'utilisant pas les rayonnements ionisants.
2. Privilégier les générateurs électriques de rayons X aux sources radioactives émettrices de rayonnements gamma.
3. Isoler la source, à distance des lieux de passage.
4. Prévoir l'accessibilité à un équipement contenant une source pour les opérations de maintenance et de nettoyage afin de limiter le risque de chute et de dissémination de la source.
5. Délimiter les zones réglementées par des barrières physiques autant que possible.
6. Prévoir des espaces dédiés et adaptés pour le stockage et la manipulation de sources radioactives.
7. Pour certaines activités telles que la médecine nucléaire, se référer aux guides de l'ASN [13] et aux fiches IRSN/INRS [14]. Mettre en place des écrans de protection collective adaptés à la nature et à l'intensité du rayonnement.

5.5.3.3 Rayonnements ionisants d'origine naturelle (radon)

Les mesures techniques permettant de diminuer le niveau de concentration du radon dans l'air intérieur consistent notamment à accroître l'étanchéité de l'enveloppe du bâtiment avec le sol afin de limiter la pénétration du radon et à augmenter le taux de renouvellement de l'air (ventilation naturelle, mécanique, mise en surpression...).

Une évaluation spécifique doit être réalisée dès lors qu'une activité professionnelle est exercée au sous-sol ou au rez-de-chaussée de bâtiments situés dans les zones où l'exposition au radon est susceptible de porter atteinte à la santé des travailleurs (voir zones définies dans l'arrêté du 27 juin 2018). Les activités menées dans des zones souterraines (galeries techniques, grottes touristiques...) doivent faire l'objet d'une attention particulière vis-à-vis du risque lié au radon.

Bibliographie

- [1] Rayplus acoustique – Logiciel de prévision des niveaux sonores dans les locaux industriels pour la réalisation d'étude acoustique prévisionnelle. Disponible sur <https://www.inrs.fr>
- [2] Base de données Techniques de réduction du bruit en entreprise. Disponible sur <https://www.inrs.fr>
- [3] Réussir un encoffrement acoustique. Fiche pratique de sécurité. ED 147, INRS
- [4] Traitement acoustique des locaux de travail. ED 6103, INRS
- [5] Évaluation de façades perturbant la vue. SECO, Confédération suisse. Disponible sur <https://www.seco.admin.ch>
- [6] Rayonnements optiques. Dossier web INRS. Disponible sur <https://www.inrs.fr>
- [7] Conception et aménagement des plates-formes et entrepôts logistiques. ED 6350, INRS
- [8] Travail au froid. Dossier web INRS. Disponible sur <https://www.inrs.fr>
- [9] Travail à la chaleur. Dossier web INRS. Disponible sur <https://www.inrs.fr>
- [10] Valeurs guides de qualité d'air intérieur (VGAi). Anses. Disponible sur <http://www.anses.fr>
- [11] Oseray – Outil simplifié accompagnant l'employeur dans sa démarche d'évaluation des risques dus aux rayonnements électromagnétiques. Disponible sur <https://www.inrs.fr>
- [12] Les sources de rayonnements non ionisants (jusqu'à 60 GHz). Fiche Champs électromagnétiques. ED 4202, INRS
- [13] Installations de médecine nucléaire in vivo : règles techniques minimales de conception, d'exploitation et de maintenance. Guide n°32, ASN
- [14] Fiches techniques de radioprotection (relatives aux radionucléides utilisés en recherche et en médecine nucléaire). ED 4300 et suivantes, IRSN/INRS



6. Prévention des incendies et des explosions

La nature des constructions, des matières stockées et utilisées, voire les opérations de fabrication ou de transformation de la matière sont à l'origine de risques d'incendie et d'explosion susceptibles de survenir dans la plupart des établissements.

Outre les préconisations de ce guide, l'implantation des bâtiments et installations présentant un risque d'incendie/explosion doit également respecter, le cas échéant, la réglementation relative aux installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Cette réglementation fixe des distances de sécurité (par exemple, distances par rapport aux limites du terrain, distances entre récipients contenant des produits inflammables ou à risque d'explosion) qui conditionnent le plan d'implantation. Il est essentiel de connaître les critères de classement qui déclenchent l'obligation d'appliquer cette réglementation, en plus des dispositions du Code du travail (voir site web Aida [1]). Il est possible de prendre contact avec l'organe régional spécialiste de ces dispositions spécifiques, Dreal ou DRIEE suivant les régions.

6.1 Incendie

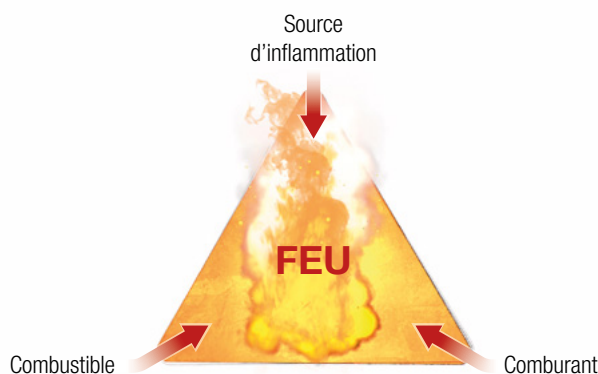
6.1.1 Généralités

L'incendie est une combustion qui se développe sans contrôle dans le temps et l'espace. Il s'agit

d'une réaction chimique d'oxydation d'un combustible par un comburant. Elle nécessite une source d'énergie pour être initiée (flamme, chaleur, étincelle...). Ce phénomène peut être schématisé par le « triangle du feu » (voir figure 6.1).

L'énergie de la source d'inflammation va permettre au combustible de dégager des gaz/vapeurs et de les enflammer. Il faut en effet souligner que ce sont toujours les gaz/vapeurs émis par un combustible liquide ou solide qui s'enflamment et non le produit lui-même. Par la suite, la combustion utilise 10 % de l'énergie dégagée pour s'auto-entretenir. Sans action extérieure, l'incendie s'éteindra lorsqu'il n'y aura plus de combustible.

Le développement d'un incendie est extrêmement rapide en présence de combustible car 90 % de l'énergie dégagée par la réaction de combustion



■ Figure 6.1 – Triangle du feu.

va être utilisé à la propagation du phénomène, via quatre modes de transfert :

- **la conduction** : transfert de chaleur au sein d'un même matériau,
- **la convection** : transfert de chaleur par mouvement ascendant d'air réchauffé (fumées, gaz chauds),
- **le rayonnement** : transfert de chaleur aux matériaux voisins du foyer par rayonnement électromagnétique (infrarouges),
- **le déplacement de substances** déjà en combustion : projections d'escarbilles incandescentes ou d'étincelles, écoulement de liquide enflammé...

Les mesures de prévention les plus efficaces sont celles qui s'exercent en amont, dès la conception et la construction des locaux. Elles permettent de garantir de bonnes conditions d'évacuation, de mieux prendre en compte l'isolement, la séparation et les distances de sécurité pour empêcher ou limiter la propagation de l'incendie. La prévention doit aussi s'appliquer lors du choix des matériaux afin d'assurer la stabilité de la structure et de réduire l'émission de gaz et fumées en cas de sinistre. De plus, il est nécessaire de prendre en compte l'évolution prévisible de l'entreprise.

Les mesures de prévention visent à supprimer le risque incendie, limiter sa propagation et assurer l'évacuation en sécurité des personnes.

Lors de la conception des locaux, il faut ainsi :

- **fractionner les bâtiments** en unités distinctes avec des ouvrages séparatifs résistants au feu,
- **isoler les locaux à risque** des autres locaux,
- **choisir les matériaux** en fonction de leur comportement au feu,
- **concevoir des issues et dégagements** dont le nombre et la dimension sont suffisants pour faciliter l'évacuation et l'accès des secours,
- **mettre en place un désenfumage efficace**,
- **favoriser l'intervention des secours**.

De manière préalable, il convient d'évaluer les risques d'incendie et d'explosion par le recensement des produits et des substances utilisés ou émis (repérer l'étiquetage et identifier les caractéristiques d'inflammabilité/explosivité) et par l'étude des procédés les mettant en œuvre. Cette évaluation peut conduire à rechercher des produits et substances de remplacement et à modifier les procédés.

La prise en compte de ces phénomènes dès la phase de conception va permettre une réelle

efficacité sur la prévention des risques incendie/explosion. En effet, la conception d'un procédé prenant en compte les principes de prévention, l'implantation adaptée des bâtiments ainsi que le choix des matériaux utilisés ont une grande influence.

Les dispositions du Code du travail sur la prévention des incendies s'adressant au maître d'ouvrage sont présentées dans la brochure TJ 20 [2].

6.1.2 Implantation et aménagement intérieur

Dès le choix du site, on peut limiter les possibilités de transmission d'un incendie ou d'une explosion (de l'entreprise vers l'extérieur et de l'extérieur vers l'entreprise) et ses conséquences sur l'environnement.

Lors de l'implantation sur le site, il faut prévoir un espacement suffisant entre les bâtiments de façon à éviter la propagation d'un sinistre et faciliter le déplacement des engins de secours des sapeurs-pompiers. L'ordre de grandeur pour limiter la propagation d'un incendie entre deux bâtiments est de 10 m. Si l'établissement est soumis à la réglementation ICPE, il faut appliquer les dispositions spécifiques de cette dernière.

À l'intérieur des bâtiments, il peut être nécessaire de mettre en place des ouvrages résistants au feu (murs séparatifs coupe-feu, murs coupe-feu ordinaires, compartiments à l'épreuve du feu) afin de limiter la propagation d'un incendie (principe du cloisonnement). Dans ces ouvrages, toutes les ouvertures (portes, passages techniques de câbles ou de gaines notamment) devront présenter des caractéristiques en cohérence afin de ne pas dégrader les performances au feu. Pour accompagner les concepteurs, le CNPP⁽¹⁴⁾ édite des référentiels techniques Apsad spécifiques (référentiels R 15 et R 16 notamment).

Des dispositions particulières doivent être appliquées aux gaines de transport de matières (canalisations de liquides, gaz, solides) et d'électricité. Il faut notamment prévoir des réservations spécifiques au niveau des murs ou des planchers (gaines techniques), associées à des éléments

14. CNPP : Centre national de prévention et de protection.

permettant d'éviter la propagation du feu au sein de la gaine.

Il en va de même pour les gaines de ventilation dans lesquelles des clapets coupe-feu de même comportement au feu seront mis en place à la traversée d'un mur, d'un plancher ou d'une toiture pour empêcher la propagation d'un éventuel incendie.

6.1.3 Choix des matériaux de construction

Le choix des matériaux doit permettre d'empêcher la naissance d'un incendie (matériaux incombustibles), de limiter sa propagation dans un bâtiment ou d'un bâtiment à l'autre (matériaux difficilement inflammables), et de garantir une stabilité du bâti suffisamment longue pour permettre l'évacuation de ceux qui y travaillent. Les matériaux utilisés pour les structures devront ainsi permettre à ces dernières de rester stables au moins pendant l'évacuation des personnes.

Le comportement au feu d'un élément constructif est donc apprécié selon la réaction au feu des matériaux qui le constituent et d'après sa résistance au feu.

- **La réaction au feu** d'un matériau caractérise, entre autres, sa capacité à être combustible et sa facilité à s'enflammer. La classification européenne

comprend 7 critères (euroclasses : A1, A2, B, C, D, E, F) pour les matériaux de construction. L'indice FL (floor) est ajouté spécifiquement pour les matériaux dédiés aux sols, l'indice L pour les produits linéaires d'isolation et de tuyauterie et l'indice CA pour les câbles d'alimentation électrique, de commande et de communication. Pour les matériaux d'aménagement, l'ancienne classification M0, M1, M2, M3, M4 perdure (voir tableau 6.1).

- **La résistance au feu** correspond au temps pendant lequel les éléments de construction peuvent jouer le rôle qui leur est dévolu. Trois critères (eurocodes) sont notamment utilisés pour la déterminer : capacité portante ou résistance (R), étanchéité aux flammes et absence d'émission de gaz (E) et isolation thermique (I). Le tableau 6.2 présente la correspondance entre l'ancienne et la nouvelle classification. Le chiffre qui suit correspond au temps, en minutes, durant lequel cette résistance au feu est assurée en situation d'incendie. À titre indicatif, voici quelques exemples de résistance au feu, lorsque les éléments de construction sont conçus dans les règles de l'art : un mur de parpaings creux de 15 cm d'épaisseur (non enduit) possède un degré de résistance au feu REI 180. Pour un mur de briques pleines de 11 cm d'épaisseur (non enduit), le degré de résistance au feu est REI 120. Enfin, pour qu'un mur porteur en béton armé (non enduit) ait un degré de résistance au feu REI 120, il doit faire

Tableau 6.1: Exemples de réaction au feu de matériaux de construction courants.

Matériau	Euroclasse
Dalle de plafond en laine de roche	A1 (incombustible)
Plaque de plâtre cartonée	A2 (incombustible)
Polystyrène sur plaque de plâtre	B (non inflammable)
Papier peint vinylique sur plaque de plâtre	C (difficilement inflammable)
Contreplaqué ordinaire	D (moyennement inflammable)
Polyuréthane non ignifugé	E ou F (facilement inflammable)

Tableau 6.2: Correspondance entre la nouvelle et l'ancienne classification de résistance au feu.

Éléments de structure ou avec portance	Autres éléments (portes, panneaux de cantonnement...)	Correspondance vers l'ancienne classification
R	-	Stable au feu
RE	E	Pare-flamme
REI	EI	Coupe-feu

Pour chacun de ces critères, le classement est toujours associé à une durée (en minutes pour les eurocodes).

15 cm d'épaisseur et les fers à béton doivent être enrobés sur au moins 4 cm.

6.1.4 Dimensionnement des bâtiments et évacuation

Pour permettre une évacuation sûre et rapide des personnes présentes, les bâtiments doivent comporter des dégagements (escaliers, couloirs, portes...) dont le nombre et la largeur sont fonction du nombre de personnes susceptibles de les emprunter (voir § 4.2.2.1). De plus, ces dégagements doivent être signalés et un éclairage de sécurité doit être installé à demeure (voir § 5.2.4).

Les maîtres d'ouvrage doivent tenir compte de ces données lors de la construction des lieux de travail ou de leurs modifications, extensions ou transformations.

6.1.5 Détection, alarme et désenfumage

La détection automatique d'incendie doit permettre de déclencher des actions visant la sécurité des personnes et la mise en sécurité du bâtiment (utilités, procédés industriels...). Elle est tout particulièrement utile dans un local qui n'est pas occupé en permanence ou pendant les heures où le personnel est absent. L'installation de détection automatique est à privilégier dans les locaux à risque spécifique d'incendie (locaux de stockage, zone de fabrication, gaines/galeries techniques...). Le type de détecteur est à déterminer en fonction de la configuration du local et des produits, objets ou matériels entreposés.

La détection automatique est obligatoire pour certains types d'établissements (notamment ceux recevant du public et les installations classées pour la protection de l'environnement).

La mise en place d'une alarme est essentielle pour prévenir rapidement l'ensemble des personnes présentes qu'il est nécessaire d'évacuer pour rejoindre le point de rassemblement ou de se mettre en sécurité. Le type d'alarme incendie est à choisir en fonction de l'effectif et de la présence de produits inflammables (voir brochure TJ 20 [2]). L'alarme doit être adaptée aux différents types de handicap existants dans l'entreprise (alarme sonore, visuelle, sensorielle...).

Le désenfumage permet d'évacuer les fumées et gaz chauds, sources importantes de propagation. L'objectif est d'assurer une évacuation en sécurité, de limiter la propagation du feu et de faciliter l'intervention des secours. Le désenfumage est à prévoir, dès la conception des ouvrages, pour :

- les locaux de plus de 300 m² situés en rez-de-chaussée et en étage,
- les locaux de plus de 100 m² situés en sous-sol,
- les locaux aveugles de plus de 100 m²,
- les cages d'ascenseur et les escaliers (voir § 7.5.7).

6.1.6 Extinction incendie

Les moyens de première intervention seront constitués par différents équipements :

- **des extincteurs judicieusement répartis**, notamment à proximité des dégagements, bien visibles et toujours facilement accessibles. La dotation minimale est d'un extincteur à eau pulvérisée de 6 l par 200 m² de plancher et au moins un par niveau,
- **d'autres agents extincteurs** peuvent être nécessaires afin de couvrir l'ensemble des types de feu répertoriés,
- **des robinets d'incendie armés (RIA)** permettant d'attaquer le foyer à une plus grande distance et de disposer de plus d'autonomie en agent extincteur, principalement dans le cas d'installations industrielles pour lesquelles de simples extincteurs ne suffiraient pas.

Des moyens plus conséquents peuvent être mis en place à l'intention d'équipes spécifiquement formées (pompiers d'entreprise par exemple) :

- des tuyaux à brancher sur les bouches d'incendie, poteaux d'incendie ou sur le refoulement d'une motopompe,
- des lances d'incendie,
- des générateurs de mousse,
- des installations fixes d'alimentation en eau (collecteur d'incendie, colonne sèche, colonne en charge...),
- des réservoirs d'alimentation en eau supplémentaires, le cas échéant.

Diverses installations fixes d'extinction, généralement automatiques, peuvent enfin être installées lorsque les risques sont graves ou localisés, ou que la valeur du matériel à protéger est grande (équipements informatiques, centraux téléphoniques, stockage de moules...).

Ces procédés permettent de contenir, voire d'éteindre, un foyer d'incendie par une intervention précoce et rapide, même en l'absence des occupants.

Il existe différents types d'installations fixes d'extinction, plus particulièrement adaptés à certains locaux :

- systèmes d'aspersion d'eau de type « sprinkler » ou en brouillard (entrepôts de stockage...),
- systèmes d'extinction par mousse (stockage de produits pétroliers, de solvants...),
- systèmes d'extinction par poudre (chaufferies...),
- systèmes d'extinction par gaz (salles informatiques...).

À part pour les systèmes fonctionnant avec de l'eau, ces dispositifs d'extinction automatique doivent comprendre une alarme sonore et visuelle ainsi qu'une temporisation entre la détection et le lâché, afin de garantir que personne ne se trouve dans le local lorsqu'il sera envahi par l'agent extincteur.

L'ensemble des moyens d'extinction incendie doit être dimensionné selon l'évaluation du risque incendie propre à l'entreprise. Afin de garantir l'efficacité de ces dispositifs, ces derniers doivent être mis en place et maintenus par des personnes compétentes.

6.1.7 Aspects particuliers

Certains choix de matériel ou d'aménagement intérieur ont une incidence sur le niveau de risque incendie d'un bâtiment. Selon l'activité envisagée, il peut être important de prendre en compte les éléments suivants :

- **Chauffage** : proscrire tout matériel présentant des points chauds (infrarouge, résistance électrique...) ou une flamme dans les locaux présentant un risque d'incendie ou d'explosion.
- **Électricité** : limiter au maximum la présence d'installations électriques. Pour les locaux à risque d'incendie ou d'explosion, la conception de l'installation électrique doit répondre à des règles spécifiques. Par exemple, l'ensemble du matériel électrique, notamment les câbles, doit être adapté aux influences externes : BE2 pour l'incendie ou BE3 pour l'explosion. Pour en savoir plus, voir la norme NF C15-100, en particulier le § 4-42.

- **Électricité statique** : choisir un revêtement de sol limitant la formation de charges électrostatiques, mettre en place des solutions adaptées à l'activité concernée (par exemple : humidification de l'atmosphère, réduction des frottements, liaisons équipotentielle, mise à la terre, dispositifs permettant l'écoulement des charges).

- **Ventilation** : concevoir tout dispositif de ventilation mécanique dans l'objectif d'éviter une propagation de l'incendie (mise en place de clapets coupe-feu lorsque la gaine traverse un mur coupe-feu, par exemple).

- **Dépôt de poussières** : dans les activités générant des nuages et couches de poussières, il est nécessaire de prévoir des structures et installations limitant les dépôts et facilement nettoyables.

- **Stockage de produits combustibles** : voir § 8.7.

6.1.8 Organisation de la prévention incendie

Pour pouvoir être pleinement efficace, l'ensemble des moyens de prévention et de protection du risque incendie doit être encadré par des consignes d'utilisation, de vérification et de maintenance. Il est essentiel que le concepteur fournisse l'ensemble des éléments afin que l'utilisateur final établisse l'organisation nécessaire. Par ailleurs, des consignes de sécurité incendie (voir brochure ED 6230 [3]) doivent être établies et les personnes formées à leur application.

6.2 Explosion (Atex)

Si les établissements relevant du Code du travail sont, pour la plupart, exposés à des risques d'incendie, certains sont, en outre, du fait de leur activité, soumis à des risques d'explosion.

On distingue globalement :

- les explosions qui sont générées par une matière ou par une substance explosive par nature ou susceptible de le devenir par transformation physico-chimique ou thermique, avec ou sans contact avec l'air ambiant,
- celles qui sont dues à une atmosphère explosive (Atex).

Dans le premier cas et au regard du nombre élevé de matières et de substances concernées constituant autant de cas particuliers, il est nécessaire de procéder, au cas par cas, à une étude d'identification poussée débouchant sur la définition de mesures de prévention spécifiques. Ce sujet ne sera pas développé dans la présente brochure ; on pourra s'appuyer, le cas échéant, sur les fiches de données de sécurité des fournisseurs et les fiches toxicologiques.

Les informations qui suivent traitent essentiellement du cas des atmosphères explosives.

6.2.1 Généralités

Une atmosphère explosive résulte d'un mélange d'air et de substances inflammables sous forme de gaz, vapeurs, brouillards ou poussières.

Une explosion d'Atex est une combustion qui se caractérise par sa violence et sa soudaineté. Il s'agit d'une réaction chimique rapide donnant lieu à une élévation importante de température et de pression.

Ce risque d'explosion provient de la coexistence en un même point de cinq facteurs directs et d'un facteur aggravant (le confinement) décrits dans la figure 6.2.

L'inflammation d'un produit dépend de sa concentration dans l'air. Elle peut se produire dans une

fourchette entre deux limites, constituant le domaine d'explosivité :

- la **limite inférieure d'explosivité (LIE)** d'une substance combustible dans l'air (gaz, vapeurs, poussières) est la concentration minimale au-dessus de laquelle le mélange peut être enflammé,
- la **limite supérieure d'explosivité (LSE)** d'une substance combustible dans l'air (gaz, vapeurs, poussières) est la concentration maximale en dessous de laquelle le mélange peut être enflammé.

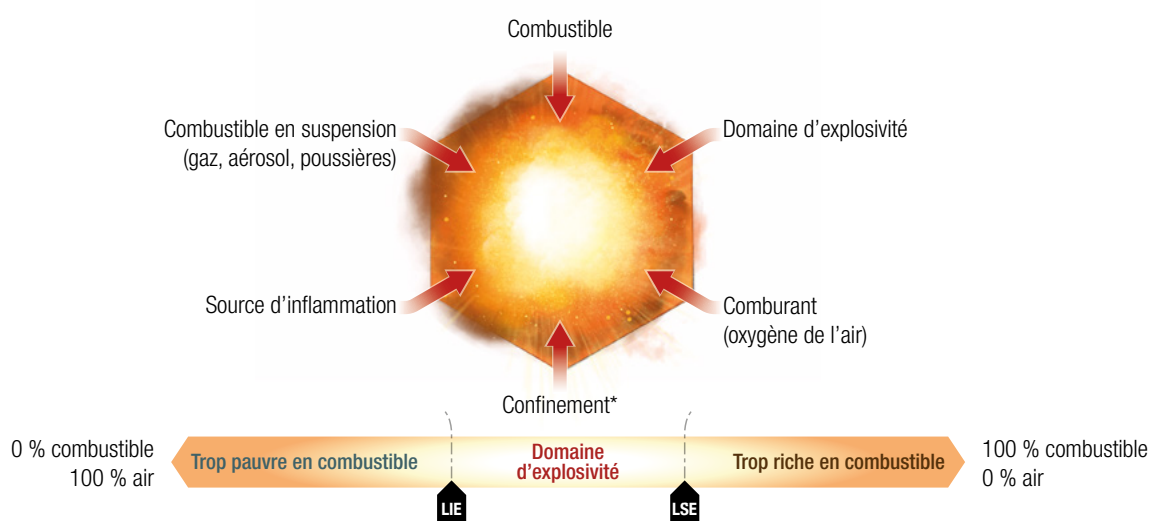
Elles sont également appelées « limites inférieure et supérieure d'inflammabilité ».

Les limites d'explosivité permettent ainsi de définir les zones où l'on risque de trouver une concentration dangereuse d'un produit donné.

Le maître d'ouvrage est tenu de respecter les dispositions réglementaires applicables aux employeurs pour la prévention des explosions (voir dossier web « Explosion sur le lieu de travail » [4]).

6.2.2 Classification et délimitation des zones à risque d'explosion

Tous les locaux où sont fabriqués, manipulés, stockés et transformés **des produits combustibles, sous quelle que forme que ce soit (gaz, liquide, solide), sont susceptibles de contenir une atmosphère explosive.**



*Confinement : le mélange combustible se trouve dans un volume défini. Si le volume est ouvert (absence de confinement), on obtient un phénomène de boule de feu : combustion rapide aux flammes importantes, mais généralement sans effet de pression notable.

■ Figure 6.2 – Les facteurs de l'explosion.

Même les couches, dépôts et tas de poussières combustibles doivent être traités comme une source susceptible de former une atmosphère explosive. Il est à noter à ce sujet que les explosions de poussières se produisent souvent en deux temps : une explosion primaire localisée souffle des dépôts de poussières qui explosent à leur tour en se mélangeant à l'air.

Il appartient à l'employeur, responsable de la sécurité dans son entreprise, de :

- délimiter les zones à risque d'explosion après évaluation des risques (voir tableau 6.3),
- choisir le matériel, qu'il soit électrique ou non, adapté à chaque type de zone,
- entretenir les installations.

La délimitation et la classification en zones doivent être transcrites dans le document relatif à la protection contre les explosions (DRPCE) qui doit comporter l'ensemble des informations et des mesures prises ou à prendre contre ce risque.

La délimitation des zones à risque d'explosion répond à un double objectif :

- limiter l'étendue de ces zones,
- mettre en place du matériel adapté et des mesures de prévention appropriées (procédures, signalisation...).

6.2.3 Principes de prévention

Pour tout type d'atmosphères explosives, les principes de prévention à mettre en œuvre et à prendre en compte lors de la conception sont résumés ci-après. Ils sont assortis de pistes pour la définition de mesures de prévention.

a) Effectuer une étude des dangers et d'évaluation des risques et délimiter les zones à risque :

- Faire un recensement exhaustif des produits, procédés, zones à risque d'explosion et de leurs

caractéristiques (nature, domaine d'explosivité, température d'auto-inflammation...).

- Classer ces zones en fonction des critères de classement du tableau 6.3.
- Identifier et délimiter ces zones sur un plan sous la responsabilité de l'employeur.

b) Empêcher, en priorité, la formation d'atmosphères explosives, par exemple selon les modes d'action suivants :

- Par action sur le procédé ou sur les produits mis en œuvre, par exemple :
 - rechercher des produits de remplacement non ou moins combustibles,
 - choisir des procédés supprimant ou maîtrisant le risque (travail en vase clos et inertage permanent contrôlé, travail en vase clos et système de régulation contrôlée de dosage des produits en des proportions non explosives...),
 - rechercher des techniques empêchant la mise en suspension des poussières combustibles (travail sous voie humide ou en atmosphère humidifiée, capotages étanches avec captage à la source, réduction de la hauteur de chute de matières pulvérulentes...).
- Par aspiration périodique des poussières combustibles déposées sur le sol ou sur les structures et équipements.
- Par captage et ventilation contrôlée des atmosphères explosives de façon à maintenir la concentration du combustible dans l'air à moins de 10 % de sa limite inférieure d'explosivité dans les atmosphères où des personnes sont amenées à travailler, et à 25 % de cette limite à l'intérieur des installations de captage et d'évacuation (hottes, gaines...).
- Et, si nécessaire, par des moyens de sécurité redondants, hétérogènes et autonomes (par exemple, contrôle d'inertage double, contrôle de régulation double...) rendant la défaillance simul-

Tableau 6.3: Classification et délimitation des zones à risque d'explosion.

Pour les gaz et vapeurs combustibles	Pour les poussières combustibles	Emplacement où une atmosphère explosive...
Zone 0	Zone 20	est présente en permanence, ou pendant de longues périodes, ou fréquemment.
Zone 1	Zone 21	est susceptible de se former occasionnellement en fonctionnement normal.
Zone 2	Zone 22	n'est pas susceptible de se former en fonctionnement normal ou bien, si une telle formation se produit néanmoins, n'est que de courte durée.

tanée des deux moyens impossible afin qu'en cas de défaillance de l'un, la sécurité reste assurée par l'autre.

c) Éviter l'inflammation d'atmosphères explosives dont la formation n'a pas pu être empêchée totalement :

- D'une manière générale, par la suppression ou la maîtrise des sources d'inflammation, notamment la limitation de la température des surfaces chaudes et la suppression des sources d'étincelles d'origine mécanique, électrique ou électrostatique.
- Par l'utilisation d'équipements certifiés conformes à la réglementation applicable aux matériels pour utilisation en atmosphère explosive (matériel Atex, voir § 6.2.4).

d) Réduire les effets d'une explosion et limiter les dégâts, par exemple selon les modes d'action suivants :

- Par protection des capacités (appareils, gaines, cuves, silos...) contre les effets d'explosions internes au moyen, selon les cas :
 - d'extincteurs déclenchés automatiques ultra-rapides pour stopper la montée en pression (aussi appelés dispositifs de suppression d'explosion),
 - d'évents de décharge d'explosion (disques de rupture, panneaux d'éclatement),
 - d'arrête-flammes évitant la propagation du feu ou d'explosions en chaîne lors de la décharge,
 - de conduits de décharge canalisant le souffle en direction de zones sécurisées inoccupées,
 - de vannes à fermeture rapide d'isolation d'explosion,
 - d'une combinaison de ces moyens ou d'une redondance de ces moyens.
- Par implantation et dispositions séparatives (éloignement, murs, talus), de façon à empêcher la propagation du front de flammes d'une explosion à d'autres zones à risque d'incendie/explosion ou à

réduire l'importance de l'onde de choc en direction des autres zones.

- Par construction du local à risque d'explosion :
 - en rez-de-chaussée, sans étage occupé par des personnes,
 - avec des portes s'ouvrant vers l'extérieur et situées à moins de 10 m de tout poste de travail intérieur,
 - avec des éléments soufflables en partie haute faisant office d'exutoires pour la pression de l'explosion sans qu'ils puissent constituer des projectiles.

e) Alerter les travailleurs par des signaux optiques et acoustiques pour leur permettre d'évacuer avant que les conditions d'une explosion ne soient réunies : dans le cas d'une atmosphère rendue explosive par un gaz ou une vapeur, mettre en place des dispositifs de détection à seuils de pré-alarme ou d'alarme. Cette recommandation n'est toutefois pas encore techniquement réalisable dans le cas d'atmosphères de poussières.

f) Faire une étude fonctionnelle du système générant l'atmosphère explosive et des systèmes de protection pour déceler tout événement pouvant engendrer un danger supplémentaire (par exemple, coupure d'énergie involontaire ou volontaire, dérive d'un système automatisé, autres défaillances...) : si un événement peut engendrer un danger, prendre toute disposition pour l'éviter (par exemple, alimentation de secours permettant aux systèmes de protection de continuer à fonctionner en toute sécurité le temps de rendre l'atmosphère non explosive, procédure et moyens de mise à l'arrêt et de mise en sécurité en cas de dérive d'un automatisme).

g) Signaliser les accès des zones ou des locaux à atmosphère explosive par un panneau triangulaire jaune bordé de noir portant les lettres EX avec la mention « Emplacement où une atmosphère explosive est susceptible de se produire » (voir figure 6.3). Des informations complémentaires (type de zone, produit générant la zone...) peuvent être ajoutées.

h) Élaborer les procédures et les consignes d'intervention et assurer la formation du personnel.

i) Créer et mettre à jour le document relatif à la protection contre les explosions (DRPCE) conformément à la réglementation.



■ Figure 6.3 – Panneau de signalisation des zones ou locaux à atmosphère explosive.

j) Faire procéder, avant la première utilisation du lieu présentant une atmosphère explosive, à la vérification de la sécurité de l'ensemble de l'installation, eu égard au risque d'explosion, par une personne compétente et expérimentée dans ce domaine.

6.2.4 Choix des matériels pour utilisation en atmosphère explosive

L'identification du type de zone (zones 0, 1, 2 et zones 20, 21, 22) et les caractéristiques intéressantes des produits combustibles (telles que les températures d'auto-inflammation des gaz ou des poussières en nuage et en couche ou encore la sensibilité à l'inflammation) doivent être spécifiées aux concepteurs, fournisseurs et installateurs de composants, d'appareils ou d'équipements, pour leur permettre de proposer des matériels certifiés utilisables dans la zone considérée. Le matériel comportera à ce titre un marquage réglementaire spécifique (voir tableau 6.4 et figure 6.4). Lors de l'acquisition de tels matériels, leur fournisseur devra remettre à l'acquéreur la déclaration UE de conformité.

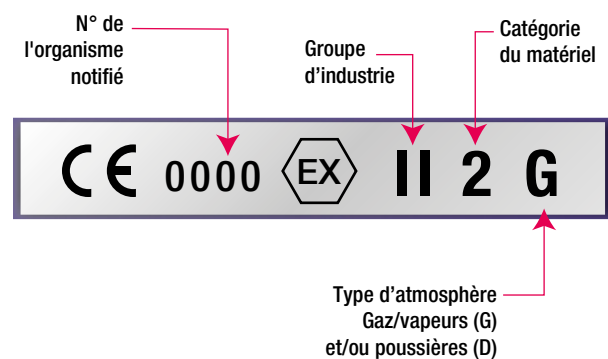
Ces appareils sont répartis en deux groupes :

- ceux du groupe I sont destinés au cas particulier des exploitations minières,
- ceux du groupe II sont destinés au cas général des lieux autres que ceux du groupe I (industrie de surface).

Tableau 6.4 : Classification des matériels utilisables en atmosphère explosive en fonction des zones.

Pour les gaz, vapeurs, brouillards combustibles	Catégorie des matériels (niveau de protection)
Zone 0	1 G
Zone 1	2 G (ou 1 G)
Zone 2	3 G (ou 2 G ou 1 G)

Pour les poussières combustibles	Catégorie des matériels (niveau de protection)
Zone 20	1 D
Zone 21	2 D (ou 1 D)
Zone 22	3 D (ou 2 D ou 1 D)



■ Figure 6.4 – Exemple de marquage réglementaire pour appareil utilisable en atmosphère explosive (ici utilisable en zone 1 ou 2).

Bibliographie

- [1] Site <https://aida.ineris.fr> concernant la réglementation des ICPE
- [2] Prévention des incendies sur les lieux de travail. Aide-mémoire juridique. TJ 20, INRS
- [3] Consignes de sécurité incendie. Conception et plans associés (évacuation et intervention). ED 6230, INRS
- [4] Explosion sur le lieu de travail. Dossier web INRS. Disponible sur <https://www.inrs.fr>



7. Structure des bâtiments

Ce chapitre aborde les éléments relatifs à la structure des bâtiments qui ne peuvent être modifiés après travaux, sauf surcoût important (destruction/reconstruction). En ce sens, ces éléments doivent être définis avec rigueur tôt dans le processus de conception, en intégrant les principes de prévention pour la maintenance ultérieure du bâtiment.

Les points suivants sont à examiner précocement car un oubli ou une approximation en conception est difficilement rattrapable après construction.

Toute modification du génie civil réalisé est souvent coûteuse, difficile, voire même impossible.

- **Les réservations et caniveaux** prévus pour le passage des câbles électriques et autres conduites de fluides : cela implique de réfléchir très en amont du projet aux choix des alimentations électriques enterrées ou apparentes ; aux modalités de nettoyage pour dimensionner correctement les tuyauteries d'évacuation et préciser l'emplacement des siphons ou caniveaux au plus près des zones salissantes.
- **Les fondations éventuelles de machines ou d'installations industrielles** qui peuvent nécessiter des socles anti-vibratiles et doivent satisfaire à des exigences dimensionnelles et de dénivellement particulières : leur positionnement doit être particulièrement bien étudié au regard des autres activités (propagation du bruit, espace de manutention et de circulation...).

- **Les fosses** servant à l'accumulation de certains déchets, de capacités de réserves de liquides ; les fosses spécifiques, par exemple pour l'extraction de l'air des cabines de peinture, pour la visite des véhicules automobiles ; les bacs de rétention de liquides dangereux sous les réservoirs ou les citernes (fixes ou mobiles). Ces fosses rendent difficile tout réagencement ou ajustement après travaux.

- **Les galeries en sous-sol** (voir aussi § 8.3.1) : elles sont souvent utilisées pour y installer les conduites de fluides ou d'énergie, mais elles peuvent également, suivant leur importance, être utilisées pour l'installation de dispositifs de manutention continue (bande transporteuse, vis de manutention...) ; certaines galeries de dimensions importantes sont même utilisées pour la circulation des véhicules. La sous-estimation de ce qui circulera dans les galeries techniques amène à des contraintes posturales fortes, des prises de risque, et des interventions sur les installations généralement plus longues. L'accès à ces zones doit être prévu en tenant compte des besoins pour la maintenance et le remplacement éventuel des équipements (hauteur de passage, amenée du matériel...).

- **Les trames des structures porteuses (poutres, poteaux)** : leur emplacement peut empêcher la mise en place d'un pont roulant, réduire certaines largeurs de salles de réunion, de bureaux, de salles de formation...

- **La résistance des sols et des zones de roulement** : il est conseillé de bien spécifier au concep-

teur la charge maximale et le moyen de transport envisagé dans chaque espace (tableaux descriptifs, plans hachurés), en considérant la situation la plus structurante (venue d'une nacelle, circulation avec un chariot automoteur avec la charge la plus lourde...).

• **Dans les espaces tertiaires**, l'implantation de certains aménagements implique des renforcements de la structure (archives...) qui rendent difficiles les modifications ultérieures.

7.1 Toitures

Les accidents par chute de hauteur sont souvent graves ou mortels. Leur prévention requiert d'étudier tout particulièrement les interventions en toiture ainsi que les dispositifs de prises de jour assurant l'éclairage zénithal. Il est recommandé de concevoir les bâtiments de façon à limiter au maximum les besoins d'intervention en toiture, en implantant par exemple les équipements de ventilation au sol ou dans le bâtiment, et en garantissant les conditions d'intervention en sécurité.

7.1.1 Interventions en toiture

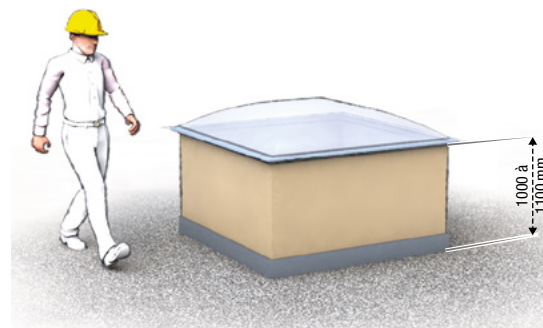
Des interventions en toiture sont effectuées sur tout type de bâtiments, du secteur industriel ou tertiaire. Elles peuvent être régulières lorsqu'elles concernent les travaux de maintenance, d'entretien et de nettoyage des équipements techniques (conduits, ventilation, filtres, climatiseurs, parties vitrées, systèmes d'éclairage nocturne, enseignes lumineuses, végétalisation, panneaux solaires...) ou ponctuelles quand elles sont liées à l'entretien du bâtiment (travaux d'étanchéité, réparation des dispositifs assurant l'écoulement des eaux pluviales, mise en place des systèmes de suspension pour intervenir en façade...). On doit chercher à les limiter autant que possible dès la conception car elles font courir un risque de chute de hauteur. Conformément à la réglementation, les travaux temporaires en hauteur doivent être réalisés à partir d'un plan de travail conçu, installé ou équipé de manière à préserver la santé et la sécurité des travailleurs. Le poste de travail est tel qu'il permet l'exécution des travaux dans des conditions ergonomiques.

Les dispositions constructives doivent pallier le risque de chute de hauteur et la priorité doit être donnée aux équipements de protection collective installés de manière définitive. L'étude architecturale des façades intégrera des acrotères, rampantes ou écrans servant de garde-corps. Les solutions techniques envisageables peuvent être les suivantes :

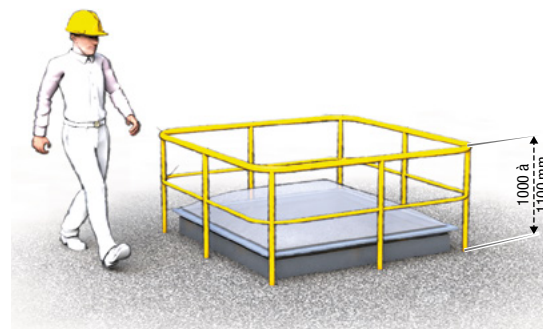
- acrotère élevé à 1 m ou 1,10 m au-dessus du niveau fini de la terrasse (voir figure 7.1),
- garde-corps permanent protégé contre les intempéries ou galvanisé, d'une hauteur de 1 m à 1,10 m au-dessus du niveau fini de la terrasse (voir figure 7.2).

Ces protections assurent une sécurité optimale dès la phase de construction, tout en rendant la maintenance et les interventions ultérieures plus sûres.

Il faut proscrire les garde-corps à lest sur les constructions, même en rénovation, car en cas de réfection d'étanchéité, ils doivent être déposés et la protection collective n'est alors plus assurée lors des travaux.



■ Figure 7.1 – Châssis de lanterneau surélevé.



■ Figure 7.2 – Lanterneau équipé d'un garde-corps périphérique.

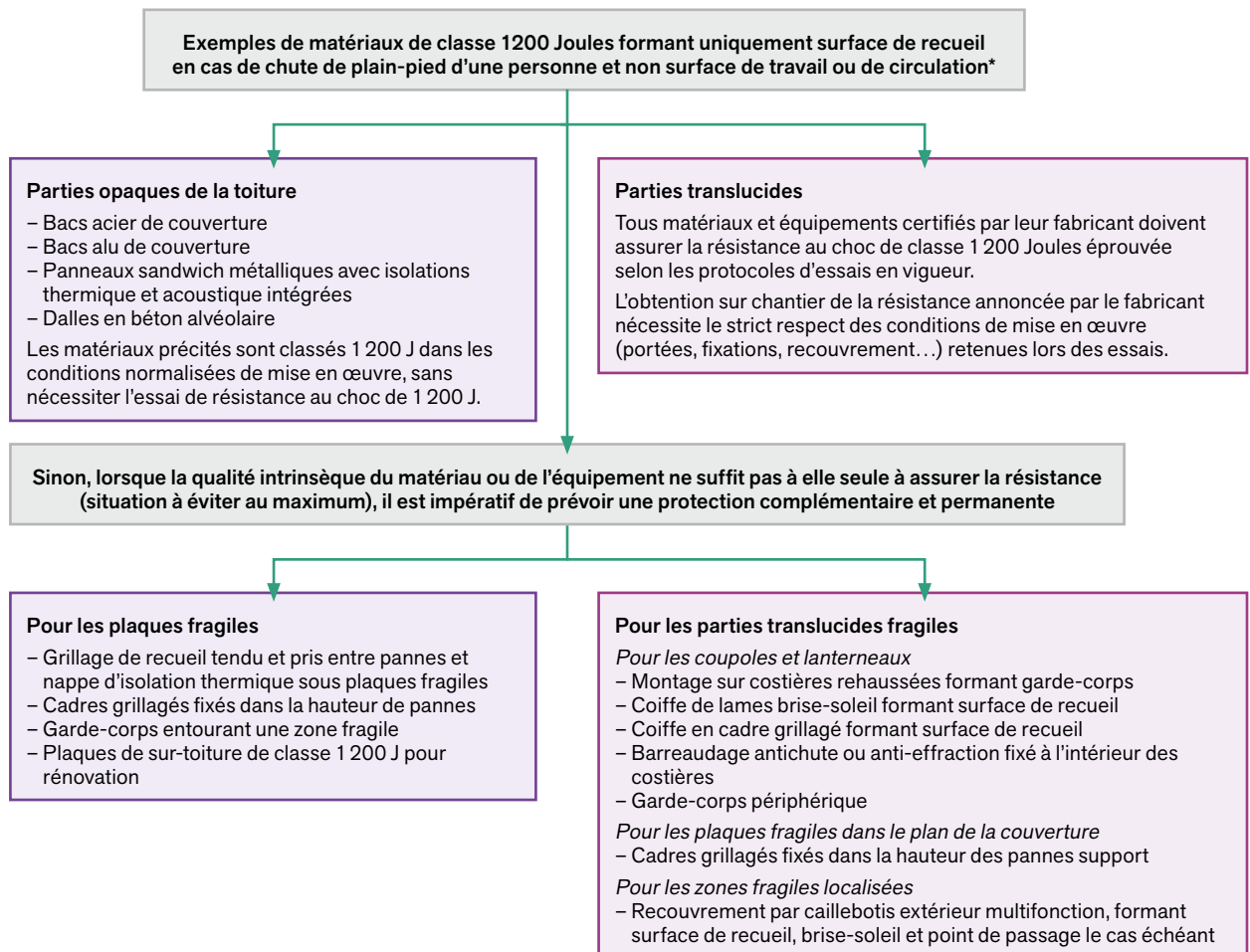
Bien que l'installation de simples garde-corps verticaux suffise, le recours à des garde-corps inclinés permet, le cas échéant, de concilier les exigences de sécurité avec les contraintes architecturales et les règles d'urbanisme.

Des accès par escaliers ou mécanisés doivent être privilégiés pour les personnes. Des moyens de manutention doivent être prévus pour l'arrivée du matériel (monte-charge, potence de manutention, camion-grue dont la zone de stationnement est stabilisée...).

Toutes les dispositions prises pour les interventions en toiture doivent figurer dans le dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (voir § 12.2.2).

7.1.2 Choix des matériaux en toiture, hors circulation

Pour les zones de toiture non prévues pour la circulation et ne constituant pas un espace de travail (maintenance occasionnelle incluse), l'objectif est de garantir la résistance à la chute de plain-pied d'une personne de façon à ce qu'elle ne passe pas à travers la toiture lors de cette chute. Pour cela, les matériaux utilisés seront en priorité intrinsèquement résistants, qu'ils soient opaques ou translucides (voir figure 7.3). Dans le cas contraire, des protections permanentes devront garantir la sécurité des personnes. De même, en cas



*On entend par matériau de classe 1200 Joules, un matériau qui, dans les conditions de sa mise en œuvre, résiste au choc produit par la chute d'un sac de 50 kg tombant d'une hauteur de 2,40 m, sans être emporté ou traversé, la fissuration étant admise. Dans ce cas, on emploie des désignations abrégées : résistance > 1200 J, ou matériau de classe 1200 J.

Ces matériaux résistent à la chute de plain-pied d'une personne et permettent d'éviter la mise en place de garde-corps sur des chemins de planches de circulation transférant les charges sur l'ossature porteuse. En revanche, ils ne doivent pas être considérés comme étant directement circulables pour soutenir des travaux de maintenance par exemple, car les surfaces de travail doivent avant tout respecter les règles de la construction (qui prennent en compte les charges de chantier et les charges d'exploitation) et les codes de calcul.

Pour être considéré de résistance satisfaisante, un matériau doit être certifié par son fournisseur, assurer la résistance au choc de classe 1200 Joules et être éprouvé selon le protocole d'essai associé.

■ Figure 7.3 – Logigramme d'aide au choix des matériaux et des moyens de protection associés contre les chutes de hauteur.

d'ouvrant (désenfumage, aération, trappes, dalles fusibles...), les protections contre les chutes de hauteur doivent être prévues. Par exemple, pour les ouvrants de désenfumage ou d'aération, des barreaudages antichute ou anti-effraction formant surface de recueil pourront être fixés à l'intérieur des costières. Pour les trappes ou ouvrants pour la manutention, se référer aux § 8.2.3 et 8.3.

7.1.3 Surfaces vitrées ou translucides

7.1.3.1 Éclairage zénithal

Les nouveaux locaux sont généralement conçus pour permettre la pénétration de la lumière naturelle. Dans la plupart des locaux industriels, un éclairage naturel satisfaisant ne peut être obtenu que par des parties vitrées ou translucides en toiture (voir photo 5.2).

Dans les bureaux et les locaux de petites dimensions pour lesquels la hauteur sous plafond est faible (inférieure à 3 m), l'éclairage zénithal est à proscrire. Pour la conception des prises de jour en toiture, se reporter au § 5.2.2.1.

Pour éviter tout risque de chute à travers ces surfaces tout en limitant l'apport thermique dû au rayonnement solaire, il convient de toujours privilégier les matériaux de toiture intrinsèquement résistants à la chute d'une personne :

- les matériaux seront ainsi de classe 1 200 Joules (voir figure 7.3), qu'il s'agisse de polycarbonate, polyester armé ou verre feuilleté (matériaux translucides les plus couramment utilisés). À défaut, il

faudra prévoir une protection permanente. Une mise en garde particulière concerne l'évolution défavorable de certains matériaux composites ou plastiques avec le temps, sous l'effet de la lumière notamment. Ainsi, il est préférable de mettre en place une protection complémentaire sous la forme d'une grille métallique de résistance suffisante pour empêcher la chute d'un corps,

- les pare-soleils, intégrés à la structure pour éviter le rayonnement solaire direct peuvent également être conçus pour servir de protection contre les chutes de personnes et d'objets ou contre les effractions, et comme passerelles d'accès pour la maintenance.

7.1.3.2 Nettoyage

Le nettoyage des dispositifs assurant l'éclairage zénithal, sur leurs deux faces et en sécurité, doit être prévu dès la conception. Pour la surface extérieure, les dispositions pour éviter la chute à travers ces dispositifs ont été décrites précédemment (matériaux intrinsèquement résistants, protection périphérique...). Pour la sous-face, accessible depuis l'intérieur du bâtiment, on peut citer les solutions suivantes : chemin d'appui d'une passerelle intégrée à la structure porteuse (voir figure 7.4), cheminement au sol dégagé de tout équipement fixe et permettant l'intervention au moyen d'une plate-forme de travail conforme à la réglementation ou d'une PEMP. La résistance du plancher et la taille des voies d'accès devront être prévues à cet effet (voir figure 7.5). En outre, lorsque l'emploi de grilles intérieures de protection est envisagé pour empêcher les chutes à travers des dispositifs d'éclairage naturel non ouvrants



■ Figure 7.4 – Protection intégrée avec passerelle roulante.



■ Figure 7.5 – Exemple de schéma d'implantation pour le nettoyage des sous-faces des parties vitrées.

formés de matériaux fragiles (transparents ou translucides), ces grilles devront être rapprochées des faces à nettoyer par l'intérieur de façon à éviter d'entraver le travail en hauteur.

7.1.4 Surfaces non translucides

Les matériaux constituant ces surfaces seront intrinsèquement résistants (par exemple, bacs acier, bacs alu, supports à isolation thermique intégrée). À défaut, une protection permanente leur sera associée. Ces exigences de résistance des matériaux en toiture sont d'autant plus importantes que des installations nécessitant des interventions sont prévues en toiture (exutoires de fumée, aérateurs pour la ventilation de locaux et l'extraction des fumées, locaux techniques des ascenseurs et monte-charges, installations liées directement au process). Tous ces dispositifs et équipements seront disposés de façon à limiter les risques liés aux interventions de maintenance qui les concernent et protégés contre le risque de chute, de même que les cheminements permettant d'y accéder.

7.1.5 Ouvrants en toiture

Les ouvrants en toiture ne doivent pas, en position d'ouverture, constituer un danger pour les travailleurs. Les chutes de hauteur à travers les ouvrants de désenfumage (coupoles, lanterneaux, trappes)



■ Figure 7.6 – Lanterneau ouvrant équipé d'une grille de protection en sous-face.

devront être empêchées par des grilles de protection intérieurement résistantes (voir figure 7.6), permettant également, lorsque la partie ouvrante est ramenée en position fermée, de pallier sa fragilité éventuelle. De façon générale, il y a lieu de considérer, selon la norme NF EN ISO 13857, que des ouvertures en forme de fente de largeur supérieure à 180 mm et des ouvertures carrées ou circulaires de dimensions supérieures à 240 mm permettent le passage de tout le corps (voir § 8.3.2).

Lorsque les ouvrants servant au désenfumage sont également utilisés pour l'aération régulière du local ou bâtiment, ils doivent être conçus spécifiquement pour cela (nombre de cycles d'ouverture/fermeture plus importants).

7.1.6 Accès et circulation en toiture

7.1.6.1 Accès en toiture

Les modes d'accès en toiture devront être du type édicules de sortie en toiture-terrasse ou accès par l'extérieur du bâtiment. Les accès par fenêtre ou trappe de toiture sont à proscrire.

L'édicule de sortie d'un escalier en toiture-terrasse est le mode d'accès le plus sûr. La sortie en terrasse doit s'effectuer le plus loin possible des rives de terrasse ou de toiture, au minimum à 1,5 m, de façon à permettre les interventions éventuelles en toiture de l'édicule en sécurité, à distance des bords du bâtiment.

Sinon, des moyens d'accès permanents par l'extérieur du bâtiment sont à prévoir tels des escaliers pour les accès fréquents, des échelles à crinoline pour les accès peu fréquents et sans matériel. Indépendamment de la fréquence d'accès, les escaliers s'imposent dès que l'on doit monter de l'outillage ou des matériels. Une condamnation est à prévoir, notamment pour pouvoir mettre en œuvre une procédure de contrôle d'accès.

La conception des contrôles d'accès et de condamnation (voir aussi la norme NF E85-012) doit tenir compte des besoins de circulation dans les deux sens (en montée et en descente) pour s'assurer qu'une personne pourra toujours descendre d'une toiture, même quand elle n'emprunte pas le même accès à l'aller et au retour.

Il faut également étudier les besoins en matière de manutention : levage entre le sol et la toiture (par exemple, approvisionnement en matériels et matériaux, remplacement d'un élément d'un équipement de climatisation ou de traitement d'air en toiture...) et prévoir le ou les moyens permettant d'assurer ces besoins. Par exemple, installation d'une potence pour monter les outils et les matériaux en toiture, d'une barrière éclose (voir figure 8.5) si la toiture est accessible par chariot élévateur, ou en prévoyant la zone de stationnement renforcée pour l'installation d'un camion-grue.

7.1.6.2 Circulation en toiture-terrasse

Sur les toitures-terrasses, prévoir un cheminement principal sans obstacle à enjambrer (conduites,

gaines, édicules bas...) et permettant le roulement d'équipements légers ou adapté si besoin au déplacement des engins nécessaires à l'entretien du matériel (transpalette, grue d'atelier...).

Lors du franchissement de parties de toiture présentant des risques de chute (franchissement d'obstacles : canalisation, réseaux...), des passerelles permanentes peuvent être mises en place, selon les normes NF E85-012 à -16.

Une zone périphérique en toiture, libre de tout obstacle et large de 1,5 m minimum, permettra une circulation liée à l'entretien des façades (positionnement de portiques, nacelles de nettoyage de façade...).

7.1.7 Lignes de vie et points d'ancrage

Les lignes de vie et les points d'ancrage en tant que moyens de protection contre les chutes de hauteur sont à proscrire lors de la conception. Le seul cas où il est envisageable d'y recourir est celui des bâtiments existants où les mesures de protection collective ne peuvent pas techniquement être mises en œuvre.

7.1.8 Autres éléments à prendre en compte

La conception des toitures requiert aussi de prendre en compte les éléments suivants :

- **Le comportement de la toiture** en cas d'incendie ou d'explosion (voir chapitre 6) : les toitures faisant office d'exutoire de souffle en cas d'explosion seront conçues pour qu'il n'y ait aucun accès permanent d'intervention (toute intervention fera l'objet de procédures particulières) ; elles ne seront en aucun cas situées sur une zone de circulation.
- **La réverbération du bruit** : il faut étudier la forme de la toiture et les caractéristiques phoniques des matériaux utilisés en sous-face de façon à limiter l'amplification du bruit et à favoriser son atténuation dans le bâtiment (voir figure 5.6).
- **L'isolation thermique** : il est nécessaire d'en tenir compte dans le choix des matériaux de couverture.
- **Les intoxications potentielles** : il faut veiller à disposer les points de rejet en dehors des zones d'intervention prévisibles en toiture et positionner les

entrées d'air neuf à l'opposé des rejets d'air vicié, en tenant compte de l'orientation des vents dominants et de la dispersion, selon la hauteur de cheminée.

7.2 Façades

Les interventions en hauteur sur façade, susceptibles d'entraîner des chutes de hauteur, doivent être limitées autant que possible par conception. Les façades accueillent, par ailleurs, les vitrages permettant à la fois la vue sur l'extérieur et l'éclairage naturel des postes de travail les plus proches. Une attention toute particulière doit donc être apportée à leur nombre, leur disposition et leur facilité de nettoyage depuis le sol ou les planchers du local.

7.2.1 Vitrages en façade

Les vitrages en façade assurent deux fonctions (voir aussi § 5.2.2) :

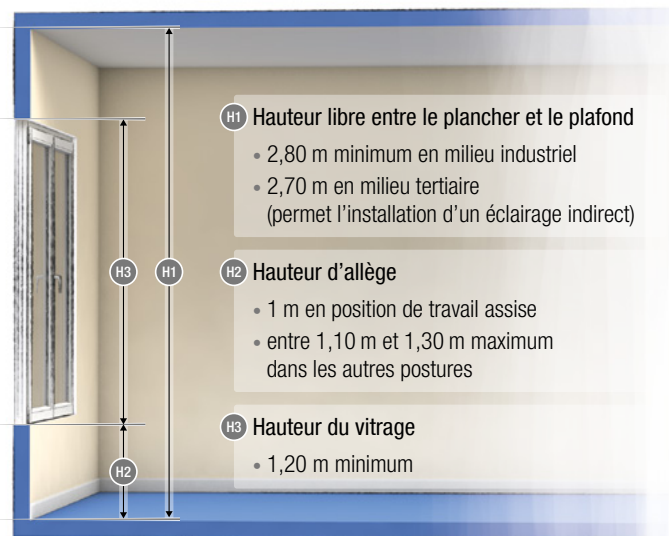
- la vue sur l'extérieur,
- un éclairage naturel.

7.2.1.1 Fonction « vue sur l'extérieur »

Les locaux de travail doivent comporter à hauteur des yeux des baies transparentes offrant la vue sur l'extérieur, sauf en de rares cas d'incompatibilité avec la nature des activités envisagées, par exemple, pour le développement photo où la nature même du travail est incompatible avec l'éclairage naturel.

Cette obligation ne concerne pas seulement les bureaux, mais aussi les ateliers et, de manière plus générale, tous les locaux destinés à être affectés au travail (voir figure 7.7). Elle est distincte de l'obligation concernant l'éclairage naturel, un éclairage zénithal apportant la lumière naturelle sans offrir de vue sur l'extérieur.

Pour permettre la vision directe sur l'extérieur, la hauteur d'allège doit être préférentiellement de 1 m (1,10 m maximum) dans le cas d'un poste de travail assis et, dans tous les autres cas, comprise entre 1,10 m et 1,30 m au maximum (voir photo 7.1).



■ Figure 7.7 – Positionnement d'un vitrage en façade.



■ Photo 7.1 – Éclairage du poste de travail par des baies vitrées latérales offrant la vue sur l'extérieur.

L'aménagement du poste de travail doit éviter les obstacles (mobiliers, rangement...) de hauteur supérieure à 1 m susceptibles d'occulter la vue directe sur l'extérieur.

Les baies vitrées devront comporter un nombre suffisant d'ouvrants pour permettre l'aération et la correction de l'ambiance thermique.

Pour assurer la fonction « vue sur l'extérieur », il est recommandé que les surfaces vitrées représentent au moins le quart de la superficie de la plus grande paroi du local donnant sur l'extérieur, en ne considérant que sa partie située en dessous de 3 m de hauteur.

7.2.1.2 Fonction « éclairage naturel » (voir § 5.2.2.2 et figure 5.8)

Lorsque la distance entre la façade vitrée et les postes de travail est supérieure, selon les cas, à 2 ou 3 fois la hauteur par rapport au sol de la limite supérieure de la surface vitrée, l'éclairage naturel de ces derniers n'est plus assuré. En d'autres termes, les postes de travail situés au-delà d'une certaine distance d'un vitrage permettant la vue sur l'extérieur doivent être considérés comme des « postes aveugles » en ce qui concerne leur niveau d'éclairement par la lumière du jour. Des études prévisionnelles doivent permettre d'évaluer la pénétration réelle de la lumière naturelle en fonction de l'environnement spécifique des postes de travail (obstacles intérieurs ou extérieurs, niveau d'ensoleillement de la région, orientation du bâtiment...).

7.2.2 Nettoyage des vitrages en façade

Pour faciliter le nettoyage des vitres, il est conseillé de concevoir les baies de façon à ce que toute la surface de vitrage, intérieure et extérieure, soit accessible depuis le plancher du local (voir figure 7.8). Tous les périphériques aux vitrages (volets, appuis de fenêtres, jardinières, convecteurs, stores...) doivent pouvoir être nettoyés dans des conditions de sécurité équivalentes et sans compliquer l'entretien des vitrages.

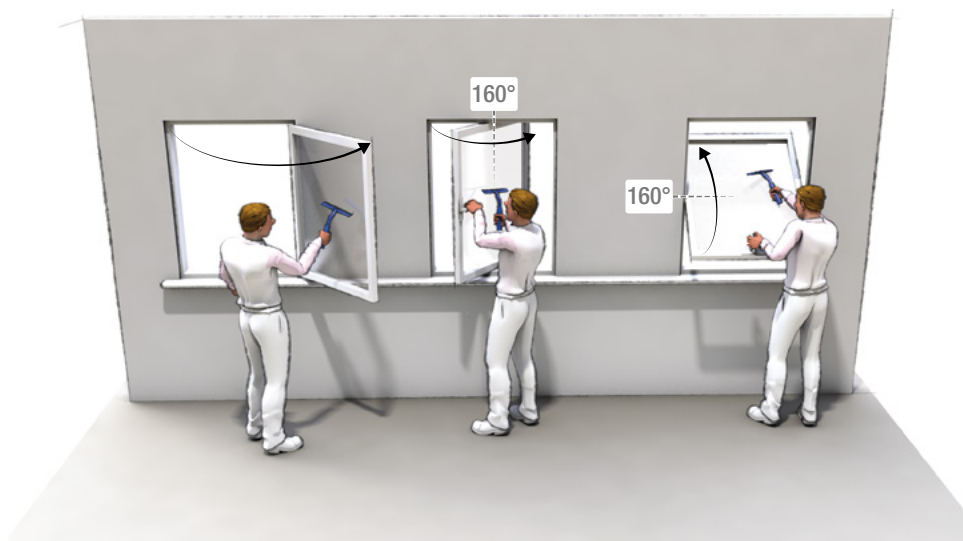
Dans les autres cas et pour la maintenance (ravalement, réfection des matériaux d'isolation, d'étanchéité, de revêtement...), les dispositions de prévention pour les travaux en hauteur doivent être prises dès que le travail est réalisé à plus de 3 m au-dessus du sol (voir tableau 7.1).

7.2.3 Matériaux et appareillages à utiliser en façade

Les matériaux doivent être choisis en fonction de plusieurs critères dont les principaux sont :

- l'**isolation thermique** en cohérence avec les réglementations thermiques en vigueur (RT2012, RT2020...),
- l'**isolation phonique**, qui constitue une obligation fixée au maître d'ouvrage du fait de la réglementation relative au niveau de bruit à respecter en limite de voisinage ; un bâtiment industriel bruyant devra donc avoir des parois présentant un bon isolement mais également une bonne absorption du son pour limiter le bruit à l'intérieur (voir § 5.1.3.5),
- la **résistance et la réaction au feu**, la facilité d'entretien, les aspects esthétiques, la tenue dans le temps, la résistance aux phénomènes climatiques, aux moisissures et au vandalisme, sont également à prendre en considération.

Les parties horizontales des façades (appuis de baies, terrassons...) devront faire l'objet d'une attention particulière, notamment pour l'évacuation des eaux de pluie.



■ Figure 7.8 – Types de fenêtre permettant le nettoyage des ouvrants en toute sécurité depuis le plancher du local.

Pour les appareillages installés en façade, il faut également prévoir, dès la conception, l'entretien ultérieur des dispositifs retenus pour minimiser la fréquence et la durée des interventions afin qu'elles soient effectuées en toute sécurité. Ces dispositifs doivent préférentiellement être accessibles depuis le sol (nettoyage avec une perche télescopique par exemple), depuis l'intérieur du bâtiment (coffres de volets roulants intérieurs...), ou en sécurité depuis la toiture (bloc lumineux sur potence, accès direct aux enseignes depuis le toit, par exemple).

Le coût à l'achat ne doit pas être le critère exclusif : le coût de l'entretien ultérieur ou de la maintenance des appareils en façade peut devenir prépondérant, notamment pour les opérations répétitives ou très techniques.

7.2.4 Accès aux façades

Lorsqu'il n'existe pas d'accès fixe de plain-pied (passerelles, balcons), l'accès aux façades par nacelles motorisées à demeure (nacelles suspendues pour le nettoyage de façade) est la solution à privilégier. Les nacelles suspendues ne conviennent pas pour atteindre des parties de façades situées sous des surplombs de plus de

0,5 m. Les nacelles suspendues nécessitent l'installation d'un chemin de roulement en terrasse, de rails de guidage en façade, et un accès prévenant les risques de chute de hauteur. Leur dimensionnement devra prendre en compte les charges d'exploitation.

Sinon, des accès par élévation (plate-forme élévatrice mobile de personnel (PEMP) ou, si les hauteurs le permettent, échafaudage roulant) peuvent être utilisés. L'utilisation et la stabilisation des PEMP, plates-formes ou échafaudages roulants requièrent des voies de circulation en périphérie des bâtiments. Leur largeur doit être adaptée. Quel que soit le matériel d'élévation retenu, les bandes de terrain en bas de façade doivent être libres de tout obstacle, stabilisées, nivelées, résistantes au roulement et au poinçonnement des équipements employés.

Le choix effectué doit tenir compte des particularités (auvents, zones de façade en retrait...) pouvant s'opposer à l'utilisation de l'un ou l'autre de ces moyens.

Le tableau 7.1 précise les dispositions à intégrer dès la conception selon le ou les moyens d'accès envisagés pour les interventions en façade (voir brochure ED 6195 [1]).

Tableau 7.1: Moyens d'accès aux façades.

Moyens d'accès (à définir en fonction des travaux prévisibles)	Moyens d'arrimage et de stabilisation à intégrer dès la conception
Plate-forme élévatrice mobile de personnel (PEMP) dite « nacelle élévatrice »	Bande de terrain en bas de façade , libre, nivelée, résistante au roulement et au poinçonnement, à moins de 6 m de la façade, avec des pentes modérées ($< 3^\circ$) et suffisamment large pour l'utilisation des stabilisateurs (voir document fournisseur). S'assurer qu'il n'y aura pas dans le volume de déplacement de la nacelle d'aménagements paysagers de plus de 5 m de hauteur, ni de lignes électriques aériennes à conducteurs nus.
Échafaudage roulant (hauteur d'utilisation limitée par la normalisation à 8 m en extérieur)	Bande de terrain idem ci-dessus , et de largeur au moins égale à la hauteur de l'échafaudage divisée par 3,5.
Échafaudage de pied fixe	Bande de terrain idem ci-dessus , et de largeur au moins égale à 2 m. Points d'ancrage en façade.
Plate-forme individuelle roulante (hauteur de plate-forme limitée à 2,50 m par la normalisation)	Bande de terrain idem ci-dessus , et de largeur suffisante pour l'utilisation des stabilisateurs.
Plate-forme élévatrice sur un ou deux mâts fixes	Bande de terrain idem ci-dessus , de largeur au moins égale à 2 m et adaptée aux matériaux transportés et à la profondeur de la nacelle. Points d'ancrage en façade à partir de la hauteur précisée par le fabricant de la plate-forme.
Nacelle suspendue à demeure	Éventuellement, voie horizontale de roulement en sommet de façade et rails verticaux de guidage en façade selon les cas de figure.

7.3 Portes et portails

Les portes et portails constituent des zones à risque à cause des flux traversants, auxquels s'ajoutent les risques spécifiques à l'équipement (mécanique, asservissement...). Le choix et l'implantation d'une porte ou d'un portail sont donc à définir sur la base d'une analyse des besoins fonctionnels et de maîtrise des risques. La séparation des flux piétons/véhicules est à rechercher.

Les portes et portails sont amenés à assurer, selon leur destination, une ou plusieurs fonctions de sécurité (par exemple, évacuation d'urgence, séparation coupe-feu, séparation de compartimentage des fumées...) ou des fonctions de maîtrise des ambiances de travail (protection contre les intempéries, isolation acoustique).

Pour rappel, les portes coulissantes, à tambour ou s'ouvrant vers le haut ne peuvent constituer des portes de secours et ne sont pas considérées comme des dégagements réglementaires. Toutefois, les portes coulissantes motorisées qui, en cas d'incendie, libèrent la largeur totale de la baie par effacement latéral ou par débattement sur l'extérieur par simple poussée peuvent constituer des dégagements réglementaires (voir § 4.2.2).

7.3.1 Mesures communes

7.3.1.1 Dimensions

La largeur et la hauteur de chaque type de fermetures (porte ou portail) doivent permettre le passage de l'élément (véhicule, engin, charge, flux de piétons) le plus large et de l'élément le plus haut, amené à franchir la porte ou le portail, en tenant compte, le cas échéant, du besoin d'une circulation à double voie.

La hauteur minimale de passage d'une porte piéton est de 2,05 m. Pour les largeurs recommandées selon le type de flux (véhicules, engins, piétons, fauteuils roulants...), se reporter au tableau 4.1.

Une analyse spécifique doit être réalisée à la conception dans le cas où une manutention lourde, même exceptionnelle, est prévue à travers une porte (remplacement d'un équipement volumineux, par exemple), de façon à prévoir des dispositions permettant de continuer à assurer

l'évacuation des personnes en sécurité (porte piéton dissociée, surlargeur de 80 cm dans le dimensionnement de la porte...).

7.3.1.2 Implantation

Les portes et portails seront implantés en fonction du plan de circulation préalablement défini de sorte que :

- toute porte pour véhicules débouche face à une allée de façon à éviter les manœuvres et les collisions,
- la circulation piétonne soit séparée de celle des véhicules par implantation d'une porte réservée aux piétons à proximité de chaque porte empruntée par des véhicules ou des engins (voir figure 4.1) ; les portes piétonnes intégrées aux portes sectionnelles réservées au passage de véhicules ou engins ne constituent pas une séparation physique des flux,
- les allées de circulation pour véhicules longeant un mur sont suffisamment écartées de ce mur en cas de présence d'un passage d'où peut déboucher un piéton ou un autre véhicule (voir § 7.3.5),
- les portails d'entrée de véhicules sur site sont à une distance de la voie publique supérieure ou égale à la longueur du véhicule le plus long amené à attendre leur ouverture (afin de dégager la voie publique lorsqu'elle ne comporte pas de voie de décélération) ; quand plusieurs véhicules peuvent arriver simultanément, il est nécessaire de bien dimensionner les zones d'attente en amont du portail afin d'éviter l'attente des véhicules sur la voie publique.

On n'oubliera pas de prévoir, si nécessaire, un moyen d'accès pour les interventions de maintenance en hauteur, en particulier dans le cas de portails situés au droit de fosses.

7.3.1.3 Matériaux, signalisation, visibilité

Les portes en va-et-vient doivent être transparentes ou munies de panneaux transparents. Pour les autres portes, des panneaux transparents peuvent être incorporés si l'analyse des risques fait apparaître un risque de collision lors de leur ouverture.

La conception du panneau transparent doit tenir compte de tous les gabarits amenés à emprunter le passage (hauteur des yeux d'un adulte debout comprise entre 1 420 mm et 1 720 mm et entre 1 050 mm à 1 395 mm pour un adulte en fauteuil roulant d'après la norme NF EN 894-4).

Toute partie transparente ou translucide doit être constituée de matériaux de sécurité pour les personnes (par exemple, verre armé, polycarbonate, verre feuilleté...) et être signalée par un marquage à hauteur de vue.

Les portes opaques destinées au passage de véhicules ou d'engins doivent être munies de panneaux transparents offrant la visibilité à travers la porte à hauteur des yeux des conducteurs. Ceci ne concerne pas les portes ayant une fonction coupe-feu de degré supérieur à deux heures.

7.3.1.4 Maintien en place des portes, dispositifs antichute, guidage

Toute porte ou portail, quel qu'en soit le type, doit rester solidaire de ses supports et comporter des dispositifs évitant sa chute, son renversement ou sa retombée (par exemple, stabilisateurs sur double rail de guidage pour portail de clôture coulissant sur sol, butées de fin de course, barre anti-déraillement sur portail coulissant suspendu, système parachute sur portail à effacement vertical...).

Concernant les portes manuelles à battant dormant sur l'extérieur, des dispositifs doivent être prévus pour les maintenir en position ouverte et éviter ainsi toute fermeture intempestive, lors d'un coup de vent par exemple.

7.3.1.5 Organes mobiles reliés aux portes

Les mécanismes de transmission d'énergie et les contrepoids doivent être protégés par éloignement ou par des protecteurs fixes.

Les compensateurs à ressorts apparents doivent être munis de protections évitant la projection des ressorts en cas de rupture de ceux-ci ou de leurs fixations.

7.3.1.6 Ouverture/fermeture, en l'absence d'énergie, des portes et portails motorisés, automatiques ou non

Toute porte ou portail doit pouvoir être ouvert ou fermé manuellement en cas de défaillance d'énergie.

Les portes et portails automatiques ne peuvent être comptés comme dégagements que s'ils

s'ouvrent de façon simple en cas de panne (déverrouillage manuel rapide, simple poussée manuelle, porte normalement ouverte en cas de panne...) et libèrent la largeur totale de la porte.

Une étude doit être réalisée pour pallier les nécessités de contrôle d'accès le cas échéant.

7.3.2 Portes et portails à manœuvre manuelle

Le domaine d'emploi des portes et portails à manœuvre manuelle est limité par :

- **un effort maximal de manœuvre admissible** par personne de 26 daN pour les portes industrielles ou commerciales (voir NF EN 12604),
- **la fréquence des manœuvres.**

Ce type de portail doit, par ailleurs, être réservé aux emplacements peu exposés au vent.

7.3.3 Portes et portails motorisés à commande manuelle

Sur ce type de fermeture, la sécurité des personnes doit être assurée par une commande à action maintenue : la commande doit être située en dehors de la zone de débattement de la porte et de façon à permettre une vue directe sur celle-ci.

Le relâchement de la commande à action maintenue doit provoquer l'arrêt de la porte avec une course d'arrêt d'au plus :

- 0,05 m si le passage libre est inférieur ou égal à 0,50 m,
- 0,10 m si le passage libre est supérieur à 0,50 m (voir NF EN 12453).

Ce type de porte constitue une alternative intéressante par rapport aux portes à manœuvre manuelle et aux portes automatiques et semi-automatiques quand le nombre de manœuvres journalier est faible.

7.3.4 Portes et portails automatiques et semi-automatiques

Ces portes et portails doivent comporter des dispositifs à sécurité positive interrompant tout mouvement dangereux en cas de présence d'un piéton ou d'un véhicule dans les zones d'écrasement, de

cisaillement ou de coincement. L'effort de contact doit être limité à 15 daN (voir prNF EN 13241-1).

Les dispositifs de sécurité utilisés sont, en général, des détecteurs de présence. L'obligation de détecter la présence d'un piéton exclut que la détection de présence soit assurée uniquement par une boucle magnétique, laquelle détecterait la présence d'un véhicule mais en aucun cas celle d'une personne.

7.3.4.1 Portes et portails automatiques et semi-automatiques destinés au passage de véhicules

En complément des mesures précédentes :

- si l'effort développé par la tranche du tablier de porte est important, la détection de présence doit être complétée ou constituée – selon les cas – par des sécurités de contact limitant l'effort et le temps de contact (voir NF EN 12453 et NF EN 13241-1),
- le chant de porte balayant la zone de fin de fermeture doit être muni d'un joint élastique,
- le volume de débattement de la porte doit bénéficier d'un éclairage d'au moins 50 lux,
- l'aire de débattement de la porte doit être signalée par un marquage au sol zébré noir et jaune,
- les mouvements de la porte doivent être signalés par un feu orange clignotant visible de chaque côté et se déclenchant au moins 2 secondes avant tout mouvement,
- la porte doit pouvoir être ouverte manuellement pour dégager une personne et, si la porte est en zone accessible au public (cas général des accès aux sites), elle ne doit pas pouvoir soulever un poids supérieur à 20 kg (40 kg hors zone publique). Sinon, un dispositif de détection doit empêcher l'entraînement vers la partie supérieure de la porte.

7.3.4.2 Portes automatiques pour piétons

En complément des mesures générales précédentes :

- **Concernant les portes battantes et tournantes :** si la force de contact est supérieure ou égale à 15 daN, il faut un dispositif de sécurité qui arrête ou inverse le mouvement (par exemple, système de détection de présence ou de contact à sécurité positive).

- **Sur les portes coulissantes :**

- si la force de contact est inférieure à 15 daN, il faut un dispositif de détection de présence placé à 0,50 m du sol,
- si cette force est supérieure ou égale à 15 daN, il faut deux dispositifs de détection de présence placés, l'un à 0,20 m et, l'autre, à 1,20 m du sol.

7.3.5 Aménagements de protection contre le risque de collision

Le risque de collision piéton/véhicule ou véhicule/véhicule doit être évité par la mise en œuvre des dispositions constructives suivantes.

Devant les portes ou portails débouchant perpendiculairement et directement dans une allée de circulation de véhicules, que cette dernière soit interne ou externe au bâtiment, on prévoira :

- soit une chicane « arrête-piétons »,
- soit un dispositif constitué de bornes empêchant la circulation des véhicules à moins de 1,20 m du débouché d'une porte piétonne. Ces bornes devront être de hauteur suffisante (minimum 1 m) pour être bien visibles des conducteurs de véhicules.

La mise en place de pré-gabarits limiteurs de hauteur et de largeur avant un portail peut être utile pour éviter les chocs avec les engins, notamment en cas de circulation de chariots élévateurs ou de tout engin à envergure variable.

7.3.6 Autres dispositions

7.3.6.1 Seuils des portes et portails en façade

Les seuils des portes et portails en façade constituent des ressauts dont le franchissement peut s'avérer pénible pour les personnes à mobilité réduite ou pour le transport de matériel roulant (chariot, transpalette...). De plus, dans le cas d'un portail destiné au passage de chariots automoteurs, ces seuils provoquent des à-coups nuisibles, voire dangereux. N'étant destinés qu'à éviter la pénétration des eaux de pluie, on leur préférera systématiquement des raccordements par rampes de pente limitée aux valeurs précisées dans la figure 8.1.

7.3.6.2 Sas de protection

Des sas peuvent être envisagés pour assurer des fonctions de protection très diverses tout en contribuant à l'hygiène, à la sécurité et au confort du travail. Par exemple :

- amélioration de l'ambiance thermique dans les zones proches de portes de façade fréquemment ouvertes, pour les postes d'accueil notamment,
- protection sonore des zones extérieures pour les locaux très bruyants ouvrant sur l'extérieur,
- suppression de toute communication directe entre cuisine de restauration et locaux contigus,
- renforcement de la séparation entre une zone à risque et une zone protégée, pour des raisons fonctionnelles ou de sécurité (sas antipoussières, sas entre atelier d'entretien et local de fabrication de denrées alimentaires, sas de décontamination en sortie de laboratoire...).

7.3.6.3 Rideaux d'air chaud au droit de portail

Dans le cas de portails nécessitant d'être ouverts fréquemment, les rideaux d'air chaud permettent de protéger du froid les opérateurs les plus exposés.

L'investissement est rapidement amorti dans la mesure où, en protégeant l'ensemble du volume interne du bâtiment chauffé par ailleurs, des économies sont générées.

7.4 Sols intérieurs

Les sols doivent être conçus pour éviter tout risque de chute, ils ne doivent pas être glissants.

7.4.1 Critères principaux

Les critères principaux à prendre en compte sont les suivants :

- **la résistance du sol** à l'usure et à la déformation pour éviter les détériorations :
 - résistance aux charges statiques (intensité, surface d'application),
 - résistance aux charges dynamiques dues à la densité et au type du trafic (fréquence des piétons, fréquence de passage, charge maximale et

type de roues pour les chariots, les transpalettes et les nacelles) ;

- **les caractéristiques liées directement à l'hygiène et à la sécurité** : adhérence (pour éviter les glissades, voir photo 7.2), résistance chimique à certains produits (acides, solvants, détergents...), facilité de nettoyage ;

- **les caractéristiques phoniques** (et celles liées aux vibrations) : réverbération des sons, bruits d'impact, massifs de désolidarisation de certaines machines ;

- **les propriétés antistatiques** : cet aspect est particulièrement important pour les locaux de stockage de produits inflammables, mais l'accumulation de charges électrostatiques peut également être gênante dans les bureaux. A minima, il faut intégrer un dissipateur pour évacuer les charges électrostatiques liées au déplacement, qui finissent par générer des décharges problématiques à l'usage ; par exemple, un sol en résine, sans matériau dissipateur, devient fortement source de décharges. Pour en savoir plus sur les charges électrostatiques, les risques engendrés et les mesures de prévention à prendre, se référer à la brochure ED 6354 [2].

Le sol participe également par ses coloris à l'ambiance des lieux de travail et, par la nature de son revêtement, à l'empoussièrément, ou non, des locaux ainsi qu'à la facilité, ou non, de leur maintien en propreté.



■ Photo 7.2 – Exemple de revêtement antidérapant avec une zone de transition de coefficient intermédiaire permettant de limiter les risques de chute.

7.4.2 Choix entre les revêtements de sols intérieurs

Pour limiter les chutes par glissade, il faut choisir un revêtement de sol dont le seuil de glissance est adapté à l'activité. Par exemple, pour les revêtements de sol où le polluant inhérent à l'activité est gras, le coefficient de frottement dynamique doit être supérieur ou égal à 0,30. La valeur du coefficient de frottement ne doit pas être non plus trop élevée afin d'éviter des blocages et des décélérations élevées du pied, susceptibles de provoquer une chute en avant. Il est possible de se référer également au classement des locaux préconisé par la norme NF P05-011. L'uniformité des qualités antidérapantes du revêtement est également à considérer, ainsi que la couleur du sol et son aptitude à changer d'aspect en présence de liquides lubrifiants ou de déchets.

En vue de limiter l'accumulation des charges électrostatiques, on privilégiera les matériaux antistatiques.

Le choix entre les différents revêtements dépend essentiellement du type d'activité concerné. Les principales possibilités et recommandations sont les suivantes :

- **Revêtements en béton** : un renforcement de la couche en surface (béton de fibres d'acier, ciment avec agrégats durs) et un traitement antipoussières de la surface sont conseillés.
- **Revêtements en résine** avec charges minérales (corindon, bauxite...) : pour les sols où les risques de glissade sont élevés, les résines avec des charges minérales sont conseillées ; elles permettent d'atteindre des coefficients de frottement élevés.
- **Carrelages** : ils sont généralement réservés aux activités de l'agroalimentaire, aux cuisines et aux laboratoires, et à des locaux du type sanitaire. Les grès cérame antidérapants sont conseillés : ils permettent d'atteindre des coefficients de frottement élevés (supérieurs à 0,30 ou ayant un degré d'antidérapance classé R12 ou R13 selon la norme DIN 51130). Si l'épaisseur de ces revêtements est suffisante (supérieure ou égale à 12 mm), ces carrelages résistent mieux aux chocs thermiques et au roulement intensif de chariots que les sols à base de résine. Par ailleurs, les sols recouverts de petits carreaux sont moins susceptibles d'accumuler les charges électrostatiques que ceux réalisés avec des

grands carreaux car les joints assurent la dissipation des charges.

- **Sols plastiques** : les sols plastiques sont des revêtements collés sur un support résistant (le plus souvent une chape ciment). En lés ou en carreaux, ils conviennent pour la réalisation des sols de nombreux lieux de travail (bureaux, commerces, établissements de soins, industrie électronique, textile, confection...). Ils sont faciles à entretenir et à remplacer, et moins coûteux que les sols scellés. Outre les critères indiqués précédemment, on devra également tenir compte du coefficient de frottement, de leur tenue au feu et de leur conductivité électrique (électricité statique).

7.4.3 Installations sanitaires

D'une manière générale, les matériaux des sols et murs des installations sanitaires doivent être très peu absorbants (imperméables) et d'un entretien facile. Pour les sols : carrelage en matière minérale de préférence en grès cérame fin vitrifié ou grès émaillé, éventuellement revêtement plastique, sans relief à la jonction des lés. Pour les murs : même principe sur une hauteur de 1,20 m minima. Les plinthes devront être en matière hydrophobe et munies de gorges.

7.4.4 Prise en compte des contraintes de nettoyage

Quelle que soit l'activité de l'entreprise, le nettoyage d'un sol est d'autant plus facile que le revêtement est :

- bien adapté aux divers usages du local où il est posé, condition primordiale pour éviter un vieillissement prématuré,
- étanche et exempt d'anfractuosités inaccessibles au nettoyage.

Le choix des procédés de nettoyage doit être conduit en même temps que celui du revêtement. Ce dernier mérite d'être validé avec les futurs utilisateurs, ce qui requiert d'effectuer quelques essais de nettoyage comparatifs sur échantillons (par exemple, essais d'enlèvement de produits tâchant).

Quelle que soit l'activité de l'entreprise, le choix de la technique de nettoyage implique la prévision ou la révision des aménagements à intégrer

dans l'ouvrage pour faciliter les opérations de nettoyage des sols.

Dans les locaux où le nettoyage doit se faire à grande eau ou lorsque le déversement ou l'égouttage de liquides est prévisible, prévoir des pentes de 1,5 % à 2 % dirigées vers des dispositifs de recueil (caniveaux, grilles, siphons de sol).

On évitera dans la mesure du possible le découpage « en pointe de diamant » difficile à réaliser, et on fera en sorte que le trafic des matériels roulants (en particulier à traction humaine) reste possible sans efforts excessifs.

Les siphons de sol et les grilles seront implantés en dehors des aires et allées de circulation des transpalettes et des chariots automoteurs, de manière à éviter les à-coups générateurs d'autres risques, mais à proximité des zones de salissures. La dimension des siphons de sol et des tuyaux d'évacuation doit être adaptée à la nature des rejets (boues...) pour éviter les bouchages.

Les joints constituent toujours un élément important et même indispensable : sans eux, les dilata-tions risqueraient de provoquer des épaufures (éclat d'un bord de parement) aux angles des surfaces. Les siphons de sol, grilles et autres points de recette des écoulements de surface étant définis, les raccordements au revêtement constituent aussi un élément essentiel de l'étanchéité.

7.5 Escaliers

De manière générale, pour la prévention des risques professionnels, il est préférable d'envisager une architecture de plain-pied permettant de s'affranchir de la mise en place d'escaliers pour les raisons suivantes :

- les escaliers sont à l'origine d'un nombre élevé d'accidents du travail (près de 5 % des accidents graves),
- ils constituent une entrave lors d'une évacuation en cas d'incendie ou pour l'accessibilité des personnes à mobilité réduite,
- ils peuvent contribuer à la fatigue physique lors d'un usage fréquent.

Néanmoins et en pratique, les escaliers sont le plus souvent incontournables, ne serait-ce que pour accéder aux installations fixes situées en

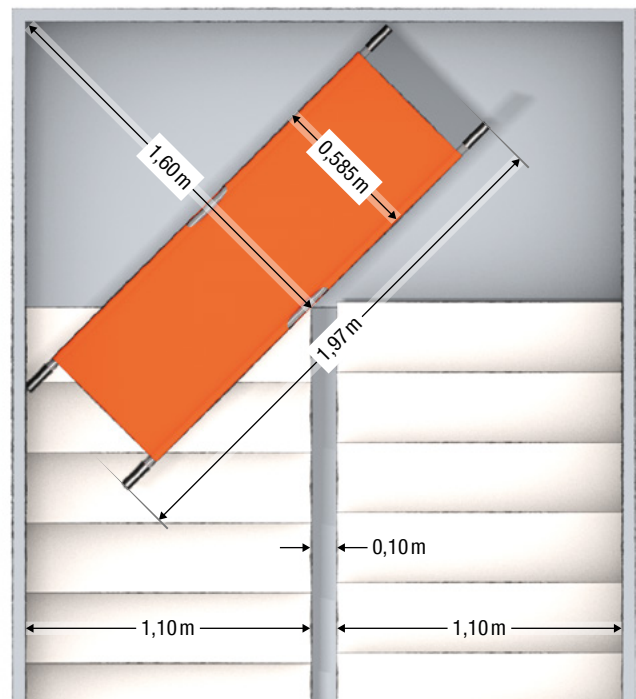
hauteur (voir § 8.2). Ils doivent être préférés aux échelles (à marches ou verticales) qui augmentent les risques de chute.

7.5.1 Nombre d'escaliers et largeurs de passage

Le tableau 4.2 définit le nombre et la largeur minimale des dégagements d'évacuation en cas d'incendie. Lorsque ces dégagements comportent des escaliers, ceux-ci doivent avoir la même largeur. La largeur des escaliers doit cependant être augmentée de moitié lorsqu'ils desservent un sous-sol et, en aucun cas, inférieure à 2 unités de passage, soit 1,20 m.

Les escaliers desservant les étages sont dissociés, au niveau de l'évacuation sur l'extérieur, de ceux desservant les sous-sols.

Aucun escalier d'évacuation ne doit avoir une largeur inférieure à 0,90 m, excepté en cas d'impossibilité technique lors d'une rénovation ou d'une installation dans un immeuble existant où il est admis que cette largeur soit ramenée à 0,80 m.



Escalier droit de type A

■ Figure 7.9 – Dimensions minimales d'un escalier droit permettant d'évacuer une personne couchée sur un brancard.

Lorsque le niveau à desservir est d'un usage occasionnel pour les personnes handicapées et qu'il n'est prévu ni ascenseur ni rampe praticable, au moins un escalier d'accès doit présenter une largeur d'au moins 1,40 m.

Pour pouvoir évacuer une personne couchée sur un brancard, il est nécessaire qu'au moins un escalier soit dimensionné en conséquence (voir figure 7.9). Une attention particulière doit être portée au niveau des passages de portes, au droit des paliers, notamment au rez-de-chaussée et au dernier niveau. Il est fortement recommandé d'effectuer une vérification systématique en phase de conception et à chaque modification de l'environnement de l'escalier sur plan, à l'aide d'un gabarit de 1,97 x 0,585 m représentant le brancard normalisé et en tenant compte des besoins d'espace pour les brancardiers. En aucun cas, les dimensions ne doivent être inférieures aux dimensions présentées dans la figure 7.9.

7.5.2 Implantation des escaliers

Leur emplacement doit correspondre aux besoins en termes de flux de circulation (voir chapitre 4) et remplir les conditions réglementaires suivantes :

- **en étage ou en sous-sol**, la distance à parcourir pour gagner un escalier doit toujours être inférieure à 40 m,
- **au rez-de-chaussée**, le débouché d'un escalier doit être situé à moins de 20 m d'une sortie sur l'extérieur.

À noter de plus que les escaliers ne doivent pas empiéter ou déboucher directement sur des allées où circulent des engins de manutention.

7.5.3 Choix entre escalier droit, à courbe balancée ou hélicoïdal

Ce choix dépend de nombreux facteurs, dont l'espace disponible. Du point de vue de la prévention, les préconisations sont les suivantes :

- **L'escalier droit sur plan rectangulaire** (voir figure 7.10) est recommandé : volées courtes facilement identifiables, alternance travail (marches) – repos (paliers) bien équilibrée, facilité d'entretien du sol et de la cage d'escalier. Si l'escalier est à structure métallique, des précautions doivent être prises pour le désolidariser du gros œuvre (vibrations et bruits

d'impact). La longueur minimale d'un palier pour un escalier droit est de 0,80 m, et de 1 m en cas de volée non contrariée.

- **L'escalier à volée** courbe balancée est acceptable.

- **L'escalier hélicoïdal** est à éviter, surtout lorsque les passages sont fréquents et en cas de port de charge. Ce type d'escalier ne peut être utilisé pour le passage d'un brancard (compte tenu des exigences dimensionnelles) que si le noyau central a un diamètre supérieur à 82 cm.

7.5.4 Marches et volées

La conception des marches et volées doit être conforme à la réglementation et notamment :

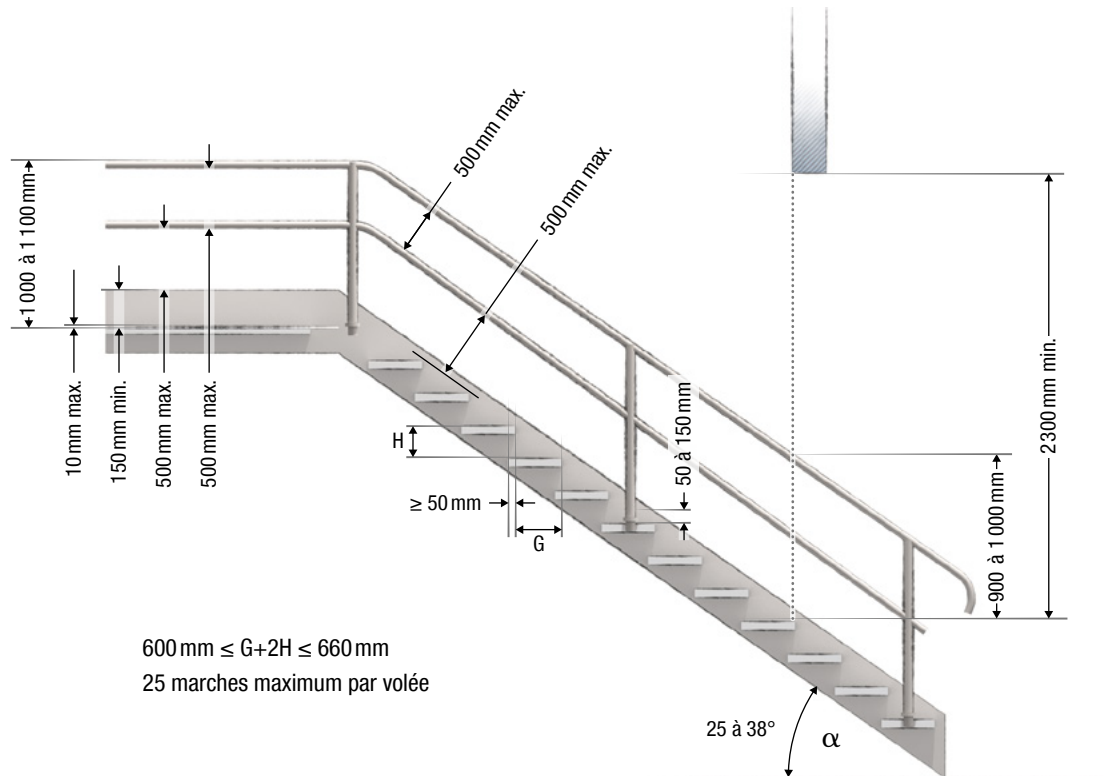
- il ne faut pas dépasser vingt-cinq marches par volée,
- en l'absence de contremarches, les marches successives doivent se recouvrir de 5 cm,
- le revêtement des marches doit être antidérapant,
- une attention particulière doit être portée au nez des marches : il faut éviter les revêtements collés (surépaisseur dangereuse si décollement), le nez de marche doit être bien visible (couleur différente du reste de la marche).

Les tolérances dimensionnelles à respecter sont présentées dans le tableau 7.2. Les mesures sont à prendre le long de la ligne de foulée, située dans l'axe de l'embranchement ou à 60 cm du noyau ou du vide central. Le giron (G) doit être d'au moins 28 cm. Pour les escaliers hélicoïdaux, ces tolérances sont à respecter sur la ligne de foulée et le giron extérieur doit être inférieur ou égal à 42 cm.

Tableau 7.2: Tolérances dimensionnelles recommandées pour les escaliers.

13 cm	Hauteur de marche (H)	17 cm
28 cm	Giron (G)	36 cm
60 cm	2H + G	66 cm
25°	Inclinaison de l'escalier	38 °

Il faut noter que la règle $60 < 2H + G < 66$ ne suffit pas à garantir à elle seule la conception sécurisante d'un escalier ; il est nécessaire de la coupler à une inclinaison de l'escalier comprise entre 25 et 38° (norme NF E85-013, voir figure 8.1). Par ailleurs, dans le cas d'un escalier destiné à être utilisé par une personne à mobilité réduite, la hauteur des marches ne doit pas dépasser 16 cm.



■ Figure 7.10 – Garde-corps et escalier pour accès permanent aux installations industrielles (selon la norme NF E85-015).

7.5.5 Rampe, garde-corps en rive, main courante

Les escaliers non enclouonnés doivent comporter un garde-corps de chaque côté. Une main courante préhensible de chaque côté est recommandée pour tout escalier de largeur égale ou supérieure à 1,20 m et, dans tous les cas, obligatoire pour tout escalier de largeur égale ou supérieure à 1,50 m, de même que pour tout escalier de trois marches ou plus destiné à être utilisé par une personne à mobilité réduite.

Les dimensions proposées par la norme NFE85-015 sont considérées dans cette brochure comme d'application générale. Ainsi, la hauteur de la rampe ou de la main courante doit être d'au moins 0,90 m sur une volée d'escalier et d'au moins 1 m sur palier¹⁵ (voir figure 7.10). La main courante ne doit présenter aucune interruption. Elle ne doit pas restreindre la largeur de l'escalier de plus de 10 cm et être située en deçà de 1,10 m de hauteur.

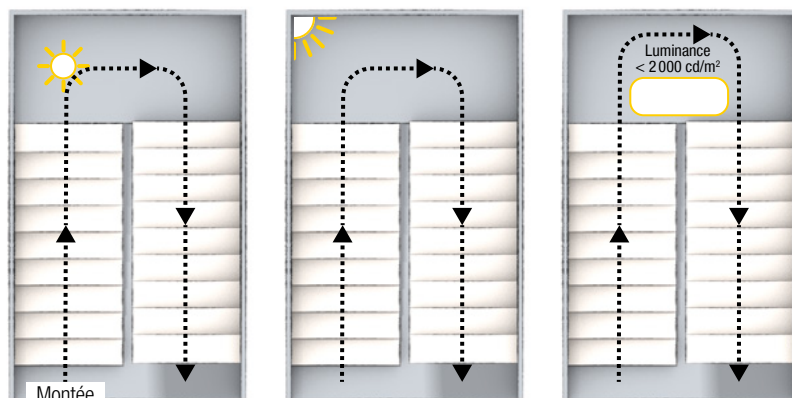
15. Cette valeur est portée à 1,10 m dans le cas d'un escalier intégré à une machine et répondant à la norme NF EN ISO 14122-3.

Enfin, la distance entre les barreaux verticaux doit être d'au plus 18 cm. Dans le cas de lieux recevant du public, les garde-corps des escaliers et passerelles devront être conçus selon la norme NF P01-012 applicable aux bâtiments (avec barreaux verticaux espacés d'au plus 11 cm).

7.5.6 Éclairage

L'éclairage naturel est conseillé. L'emplacement et le type de vitrages doivent permettre d'éviter l'éblouissement par vision directe du soleil et autoriser un nettoyage des vitrages en sécurité.

La valeur conseillée pour l'éclairage artificiel est de 100 à 300 lux, valeur minimale : 60 lux. Les contrastes trop importants avec d'autres locaux doivent être évités (rapport de 1 à 5 maximum à préserver). Les luminaires seront installés en plafonnier ou en applique, non visibles lors de la descente et accessibles en sécurité. Le luminaire en plafonnier peut être installé dans l'axe de symétrie de l'escalier avec, dans ce cas, une luminance < 2 000 cd/m² (voir figure 7.11).



■ Figure 7.11 – Emplacements possibles des luminaires.

7.5.7 Ventilation et désenfumage

Tous les escaliers doivent comporter un dispositif de désenfumage naturel ou mécanique.

Si l'escalier est encloisonné (cas le plus fréquent), le désenfumage est réalisé soit par la mise en surpression de la cage d'escalier, soit par un désenfumage naturel ou mécanique. S'il n'est pas encloisonné, les règles à appliquer sont celles du volume dans lequel il se situe.

Bibliographie

- [1] Aide au choix d'un équipement de travail en hauteur. Travaux sur façade. ED 6195, INRS
- [2] Phénomènes électrostatiques. Risques associés et prévention. ED 6354, INRS



8. Installations techniques, stockages

Ce chapitre traite des installations techniques qui peuvent être présentes dans tout type d'activité ou de bâtiment. Les installations techniques peuvent être à l'origine de risques particuliers : risques électriques, chutes de hauteur, accès en espace confiné, risques liés aux manutentions, au levage ou au stockage de charges, risques chimiques liés aux produits stockés, gestion des déchets...

8.1 Installations électriques

8.1.1 Généralités

Le risque électrique peut prendre plusieurs formes :

- électrisation par contact direct avec des pièces nues sous tension ou par contact indirect avec des masses mises accidentellement sous tension,
- brûlure par arc électrique, notamment lors d'un court-circuit,
- incendie et explosion,
- fonctionnement intempestif de mécanismes ou de machines suite à des défaillances du système électrique de commande.

Pour plus de détails sur le risque électrique et sa prévention, se reporter à la brochure ED 6345 [1].

La conception des installations électriques ne doit pas se limiter au strict respect de la réglementation et des normes (voir brochure ED 6187 [2]). Elle doit également tenir compte de l'aménagement des bâtiments et de leur utilisation : maintenance des équipements, circulations avec ou sans engins, espaces dédiés aux manutentions, zones de stockage de produits, postes de travail, nécessité de branchement de matériel portatif...

8.1.2 Conception des installations

8.1.2.1 Règles générales

La conception des installations électriques doit assurer la protection contre les contacts directs et indirects, contre les brûlures, les courts-circuits et l'incendie (voir brochure ED 6345 [1]).

Les installations doivent être conçues et réalisées conformément à la réglementation. Elles doivent être adaptées à l'usage de chaque local, compte tenu des risques spécifiques d'incendie, d'explosion et d'électrisation (locaux humides ou conducteurs en particulier).

Le maître d'ouvrage devra :

1. Vérifier si la réglementation impose des règles de conception particulière (pour certaines activités, des schémas de liaison à la terre sont imposés ou vivement recommandés).

2. Considérer le besoin, ou non, d'assurer la continuité de service, notamment pour le choix du régime de neutre (schéma de liaison à la terre).
3. Considérer les besoins d'accès aux locaux à risques particuliers de chocs électriques, en termes de localisation géographique et d'aménagement intérieur.
4. Prévoir les coupures d'urgence et les dispositifs de séparation des énergies.
5. Spécifier à l'électricien et aux fournisseurs d'appareils électriques les conditions de fonctionnement et d'influences externes, notamment : température, humidité, poussières, substances polluantes, inflammables (Atex) ou corrosives, contraintes mécaniques, chocs éventuels (manutention, circulation), vibrations... pour qu'ils puissent fournir du matériel adapté.
6. Choisir des appareils conformes à la réglementation (marquage CE), en particulier pour ceux ayant une fonction de sécurité.
7. Dimensionner les installations électriques (appareils, câbles...) conformément aux besoins en énergie.

Pour une installation de grande ampleur et afin de limiter les risques de courts-circuits, il est préférable d'utiliser plusieurs transformateurs de moindre puissance plutôt qu'un seul assurant toute l'alimentation de l'installation.

Les locaux à risques particuliers de chocs électriques sont d'accès réservés aux seules personnes habilitées. Ils ne doivent être utilisés ni comme zone de circulation ni pour l'implantation de postes de travail autres que ceux liés à l'exploitation de l'installation électrique.

Supprimer au maximum toute présence à proximité des zones à risques de chocs électriques.

Les liaisons électriques de haute tension se feront de préférence en lignes souterraines pour éviter d'avoir à travailler dans leur voisinage.

Des coffrets électriques équipés de prises seront installés au plus près des équipements pour permettre les interventions (maintenance, commande de proximité, consignation, nettoyage...) tout en limitant le déploiement de rallonges.

8.1.2.2 Choix du régime de neutre : schéma de liaison à la terre

Le choix du régime de neutre va conditionner l'ensemble de la conception de l'installation électrique. Il doit résulter d'une concertation entre l'utilisateur et le concepteur du réseau (installateur, bureau d'études, conseiller). Ce choix doit être guidé par :

- les impératifs d'exploitation (continuité de service, compétence disponible pour surveiller et localiser un défaut),
- les caractéristiques particulières de l'installation et des appareils électriques qui y seront reliés.

Si l'installation est alimentée directement en basse tension (BT) par le réseau public, le distributeur impose le schéma TT réalisé au niveau du poste de transformation dont il est propriétaire. Dans ce cas, l'exploitant, s'il veut un schéma différent, doit installer en tête de son installation un transformateur BT/BT (transformateur de séparation). De même, un transformateur de séparation doit être installé si l'on veut créer localement un schéma différent de celui de l'ensemble du réseau.

Il existe **trois schémas de liaison à la terre** : IT, TT et TN. Sur le plan de la protection des personnes, ces trois régimes sont équivalents si l'on respecte bien toutes les règles d'installation et d'exploitation.

- **Schéma TT** (neutre directement relié à la terre). Ce schéma est utilisé pour les installations alimentées directement en basse tension par le distributeur. Les circuits doivent être subdivisés et protégés par des dispositifs de protection différentiels provoquant la coupure en amont du défaut. C'est le schéma le plus simple d'exploitation, il ne requiert pas de compétences spécifiques dans le personnel. Il est limité aux installations peu étendues à cause des protections différentielles obligatoires.

Pour les locaux à risque d'explosion, le schéma TT est admis sous réserve de protéger l'installation par des dispositifs à courant différentiel résiduel au plus égal à 300 mA.

Si un défaut résistif peut entraîner un risque d'incendie, par exemple chauffage en plafond par films chauffants, le courant différentiel résiduel assigné doit être au plus de 30 mA.

- **Schéma IT** avec neutre isolé ou impédant. Ce schéma est utilisable pour les installations alimentées à partir d'un poste de transformation privé et dont l'interruption dès l'apparition d'un premier

défaut n'est pas souhaitable. Il permet ainsi la continuité d'exploitation. Dans certains cas, ce schéma est une obligation réglementaire (salle d'opération, éclairage de sécurité). Cependant, le régime IT, du fait de sa technicité plus grande, entraîne des contraintes d'exploitation plus importantes, nécessitant du personnel compétent et disponible ainsi qu'une surveillance accrue de l'installation à l'aide d'un CPI (contrôleur permanent d'isolement) avec alarme sonore et/ou visuelle. Son coût à l'installation et en exploitation est plus élevé.

● **Schéma TN.** Ce schéma est utilisable pour des installations alimentées à partir d'un poste de transformation privé et dont l'exploitation est compatible avec une coupure au premier défaut. Il est aussi le plus adapté aux installations présentant des courants de fuite importants, tels que l'alimentation de fours ou de matériels électroniques.

Économique, il est simple à mettre en œuvre car il ne nécessite pas d'autres dispositifs de coupure automatique que les dispositifs prévus normalement pour assurer la protection contre les surintensités, sauf circuits de grande longueur. Il permet aussi l'économie d'un conducteur et d'un pôle dans les appareillages.

Ce schéma est à préférer car il permet également de fiabiliser le fonctionnement des installations à courant faible (alarmes, téléphones, réseaux informatisés).

En revanche, il nécessite un calcul très soigné des impédances des liaisons équipotentielle et du seuil de déclenchement des appareils de protection contre les courts-circuits.

Le schéma TN peut être de type TNS (conducteurs du neutre et conducteurs de protection séparés) ou TNC (conducteurs du neutre et de protection confondus). Le schéma TNC est incompatible avec toute protection par dispositif différentiel.

Pour les locaux à risque d'incendie ou d'explosion, le schéma TNC n'est pas admis et le schéma TNS doit être associé à des dispositifs à courants différentiels résiduels au plus égaux à 300 mA.

8.1.3 Prévention des risques liés à la foudre

La foudre, outre les risques qu'elle peut faire courir au personnel, génère des surtensions électriques qui peuvent :

- occasionner le claquage de transformateurs, de composants électroniques, du relayage... ,
- occasionner des dysfonctionnements : erreur de transmission, démarrage intempestif... ,
- entraîner le vieillissement prématuré de composants,
- perturber l'organisation...

Tout cela est susceptible d'augmenter les risques encourus et de générer des coûts supplémentaires.

Les conditions de mise en œuvre des protections contre la foudre dépendent :

- du niveau Kéraunique (N_k) qui exprime la sévérité orageuse, et de la densité de foudroiement (N_g) qui représente le nombre de coups de foudre par kilomètre carré par an (ces informations sont disponibles sur le site www.meteorage.com),
- de l'analyse des risques que peuvent entraîner les dysfonctionnements liés à la foudre en termes de sécurité des personnes.

Le système de protection contre les coups de foudre directs, souvent appelé « installation extérieure de protection contre la foudre », est composé :

- d'un paratonnerre pour « capter » la foudre,
- d'un réseau d'équipotentialité des masses pour « transporter » les courants générés par la foudre,
- et du réseau de prises de terre pour écouler les charges à la terre.

En plus de ce système, une protection contre les effets secondaires de la foudre est généralement nécessaire (parafoudre). Cette protection a pour but de limiter les effets des surtensions atmosphériques sur les installations électriques. Pour un fonctionnement optimal de ces moyens de protection, une attention particulière doit être prêter :

- au maillage des masses : les structures métalliques telles les ferraillements, potences fixes, chemins de câbles, conduites... doivent être reprises sur un maillage en les interconnectant par des liaisons courtes et nombreuses et de section adaptée,
- au schéma de liaison à la terre : le schéma TN (et en particulier le TNS) est celui qui assure la meilleure protection contre les surtensions,
- à la limitation de la surface de la boucle « victime » : nécessité de faire passer tous les câbles sur un même plan horizontal, dans des chemins de câbles métalliques distincts reliés en plusieurs points au

réseau de masse, avec séparation des câbles blindés de ceux qui ne le sont pas⁽¹⁶⁾,

- aux limiteurs de surtensions liées à des défauts,
- aux parafoudres et parasurtenseurs : limitation des surtensions transitoires à des valeurs non dangereuses pour le matériel (notamment les appareils ayant une sensibilité particulière, de type matériel informatique, électronique...) et évacuation des courants de décharge vers la terre.

La norme NF C15-100 définit un ensemble de règles concernant les moyens de protection à prévoir lors de la conception des installations. Elle précise les conditions de mise en œuvre des parafoudres.

8.2 Installations en hauteur

Les installations fixes situées en hauteur peuvent être très diverses : machines (ou parties hautes de machines), ponts roulants, installations sous ferme ou sous toiture (réseau de fluides...), dispositifs installés sur la toiture (extracteurs d'air, aéro-condenseurs...).

La conception de ces installations doit prendre en compte les opérations ultérieures d'entretien et de maintenance, même exceptionnelles.

Pour que ces opérations puissent être effectuées dans les meilleures conditions possible, les règles suivantes doivent être appliquées :

- ces installations devront disposer d'éléments de consignation des énergies (électrique, fluide et mécanique – voir brochure ED 6109 [3]) aisément accessibles,
- leurs organes de commande et points d'intervention devront, tant que faire se peut, être accessibles de plain-pied pour éviter tout risque de chute de hauteur,
- les zones de travail (plates-formes, par exemple) devront être prévues en fonction de l'opération présentant l'encombrement le plus important en nombre de personnes et en volume de matériel nécessaire...

16. Pour assurer la compatibilité électromagnétique (CEM), les différents chemins de câbles doivent être séparés d'au moins 30 cm.

- la hauteur libre de passage minimale sera de 2,10 m, des obstacles ne devant en aucun cas la restreindre en deçà de 1,90 m. Si c'était cependant le cas, l'obstacle doit être signalé et équipé de protections contre le risque de heurt (amortisseur, mousse...).

8.2.1 Moyens d'accès

Les accès en toiture sont traités dans le § 7.1.

Lorsque l'accès à des installations en hauteur ne peut être évité, il est recommandé de prévoir un accès fixe, prioritairement à une plate-forme individuelle roulante ou à une nacelle élévatrice qui n'est pas disponible en permanence.

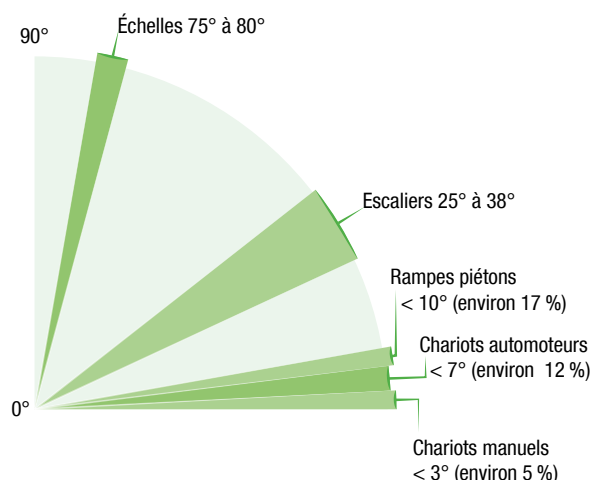
Les escaliers constituent le moyen le plus sûr. Ils permettent de limiter la fatigue et de transporter des charges courantes, par exemple de l'outillage d'entretien. Ils permettent, en outre, d'évacuer un blessé sur un brancard. Pour les spécifications techniques les concernant, se reporter au § 7.5.

L'accès par échelle doit être réservé à des utilisations peu fréquentes, ne nécessitant pas de port de matériel. Les échelles à marches sont fortement déconseillées en raison du risque de chute accru lors de la descente.

Pour rappel, ces moyens d'accès ne doivent pas empiéter ou déboucher directement sur des allées où circulent des engins ou des véhicules.

La figure 8.1 donne les inclinaisons recommandées selon les moyens d'accès en hauteur.

En cas de recours aux échelles, un moyen de protection doit être prévu selon l'analyse du risque



■ Figure 8.1 – Inclinaisons recommandées pour les moyens d'accès en hauteur, d'après la norme NF E85-013.

de chute, quelle que soit la hauteur. La crinoline constitue dans ce cas le seul moyen de protection collectif contre les risques de chute et doit donc être intégrée prioritairement dès la conception.

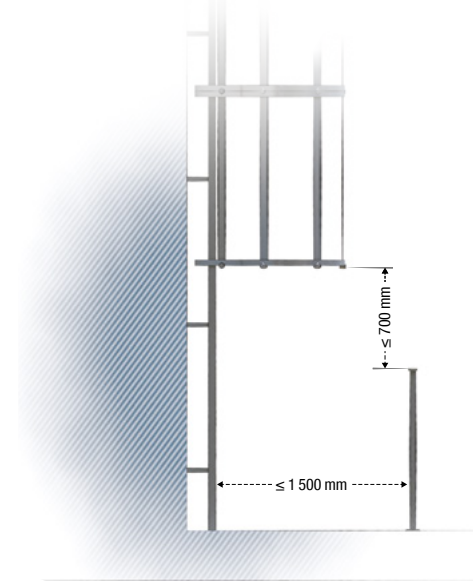
La hauteur d'une échelle à crinoline à volée unique (c'est-à-dire sans palier de repos) est limitée à 8 m, conformément à la norme NF E85-016. Pour des hauteurs supérieures, chaque volée ne doit pas excéder 6 m.

Dans le cas particulier où l'échelle à crinoline fait partie intégrante d'une machine, sa hauteur maximale est portée à 10 m si elle est conçue en une seule volée (NF EN ISO 14122-4).

Si la plate-forme de départ d'une échelle à crinoline se trouve à moins de 1,50 m d'un garde-corps protégeant d'un risque de chute, celui-ci devra être rehaussé de façon à garantir une distance maximale de 700 mm entre le bas de la crinoline et le haut de la rehausse (NF E85-016, voir figure 8.2).

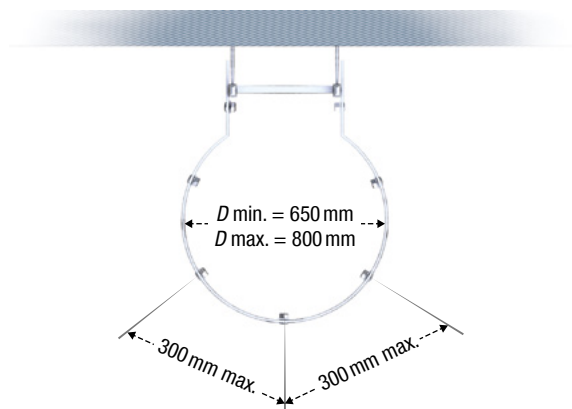
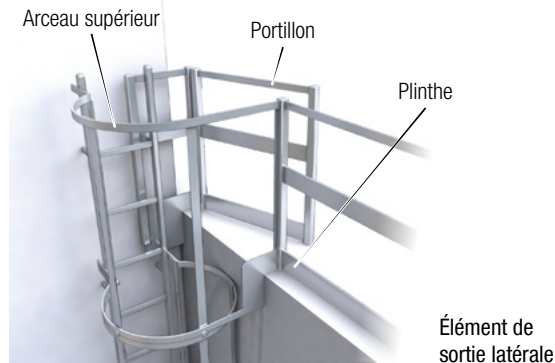
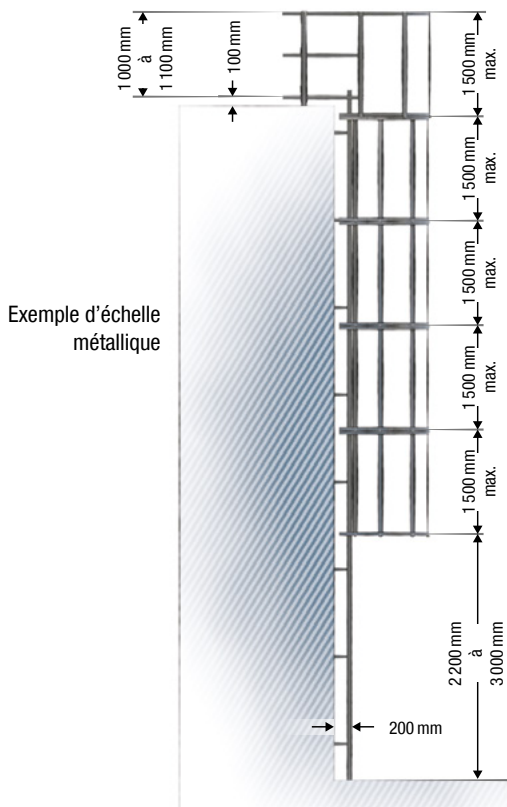
Des portillons d'accès aux niveaux/plates-formes desservis devront être prévus, de préférence latéralement. Leur ouverture s'effectuera vers l'extérieur. Ils seront à fermeture automatique (ressort,

axe incliné...), indégondables sans l'aide d'un outil et feront l'objet d'une signalisation particulière afin d'être facilement repérables (voir figure 8.3).



Vue de face avec extension

■ Figure 8.2 – Rehausse d'un garde-corps situé à moins de 1,50 m d'une plate-forme de départ d'une échelle à crinoline.



■ Figure 8.3 – Exemples de dimensionnement pour une échelle métallique à crinoline.

8.2.2 Plates-formes et passerelles de circulation

• **Les plates-formes et passerelles de circulation** (selon la norme NF E85-014) seront munies de garde-corps en bordure du vide (voir § 8.2.3). La hauteur des plates-formes et passerelles sera définie de manière à situer les points d'intervention entre 500 mm et 1 700 mm pour permettre de travailler en bonne posture, et préférentiellement entre 750 mm et 1 100 mm pour les interventions nécessitant un effort physique important. Leur surface sera adaptée à l'opération nécessitant le plus de place (nombre de personnes et taille du matériel). Les largeurs minimales des accès seront celles mentionnées dans le tableau 3.2. Il est recommandé de porter la largeur à 1 000 mm si la

passerelle est empruntée fréquemment par plusieurs personnes.

La charge admissible devra tenir compte des besoins éventuels de dépose de matériel à proximité du personnel, et ne doit en aucun cas être inférieure à 2 kN/m² sous charge répartie pour la structure et à 1,5 kN/m² en charge ponctuelle.

• **Les caillebotis** : on choisira un caillebotis dont la maille est de 20 x 20 mm maximum.

On évitera les caillebotis dans les zones situées au-dessus de lieux de passage ou de présence de personnel, à proximité de postes utilisant des produits corrosifs, ainsi que dans les endroits soumis à des projections par le dessous (turbine...).

En cas de nécessité de découpe particulière, on veillera à restituer leur résistance d'origine.

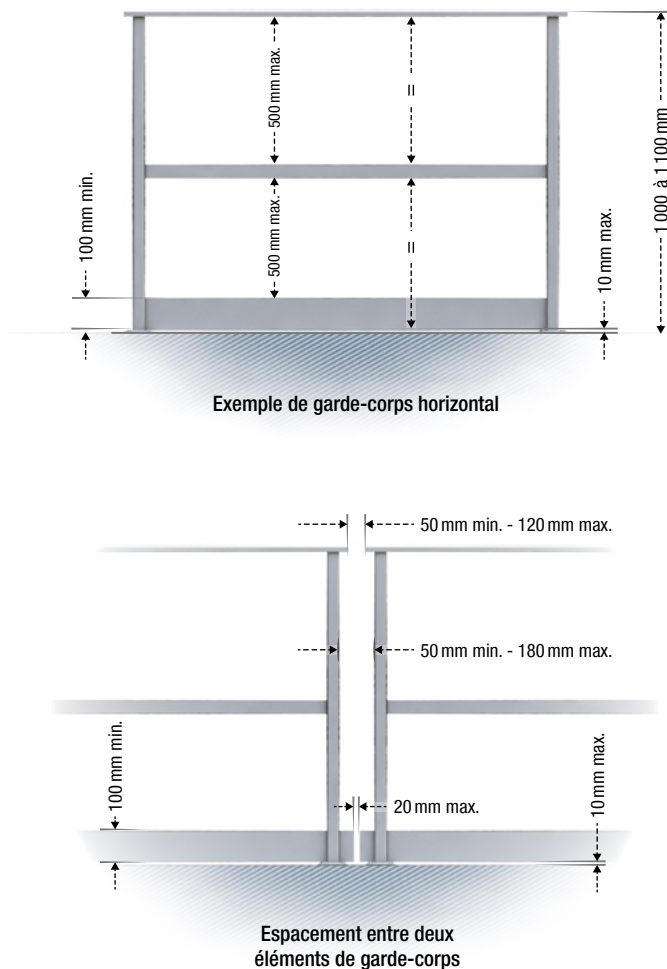
Ils seront adaptés en cas d'ambiance corrosive.

8.2.3 Garde-corps

Des garde-corps devront être prévus pour tout dénivelé supérieur à 50 cm (normes NF EN ISO 14122-3 et NF E85-014), éventuellement pour des dénivelés moindres selon l'analyse de risque (pour protéger en cas d'inattention, par exemple).

Les garde-corps seront fixes et rigides (boulonnés ou soudés), sans partie démontable (la maintenance de charges au-dessus de garde-corps doit pouvoir être réalisée sans avoir à les démonter). Ils seront d'une hauteur de 1 m à 1,10 m pour les installations industrielles (conformément à la norme NF E85 015) et d'une hauteur de 1,10 m pour les garde-corps intégrés aux machines (conformément à la norme NF EN ISO 14122-3). Ils comporteront une lisse intermédiaire ainsi qu'une plinthe (10 cm) ou tout autre dispositif équivalent. L'espace libre entre la main courante du garde-corps et la lisse intermédiaire, ainsi qu'entre la lisse intermédiaire et la plinthe ne devra pas dépasser 0,50 m (voir figure 8.4). Ils seront adaptés en cas d'ambiance corrosive.

Quand des barreaux verticaux remplacent une lisse intermédiaire, l'espace libre horizontal entre les barreaux devra être de 180 mm maximum et 110 mm en cas d'établissement recevant du public. Cette conception présente l'avantage de supprimer toute tentation d'utiliser la sous-lisse comme un moyen d'élévation. L'arase des ouvrages pourra former plinthe ou garde-corps.



■ Figure 8.4 – Garde-corps, d'après la norme NF E85-015.

8.2.4 Transfert de charges vers un niveau en hauteur

Le transfert de charges directement d'un niveau de circulation vers un niveau en hauteur nécessitera l'installation de barrières écluses (voir figure 8.5). La mise en place d'un garde-corps amovible ou l'aménagement d'un ouvrant (de type portillon) est à exclure dans ce cas.

D'autres modèles de barrières écluses permettent des transferts de charges suspendues (barrière écluse levante, de type L, barrière rotative ou circulaire).

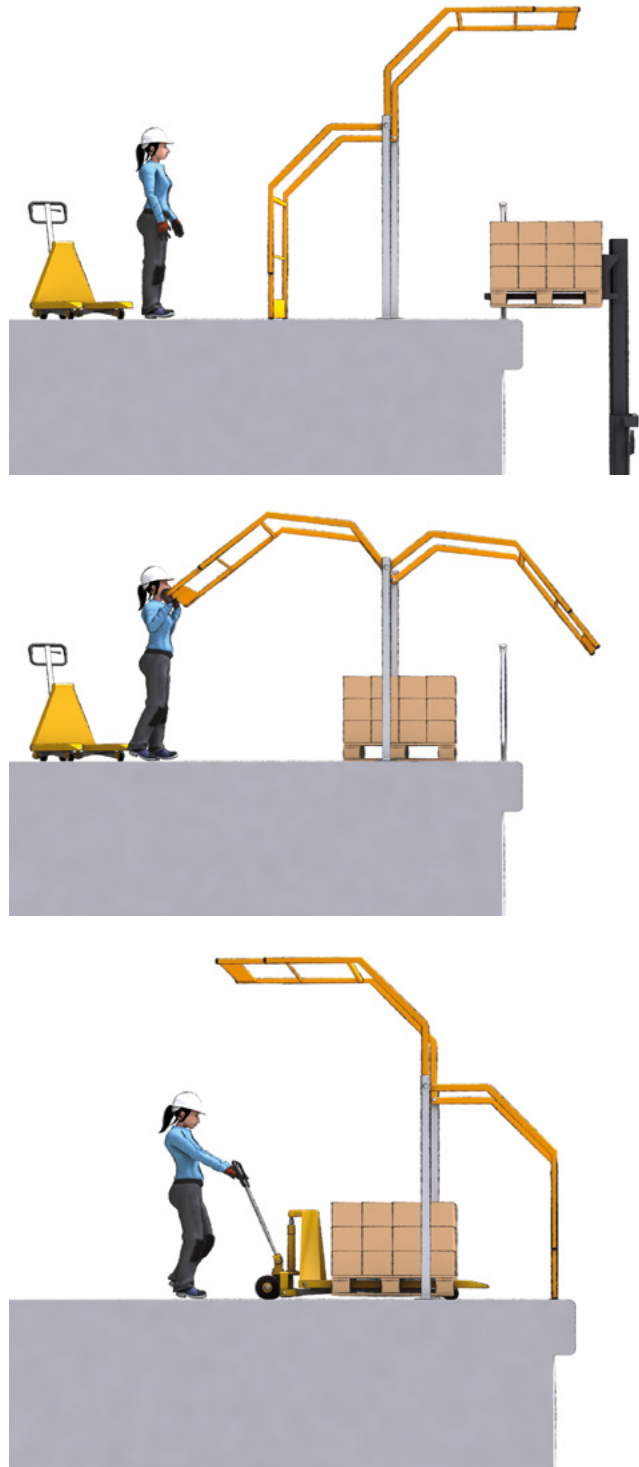
8.3 Espaces confinés

Les espaces confinés (volumes ne présentant pas de renouvellement d'air suffisant) doivent être limités au maximum.

Les espaces confinés (voir brochure ED 6184 [4]) sont des volumes qui n'ont pas vocation à être occupés de façon permanente par des personnes mais qui, à l'occasion, peuvent être occupés temporairement dans l'exercice d'opérations d'entretien, de maintenance, de nettoyage, ou d'opérations non programmées à la suite d'événements exceptionnels, et au sein desquels l'atmosphère peut présenter des risques pour la santé et la sécurité des personnes. Les difficultés d'accès, l'insuffisance de ventilation naturelle, la nature des produits stockés ou ayant été stockés, la nature des résidus présents en font des lieux tout particulièrement dangereux. Il peut s'agir de cuves, de réservoirs, de vides sanitaires, de gaines techniques, d'ouvrages d'assainissement...

Dès la conception, il convient de limiter au maximum ce type de volume et, sinon, de mettre en place une ventilation permanente suffisante ou des dispositifs permettant d'établir facilement une ventilation mécanique auxiliaire.

Il est, par ailleurs, essentiel de prévoir les accès sécurisés pour les personnes et pour le matériel nécessaire à toutes les opérations qui doivent s'y dérouler.



■ Figure 8.5 – Principe de fonctionnement d'une barrière écluse.

8.3.1 Gainex techniques, galeries techniques et vides sanitaires

- **Les gaines techniques** doivent être conçues pour permettre un accès direct en position debout aux organes de commande et de coupure dans des conditions de sécurité et de confort optimales (porte

de pleine hauteur, continuité du plancher pour éviter le risque de chute...).

Les trappes de visite murales prévues pour un contrôle visuel ou une intervention sans accès dans une gaine technique seront situées entre 0,60 m et 2 m à partir du plancher d'accès (voir figure 8.6). Une ouverture de 0,60 m x 0,60 m permet à un intervenant d'engager les épaules. Les points d'intervention doivent être situés à moins de 60 cm de la zone d'accès.

Tous ces accès (portes, trappes de visite...) doivent être dégagés de tout équipement fixe.

- **Les galeries techniques** doivent être privilégiées par rapport aux vides sanitaires. La hauteur minimale de passage doit être de 2,20 m. Les accès doivent se faire par escalier et doivent permettre le transport des matériels et de leur appareil de manutention (transpalette par exemple) ainsi que le passage d'un brancard normalisé (voir § 7.5.1).

Les sols des zones de circulation seront stabilisés et bétonnés et, si nécessaire, équipés de caniveaux.

- **Les vides techniques** doivent être supprimés au maximum à la conception. Ils constituent, au même titre que les galeries techniques, des lieux de travail pour les opérations de maintenance. Il est donc important de prévoir à la fois les zones de circulation à l'intérieur desquelles le personnel

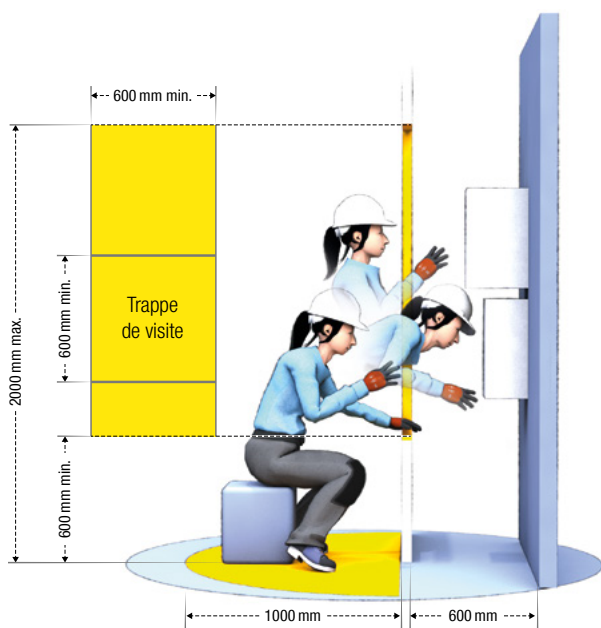
pourra se mouvoir aisément et les zones de travail à partir desquelles l'intervenant pourra facilement réaliser les opérations de maintenance. Pour les interventions nécessitant de se déplacer au-dessus des faux plafonds, des cheminements spécifiques porteurs et protégés contre les chutes doivent ainsi être aménagés.

La hauteur de ces zones de circulation ne doit en aucun cas être inférieure à 1,90 m et leur largeur à 0,60 m (très exceptionnellement en cas d'impossibilité technique, la hauteur peut être réduite à 1,50 m sur un parcours maximal de 6 m). Les zones de travail doivent respecter a minima le gabarit présenté en figure 8.7.

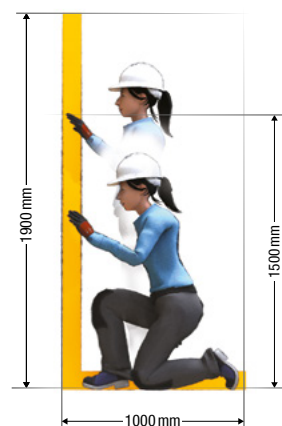
8.3.2 Bassins ou capacités (ouvrages d'assainissement, stockage de produits liquides...)

Le premier principe à respecter est d'éviter d'avoir à descendre dans les capacités (bâches, bassins, puits, fosses, cuves, réservoirs...), notamment lorsqu'il existe un risque de présence de produits fermentescibles ou dangereux qui peuvent entraîner des risques d'intoxication, d'asphyxie ou d'explosion. Pour cela, les opérations courantes de maintenance ou de nettoyage seront conçues pour être réalisées depuis l'extérieur à partir d'une zone sécurisée.

Le second principe consiste à prévoir, dans le cas où la pénétration dans ces capacités ne peut pas être évitée (garantie décennale...), un accès spécifiquement réservé à cet effet, en intégrant



■ Figure 8.6 – Dimensionnement et positionnement des trappes de visite pour intervention sans accès dans la gaine technique.



■ Figure 8.7 – Gabarit minimal des postures de travail dans les vides sanitaires.

toutes les dispositions permettant d'intervenir en sécurité.

8.3.2.1 Accès pour le matériel

Des trémies seront prévues spécifiquement pour le passage de matériel. Il est préférable de situer directement l'ouverture au droit du ou des équipements, afin d'éviter les reprises de charge. Une ouverture supplémentaire permettra de descendre du matériel complémentaire (éléments d'échafaudage, ventilation et éclairage mobile...) en assurant une zone de réception dégagée de tout obstacle (voir figure 8.9). Une étude des opérations de manutention prévisibles doit permettre d'adapter la conception en conséquence (installation de moyen de manutention fixe, amenée d'engin de levage, déplacement du matériel...).

Les trémies de passage de matériel seront fermées par des trappes :

- montées sur gonds (ou charnières) non oxydables,
- de poids et de dimensions permettant leur manipulation par une personne seule (longueur ou largeur n'excédant pas 1 m) ; en cas d'impossibilité, une aide à l'ouverture sera prévue,
- équipées d'une ou plusieurs poignées, disposées à 0,40 m au plus du bord opposé aux gonds.

Un système de type béquillage, compas ou vérins permettra de bloquer chaque trappe en position ouverte. Le blocage devra s'effectuer par le seul mouvement de l'ouverture, donc sans qu'il y ait besoin d'effectuer de manœuvre particulière. Il devra être sûr et fiable pour prévenir toute chute de la trappe une fois ouverte. Par ailleurs, il devra être facilement accessible et manœuvrable en position debout pour permettre de la refermer.

La protection la plus fiable contre le risque de chute est l'implantation de garde-corps fixes à demeure, conformes aux préconisations du § 8.2.3, ou bien intégrés à la trappe. Ces garde-corps deviennent indispensables lorsqu'il existe des risques de masquage de la trappe (risque d'inondation, de moussage...) pouvant empêcher le maintien en place du dispositif de fermeture et le repérage des ouvertures.

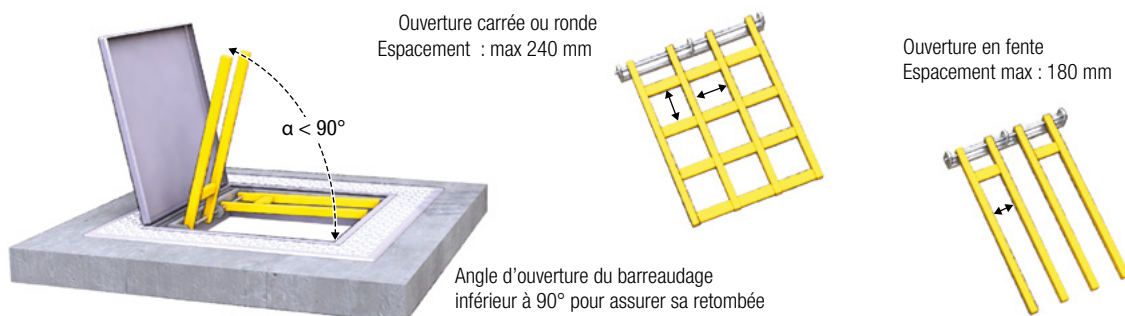
En cas d'absence de garde-corps fixes, un barreaudage antichute protégera les personnes de tout risque de chute dans la trémie. Les barreaux seront reliés ou indépendants selon la destination de l'ouverture. Leur conception doit être étudiée pour que le relevage des barreaudages soit facilement réalisable par une personne seule et n'engendre pas de risque supplémentaire. Leur angle d'ouverture sera inférieur à 90° de telle façon qu'on ne puisse pas les laisser ouverts (voir figure 8.8). L'espacement maximal ne doit pas excéder 180 mm entre barreaux en cas de fente, et 240 mm en cas d'ouverture carrée ou ronde.

8.3.2.2 Accès pour les personnes

Une séparation physique des accès pour le matériel et pour les personnes est à privilégier, pour que toute évacuation puisse se faire sans obstacle.

Pour le passage des personnes, la section d'accès aux ouvrages ne doit pas être inférieure à 0,80 m x 0,80 m ou de diamètre au moins égal à 0,80 m.

Les passages donnant accès à l'intérieur d'installations susceptibles de présenter des risques ou pour des opérations de maintenance importantes auront des dimensions minimales de 1,00 m x 1,20 m, permettant le passage d'un brancard normalisé.



■ Figure 8.8 – Barreaudage antichute : les espacements permettent d'éviter la chute d'un corps tout entier (passage de la jambe uniquement, d'après la norme NF EN ISO 13857).

Les accès via des trous d'homme, de 1 m de diamètre, situés en fond d'ouvrage sont à privilégier (voir figure 8.9) car ils suppriment le risque de chute de hauteur et facilitent les accès. La cinématique d'évacuation par brancard doit être étudiée. L'implantation d'un trou d'homme en fond d'ouvrage ne dispense pas de la présence de trappes en partie supérieure, pour assurer la vidange totale de l'ouvrage avant intervention et en faciliter la ventilation.

En cas d'impossibilité d'accès via un trou d'homme en fond d'ouvrage, la trappe d'accès en partie haute sera équipée d'un garde-corps périphérique avec portillon verrouillable (serrure et clé), sans barreaudage antichute. La conception de la trappe en tant que telle répond aux mêmes exigences que celles des trappes d'accès pour le matériel.

Pour faciliter le balayage de l'enceinte avec de l'air neuf via un dispositif de ventilation mécanique (ventilateurs mobiles...), la trémie de passage pour les personnes sera placée à l'opposé de la trémie de passage des matériels. Ses dimensions doivent permettre le passage des équipes de secours (pompiers équipés de bouteilles), et d'un brancard.

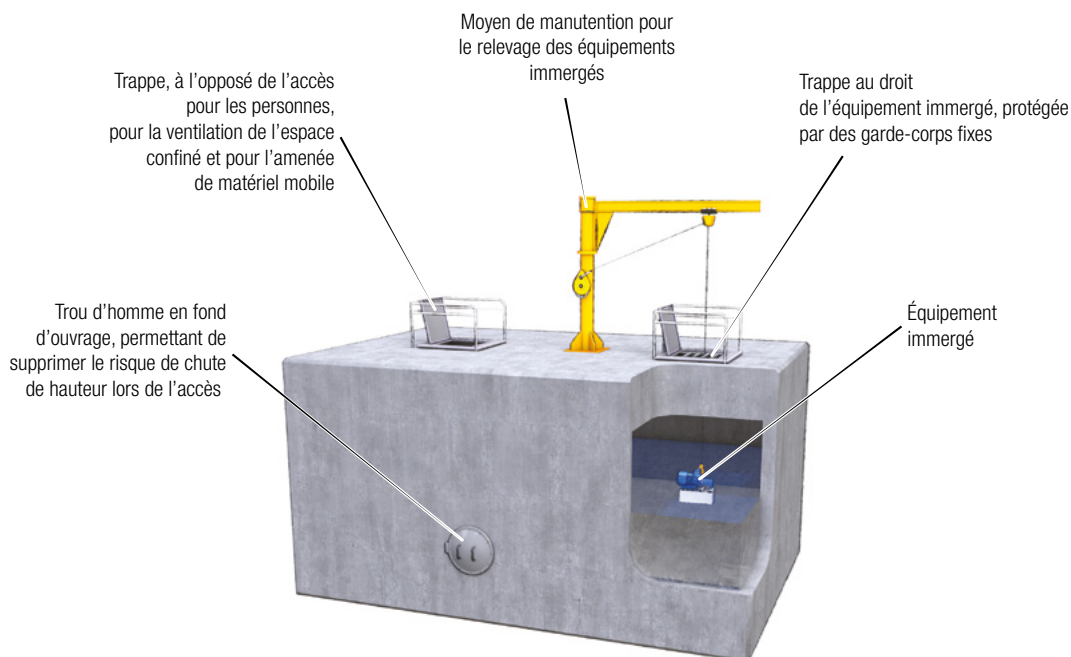
Si possible, un moyen d'accès fixe permanent (échelle, par exemple) sera prévu pour descendre dans l'ouvrage. Cependant, si l'ouvrage

contient des substances risquant de dégrader ce moyen d'accès fixe, il est déconseillé d'en prévoir un car il ne pourrait être inspecté avant utilisation (cas d'une échelle fixe dans un ouvrage en eau, par exemple). Dans ce cas, il est nécessaire de prévoir des dispositions pour la mise en place d'un moyen d'accès mobile et sa fixation sécurisée. Les échelles d'un seul tenant ou télescopiques sont préférables aux échelles en plusieurs éléments assemblés manuellement dont la sécurité repose sur le bon montage préalable de l'ensemble.

8.4 Dispositifs et moyens de manutention de charge

8.4.1 Généralités

On entend par manutention le déplacement d'une charge, qu'il soit horizontal ou vertical (levage). Les risques les plus couramment rencontrés liés à la manutention sont les heurts, les chutes et les lombalgies.



■ Figure 8.9 – Exemple de conception d'un ouvrage en eau, avec une trappe dédiée au matériel au droit des équipements immergés ainsi qu'un moyen de manutention pour en assurer le relevage, une seconde trappe dédiée à la ventilation de l'ouvrage, et un accès pour le personnel par trou d'homme en fond d'ouvrage.

8.4.1.1 Manutentions des équipements

Quel que soit le secteur (industriel ou tertiaire), **la manutention de tous les équipements**, qu'ils soient liés au process ou au fonctionnement du bâtiment, **doit être étudiée dès le démarrage de la conception**.

Cela inclut, selon le moyen de manutention retenu (fixe ou mobile) :

- les largeurs des allées de circulation et la résistance du sol,
- les hauteurs adaptées pour le levage des charges en sécurité, sans démontage des protections collectives et en tenant compte des hauteurs d'élingages ou de palonniers éventuels,
- la zone de dépose du matériel, libre de tout encombrement et permettant une évacuation aisée de l'équipement en évitant les reprises de charge.

Il est recommandé de prévoir les supports de levage dès la conception et de privilégier les installations fixes si les manutentions, toutes interventions confondues, sont régulières.

8.4.1.2 Manutentions liées au process

En ce qui concerne les opérations de production, les besoins en manutention doivent être anticipés en réalisant une analyse a priori des activités de travail (réelles et futures). Les équipements mécaniques permettent d'éviter ou de réduire les manutentions manuelles qui comportent toujours un risque d'atteinte à la santé. Pour rappel, l'employeur doit prendre les mesures d'organisation appropriées ou utiliser les moyens appropriés, et notamment les équipements mécaniques, afin d'éviter le recours à la manutention manuelle de charges par les travailleurs.

Les moyens de manutention doivent être définis en relation avec les besoins réels des opérateurs et en même temps que le processus de fabrication. C'est sur la base des résultats de cette analyse que seront choisis les types d'équipements et d'où découleront leurs cahiers des charges.

Ainsi, dès la phase de programmation, il convient de déterminer au préalable les paramètres concernant les masses, volumes, fréquences et densités pour l'ensemble des produits, matières premières, matières en cours de transformation, produits finis et déchets.

En phase de conception, il est nécessaire :

- d'étudier simultanément la manutention et la circulation des produits et des personnes,
- de les éliminer ou de les réduire le plus possible,
- de substituer autant que possible la manutention mécanique aux manutentions manuelles.

On optera de préférence pour des moyens de manutention propres à chaque machine, pouvant être utilisés par les opérateurs eux-mêmes, en évitant les ruptures de charges.

Il est recommandé de demander au concepteur des simulations de manutentions dès la phase de conception (cinématiques sur plan par exemple), afin de vérifier que les espaces et hauteurs prévus permettent bien la réalisation des opérations en sécurité, en tenant compte notamment :

- de la présence d'une zone de dépose bien définie et libre de tout obstacle, dont les dimensions permettent de réaliser les opérations prévues,
- des hauteurs nécessaires aux déplacements de la charge jusqu'à la zone de dépose, en intégrant les hauteurs d'élingues ou de palonniers spécifiques ; ne pas oublier de prendre en compte la hauteur des garde-corps,
- des possibilités d'amenée ou d'évacuation des charges depuis la zone de dépose jusqu'à la zone de reprise (les ruptures de niveau et reprises de charge doivent être évitées).

Vérifier sur plan l'adéquation entre les espaces libres et les modalités prévues pour les manutentions (levage, déplacement).

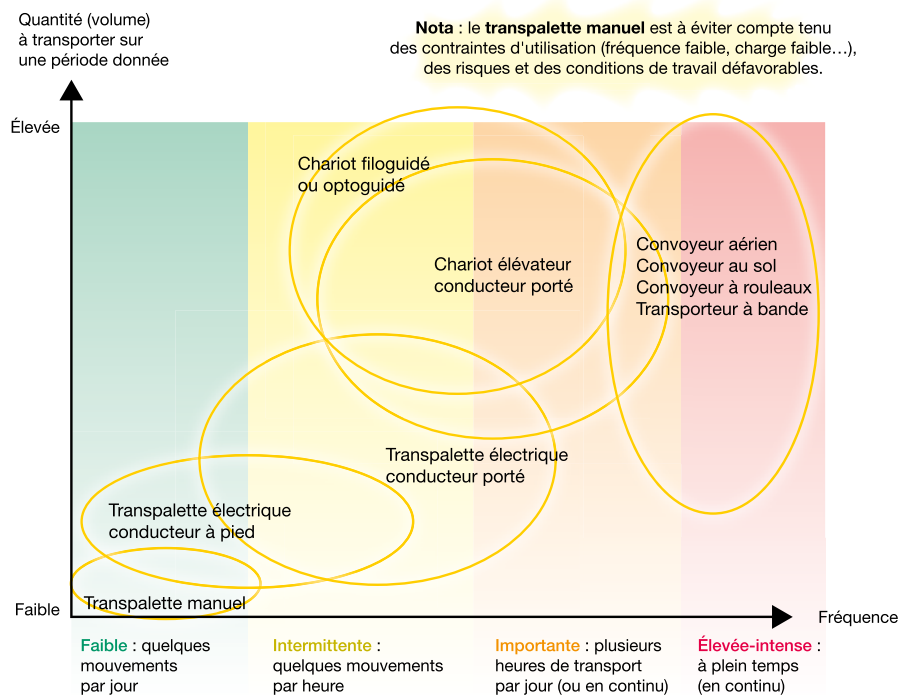
8.4.2 Choix des moyens de manutention

Le choix d'un moyen de manutention dépend :

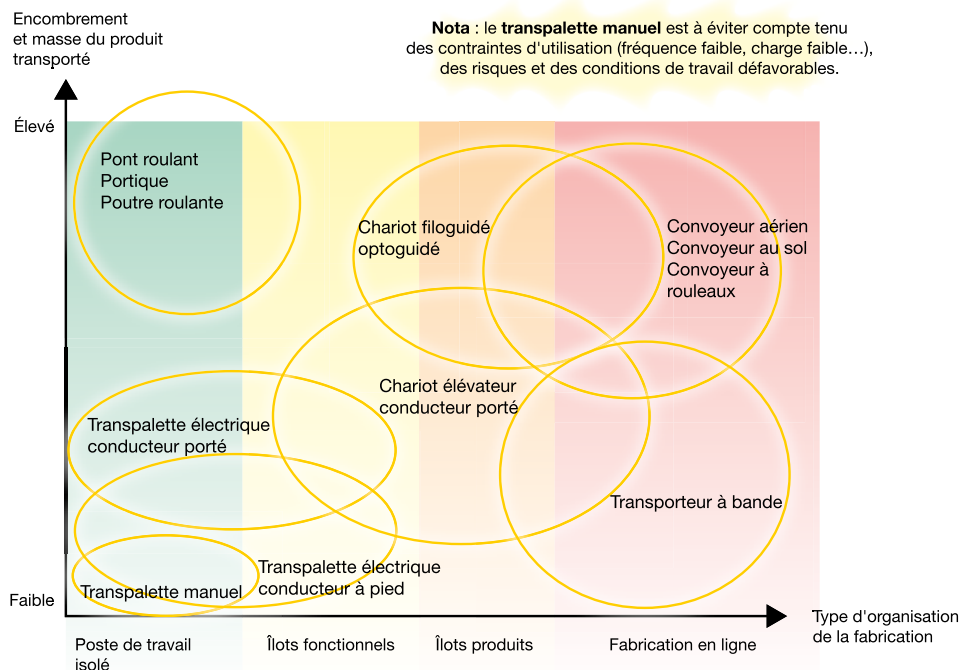
- de la nature (masse, volume...) des charges transportées (palettes, conteneurs, paquets, bacs, vrac...),
- des opérations réalisées : déchargement, chargement de camions, transport de matières au cours du processus de fabrication, types de stockage...),
- de la fréquence des mouvements effectués,
- des distances à parcourir,
- de la hauteur de prise ou de dépose de la charge (par exemple, pour le stockage en hauteur),
- de facteurs économiques : coût du moyen de manutention en tant que tel, coût du génie civil associé (résistance du sol, décaissé, structure du bâtiment...).

Les représentations graphiques (voir figures 8.10 et 8.11) ci-après peuvent aider au choix des moyens de manutention en milieu industriel. Elles sont basées sur les fréquences, les quantités à

transporter par période, l'encombrement ou le volume des produits, et le type d'organisation de la production.



■ Figure 8.10 – Moyen de manutention à privilégier en fonction de la fréquence et du volume de charge.



■ Figure 8.11 – Moyen de manutention à privilégier en fonction de l'organisation de la fabrication.

8.4.3 Contraintes associées

Selon les familles de moyens de manutention, les contraintes à prendre en compte lors de la conception seront plus ou moins importantes. Les tableaux suivants présentent une synthèse des principales conditions d'utilisation, des

conséquences en conception et des recommandations structurantes correspondantes selon les quatre principales familles que constituent les chariots de manutention, les autres appareils de levage, les équipements de manutention continue et les équipements de manutention automatisée.

Tableau 8.1: Synthèse des conditions d'utilisation et des conséquences en conception pour les chariots de manutention.

Chariots de manutention			
Type d'équipement	Conditions principales d'utilisation	Éléments de conception à adapter	Recommandations
Tous chariots	Déplacement horizontal de charges	Niveau de qualité des sols (résistance, glissance, nettoyabilité) Continuité des sols/dénivelés - Position des évacuations d'eau Dimensions (hauteur, largeur) des allées et des portes Séparation porte piétons/porte chariots et plan de circulation (sens, croisements, chicanes, visibilité, séparation des flux) Impact sur la position des quais de chargement	Prévoir un local de maintenance (accès, pont élévateur, moyen de levage...)
Chariot de manutention non motorisé	Faible charge (< 300 kg), faible distance à parcourir (< 30 m), faible fréquence d'utilisation, pas de pente, sol plan et non dégradé (sans ressaut, sans seuil...)	Dispositions générales + Pentes < 2 %	Prévoir des zones de stationnement dédiées (hors zones de circulation, de production ou de stockage)
Chariot automoteur de manutention	À privilégier par rapport aux chariots de manutention non motorisés	Dispositions générales + Pentes < 5 à 8 % (dans tous les cas, inférieure aux limites définies par le constructeur) Ventilation des locaux selon le type d'énergie utilisée (électrique, gaz, fuel...)	Prévoir un local de charge (pour les versions électriques), ou de stockage et de remplacement des bouteilles de gaz, ou de stockage de combustible et de remplissage du réservoir

Tableau 8.2: Synthèse des conditions d'utilisation et des conséquences en conception pour les **appareils de levage** autres que les chariots.

Appareils de levage			
Type d'équipement	Conditions principales d'utilisation	Éléments de conception à adapter	Recommandations
Tous équipements	Besoin de déplacement vertical des charges	Impact sur le génie civil (décaissé, massif) et la structure du bâtiment Alimentation électrique	Prévoir les accès nécessaires à la maintenance des appareils de levage
À charge suspendue	Déplacement vertical et horizontal de la charge	Dispositions générales + Impact sur le dimensionnement de la dalle (adapté pour les épreuves en surcharge et les essais à charge nominale) Visibilité continue sur la charge depuis le poste de commande Implantation/positionnement des luminaires de manière à ne pas éblouir lors du suivi des yeux des charges en élévation Impact sur la structure du bâtiment (résistance, hauteur, largeur) Hauteur du bâtiment adaptée au passage des charges et des accessoires de levage (élingues, palonniers...) au-dessus des obstacles éventuels (garde-corps, équipement...)	Accès aux chemins de roulement des ponts roulants (passerelle fixe ou accès par nacelle en dimensionnant les espaces et la dalle en conséquence) Prévoir les dispositions pour permettre les épreuves en surcharge et les essais à charge nominale (amenée des charges tests) Lorsque l'appareil de levage n'est pas installé en permanence, prévoir un accès en hauteur sécurisé pour son installation
Table élévatrice	Mise à niveaux	Dispositions générales	Dimensionnement du décaissé facilitant l'accès pour la maintenance

Tableau 8.3: Synthèse des conditions d'utilisation et des conséquences en conception pour les **équipements de manutention continue**.

Équipements de manutention continue			
Type d'équipement	Conditions principales d'utilisation	Éléments de conception à adapter	Recommandations
Tous équipements	Convoyage de charges ou de produits en vrac	Impact sur la structure du bâtiment (résistance, hauteur, largeur, ouvertures) Génie civil (si cheminement du réseau en souterrain) Impact sur les flux d'approvisionnement de la matière en vrac (circulation, zone de dépotage...) Impact sur la conception des postes de travail en cohérence avec l'équipement de manutention continue	Adapter la conception de l'équipement de manutention continue pour permettre que les postes de travail en interaction avec l'équipement soient ergonomiques Prendre en compte les besoins de circulation des personnes pour que l'équipement de manutention continue ne constitue pas un obstacle Prévoir le remplacement des pièces d'usure et la maintenance du système

Tableau 8.4 : Synthèse des conditions d'utilisation et des conséquences en conception pour les équipements de manutention automatisée.

Équipements de manutention automatisée			
Type d'équipement	Conditions principales d'utilisation	Éléments de conception à adapter	Recommandations
Tous équipements	Délégation totale ou partielle de l'activité à une machine autonome	Génie civil (décaissé, massif) Impact sur la structure du bâtiment (résistance, hauteur, largeur) Dimensionnement des zones d'arrivée des produits entrants et des zones de départ des produits sortants	Gérer toutes les interfaces entre l'homme et la machine pour que les postes de travail soient sûrs et ergonomiques (alimentation de la machine, récupération des sortants...), en considérant aussi les modes de fonctionnement dégradés
Fonctionnement sans opérateurs	Délégation totale de l'activité en dehors des opérations de maintenance de la machine	Dispositions générales + Impact sur l'infrastructure (passage des réseaux électriques dans le sol)	Prévoir l'accès et les dégagements en cas de panne en tout point de la zone d'évolution
Interaction possible avec l'opérateur	Nécessité de co-activité homme/machine	Dispositions générales + Impact sur les espaces de travail, les encours, les flux de matières et les zones d'évolution des travailleurs	Éloigner les postes de travail et les allées de circulation de la zone d'évolution de l'équipement

8.4.4 Installations de manutention continue

La manutention continue de produits en vrac ou de charges isolées est réalisée au moyen de transporteurs à bande, transporteurs et élévateurs à vis, convoyeurs aériens...). Les produits en vrac, pulvérulents notamment, sont généralement transportés par des moyens pneumatiques (par aspiration ou refoulement).

De façon générale, on prévoira un espace suffisant entre les parties fixes et mobiles des installations afin d'éviter tout risque de cisaillement. Des espaces doivent également être prévus autour des moyens de manutention continue pour faciliter les interventions des personnels en sécurité, notamment lors des opérations de maintenance (vérifications, entretien, réparations, remplacement des pièces d'usure, des composants ou de l'équipement dans son ensemble). On prévoira une zone de circulation pour le personnel d'intervention, des accès aisés, des dégagements pour les opérations de montage et de démontage. On reportera par conception les interventions régulières hors des zones dangereuses, par exemple en disposant les graisseurs hors des protecteurs fixes, en éloignant les vis de réglage des tambours vers l'extérieur...

Par ailleurs, lorsqu'un transporteur à bande traverse une allée piétonne, sa hauteur par rapport au sol doit permettre, selon le cas, le passage en dessous (hauteur recommandée de 2,20 m et au minimum 1,90 m) ou le passage au-dessus (passerelle) en prenant en compte les protections contre le risque de chute.

8.4.5 Moyens de manutention automatisée

Les systèmes de manutention actuels sont de plus en plus automatisés et complexes. Ils sont à l'origine de situations à risque potentiellement graves compte tenu de leur automaticité et de la présence de diverses sources d'énergie. Ces moyens de manutention automatisés relèvent de la réglementation encadrant la conception des machines. À ce titre, leur constructeur doit garantir qu'ils sont sûrs à toutes les étapes de leur vie, notamment lors de leur installation, utilisation, maintenance et démantèlement.

Les équipements qui fonctionnent en l'absence de personnel (transstockeurs, robots...) doivent évoluer dans une enceinte close, dont les dimensions doivent permettre d'intervenir en sécurité pour la maintenance.

La particularité des équipements mobiles de type véhicule à guidage automatique (AGV) réside dans leur interaction possible avec des activités humaines à proximité. L'environnement dans lequel ils évoluent est un élément déterminant pour la sécurité des personnes. À ce titre, l'organisation des flux et des activités des opérateurs doit permettre de supprimer au maximum les interactions entre l'homme et la machine. On réservera, par exemple, une allée dédiée et bien dimensionnée pour les déplacements des personnes, on éloignera les postes de travail de la zone d'évolution des AGV...

L'établissement d'un cahier des charges est la pièce maîtresse d'un projet de manutention automatisée (voir brochure ED 6231 [5]). Il doit contenir, outre l'aspect structurel d'un marché de fournitures et de prestations associées, les éléments réglementaires et normatifs d'hygiène et de sécurité nécessaires à la réalisation des équipements.

8.4.6 Appareils de levage

Les ponts roulants, les portiques, les palans fixes, sur potence ou sur monorail, les tables élévatrices... génèrent de nombreux risques :

– heurts par la charge ou par l'appareil,

- chutes de charge, d'objets ou de parties de l'appareil,
- cisaillement ou coincement du personnel se trouvant sur ou à proximité de l'appareil en mouvement,
- chutes de personnes,
- coincement ou cisaillement par les organes en mouvement,
- électrisation ou électrocution.

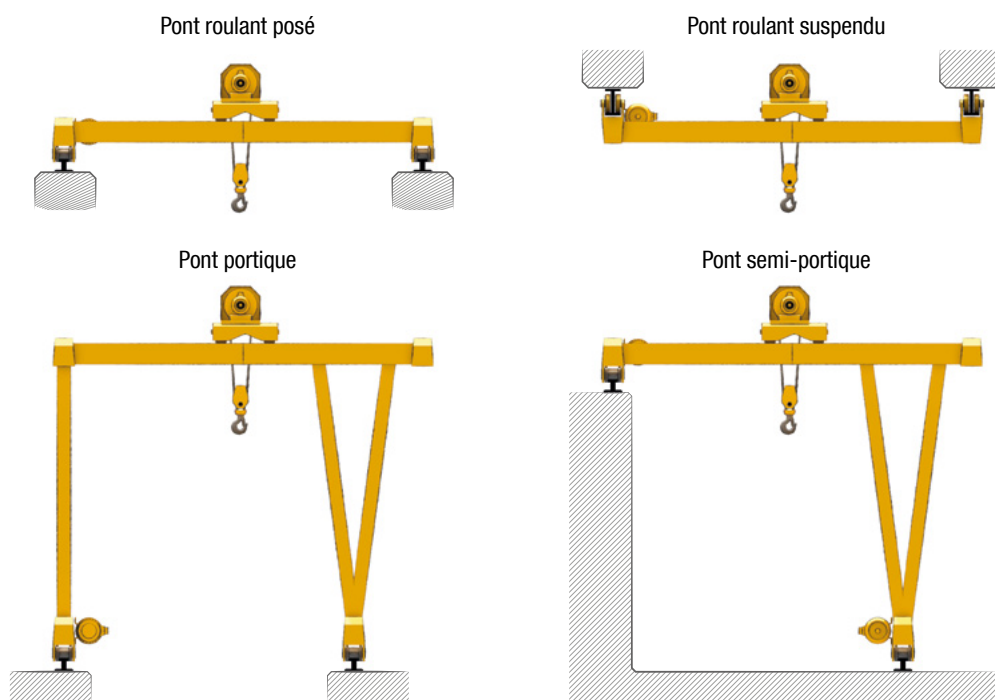
Les appareils de levage sont des machines soumises lors de leur conception aux règles techniques encadrant la conception des machines.

Après achat, l'appareil peut être utilisé sous réserve qu'il ait fait l'objet d'une vérification avant mise en service suivant les conditions réglementaires relatives aux vérifications des appareils et accessoires de levage.

Le levage de personne n'est autorisé qu'avec un équipement de travail et les accessoires prévus à cet effet.

8.4.6.1 Ponts roulants, portiques, palans fixes, sur monorail ou sur potence

Pour déterminer l'appareil le mieux adapté, et en complément de l'analyse des besoins et contraintes opératoires rappelée aux § 8.4.1 et 8.4.2, il ne faut pas oublier les points suivants :



■ Figure 8.12 – Exemples de ponts roulants.

- les incidences du choix de l'appareil sur la structure du bâtiment, les circulations et implantations,
- les incidences éventuelles de l'atmosphère dans laquelle il va être installé (atmosphère corrosive, explosive ou ambiance poussiéreuse...),
- la capacité de l'appareil de levage et le type de sollicitations (nombre de cycles, facteur de spectre de charge, distance moyenne) afin de pouvoir choisir au mieux les classes des mécanismes et de la charpente (voir brochure ED 6105 [6]),
- les manutentions dans les zones difficiles d'accès (par exemple, équipement le long des murs, sous des passages de câbles...).

Pour réduire les risques à la source, on veillera à :

- choisir un appareil adapté aux charges manutentionnées, en tenant compte de surcharges éventuelles (résistance à l'arrachement, palonnier...),
- privilégier les palans électriques ou mécaniques plutôt que les palans manuels, notamment quand le levage est prévu sur des hauteurs et des distances de déplacement importantes,
- choisir un type de motorisation compatible avec le milieu dans lequel l'appareil évolue (notamment dans le cas des atmosphères présentant un risque d'explosion).

On veillera également à ce que :

- le moyen de levage retenu permette bien de desservir l'ensemble des situations de travail pour lesquelles il est prévu (attention aux butées et fins de course notamment),
- les allées de circulation et le dispositif de commande de l'appareil (poste fixe, télécommande, boîte

à boutons pendante...) permettent au conducteur de suivre des yeux l'appareil et la charge pendant toutes les manœuvres.

8.4.6.2 Tables élévatrices

Les tables élévatrices sont des dispositifs permettant d'élever verticalement un plateau par un système de poussée placé sous ce plateau. Elles sont essentiellement destinées à élever des charges, mais peuvent aussi être utilisées pour élever des personnes et des charges. Du point de vue ergonomique, elles participent à la diminution de la charge physique de travail des opérateurs et évitent qu'ils soient soumis à des postures anormales et fatigantes (voir figure 8.13).

Les règles de conception de ces équipements de travail sont précisées dans la norme NF EN 1570-1 qui définit, en particulier, les prescriptions de sécurité relatives aux tables élévatrices destinées à élever ou descendre des charges ou des charges accompagnées par du personnel.

Pour permettre un fonctionnement en sécurité, on choisira une table élévatrice répondant aux contraintes auxquelles elle sera soumise, sans oublier d'éventuelles conditions particulières d'environnement (poussières, ambiance corrosive, encombrement...).

Le cas échéant, il faudra prévoir l'aménagement d'une fosse accessible pour faciliter les opérations d'entretien et de maintenance de l'appareil.



■ Figure 8.13 – Exemples d'utilisation de tables élévatrices.

8.5 Ascenseurs, monte-charges

Les ascenseurs sont conçus pour le transport de personnes et d'objets. Les ascenseurs de charge permettent le transport de personnes avec une charge. Les monte-charges sont conçus pour le transport de charges uniquement ; les monte-charges inaccessibles comportent une cabine dont les caractéristiques, dimensions et aménagement intérieur, rendent impossible un accès volontaire des personnes.

À noter que la présence d'ascenseurs limite les risques de chute dans les escaliers.

8.5.1 Implantation et choix

L'accès à un ascenseur ou à un monte-charge doit pouvoir se faire à l'écart du flux des matières ou des véhicules. Cet accès sera dégagé pour permettre l'attente et la sortie des personnes ou du matériel correspondant à la capacité maximale de la cabine.

Les dimensions des ascenseurs de charge doivent permettre le transport de la charge la plus encombrante en largeur, en longueur et en hauteur (en incluant le volume de l'éventuel moyen de transport additionnel), tout en prévoyant l'espace nécessaire à la personne accompagnante.

Il est par ailleurs recommandé de prévoir une solution alternative pour franchir les dénivelés en cas d'immobilisation ou d'utilisation (approvisionnement, process...) de l'ascenseur, de l'ascenseur de charge ou du monte-charge.

Pour le secteur tertiaire, le dimensionnement du nombre d'ascenseurs nécessaires peut être effectué lors de l'établissement du programme en fonction du nombre de niveaux à desservir, des effectifs et du degré de mobilité des usagers (voir norme FD P82-751).

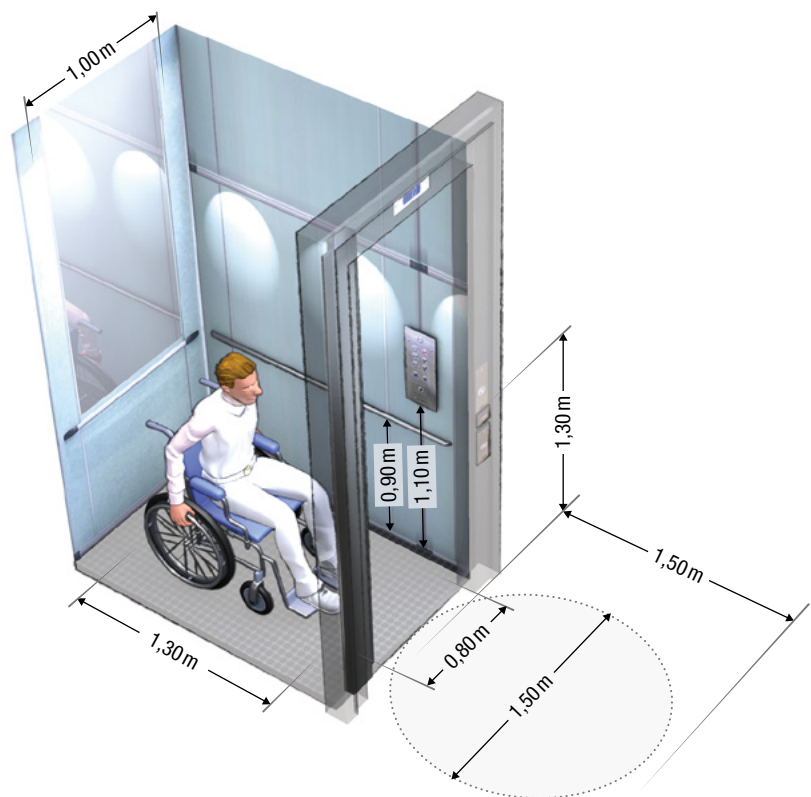
L'installation du matériel (mobilier, imprimantes, équipements...) doit également être prise en compte à la conception et dans le dimensionnement des ascenseurs.

Les ascenseurs doivent enfin permettre l'accès en étage aux personnes à mobilité réduite.

8.5.2 Ascenseur praticable pour personne en fauteuil roulant

Un ascenseur praticable par les personnes à mobilité réduite circulant en fauteuil roulant doit avoir :

- un palier permettant de réaliser un demi-tour en fauteuil roulant,
- une ou des portes d'entrée coulissantes dont le passage est large d'au moins 0,80 m,
- des dimensions intérieures minimales de 1 m parallèlement à la porte, et de 1,30 m perpendiculairement à la porte (voir figure 8.14) ; ces deux dimensions doivent être portées à 1,30 m lorsque l'ascenseur comporte plusieurs faces de service,
- les commandes situées à une hauteur maximale de 1,30 m sur le côté de la cabine.



■ Figure 8.14 – Dimensionnement minimal des ascenseurs permettant l'accès aux personnes en fauteuil roulant.

Il est souhaitable que les systèmes d'alarme en cabine soient équipés d'une suppléance visuelle pour les personnes sourdes ou malentendantes. La précision d'arrêt de la cabine doit être de ± 2 cm au maximum.

Dans le cas d'un ascenseur devant être installé dans un bâtiment dont le plancher bas du dernier niveau est à plus de 8 m mais ne constituant pas un IGH, des dispositions complémentaires concernant la sécurité incendie, l'accès à chaque étage par local d'attente formant refuge, l'alimentation électrique de sécurité, le dispositif de communication avec le poste de sécurité s'il existe... sont précisées par la réglementation relative aux dispositions destinées à rendre les lieux de travail accessibles aux personnes handicapées.

8.5.3 Aménagements pour la sécurité du personnel d'entretien

Les ascenseurs et monte-charges posent des problèmes de sécurité spécifiques. Les risques principaux sont les chutes et écrasements (notamment pour le personnel d'entretien) et les accidents de circulation à proximité de ces appareils.

Les accès pour la maintenance de l'ascenseur et tous les locaux d'intervention associés (machinerie, local poulie) doivent être conformes à la norme NF EN 81-20 et permettre des interventions dans de bonnes conditions.

En cas de défaillance, un volume de refuge doit être prévu en partie haute et en partie basse de la gaine, dimensionné pour éviter tout risque d'écrasement du personnel d'entretien. Ces volumes ne doivent en aucun cas être inférieurs aux valeurs données dans le tableau 8.5.

En cas de risque d'inondation lié au process, il est préférable d'éviter d'installer des machineries en position basse.

8.6 Locaux techniques

L'emplacement des locaux techniques et leurs caractéristiques doivent être pensés en même temps que l'implantation générale des bâtiments, en tenant compte des risques spécifiques qu'ils génèrent et des difficultés d'implantation, de maintenance et de remplacement des matériels qu'ils accueillent.

Les locaux techniques regroupent notamment : les locaux pour les activités de mise en propreté, les locaux de charge de batteries d'accumulateurs, les chaufferies, les ateliers d'entretien, les locaux compresseurs, les groupes électrogènes...

8.6.1 Dimensionnement

Les locaux techniques seront dimensionnés pour permettre l'accès des moyens de manutention utilisés pour la maintenance et pour le remplacement de sous-ensembles des équipements qu'ils accueillent. Des dégagements horizontaux et verticaux sont nécessaires pour les opérations d'entretien des pompes ou le démontage de faisceaux de tubes d'échangeurs par exemple, ainsi que pour la manutention des pièces et leur évacuation. Dans le cas le plus défavorable, la hauteur minimale libre sous réseaux ne devra pas être inférieure à 2,50 m.

Pour favoriser l'accès à ces locaux, on prévoira au moins un accès direct de plain-pied sur l'extérieur, en évitant ressauts ou dénivellations. Le cas échéant, des escaliers (voir § 7.5) ou des rampes d'accès de pente compatible avec les moyens de manutention utilisés (voir figure 8.1) seront prévus. En cas d'accès par escalier, une étude doit être préalablement réalisée pour l'amenée du matériel. Les réseaux (fluides, électricité haute et basse tension, énergie, VMC...) doivent être implantés

Tableau 8.5 : Dimensions minimales requises pour les volumes de refuge dans les gaines d'ascenseur (d'après la norme NF EN 81-20).

Posture dans le refuge	Dimensions horizontales de l'espace de refuge	Hauteur de l'espace de refuge
Debout	0,40 x 0,50 m	2 m
Accroupie	0,50 x 0,70 m	1 m
Allongée (refuge valable en partie basse uniquement)	0,70 x 1,00 m	0,50 m

de telle manière que chacun d'entre eux puisse être accessible directement et en sécurité. Les vannes et éléments de robinetterie doivent être accessibles et facilement démontables.

8.6.2 Locaux pour les activités de mise en propreté

Selon l'étendue du site et le nombre d'étages, on prévoira un ou plusieurs locaux adaptés aux besoins des personnels de service :

- en dimensionnant chaque local en fonction de la surface à nettoyer dans le bâtiment de façon à permettre le stockage et le rangement des produits et matériels d'entretien (voir brochure ED 963 [7]),
- en prévoyant des vestiaires spécifiques pour le personnel de mise en propreté,
- en mettant en place une VMC assurant un renouvellement d'air de 60 m³/h/occupant,
- en prévoyant un dispositif pour le séchage des vêtements mouillés, type sèche-serviette mural ou armoire séchante,
- en revêtant les sols et les murs de matériaux imperméables, avec au sol un revêtement antidérapant de catégorie R11 selon la norme DIN 51130 (voir § 7.4.2),
- en aménageant au sol une évacuation des eaux usées pour la vidange des machines auto-laveuses ou des aspirateurs à eau,
- en prévoyant au minimum un vidoir bas suspendu pour le vidage et le remplissage des seaux, un dispositif de lave-mains à commande non manuelle, un point d'eau pour le remplissage des machines, une prise électrique pour la charge de batteries (pour celles des machines auto-laveuses, se reporter au § 8.6.3).

8.6.3 Locaux de charge de batteries d'accumulateurs

Ces locaux présentent des risques d'incendie et d'explosion particuliers, ils doivent donc faire l'objet d'un traitement spécifique.

Ils doivent présenter les caractéristiques de réaction et de résistance au feu minimales suivantes :

- mur et plancher haut REI 120 (coupe-feu 2 heures),
- couverture incombustible,
- portes intérieures EI 30 (coupe-feu 1/2 h) et munies d'un ferme-porte ou d'un dispositif assurant leur fermeture automatique,

- porte donnant sur l'extérieur E 30 (pare-flammes 1/2 h),

- autres matériaux incombustibles (MO, A1 ou A2).

Le sol du local doit être étanche, incombustible et équipé de façon à pouvoir recueillir ou traiter facilement les produits (électrolytes) répandus accidentellement. Pour cela, un seuil surélevé par rapport au niveau du sol ou tout dispositif équivalent le sépare de l'extérieur ou des autres locaux.

Le local doit, de plus, disposer d'une ventilation permanente.

Les prescriptions concernant les locaux de charge de batteries d'accumulateurs au plomb sont décrites dans la recommandation R.466 [8] et dans la brochure ED 6120 [9].

8.6.4 Locaux de production d'énergie et de gestion de réseaux

Il s'agit des locaux dans lesquels sont installés :

- les appareils de production de chaleur (chaufferie),
- les installations de génération de froid,
- les compresseurs d'air,
- les groupes électrogènes,
- le tableau général basse tension (TGBT),
- les serveurs et baies informatiques,
- les centrales de traitement de l'air (CTA)...

Ces locaux permettent de séparer physiquement et d'isoler des activités ou des fonctions présentant souvent des risques spécifiques. Par exemple, les compresseurs et autres groupes électrogènes sont générateurs de bruit et de vibrations. Compte tenu de leur technologie, ils sont également susceptibles de provoquer des incendies ou des explosions (présence de carburant, génération de chaleur...). Ces locaux peuvent par ailleurs être soumis à des réglementations spécifiques, telles les chaufferies. Il convient donc :

- d'établir, avec les utilisateurs, la liste des fonctions pour lesquelles devront être créés des locaux techniques,
- d'établir la liste des risques propres à chaque fonction, et de les traiter en conséquence dès la conception du local concerné,
- de prendre en compte les éventuelles réglementations spécifiques avec l'aide des fournisseurs ou concepteurs de ces installations.

Pour l'ensemble de ces locaux, l'accès et les zones de circulation doivent être accessibles en toute sécurité notamment pour les opérations de maintenance. Pour supprimer ou réduire autant que possible les risques liés à leur exploitation dès la conception, on veillera à :

- séparer les fonctions incompatibles en les implantant dans des locaux distincts (par exemple, groupe électrogène par rapport aux unités de vie dans un Ehpad),
- privilégier un accès de plain-pied aux équipements techniques,
- faire l'inventaire, pour chaque local, des opérations d'entretien obligatoires et prévisibles pour tenir compte de leur périodicité afin de définir la commodité des moyens d'accès,
- prévoir des passages de taille suffisante pour les personnes et pour les éléments encombrants à manutentionner (par exemple, gabarit de passage dans la chaufferie pour l'évacuation d'un ballon d'eau chaude),
- intégrer des moyens de levage (crochets, rail, potence...) en vue des opérations de manutention,
- assurer les accès nécessaires pour les secours,
- intégrer les contraintes de contrôle d'accès ; les locaux soumis à des contrôles d'accès ou à des habilitations particulières ne doivent pas nécessiter d'être traversés pour accéder à un autre local...

Pour les questions de bruit, de ventilation et d'assainissement de l'air, de prévention des incendies et des explosions, ainsi que pour le choix de moyens de manutention adaptés, on se référera aux chapitres généraux correspondants.

8.6.5 Ateliers d'entretien

Les ateliers d'entretien doivent être conçus à partir des mêmes principes que les locaux techniques en ce qui concerne l'éclairage, l'assainissement et le chauffage, la protection contre l'incendie et le bruit, l'état des sols. Une attention particulière sera portée aux accès, au dimensionnement et aux moyens de manutention en privilégiant les installations fixes.

Des règles complémentaires sont à appliquer en fonction de la spécificité de ces locaux et des risques inhérents aux activités exercées, secteur par secteur.

Pour les activités de mécanique/chaudronnerie, on cherchera à supprimer les risques liés au

bruit, au soudage, aux produits chimiques, aux machines et aux manutentions lourdes, en veillant notamment :

- au traitement acoustique (absorption et isolation phonique),
- à la séparation des emplacements des soudeurs, des postes de dégraissage, de la forge,
- à l'espacement autour des machines,
- au captage à la source des gaz, vapeurs, fumées, avec rejet à l'extérieur et épuration si nécessaire...

Pour un secteur dédié aux travaux de menuiserie, on prévoira des dispositions visant à supprimer les risques d'incendie et d'explosion ainsi que ceux liés à la toxicité des poussières de bois et des produits utilisés ou manipulés, en portant attention :

- au captage à la source des copeaux et poussières de bois, avec rejet de l'air à l'extérieur des locaux après filtration ; prévoir l'installation des filtres à l'extérieur de l'atelier dans une zone à l'écart (risque d'explosion),
- à l'espacement autour des machines,
- aux installations électriques (compatibles avec Atex moteurs étanches aux poussières).

Pour un secteur où sont appliqués peintures et vernis, on cherchera à supprimer les risques d'incendie et d'explosion ainsi que ceux liés à la toxicité des produits utilisés et manipulés, en prévoyant :

- l'installation de cabines ventilées pour l'application de peintures ou vernis par pulvérisation,
- le captage des vapeurs (préparation des peintures, nettoyage du matériel...),
- un équipement électrique et un éclairage reportés, de préférence à l'extérieur ou compatibles avec les zones Atex définies.

8.7 Installations de stockage

Les installations de stockage peuvent, selon leurs caractéristiques et celles des équipements utilisés, ou en raison de la nature des produits stockés, se révéler dangereuses (incendie, explosion, intoxication) et contribuer à la survenue d'accidents du travail (chutes et heurts liés aux objets, aux circulations...) ou de maladies professionnelles (TMS liés aux manutentions).

Les principes généraux s'appliquant au stockage de tout type de matière sont présentés ci-après, avec un focus sur le stockage en rayonnage, le stockage à l'air libre, le stockage en cuves ou citernes, le stockage en silos ou trémies et les spécificités à prendre en compte pour le stockage de produits chimiques.

Les lieux de stockage constituant des zones sensibles aux risques d'incendie et d'explosion, certaines mesures de prévention sont rappelées tout au long de ce chapitre. Pour plus de détails sur la démarche de prévention de ces risques, se reporter au chapitre 6.

8.7.1 Conception générale des stockages

Les principes de conception d'un lieu de stockage énoncés ici sont à compléter, suivant les matières stockées, les quantités stockées ou les activités du site, par les règles particulières qui peuvent être prescrites pour les établissements recevant du public ou pour les installations classées pour la protection de l'environnement.

8.7.1.1 Implantation

De manière générale, le site choisi pour le lieu de stockage doit présenter certaines caractéristiques géologiques : il doit être implanté sur un sol imperméable et stable, à l'abri des inondations.

Le lieu de stockage doit également être choisi en fonction de son accessibilité et des distances de sécurité requises ou préconisées entre les différentes installations du site. Un positionnement adéquat permet de limiter le nombre de stockages secondaires (voire d'éviter l'implantation de stockages intermédiaires non planifiés) pour répondre aux besoins de l'activité et limiter les transports internes.

Une localisation en sous-sol, compte tenu des risques aggravés en cas d'accident, est déconseillée et à proscrire pour tout produit présentant des risques particuliers (dégagement gazeux, incendie...). Un emplacement de plain-pied et exempt de dénivellations est à préférer.

Les aires nécessaires au stockage (matières premières, produits intermédiaires, produits finis, déchets), la séparation matérielle des zones (entre

elles et avec les bâtiments de fabrication), le choix du moyen de stockage et le tracé des voies de circulation doivent donc être prévus le plus en amont possible du projet.

Il faut prévoir également les surfaces nécessaires aux locaux et installations annexes (station de pompage, stockages spécifiques sous clé, sous douane...), ainsi que l'aménagement des aires dédiées au chargement et au déchargement des matières stockées. Par ailleurs, des aires de stationnement pour tous les véhicules nécessaires à la gestion du stockage doivent être prévues. Ces aires de chargement/déchargement et de stationnement seront implantées de préférence hors voirie, afin d'éviter d'encombrer la circulation et de faciliter les interventions, notamment en cas d'urgence.

8.7.1.2 Accès pour les interventions, dégagements et issues de secours

L'accès aux endroits nécessitant des interventions doit être pris en compte : voies d'accès et de circulation en nombre suffisant, accessibilité des organes de manœuvre, protection des circulations en hauteur (moyens fixes d'accès équipés des sécurités nécessaires, voir § 8.2). Des moyens de manutention adaptés doivent être intégrés dès la conception. Si possible, une protection des accès contre les intempéries est recommandée.

Le nombre et les dimensions des dégagements et des issues de secours (portes non utilisées en fonctionnement normal) seront déterminés en fonction du nombre de personnes pouvant être amenées à les emprunter (voir § 4.2.2.2) ainsi que de la taille et de la configuration de la zone de stockage. Les portes servant à l'évacuation s'ouvriront vers l'extérieur et par une manœuvre simple (portes munies de barres anti-panique, par exemple) ; ces caractéristiques d'ouverture sont imposées par la réglementation en fonction des effectifs, et pour le stockage de produits chimiques. Les itinéraires d'évacuation et points de rassemblement doivent être prévus.

8.7.1.3 Séparation des risques

Selon les risques identifiés, l'environnement du stockage et la présence ou non de public, la réglementation peut avoir défini des distances

minimales de séparation des zones à risque. Ce point est abordé au chapitre 6 pour les risques d'incendie et d'explosion et au § 8.7.6 pour le stockage de produits chimiques.

8.7.1.4 Configuration et matériaux de construction

La configuration des lieux et les matériaux de construction utilisés devront permettre le contrôle de tout écoulement en cas de fuite ou de déversement accidentel, et faciliter le nettoyage, voire la décontamination ou la désinfection.

Les matériaux choisis pour les sols des locaux, des aires et installations annexes doivent être étanches et inertes vis-à-vis des produits stockés. Ils doivent, en outre, contribuer à prévenir la survenue d'un incendie ou d'une explosion et permettre d'éviter la propagation d'un incendie (voir chapitre 6). Ils seront ainsi, de préférence, incombustibles. Les revêtements des sols doivent également être adaptés au type de circulation et au trafic attendus (voir § 7.4), de préférence antidérapants pour prévenir les risques de chute et de glissade.

Enfin, la configuration des plafonds ne doit pas favoriser l'accumulation de gaz dangereux. Si ce risque existe, les lieux de stockage doivent être exempts de faux plafonds.

8.7.1.5 Rétention

Lorsque les produits stockés peuvent créer une pollution des eaux ou des sols, ou que leur déversement accidentel peut exposer à des risques (risques chimiques, incendie/explosion, glissade...), des dispositifs de rétention doivent être prévus. Leur conception devra faciliter la récupération des produits déversés.

En l'absence de prescriptions réglementaires, la capacité de rétention est généralement choisie comme égale à la plus grande des deux valeurs suivantes :

- 100 % de la capacité du plus grand contenant,
- 50 % de la capacité globale de l'ensemble des contenants.

8.7.1.6 Ventilation

Les lieux de stockage doivent bénéficier d'une ventilation permanente.

Cet objectif peut être atteint par l'organisation du stockage à l'air libre, dans un lieu largement aéré.

Dans un local, une installation de ventilation mécanisée, fonctionnant en permanence, doit être mise en place. Suivant les risques identifiés, des dispositifs de captage à la source peuvent s'avérer nécessaires (voir § 5.4). Le système de ventilation doit être adapté aux ambiances potentiellement induites par les produits stockés ou l'environnement (corrosivité, atmosphère explosive...). Dans tous les cas, l'air extrait du local par la ventilation est rejeté à l'extérieur des bâtiments, suffisamment à l'écart des prises d'air neuf pour éviter toute reprise de pollution involontaire.

8.7.1.7 Éclairage

L'éclairage doit être réalisé de façon à ce que tous les emplacements de stockage soient bien éclairés (voir § 5.2). Le personnel doit pouvoir lire les étiquettes et la signalisation de sécurité sans peine.

En outre, l'éclairage doit permettre de détecter toute anomalie de stockage : endommagement d'un produit, d'un équipement, de structure, déversement...

Un éclairage de sécurité doit être prévu dans les locaux de stockage (voir § 5.2.4). Une attention particulière doit être portée à la signalisation d'évacuation dont un élément doit être visible en tout point du local, malgré son potentiel encombrement.

8.7.1.8 Protection des structures contre le heurt des engins

Les bases des structures de stockage de tous types (rayonnages, silos, citernes, réservoirs...) devront être devancées par des dispositifs de protection assurant, soit le maintien à l'écart des engins, soit l'absorption des heurts accidentels par ces mêmes engins.

8.7.1.9 Contrôle d'accès

Les produits stockés ou l'installation de stockage en elle-même peuvent présenter des dangers. Dans ce cas, des dispositifs physiques doivent permettre d'en contrôler l'accès pour le limiter.

aux seules personnes autorisées et formées aux risques correspondants.

8.7.1.10 Équipement de premier secours (douche de sécurité – unité de lavage oculaire)

Lorsque la dangerosité des produits stockés (et donc manipulés) le requiert, l'implantation d'équipements de premier secours (douche de sécurité ou unité de lavage oculaire) doit être prévue dès la conception du site.

Différents aspects sont à prendre en compte pour la mise en place de tels équipements :

- leur accessibilité (une distance inférieure à 8 m ou un temps de parcours inférieur à 10 secondes du poste à risque sont recommandés, sur un chemin exempt de dénivellation),
- leur protection contre toute contamination (rouille, micro-organismes, produits chimiques...),
- leur connexion ou non au réseau d'eau potable,
- l'éloignement ou la protection des installations électriques pour éviter leur contact avec le fluide de lavage,
- la nécessité de tempérer ou non le fluide de lavage,
- le recueil du fluide de lavage,
- la maintenance et le contrôle fréquent du bon fonctionnement de ces installations.

8.7.1.11 Aménagements complémentaires de sécurité

Suivant les produits à stocker et à transférer sur le lieu de stockage, des dispositifs de mise à la terre adaptés aux véhicules de transport doivent être mis à disposition, afin d'assurer la continuité électrique entre la capacité de stockage et celle de transport (voir § 8.1).

Selon la surface du local, un dispositif de désenfumage peut être à prévoir (voir chapitre 6).

Par ailleurs, la nature des produits stockés ou le stockage en ambiance particulière (stockage en froid, stockage en froid négatif, stockage en atmosphère appauvrie en oxygène...) peuvent nécessiter l'installation d'équipements spécifiques : systèmes de surveillance, systèmes d'alarme, lave-œil, douches de sécurité, systèmes de détection/extinction automatiques en cas d'incendie...

Enfin, il convient de prévoir la mise en place de la signalisation de santé et sécurité relative aux divers risques recensés : signalisation de limitation d'accès dans les zones à risque, signalisation d'identification des risques liés aux produits stockés, signalisation pour la circulation des engins et des piétons, signalisation des itinéraires d'évacuation... (voir chapitre 11).

8.7.2 Stockage en rayonnage

Le choix de ces matériels de stockage doit être effectué en tenant compte des charges qui seront entreposées : celles-ci sont souvent sous-estimées, notamment dans les réserves des grandes surfaces, et conduisent à des déformations préjudiciables à la sécurité.

Les allées de circulation doivent être dimensionnées en fonction des caractéristiques des moyens de manutention (chariot à chargement frontal/latéral, par exemple) et des opérations de maintenance, même exceptionnelles (blocage d'un transstockeur).

Le sol sera conçu en fonction, d'une part des contraintes apportées par l'ensemble de la



© Rodolphe Escher/INRS/2015

■ Photo 8.1 – Exemple de racks aménagés sur le plan de la sécurité : plancher de positionnement et butées de pied d'échelle.

structure des rayonnages (planéité, résistance), d'autre part, des exigences de roulage des engins de manutention. Il est indispensable de protéger les pieds et parties basses des montants, spécialement aux angles des allées, par des butoirs ou des glissières indépendantes de la structure des rayonnages et solidement fixés au sol (voir photo 8.1).

Les appareils d'éclairage seront installés au droit des allées de circulation, à hauteur suffisante, tout en garantissant un accès sécurisé pour la maintenance. Leur positionnement ne devra pas éblouir lors des opérations de chargement en hauteur.

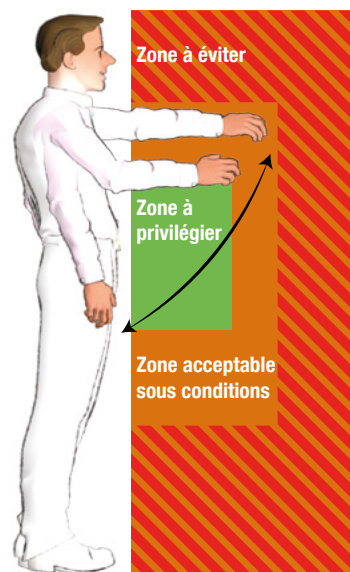
I Cas particulier du stockage manuel en rayonnage

Le stockage en rayonnage peut impliquer des manutentions manuelles pouvant être à l'origine de postures et de gestes particulièrement néfastes pour la santé des salariés. Ces risques sont nettement aggravés lorsque les produits ou colis sont lourds ou encombrants et lorsqu'ils sont manipulés en profondeur, en hauteur ou au niveau du sol. Ces manutentions sont d'autant plus contraignantes qu'elles sont répétées tout au long de la journée. D'une manière générale, la manipulation d'objets doit pouvoir s'effectuer dans les **zones d'atteinte des membres supérieurs sans mouvement visible du tronc** (sans flexion, rotation ou torsion).

En se basant sur la norme NF X35-109 qui apporte des points de repère chiffrés en matière de dimensionnement d'un poste dans lequel il y a des tâches régulières de manipulation de produits, les rayonnages doivent permettre l'accessibilité aux marchandises de plain-pied, avec une hauteur de dépose manuelle comprise entre 0,40 et 1,75 m pour une profondeur maximale de 0,60 m. Les marchandises les plus lourdes ou à forte rotation seront stockées à une hauteur comprise entre 0,75 et 1,10 m (voir figure 8.15).

8.7.3 Stockage à l'air libre

Ce type de stockage est réservé aux produits qui ne sont pas sensibles aux amplitudes thermiques et qui ne doivent pas être protégés de l'humidité, de l'oxygène de l'air ou des attaques d'insectes ou de rongeurs.



■ Figure 8.15 – Zones de stockage manuel à privilégier.

- **Zone à privilégier :** en particulier pour les charges lourdes, volumineuses ou les plus fréquemment utilisées
- **Zone acceptable sous conditions :** limiter les contraintes liées au volume, au poids et à la fréquence des manipulations
- **Zone à éviter :** cette zone peut être utilisée de manière exceptionnelle pour ranger manuellement des produits légers, peu encombrants et rarement manipulés.

- Une **surface** importante doit être réservée pour limiter les hauteurs de stockage et éloigner les postes de stockage et de reprises sur stock. En plus des allées de circulation, la mise en place d'accès pour la prise d'échantillons peut s'avérer nécessaire.
- La mise en place d'un **auvent** peut être utile pour abriter les produits stockés des intempéries et du rayonnement solaire direct. Même lorsque les produits stockés sont résistants aux intempéries, la présence d'un auvent peut faciliter l'exploitation. Les dimensions de cet auvent doivent être adaptées aux surfaces et hauteurs de stockage et tenir compte des besoins d'exploitation (circulations, équipements...).
- Pour le **stockage en vrac de matériaux granulaires**, la stabilité du monticule sera assurée par la limitation des hauteurs de stockage en tenant compte de la densité du matériau.
- Lors d'un **stockage en benne**, un emplacement supplémentaire doit être prévu pour pouvoir déposer temporairement une benne vide préalablement à l'enlèvement d'une benne pleine.

8.7.4 Stockage en silos et trémies

Des accès sécurisés et adaptés aux opérations à effectuer doivent être prévus pour toutes les interventions sur ces capacités de stockage : inspection, maintenance, réparation. Il est préférable de prévoir les dispositions permettant

d'inspecter l'intérieur sans y pénétrer. On peut, par ailleurs, réduire les risques liés aux interventions à l'intérieur des silos et des trémies, notamment les risques d'enlèvement, en prévoyant dès leur conception un moyen de vidage et les dispositifs associés (vibreuse, canon à air...).

Des moyens appropriés prévus dès la conception seront également installés pour permettre, à titre exceptionnel et en ayant préalablement défini le mode opératoire d'intervention, l'accès aux parties intérieures non accessibles en temps normal. Ces dispositions doivent permettre l'accès en sécurité des personnes, notamment en assurant l'assainissement de l'atmosphère intérieure de l'ouvrage. Les accès directs en fond d'ouvrage sont à privilégier (voir § 8.3.2).

Dans le cas de points d'ancrage permanents, ces derniers devront être accessibles en toute sécurité. Dans le cas d'utilisation d'une nacelle suspendue, chaque câble porteur et chaque câble de sécurité doit disposer de son propre point d'ancrage.

Les installations de stockage (silos, par exemple) dans lesquelles peuvent être présentes des poussières combustibles (céréales, bois, métal...) doivent être dotées de dispositifs de protection contre les explosions (voir § 6.2.3). On veillera notamment à ce que les accès pour la maintenance des équipements ne se situent pas dans la zone de sécurité de ces dispositifs (événements d'explosion, par exemple).

8.7.5 Stockage en cuves ou citernes

Les cuves, citernes, bacs et autres capacités peuvent présenter, selon la nature des produits stockés, des risques d'incendie, d'explosion, d'intoxication ou d'asphyxie (voir § 8.3).

Lors de leur conception, il est souhaitable, souvent nécessaire ou obligatoire du fait de la réglementation ICPE par exemple, de limiter la transmission de ces risques au reste des installations en installant des murs de protection, des cuvettes de rétention et des enceintes de type double enveloppe. Dans ce dernier cas, il est nécessaire de prévoir un dispositif de détection de fuite sur la première enveloppe.

Pour limiter les risques d'incendie et d'explosion, le toit du réservoir peut être flottant afin de

supprimer le ciel gazeux au-dessus d'un liquide combustible.

Comme pour le stockage en silos ou en trémies, des accès sécurisés et adaptés aux opérations à effectuer doivent être prévus pour toutes les interventions (voir photo 8.2) : inspection, maintenance, réparation. Il est préférable de prévoir les dispositions permettant d'inspecter l'intérieur sans pénétrer dans l'ouvrage. Le cas échéant, toutes les dispositions doivent être prises pour assurer l'assainissement de la capacité avant intervention (vidange poussée, consignation, ventilation...).

La conception des cuves et citernes doit tenir compte des équipements annexes complémentaires (événements, trop-pleins, contrôle de niveau de remplissage...), de façon à assurer la sécurité de l'installation et des opérateurs (voir brochure ED 753 [10]).

Les aires de déchargement/dépotage de produit liquide sont abordées au § 4.4.4 (voir aussi la recommandation R.449 [11]).

8.7.6 Stockage des produits chimiques

Certains produits chimiques peuvent présenter des dangers liés à leurs propriétés (par exemple, toxicité, inflammabilité) ou à leur conditionnement (par exemple, en bouteilles de gaz sous pression). Par rapport aux autres matières stockées, les produits chimiques, à l'exception des



Photo 8.2 – Accès et protection collective sur un bac de stockage.

gaz inertes, présentent, en outre, la particularité de pouvoir réagir avec d'autres produits ou matériaux, ou d'être instables à température ambiante et pression atmosphérique ou dans des conditions proches.

Le lieu de stockage des produits chimiques a donc pour fonction de :

- protéger les produits de toute dégradation,
- protéger les personnes, l'environnement et les installations des risques associés à leur présence,
- prévenir les réactions entre différents produits chimiques.

Il est à noter que le stockage de quantités importantes de produits chimiques dangereux soumet généralement le site à la réglementation sur les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).

8.7.6.1 Choix du type d'installation de stockage

Le stockage de produits chimiques nécessite une ventilation permanente. La ventilation doit permettre de capter les éventuelles émanations, d'éviter la formation d'une atmosphère explosive en cas de déversement d'un produit inflammable et de maintenir la concentration atmosphérique en polluants au niveau le plus faible possible. Ces objectifs peuvent être atteints soit par un stockage extérieur, en cuve, citerne, ou à l'air libre dans un lieu largement aéré, soit par un stockage dans un local ventilé mécaniquement, avec apport d'air neuf et rejet de l'air extrait à l'extérieur des bâtiments (voir § 5.4).

Le type d'installation de stockage est dicté par l'étude de la stabilité des produits chimiques. Des produits chimiques insensibles aux variations thermiques peuvent être stockés à l'air libre ; la présence d'un auvent est conseillée et peut s'avérer nécessaire (protection contre les intempéries et le rayonnement solaire direct).

8.7.6.2 Isolement, séparation de certains produits

Certains produits chimiques peuvent présenter des risques par contact ou mélange entraînant des réactions violentes à l'origine d'accidents : projection, dégagement de gaz dangereux, inflammation, explosion.

Suivant leurs propriétés, des mesures de séparation, voire d'isolement, s'imposent.

L'isolement consiste à dédier un lieu, souvent un local, au stockage exclusif d'un produit chimique ou d'une famille de produits chimiques (les liquides inflammables, par exemple). Ce lieu doit bénéficier d'un dispositif de rétention dédié.

La séparation des produits consiste à éviter tout contact entre eux. Cette séparation physique doit être assurée en toute situation, même accidentelle :

- lors des opérations de chargement et de déchargement (installations séparées et dédiées, rétentions séparées et dédiées, dispositifs de type « détrompeurs »),
- lors du stockage (dispositifs de rétention séparés et dédiés, pas d'empilement des produits ou de rangement de produits incompatibles sur des rayonnages superposés...).

En raison de leur combustibilité ou de leur toxicité, le stockage de certains produits chimiques peut nécessiter la mise en œuvre de mesures de prévention complémentaires :

- mesures de prévention des risques d'incendie et d'explosion (voir chapitre 6),
- mesures de confinement en système clos avec captage à la source des émissions résiduelles.

8.7.6.3 Stockage des générateurs d'aérosols et des bouteilles de gaz

Les générateurs d'aérosols et les bouteilles de gaz sont des contenants particuliers, qui du fait de leur pression interne peuvent exposer à des risques supplémentaires (éclatement ou projection du contenant). Même si leur conception est encadrée réglementairement, leur stockage doit faire l'objet d'une attention particulière. Les mesures présentées ci-après viennent en complément des éventuelles mesures de séparation et d'isolement découlant des propriétés des produits contenus dans ces récipients.

Générateurs d'aérosols

Les générateurs d'aérosols doivent être conservés à température modérée, inférieure à 50 °C, à l'abri du rayonnement solaire direct et de toute source d'inflammation. Ils seront de préférence isolés des autres produits et stockés dans une enceinte

grillagée (de façon à éviter la projection de boîtiers enflammés en cas d'incendie).

Bouteilles de gaz

Il est recommandé de stocker les bouteilles de gaz à l'air libre, dans un lieu dédié, à l'abri des intempéries et du rayonnement solaire direct. Le toit du auvent doit être conçu de telle sorte qu'il ne puisse constituer un volume de rétention de gaz en hauteur (par exemple, avec un toit à pente inversée).

Si un stockage en intérieur est requis, il doit s'agir d'un local dédié, situé en façade, protégé du rayonnement solaire direct, et séparé des autres locaux par une cloison continue et incombustible, susceptible de limiter les effets d'une explosion.

Quel que soit le type de stockage choisi, en intérieur ou en extérieur, les bouteilles de gaz doivent être conservées à température modérée (inférieure à 50 °C) et à l'abri de toute source d'inflammation. Enfin, des dispositifs d'arrimage doivent permettre de maintenir solidement les bouteilles en position verticale.

8.8 Déchets

Les producteurs des déchets issus des activités économiques sont responsables de la gestion de ces déchets dans leur entreprise et de leur devenir jusqu'à leur prise en charge par un acteur du traitement et de l'élimination des déchets. Ils doivent tenir à jour un registre de suivi des déchets sortants de leur établissement. Les déchets dangereux font l'objet de bordereaux de suivi de déchets dangereux (BSDD) assurant leur traçabilité pour leur transport, puis leur prise en charge dans les installations de traitement ou d'élimination. Cette prise en charge est soumise à une acceptation préalable de l'installation de traitement ou d'élimination, sur la base des renseignements concernant les caractéristiques physico-chimiques et le comportement du déchet.

Il est interdit d'abandonner les déchets dans l'environnement. Leur rejet à l'égout, même en petites quantités, risque de perturber le fonctionnement des stations d'épuration et d'empêcher la valorisation de leurs boues. Tout rejet de déchet liquide dans le réseau public de collecte des eaux usées

est interdit sans l'obtention d'une autorisation préalable des autorités locales compétentes.

Éviter la production de déchets doit constituer l'objectif premier mais, lorsqu'elle est inévitable, une gestion bien organisée des déchets contribuera à réduire les coûts associés et à prévenir les risques professionnels (chutes de plain-pied, TMS, heurts engin-piéton, maladies professionnelles liées à l'exposition à des agents chimiques, lésions diverses...).

Stockés dans de mauvaises conditions, les déchets peuvent polluer les sols, l'air et les eaux ou dégager des vapeurs ou produits de décomposition dangereux en cas d'incendie.

8.8.1 Méthodologie de conception

Il convient de réaliser un inventaire qualitatif (nature, risques associés) et quantitatif des déchets, afin de déterminer les besoins de collecte à la source, de transfert, de prétraitement et d'entreposage temporaire dans l'entreprise avant collecte pour l'évacuation en vue de leur traitement. Cet inventaire permettra :

- de définir la capacité d'entreposage en fonction de la production des déchets et de la périodicité de la collecte pour l'évacuation vers l'installation de traitement,
- de définir les conditionnements les plus appropriés à la nature des déchets et au mode de collecte (bennes, containers, réservoirs fixes ou mobiles...),
- d'implanter les aires d'entreposage en fonction, et de manière à faciliter les opérations de collecte (manœuvres et manutentions).

Pour cela, il est préconisé :

- **d'établir un diagramme fonctionnel des flux de déchets** intégrant les moyens de conditionnement, de circulation, de transport, d'entreposage et de collecte, illustrant la proximité des fonctions (limitation des manutentions, des déplacements...),
- **de définir les scénarios de production et flux de déchets** en prenant en compte les variabilités de production et les modes dégradés (appliquer un coefficient de sécurité lors de la définition des capacités d'entreposage pour tenir compte de l'annulation possible d'une tournée de collecte, par exemple),
- **de respecter les exigences de protection** de l'environnement (par exemple, cuves de rétention

adaptées aux volumes et à la nature des déchets entreposés, épuration des eaux polluées, déshuilage de copeaux métalliques...) ; **des exigences réglementaires** particulières concernent généralement les ICPE (voir site web Aida [12]), et il convient de se renseigner auprès de la Direction régionale de l'environnement de l'aménagement et du logement (Dreal),

– **de prendre en compte les risques liés à la dangerosité des déchets** : ventilation, zonage Atex, matériaux de conception retardateurs de feu, aménagement permettant le respect des règles de non mélange des déchets incompatibles entre eux...

8.8.2 Collecte à la source

Il convient de collecter les déchets aux points de production par aménagement des équipements ou des lieux de travail (par exemple, réceptacles de collecte, bacs de réception...) de manière à :

- éviter l'exposition directe des travailleurs (risques infectieux, intoxications, coupures...),
- limiter les opérations de reprise (manutentions manuelles intermédiaires),
- prévenir les glissades et l'encombrement des sols,
- prévenir les risques de heurts ou de collision engin-piéton...

La collecte à la source peut également permettre de prévenir certains risques liés aux opérations ultérieures d'évacuation, de transport, de tri ou d'élimination de déchets dangereux (piqûre par seringue, par exemple) ou non dangereux (coupure par objet en verre, boîte de conserve...). L'enlèvement régulier et l'entreposage des déchets combustibles ou explosibles à l'extérieur des locaux de travail participent à la sécurité des personnes et des biens.

8.8.3 Traitement et évacuation des déchets produits

Des dispositifs de broyage ou de compactage par catégorie (cartons, bois, plastique) peuvent être mis en place pour assurer un prétraitement des déchets à recycler et en réduire l'encombrement.

Les techniques et conditionnements évitant les risques liés aux déchets et à leur manutention (lumbagos, chutes, coupures ou piqûres, irritations cutanées ou respiratoires...) seront à

privilégier : cerclage ou housage pour assurer la cohésion des charges à manutentionner, containers à Dasri⁽¹⁷⁾, containers réfrigérés pour les déchets organiques...

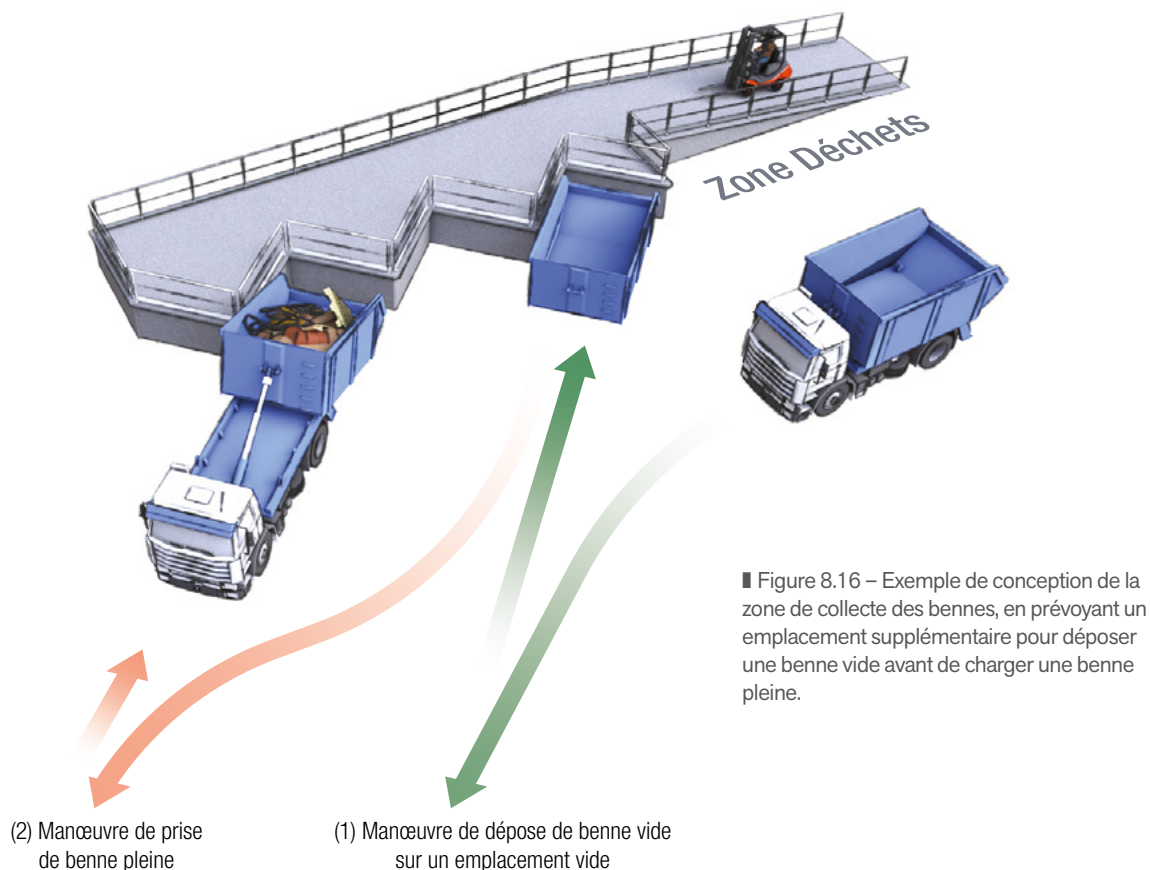
Le transport des déchets depuis les points de collecte vers le lieu de prétraitement ou d'entreposage temporaire interne à l'entreprise sera assuré par un mode de transfert approprié. Il pourra être, selon les besoins, les quantités et la nature des déchets, de type discontinu (transfert par chariots, containers, bacs...) ou continu par réseaux aériens ou en caniveaux.

Les zones de circulation pour le transfert des contenants de déchets (containers, bacs, palettes...) depuis les locaux d'entreposage vers les aires de collecte seront sans ressaut ou obstacle, et avec le moins de dénivelé possible.

Les aires de collecte seront disposées à l'écart du reste de l'établissement et des aires de parking. Elles seront horizontales et pourvues de butoirs empêchant le déplacement involontaire des containers (en cas de vent par exemple). Elles seront clairement identifiées avec d'éventuels aménagements empêchant le stationnement abusif (plots rétractables, barrières...). Elles seront conçues de façon à faciliter les manœuvres lors des chargements/déchargements de bennes (visibilité des opérations par les chauffeurs, limitation des marches arrière...). Lors d'un stockage en bennes, un emplacement supplémentaire sera prévu pour pouvoir déposer temporairement une benne vide préalablement à l'enlèvement d'une benne pleine (voir figure 8.16). Par ailleurs, si certains emballages sont sensibles aux UV et susceptibles de se détériorer, il convient de prévoir un dispositif les protégeant du rayonnement solaire direct (abri couvert, bâchage...).

Enfin, dans le cas où des opérateurs interviennent à l'intérieur de l'établissement pour réaliser des enlèvements spécifiques (vidange de bacs à graisse, collecte de fûts d'huiles alimentaires usagées, ramassage de certains déchets volumineux...), ils devront disposer d'espaces isolés des zones propres et facilement accessibles, y compris pour le véhicule qu'ils utilisent pour effectuer la collecte.

17. Dasri : déchets d'activités de soins à risques infectieux.



8.8.4 Spécificités pour les déchets radioactifs

8.8.4.1 Tri et conditionnement

Deux situations peuvent se présenter en fonction de la période radioactive (T) du radioélément contenu dans le déchet :

- **T < 100 jours** : gestion par décroissance. Le déchet doit être stocké dans un local spécifique (voir ci-après) pour une durée déterminée en fonction de sa période. À l'issue de cette durée d'entreposage, il convient de s'assurer de l'absence de radioactivité et de l'intégrité de son emballage avant son évacuation dans une filière adaptée aux autres risques qu'il peut présenter (chimique ou biologique).
- **T > 100 jours** : enlèvement par l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra). Les déchets radioactifs doivent être conditionnés et classés suivant les recommandations de l'Andra, puis stockés dans un local spécifique jusqu'à enlèvement par l'Andra.

8.8.4.2 Entreposage des déchets

Les déchets radioactifs doivent être stockés dans un local réservé à cet usage qui sera classé en zone contrôlée ou surveillée selon l'activité ou le débit équivalent de dose mesuré dans le local.

Il doit être aménagé de la manière suivante :

- murs coupe-feu deux heures facilement décontaminables,
- sol facilement décontaminable,
- sol formant rétention de capacité égale à la moitié des volumes stockés, ou bac de rétention de capacité égale au plus grand volume stocké pour les sources non scellées (choisir le plus grand de ces deux volumes).

8.8.5 Spécificités pour le secteur agroalimentaire

Dans l'agroalimentaire, la séparation des flux de produits propres et sales est indispensable et nécessite donc un local dédié pour le stockage,

avant collecte, des déchets générés aux différentes étapes de l'activité.

Du fait de la nature des produits collectés (coproduits et sous-produits de production, déchets alimentaires, emballages usagés, eaux sales...), le risque biologique peut être important et associé à d'autres risques liés au prétraitement ou traitement direct des biodéchets.

L'emplacement du local dédié au stockage avant collecte des biodéchets doit être en cohérence avec les principes de la marche en avant et de non croisement des circuits propre et souillé. Sa taille sera adaptée à la quantité de biodéchets entreposés entre chaque enlèvement et aux manutentions nécessaires pour déplacer les conteneurs, en tenant compte des éventuelles prévisions d'évolution de la production.

Le local sera fermé et accessible aux seules personnes habilitées. Il sera doté d'une porte d'accès interne, ne communiquant pas avec les zones propres et d'une porte de sortie vers l'extérieur. Ces accès et sortie se feront sans emprunter de marches. Leurs portes seront hermétiques et s'ouvriront vers l'extérieur ; elles seront équipées d'une barre anti-panique (permettant l'ouverture depuis l'intérieur même si la porte a été verrouillée de l'extérieur), d'un ferme-porte automatique et

d'un arrêt de porte pouvant les maintenir en position ouverte. Des dispositifs contre les insectes et l'intrusion des animaux doivent être prévus.

Le local doit être équipé d'un éclairage automatique (détecteur de présence avec minuterie par exemple), dont la durée d'allumage concorde avec l'activité.

Les revêtements de sol, des murs et du plafond seront lavables et désinfectables, de couleurs claires. Le sol aura des caractéristiques antidérapantes, dont un coefficient de frottement dynamique supérieur ou égal à 0,30 (voir § 7.4.2). Le local sera muni d'une centrale de nettoyage et de désinfection. Les pentes d'écoulement des eaux de lavage seront suffisantes (1,5 à 2 %), et leur évacuation vers le réseau d'eaux usées sera dotée d'un dispositif d'occlusion hydraulique conforme aux normes en vigueur.

Une installation de ventilation mécanique sera prévue, conformément aux dispositions applicables pour les installations à pollution spécifique (voir § 5.4.3).

Enfin, pour éviter la dégradation des biodéchets, il est préconisé de réfrigérer le local de 10 à 12 °C maximum, notamment sous les climats chauds ou en cas de stockage prolongé.

Bibliographie

- [1] L'électricité. ED 6345, INRS
- [2] La prévention du risque électrique. Textes réglementaires relevant du Code du travail. ED 6187, INRS
- [3] Consignations et déconsignations. ED 6109, INRS
- [4] Les espaces confinés. Assurer la sécurité et la protection de la santé des personnels intervenants. ED 6184, INRS
- [5] Réussir l'acquisition d'une machine ou d'un équipement de travail. ED 6231, INRS
- [6] Ponts roulants. ED 6105, INRS
- [7] Les activités de mise en propreté et services associés. Prévention des risques. ED 963, INRS
- [8] Prévention des risques liés aux batteries de traction et de servitude au plomb/acide. Recommandation R.466, Cnam
- [9] Charge des batteries d'accumulateurs au plomb. Prévention du risque explosion. ED 6120, INRS
- [10] Stockage et transfert des produits chimiques dangereux. ED 753, INRS
- [11] Chargement et déchargement des véhicules citernes routiers. Recommandation R.449, Cnam
- [12] Réglementation de la prévention des risques et de la protection de l'environnement (concernant notamment les ICPE) disponible sur <https://aida.ineris.fr>



9. Bureaux et salles de réunion

L'aménagement des bureaux doit offrir un environnement adapté aux différentes activités de travail, tant du point de vue des ambiances (acoustique, éclairage, qualité de l'air...) que des choix d'aménagement (typologie, dimensionnement, implantation). Le développement de la digitalisation, des nouvelles formes de management et de leur traduction spatiale complexifient les problématiques déjà existantes : gêne liée au bruit, travail sur écran, sédentarité... De nouveaux sujets sont à prendre en compte : intensification du travail, affaiblissement des collectifs de travail et isolement, hyperconnexion... C'est dans ce contexte en forte évolution que l'aménagement des bureaux doit être conçu dans une logique de prévention des risques professionnels, dont les plus significatifs sont les risques psychosociaux (RPS) et les risques de troubles musculosquelettiques (TMS).

Des gênes quotidiennes ont aussi des conséquences pour la productivité de l'entreprise. Un aménagement inadapté (proximité trop importante entre les salariés, surface insuffisante...) peut entraîner des difficultés de concentration ou créer un mal-être agissant sur l'engagement individuel des personnes au travail et affecter la performance de l'entreprise.

Afin de répondre à ces enjeux, la conception des espaces de travail doit intégrer les dimensions symboliques et psychologiques de l'espace. L'espace de travail ne doit plus être vu uniquement comme un outil de flexibilité visant à répondre

aux incertitudes économiques, aux changements organisationnels et contextuels mais devenir une ressource pour les activités en intégrant des exigences qualitatives (traitement architectural, symbolique, confort, notion d'intimité, personnalisation...).

9.1 Définitions

9.1.1 Typologie des bureaux

Les normes acoustiques pour les bureaux et pour les espaces ouverts (NFS 31-080 et NF ISO 22955) définissent une typologie des bureaux :

- **bureau individuel** : volume entièrement cloisonné, affecté à une personne,
- **bureau collectif** : volume entièrement cloisonné, accueillant 2 à 5 personnes. Il peut comporter ou non des séparations partielles entre les postes de travail (cloisonnettes, écrans),
- **espace ouvert** : conçu pour accueillir plus de 5 personnes sans séparations complètes entre les postes.

Un espace ne présentant pas de séparations physiques vis-à-vis de la circulation principale est considéré comme un espace de travail ouvert, même si le nombre de postes implantés est inférieur à 5.

9.1.2 Nouvelles formes d'organisation spatiale du travail

De nouvelles organisations spatiales du travail, s'inscrivant dans une logique d'optimisation des surfaces, se développent dans les bâtiments du secteur tertiaire. Elles vont de pair avec des transformations organisationnelles, managériales et technologiques du travail (télétravail, travail et management à distance, dématérialisation de l'information...).

Dans ce cadre, le déploiement des aménagements suivants est en expansion :

- les « **postes de travail partagés** » (ou « desk-sharing ») pour lesquels il n'y a pas d'attribution individuelle et nominative, au profit d'un partage par plusieurs collaborateurs ; cette organisation spatiale induit la mise en œuvre du « bureau propre » (ou « clean desk ») visant à laisser un plan de travail exempt d'affaires personnelles et limitant son appropriation par les salariés,
- l'« **espace dynamique** » (ou « activity based working ») ajoute au poste de travail partagé une diversité d'espaces de travail, chacun associé à un type de tâche (concentration, échange formel/informel, appel téléphonique...) ; ce type d'aménagement induit une mobilité des salariés au sein de la journée, qui changent de poste de travail en fonction de la tâche qu'ils doivent réaliser.

Le terme de « **flex-office** », bien que fréquemment utilisé, ne présente pas de définition stabilisée. Il est parfois associé à la notion de postes de travail partagés et parfois aux espaces dynamiques de travail.

Ces nouvelles organisations spatiales du travail complexifient l'approche traditionnelle qui consiste à attribuer une surface par salarié. En effet, il ne s'agit plus de considérer la surface au poste de travail mais une somme de ratios de surfaces d'espaces que le salarié est amené à utiliser : postes de travail de diverses typologies partagés sur un même plateau, espaces collectifs de travail partagés (salles de réunion, bulles, espaces complémentaires de travail, bibliothèque...). L'attribution de la surface individuelle devient plus difficile à formaliser et à percevoir (voir encadré « Surfaces par salarié, de quoi parle-t-on ? »). Elle nécessite d'autant plus une définition claire et partagée par l'ensemble des acteurs du projet.

Ces nouveaux types d'aménagements nécessitent une vigilance accrue quant à :

- l'efficacité des outils mis à disposition des salariés (dématérialisation, facilité de connexion du matériel informatique et mise à disposition de périphériques, possibilités de télétravail...),
- la perte en efficacité et en productivité pour les entreprises, notamment en lien avec de potentielles altérations des conditions de travail : rupture

■ Surfaces par salarié, de quoi parle-t-on ?

Il est indispensable que les acteurs du projet partagent la même définition des surfaces, afin d'éviter toute confusion (par exemple, intégration des circulations principales dans le calcul de la surface dédiée au travail*...).

- **La surface utile nette (SUN)** est la surface de travail comprenant les surfaces de bureau, de réunion et annexes de travail. Elle exclut les circulations horizontales, les escaliers, les surfaces affectées aux services sociaux et les surfaces de zones non transformables en bureau ou en salles de réunion.
- **La surface utile brute (SUB)** est la surface de référence pour le calcul du loyer. Elle correspond à la surface horizontale disponible dégagée de toute emprise. Elle inclut les circulations horizontales, les sanitaires, les locaux à usage social et les locaux d'impression/reprographie. Elle exclut les éléments structuraux (poteaux, refends) et les circulations verticales.
- **La surface de plancher (SDP)**, réglementée, est calculée à partir du nu intérieur des façades pour chaque niveau clos et couvert d'une hauteur sous plafond d'au moins 1,80 m. Elle exclut notamment les trémies, les surfaces dédiées au stationnement, les locaux techniques.

Le détail exhaustif des éléments compris par type de surface est consultable dans la « Fiche de définition et typologie des surfaces » de l'État disponible en ligne.

* Certains référentiels d'aménagement d'entreprise font référence au terme de surface de bureau utile nette (BUN). Cette dénomination n'est pas normalisée à l'heure actuelle. C'est pourquoi il est important de vérifier ce qu'elle recouvre.

des collectifs de travail, difficultés à monter en compétences... ,

– les risques professionnels associés, notamment en termes de risques psychosociaux et de troubles musculosquelettiques.

La création d'espaces complémentaires de travail dans le cadre d'une activité nomade ne doit pas dégrader la qualité des postes de travail, ni contracter la surface attribuée par salarié.

9.2 Principes généraux

9.2.1 Choix des types d'aménagement en fonction des activités de travail

Le type d'aménagement spatial des espaces tertiaires doit être choisi au regard des spécificités et des besoins des activités. La généralisation d'un type d'aménagement (open-space, par exemple) consisterait à apporter une réponse unique et donc inadaptée à la diversité des activités de travail et à la complexité organisationnelle de l'entreprise. Des études montrent ainsi que la proximité est mieux vécue lorsqu'elle correspond à des relations nécessaires à la réalisation de l'activité. Chaque type de bureau offre des conditions d'usage spécifiques.

● **Les bureaux fermés** permettent :

- de se concentrer,
- de créer une sphère d'intimité (fermeture de la porte),
- d'assurer une confidentialité,
- de régler individuellement les ambiances de travail,
- d'accueillir une personne pour des échanges au poste de travail (par exemple, travail à plusieurs devant un écran).

● **Les bureaux collectifs fermés** permettent :

- d'échanger entre collègues (partageant des objets de travail communs),
- de prendre des informations simultanées utiles pour l'activité,
- de mutualiser des supports de travail (affichage commun, par exemple),
- de créer une sphère d'intimité (fermeture de la porte),

– de régler les ambiances de travail.

● **Les espaces ouverts** permettent :

- de prendre des informations simultanées utiles pour l'activité,
- de mutualiser des supports de travail (affichage commun, par exemple),
- de bénéficier de qualités spatiales d'ouverture (vues intérieures dégagées).

9.2.2 Enjeux liés à l'implantation des postes de travail

La qualité des aménagements est un enjeu pour l'entreprise, dans la mesure où elle influera sur son attractivité, la possibilité pour les salariés de s'impliquer dans leur activité... La conception des espaces de travail doit dépasser une vision uniquement matérielle des aménagements. Par exemple, deux postes de travail pouvant paraître équivalents (mobiliers et surface similaires) n'offriront pas les mêmes conditions de travail et qualités d'usage selon leur implantation spatiale. En effet, l'accès à la lumière naturelle, la proximité des autres postes, la présence de passage dans le dos... sont des déterminants qu'il s'agira de prendre en compte.

Le tableau 9.1 explicite quelques enjeux touchant aux conditions d'implantation des postes de travail.

Il est recommandé, pour les postes contraints par leur implantation, et afin notamment d'éviter les sentiments d'iniquité et de dévalorisation entre postes de travail au sein d'un même espace ouvert :

- d'adapter les dimensions des postes concernés,
- d'installer des séparatifs,
- de limiter la proximité entre les postes,
- de limiter les frontalités entre les postes,
- d'apporter des réponses architecturales spécifiques...

Les déterminants suivants sont à prendre en compte dans le dimensionnement des surfaces d'un poste de travail :

- fonctionnels et organisationnels (regroupement par équipe, selon l'activité...),
- matériels (dimension du mobilier, nombre d'armoires de rangement...),
- psychologiques (distance aux autres acceptable...),
- physiologiques (adaptation à tout type de morphologie...),

Tableau 9.1: Exemples d'enjeux liés aux conditions d'implantation d'un poste de travail tertiaire.

Conditions d'implantation	Enjeux
Localisation en premier jour	Accès direct à la lumière du jour et repérage temporel
Vue dégagée sur l'extérieur	Micro-pause oculaire, concentration créative
Absence de circulation dans le dos	Possibilité de préserver une sphère intime, d'anticiper les interactions et de respecter des exigences de confidentialité
Possibilité de réglage des ambiances de travail (ouverture des fenêtres, accès aux commandes de chauffage/ climatisation)	Possibilité d'agir sur son environnement en fonction de ses propres caractéristiques
Supports physiques à disposition (murs, tableaux, panneaux)	Possibilité de personnaliser son environnement de travail
Éloignement d'une source sonore intempestive	Possibilité de se concentrer

- sociaux (culture d'entreprise),
- architecturaux (qualité de l'échappée visuelle depuis le poste de travail...),
- techniques (passage des gaines, structure porteuse...),
- symboliques (image de marque de l'entreprise...),
- normatifs, environnementaux...

9.2.3 Implantation des espaces collectifs et des circulations

Les espaces suivants, utilisés par l'ensemble des salariés d'un étage, doivent être implantés de manière centrale, ou bien répartis équitablement au plus près des espaces de travail, dans le but d'optimiser les distances à parcourir :

- circulations verticales (escaliers, ascenseurs),
- sanitaires,
- vestiaires,
- espaces de convivialité,
- espaces communs de travail : salles de réunion, boxes, bulles...

Il est nécessaire toutefois de veiller à ne pas créer de gêne (sonore, olfactive...) pour les postes de travail situés à proximité.

9.2.4 Flexibilité

La conception des locaux de bureaux doit prévoir une flexibilité spatiale pour répondre aux évolutions des activités. Cette flexibilité pourra notamment être facilitée par les éléments techniques suivants :

- un précâblage en faux plancher, en plinthes murales, voire – solution originale permettant la

meilleure flexibilité – en faux plafond avec descente filaire masquée dans des luminaires amovibles sur pied,

- des cloisons démontables mais permettant une bonne isolation phonique (éviter les ponts phoniques, notamment au droit des cloisons en sous-plafond),
- une surface suffisante pour conserver des marges de manœuvre et réajuster le projet après mise en service, notamment pour les installations en postes de travail partagés.

Les éléments suivants sont à prendre en considération en cas de modification d'aménagement ou de densification :

- les débits d'air prévus par espace et par nombre d'occupants du local,
- l'implantation des ouvrants et la localisation des luminaires,
- les trames, qui conditionnent le positionnement des cloisonnements,
- le positionnement des commandes pour le réglage des systèmes d'éclairage et de chauffage/ ventilation/climatisation.

9.3 Dimensionnement

9.3.1 Espaces de travail fermés

Il s'agit de définir la surface utile par poste de travail à adopter en fonction des besoins et selon les activités, en intégrant notamment les éléments suivants : mobilier de bureau, siège, meubles de rangement, espace d'accueil au poste pour une ou plusieurs personnes, table de réunion, circulations

intérieures... Le ratio en mètres carrés utiles exclut les surfaces dédiées aux circulations principales et aux locaux collectifs (espaces de convivialité, salles de réunion, sanitaires...).

Une surface minimale de 10 m² pour un bureau individuel et, pour un bureau collectif, de 11 m² par personne est recommandée. Si l'activité principale est fondée sur des communications verbales (par exemple, dans les centres d'appels téléphoniques) et pour réduire les interférences entre interlocuteurs, il est nécessaire de prévoir 15 m² par personne.

Il est également préférable d'éviter les bureaux tout en longueur. Ainsi, on vérifiera que :

- la longueur est inférieure à 2 fois la largeur pour les bureaux dont la superficie est inférieure ou égale à 25 m²,
- la longueur est inférieure ou égale à 3 fois la largeur pour les bureaux dont la superficie est supérieure à 25 m².

Pour un bureau collectif, il est recommandé de limiter le regroupement à 5 personnes qui partagent de manière stable des objectifs de travail en commun.

9.3.2 Espaces de travail ouverts

Dans les espaces de travail ouverts, l'enjeu est notamment d'essayer de préserver les aspects qualitatifs du bureau fermé.

9.3.2.1 Principes

Dans ces espaces ouverts, la configuration peut accentuer les perturbations visuelles et auditives au poste de travail. L'un des enjeux de leur dimensionnement est donc de limiter ces nuisances et de conserver les qualités spatiales attribuées aux bureaux fermés. Pour cela, il faut :

- éviter un effectif supérieur à 10 personnes,
- regrouper les postes de travail sur la base d'un collectif de travail stable et du partage d'objectifs,
- préférer des bureaux-benches⁽¹⁸⁾ de 4 postes à ceux de 6 postes, et ne pas dépasser 6 postes de travail par bench afin de permettre les échanges directs

tout en limitant la gêne associée pour les personnes travaillant à proximité immédiate,

- en cas d'implantation des postes de travail sans séparatifs vis-à-vis de la circulation principale, prévoir une largeur de 90 cm libre entre cette circulation principale et les postes de travail qui ne doivent pas lui tourner le dos,
- privilégier l'implantation des espaces fermés à proximité des circulations verticales et des entrées de service,
- isoler phoniquement les espaces de convivialité et les espaces de reprographie,
- éviter les implantations en face-à-face sans séparatifs pour faciliter les échappées visuelles au poste (absence de collègue dans le champ de vision frontal)...

L'installation en open-space peut limiter le nombre et la qualité des communications verbales et donc la performance de l'entreprise.

9.3.2.2 Espaces complémentaires de travail

Les installations en espaces ouverts prévoient généralement des espaces fermés, réservés pour une ou deux personnes. Il s'agit d'« espaces complémentaires de travail » (par exemple, bulles, box, cabines, combis...) où les salariés s'installent pour réaliser des activités pouvant produire une gêne sonore pour les collègues (appels téléphoniques, réunions, communication informelle...).

Quand le choix d'aménagement en espaces ouverts n'est pas adapté à certaines activités de travail, les espaces complémentaires de travail sont utilisés plus fréquemment qu'initialement prévu, afin de répondre au besoin d'isolement et de concentration des personnes. Le nombre de ces espaces est donc à dimensionner sur la base d'une analyse des caractéristiques et des besoins des métiers qui seront exercés dans l'entreprise.

Une attention particulière doit être portée à la qualité des solutions techniques suivantes :

- possibilité de branchement des outils informatiques et téléphoniques (prises électriques, matériels),
- traitement acoustique du local, isolation par rapport aux espaces ouverts et aux circulations.

18. Le bureau-bench est une solution de mobilier permettant la composition d'îlots de postes de travail solidaires, généralement en enfilade et en face-à-face.

9.3.2.3 Dimensionnement du nombre de postes de travail en configuration « postes de travail partagés »

Le taux de partage des postes de travail par salarié doit être déterminé sur la base d'une étude réaliste du taux d'occupation. Pour l'évaluation de ce taux d'occupation, il faut se baser sur le taux de présence des salariés le plus important et non sur un taux de présence moyen. L'étude du taux d'occupation doit, par ailleurs, être réalisée sur une durée suffisamment longue afin d'intégrer la variabilité des activités (saisonnalité, déplacements, modalités des échanges collectifs, potentielles évolutions...).

Le partage des postes exige enfin de prévoir des marges de manœuvre en surface disponible, afin de pouvoir réajuster le projet lors de la mise en service si nécessaire.

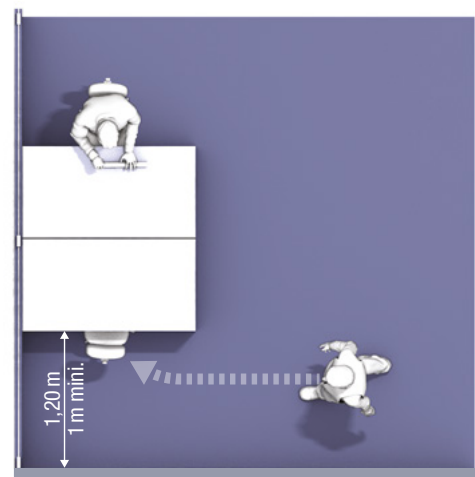
Le choix final du taux de partage des postes de travail doit intégrer la réalité de fonctionnement de l'entreprise et non uniquement le souhait projeté d'un mode de fonctionnement attendu.

9.3.3 Accès aux postes de travail

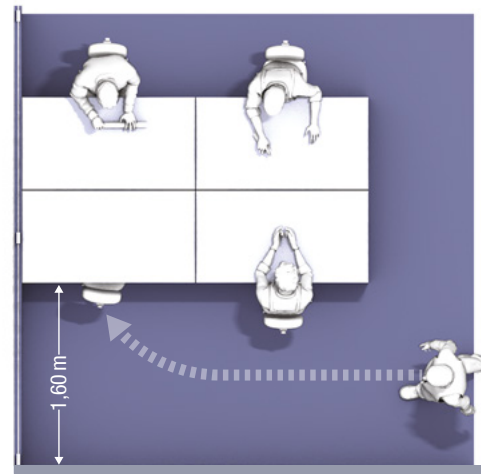
Les valeurs minimales détaillées ci-contre (voir figure 9.1) se basent sur une approche uniquement dimensionnelle et nécessitent d'être ajustées au regard des activités de travail et d'éventuels besoins supplémentaires : communication téléphonique, intimité au poste de travail, confidentialité, distance interpersonnelle (voir chapitre 3.2)... Elles sont également à adapter en cas de recours à des types d'assises alternatives (swiss-ball, pédalier...), visant à prévenir les risques liés à la sédentarité au travail et entraînant un recul plus important au poste.

Les accès doivent être dimensionnés sur la base des postures dynamiques au poste de travail et des relations de proximité acceptables entre les personnes.

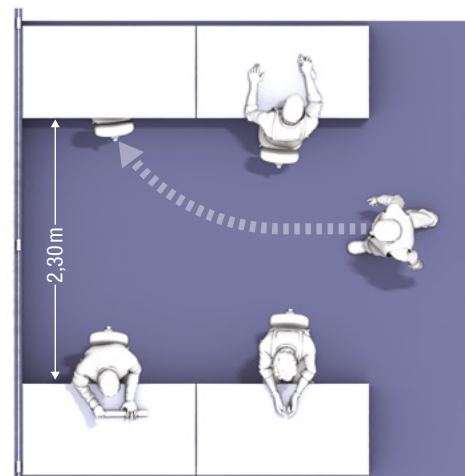
Pour l'accès à un poste de travail isolé, implanté à proximité d'un élément fixe (cloison, mur), une largeur d'accès de 1,20 m est recommandée de façon à permettre aisance et changement de postures au poste de travail. Dans un espace contraint,



Aucun passage
Largeur pour un accès à un poste



Accès aux postes contigus uniquement



Largeur dos à dos minimale avec accès
aux postes contigus uniquement

■ Figure 9.1 – Dimensions recommandées pour les accès aux postes de travail selon les configurations.

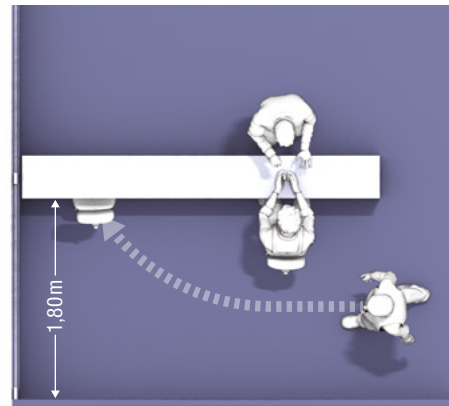
cette largeur d'accès peut être réduite mais doit rester supérieure à 1 m.

Toute circulation dans le dos des postes de travail est à proscrire. Seuls les passages utilisés pour accéder aux postes de travail contigus sont tolérés.

Pour l'accès à des postes de travail contigus, une largeur minimale de 1,60 m est conseillée.

Pour l'accès à des postes de travail contigus situés dos à dos, une largeur minimale de 2,30 m est préconisée.

Ces valeurs sont adaptées si le niveau sonore (en grande partie déterminé par la fréquence des échanges aux postes ou les appels téléphoniques) est faible. Sinon, il est nécessaire d'implanter des séparatifs acoustiques induisant un éloignement plus important des postes dos à dos. Par ailleurs, dans le cas d'un aménagement de guichets d'accueil multiples avec circulation des agents dans le dos des postes de travail, prévoir une largeur minimale d'1,80 m (voir figure 9.2).



■ Figure 9.2 – Dimension recommandée pour la conception de guichets d'accueil multiples avec circulation dans le dos des postes de travail.

étendre leurs jambes, et accéder aisément à leurs documents...

Même s'il convient avant tout de s'assurer que l'aménagement du lieu de travail, la tâche et le mobilier encouragent l'utilisateur à changer régulièrement de posture, car aucune n'est idéale, la posture suivante présente un moindre inconfort (voir figure 9.3) :

- les pieds reposent à plat, sur le sol de préférence, ou sur un repose-pieds permettant de maintenir les pieds à plat lorsque le plan de travail n'est pas réglable en hauteur,
- l'angle du coude est droit ou légèrement obtus,
- les avant-bras sont proches du corps,
- la main est dans le prolongement de l'avant-bras,
- le dos est droit ou légèrement en arrière, et soutenu par le dossier.

9.4 Choix du mobilier

La consultation et la participation des salariés en matière de choix du mobilier et d'aménagement des postes de travail doivent être systématiques.

Il faut veiller à offrir assez d'espace aux salariés pour qu'ils puissent bouger, changer de position,



■ Figure 9.3 – Posture de moindre inconfort pour le travail sur écran.

Le mobilier doit ainsi offrir des réglages qui permettent de l'ajuster à la diversité des caractéristiques physiques des utilisateurs, ainsi qu'à l'évolution des contextes d'utilisation au cours du temps.

Les plans de travail doivent être de dimensions suffisantes, peu réfléchissants et conçus avec des bords droits biseautés :

- hauteur réglable de 65 à 76 cm en posture assise, ou bien bureau à hauteur variable permettant d'alterner facilement les postures assise et debout,
- profondeur comprise entre 80 cm et 110 cm selon l'activité, le matériel à disposition et leur évolution possible,
- largeur minimale de 180 cm ; une largeur de 160 cm pouvant être tolérée dans des situations d'aménagement contraint.

Plusieurs critères sont à prendre en compte pour le dimensionnement des plans de travail :

- leur usage (réception, desk-sharing, branchements...),
- les besoins en matériels différents selon les métiers (nombre d'écrans, téléphone, imprimante, porte-documents, dossiers papier, caisson),
- la possibilité ou non de mettre en place un plan de travail annexe, en retour de table, de dimensions plus faibles, prévu pour le rangement des dossiers,
- leur implantation ; dans le cas où les postes de travail sont regroupés par 6, les plans de travail des

postes implantés au centre doivent avoir une largeur de 180 cm, y compris dans le cas d'aménagements contraints, afin d'assurer une distance sociale minimale entre collègues.

Les écrans de visualisation seront implantés :

- sur le plan de travail à une distance des yeux comprise entre 50 et 70 cm et dans le même angle visuel de confort que les claviers correspondants,
- perpendiculairement et à plus de 1,50 m des fenêtres, de façon à éviter le soleil dans les yeux et les reflets.

9.5 Ambiances de travail

Il est recommandé de prévoir des dispositions permettant de personnaliser et de régler le plus possible les ambiances des espaces de travail (par exemple, possibilité d'isolement face au bruit en fermant des portes, lampe d'appoint, variateur de température localisé...).

9.5.1 Bruit

Dans un espace de bureaux, ouvert ou fermé, l'environnement sonore n'engendre généralement pas une exposition lésionnelle, les niveaux reçus étant inférieurs à 80 dB(A). Il est constitué d'un mélange de sources de bruit : sonneries de téléphone, équipements divers (imprimantes, claviers, air conditionné...), bruits d'origine extérieure, passage de personnes, fermetures voire claquement de portes et, surtout, conversations que ce soit au téléphone ou en direct. Ces dernières représentent la principale gêne, notamment pour des activités qui nécessitent une forte concentration.

La principale gêne exprimée dans les bureaux est liée au bruit, notamment aux bruits subis, non utiles au travail.

Dans un bureau ouvert (> 5 personnes), le principal enjeu est d'atteindre le degré d'intelligibilité nécessaire à l'activité tout en minimisant la gêne sonore induite par les conversations. En fonction de l'activité, **cette maîtrise à la fois de l'intelligibilité et de la gêne sonore passe par une densité contrôlée des personnes et par le choix**

La norme NF ISO 22955 propose une typologie d'espaces ouverts et recommande, pour chaque type, des valeurs cibles pour les niveaux de bruit ambiant en occupation (toujours inférieures à 55 dB(A), voire 40 à 45 dB(A) pour une activité demandant une forte concentration), des valeurs limites d'atténuation des séparations entre postes (cloisonnettes) et des valeurs limites de décroissance spatiale afin de contrôler la propagation sur le plateau. Typiquement, un espace ouvert de bureaux devra bénéficier d'un plafond de classe A, les postes non collaboratifs seront séparés par des cloisonnettes absorbantes (au moins 5 cm de matériau absorbant) et isolantes (au moins 2 cm d'épaisseur) d'au moins 1,40 m de hauteur depuis le sol. Dans le cas de cloisonnettes de grande hauteur, l'impact sur l'éclairage naturel est à prendre en considération.

des matériaux qui constituent le local ainsi que le mobilier. L'installation d'un système de masquage est inefficace car il augmente le niveau du bruit de fond et crée une fatigue supplémentaire.

Un local destiné à accueillir une activité de bureau devra être traité acoustiquement par l'apport de matériaux absorbants sur le plafond (plénum et dalles acoustiques de classe A – la plus performante). Le niveau de bruit des équipements de fonctionnement du bâtiment (climatisation par exemple) devra être minimisé de façon à être conforme à la norme NF S31-080.

Pour isoler un bureau individuel de l'extérieur, ses parois devront être composées de matériaux à forte densité (béton, briques, plaques de plâtre double épaisseur...).

9.5.2 Éclairage

Les murs, le sol et le plafond doivent offrir une teinte et une clarté compatibles avec le confort visuel (voir § 5.2.1.4). L'éclairage doit assurer une distribution homogène de la lumière dans tout le champ de vision ainsi que des contrastes confortables, facilitant la perception des volumes (voir § 5.2).

9.5.2.1 Lumière naturelle

Afin de préserver un éclairage naturel suffisant, les postes de travail permanents doivent être implantés à une distance maximale de la façade comprise entre 2 et 3 fois la hauteur par rapport au sol de la limite haute des fenêtres. Ce coefficient doit être réduit en fonction des obstacles éventuels, extérieurs (brise-vue, arbres, vis-à-vis...) ou intérieurs (mobilier, plantes...), et selon l'ensoleillement de la région. Ainsi, pour une hauteur de 2 m entre le sol et le haut de la fenêtre dans une région ensoleillée, et sans obstacle particulier, les postes de travail peuvent être implantés jusqu'à 6 m des fenêtres.

La configuration des ouvertures doit offrir aux salariés une vue sur l'extérieur à hauteur des yeux. L'allège est d'une hauteur préférentielle de 1 m, et en aucun cas supérieure à 1,10 m.

L'apport en lumière naturelle nécessite d'être maîtrisé et ajusté, notamment en raison des risques de reflets et d'éblouissements dans le cadre du

travail sur écran. Pour cela, il est recommandé de prévoir :

- une surface de vitrage n'excédant pas le quart de la surface au sol du local,
- une présence de fenêtres sur un des côtés du local seulement,
- un système de stores avec lamelles réglables,
- un système occultant extérieur, limitant également l'apport thermique lié aux rayonnements sur les vitrages (voir § 5.2.2.2).

9.5.2.2 Éclairage artificiel

L'éclairage artificiel préconisé pour le travail sur écran peut être de type direct intensif, indirect voire mixte.

• **Un éclairage direct intensif** est un éclairage dirigé vers le bas avec des luminaires équipés de grilles de défilement qui canalisent la lumière. Ce type d'éclairage nécessite de disposer les postes entre les luminaires.

• **Un éclairage indirect** est un éclairage dirigé vers le haut ou vers un mur. Avec ce type d'éclairage, la lumière doit être dirigée vers le plafond, à l'aplomb du poste de travail ou, à défaut, au voisinage immédiat. Cette recommandation est également valable pour un éclairage mixte.

Les commandes d'éclairage doivent pouvoir être réglées indépendamment les unes des autres par trame et en fonction de l'éloignement des prises de jour. On prévoira également la possibilité de personnaliser l'éclairage au poste de travail avec une lampe d'appoint, notamment pour le travail avec consultation de documents papier.

Pour donner des repères, un éclairement de 500 lux est conseillé pour un travail d'écriture ou de lecture sur papier. Pour un travail sur écran, l'éclairement du plan de travail sera du même ordre de grandeur (300-500 lux) s'il s'agit d'un écran à fond clair, plus faible (200-300 lux) s'il s'agit d'un écran à fond sombre.

9.5.3 Qualité de l'air intérieur

Bien que les bureaux soient apparentés réglementairement à des locaux à pollution non spécifique (voir § 5.4), la composition de l'air y est souvent marquée par la présence de polluants (en faible quantité), dont des composés organiques volatils

(COV) provenant des matériaux utilisés pour le mobilier ou les revêtements de murs et de sol, par exemple. Pour ce qui est de la concentration de ces polluants dans l'atmosphère des bureaux, il est recommandé de se référer aux valeurs guides de l'air intérieur établies par l'Anses (voir § 5.4.2.1), valeurs en dessous desquelles aucun effet sanitaire ou aucune nuisance sur la santé n'est attendu pour la population générale.

Pour limiter l'exposition des salariés, il faut choisir des matériaux de construction et de décoration en se référant à l'étiquetage réglementaire de leurs émissions, ainsi que du mobilier peu ou non émissif. En complément, un système de ventilation adapté assurera l'assainissement de l'air. Il doit être conçu en tenant compte de l'environnement global du bâtiment, de façon à disposer les installations de captage de l'air neuf à l'abri des sources de pollution (axes routiers, sites industriels, installations agricoles, chantiers, parkings) et du système de chauffage/climatisation. Les apports minimaux d'air neuf prévus par la réglementation doivent impérativement être respectés (voir tableau 5.7). Il est toutefois recommandé de prévoir un débit d'air neuf minimal de 50 m³/h et par occupant.

9.5.4 Ambiance thermique

Les critères de confort pour une activité légère, typiquement une activité de bureau, sont les suivants :

- Température de l'air ambiant : 23 à 26 °C pour les périodes estivales ; 21 à 23 °C pour les périodes hivernales.
- Écart de température entre l'intérieur des locaux et l'extérieur : préférentiellement 6 à 8 °C maxi, pour éviter les désagréments en entrant ou en sortant.
- Degré d'humidité relative : 40 à 70 %.
- Vitesse de l'air au niveau des opérateurs : ≤ 0,2 m/s.

9.6 Salles de réunion

L'utilisation des salles de réunion a évolué dans le même temps que les aménagements des espaces de travail. Le développement du nomadisme (travail à distance, postes de travail partagés...) et

l'expansion des bureaux ouverts modifient les besoins de travail collaboratif et leurs modalités. Par exemple, le passage à un fonctionnement nomade peut accroître le besoin en salles de réunion pour des temps d'échange et de travail collectif qui se déroulaient auparavant dans des bureaux fermés.

Lorsqu'il est prévu d'utiliser également les salles de réunion à des fins de formation, la réflexion sur leur aménagement doit en tenir compte : création d'un espace de bagagerie, stockage des supports de formation, espace de convivialité attendant ou non...

9.6.1 Implantation

Si les salles de réunion ont vocation à accueillir des personnes extérieures à l'entreprise, elles seront implantées à proximité de l'entrée et de l'accueil du bâtiment.

Si elles sont réservées au personnel de l'entreprise, l'implantation sera à adapter à la durée et la fréquence de leur utilisation :

- une implantation centrale, à proximité immédiate des espaces de travail, est à privilégier pour des usages répétés. Le traitement acoustique doit alors permettre d'éviter toute gêne pour les postes de travail situés à proximité,
- une implantation plus éloignée des espaces de travail est acceptable pour un usage prolongé,
- une implantation des salles de réunion en second jour, au profit des espaces de travail permanents, est envisageable pour des usages de courte durée.

9.6.2 Aménagement et configuration

Il est conseillé que l'aménagement des salles de réunion offre des qualités d'usage comparables à celles requises pour les bureaux : vue sur l'extérieur, ventilation dimensionnée pour le nombre de participants et traitement acoustique, distance entre les personnes...

Leur configuration et leur dimensionnement dépendent :

- du nombre maximal de participants,
- de la fréquence et de la durée d'utilisation,
- du temps d'utilisation simultanée des salles de réunion,

- du mobilier choisi et de son implantation plus ou moins flexible,
- du stockage éventuel de matériel (supports de formation, équipement audiovisuel...),
- du stockage des cloisons amovibles (dans le cas d'espaces évolutifs)...

Des circulations périphériques larges de 1,20 m à 1,50 m doivent par ailleurs être prévues pour permettre à un fauteuil roulant de circuler et de faire demi-tour.

9.6.3 Ambiances

La norme NF S31-080 prévoit dans les salles de réunion un niveau acoustique permettant confort de parole et d'écoute durant un laps de temps prolongé, leur isolation sonore devant assurer la confidentialité des propos qui y sont tenus. En cas de ventilation mécanique, se reporter au tableau 5.7.



10. Installations sanitaires et locaux sociaux

Ce chapitre concerne les installations sanitaires et les locaux sociaux : lieux de restauration collective, locaux pour services médicaux du travail, local de premiers soins et locaux de détente. La conception de ces espaces nécessite autant d'attention que celle des locaux de travail dédiés aux activités principales de l'entreprise. Par ailleurs, l'accessibilité aux personnes à mobilité réduite influence notablement le dimensionnement de ces espaces et doit être prévue dès la conception.

10.1 Installations sanitaires

10.1.1 Dispositions générales

L'employeur doit mettre à la disposition des travailleurs les moyens d'assurer leur propreté individuelle, notamment des vestiaires, des lavabos, des cabinets d'aisances et, le cas échéant, des douches.

Toute entreprise accueillant des salariés d'une entreprise extérieure doit également mettre à leur disposition des installations sanitaires et, en particulier, des cabinets d'aisances. Le personnel des entreprises extérieures doit en effet être pris en compte et des locaux sanitaires doivent être mis à

sa disposition, sauf si l'entreprise extérieure a mis en place un dispositif équivalent, et a elle-même installé de tels locaux.

Les travailleurs handicapés doivent pouvoir disposer d'installations sanitaires appropriées.

Dans le cas d'établissements occupés par un personnel mixte, des locaux distincts adaptés au personnel masculin et féminin doivent être prévus.

Les installations sanitaires doivent être en nombre suffisant. Elles doivent être réparties dans le lieu de travail, isolées des ateliers ou des bureaux mais situées à leur proximité, sur le passage des travailleurs. Afin de mettre en place une organisation rationnelle et des installations de qualité, économiques et faciles à entretenir, il est recommandé de réunir en un seul bloc les lavabos, les douches, les cabinets d'aisances et les vestiaires.

10.1.1.1 Ventilation

Lors de la conception de ces locaux, on prévoira l'introduction d'un débit d'air neuf au moins égal aux valeurs prévues par la réglementation (voir tableau 5.7).

10.1.1.2 Chauffage

Ces locaux devront être maintenus à une température adaptée à leur destination et convenablement chauffés.

10.1.1.3 Éclairage

Le niveau d'éclairage doit être au minimum de 120 lux. Il est conseillé de prendre en compte la valeur de 200 lux fixée par la norme NF EN 12464-1 pour les vestiaires, sanitaires, salles de bains et toilettes.

10.1.1.4 Évacuation des eaux

Les installations sanitaires seront munies d'un ou plusieurs points d'eau et d'un ou plusieurs siphons de sol incluant un panier de récupération des déchets solides. La répartition recommandée est d'un siphon tous les 25 m² environ.

10.1.2 Cabinets d'aisances et lavabos

10.1.2.1 Dispositions facilitant le nettoyage des installations

Le sol et les murs seront en matériaux imperméables pour un nettoyage efficace. Les revêtements de sol devront être de nature homogène pour permettre l'application d'une même méthode d'entretien.

Les surfaces au sol, antidérapantes, seront dégagées, de préférence en installant des mobiliers suspendus et en distribuant le courant électrique



■ Figure 10.1 – Équipements suspendus facilitant le nettoyage.

à partir des plafonds. Les équipements suspendus tels que cuvettes de WC (point bas à 20 cm du sol), lavabos et urinoirs facilitent l'entretien et améliorent l'hygiène (voir figure 10.1). D'autres systèmes sont également envisageables, par exemple les cuvettes de WC possédant un habillage descendant jusqu'au sol sur tout leur pourtour, aisément contournables par les appareils de nettoyage.

Des portes de WC s'arrêtant à environ 15 cm du sol (voir figure 10.2) facilitent le nettoyage. Les portes doivent comporter un dispositif de fermeture par l'intérieur, permettant également de les ouvrir de l'extérieur en cas d'incident.

10.1.2.2 Cabinets d'aisances

Le nombre de cabinets d'aisances à concevoir dépend de l'effectif de l'établissement en prenant en compte le nombre maximal de travailleurs présents simultanément dans l'établissement.

La réglementation prévoit qu'il doit exister au moins :

- un cabinet et un urinoir pour vingt hommes,
- deux cabinets pour vingt femmes.

Les cabinets d'aisances ne doivent pas communiquer directement avec les locaux fermés où le personnel est appelé à séjourner (par exemple, atelier, vestiaire). Ils doivent être aménagés de manière à ne dégager aucune odeur. Ils seront équipés d'une chasse d'eau et d'un distributeur de papier hygiénique. Un cabinet au moins doit comporter un poste d'eau.



■ Figure 10.2 – Bas de porte à 15 cm du sol pour faciliter le nettoyage.

10.1.2.3 Cabinets d'aisances aménagés pour les personnes en fauteuil roulant [1]

Au moins un cabinet d'aisances sur dix doit être aménagé pour en permettre l'accès et l'usage autonome par les personnes circulant en fauteuil roulant. En deçà de 10 cabinets d'aisances, il convient de s'assurer que l'un d'entre eux et un lavabo sont conçus de telle sorte que de simples travaux suffisent pour en permettre l'accès et l'usage autonomes par une personne en fauteuil roulant. Dans tous les cas, dès la conception, un cabinet ainsi aménagé est à privilégier.

Il est recommandé de prévoir un espace de manœuvre avec possibilité de demi-tour en fauteuil roulant ($\varnothing$ 150 cm) à l'intérieur du cabinet. Si l'espace disponible est insuffisant, le cabinet doit comporter a minima un espace d'usage, situé à côté de la cuvette, de 0,80 m x 1,30 m, libre de tout obstacle et hors débattement de porte (voir figure 10.3). Dans cette configuration, un espace de manœuvre avec possibilité de demi-tour ($\varnothing$ de 150 cm), est alors à prévoir devant la porte.

La hauteur de la cuvette sera comprise entre 0,45 m et 0,50 m.

Une barre d'appui latérale, située à côté de la cuvette à une hauteur comprise entre 0,70 m et 0,80 m, devra être prévue pour faciliter le transfert entre le fauteuil roulant et la cuvette. La distance entre l'axe de la cuvette et la barre d'appui sera comprise entre 0,40 m et 0,45 m. La commande de chasse d'eau doit être facile à atteindre et à manœuvrer par une personne ayant des difficultés de préhension.

10.1.2.4 Lavabos

Les lavabos doivent être :

- disposés à raison d'un pour dix personnes au plus,
- alimentés en eau potable à température réglable,
- munis des moyens de nettoyage et d'essuyage ou de séchage appropriés.

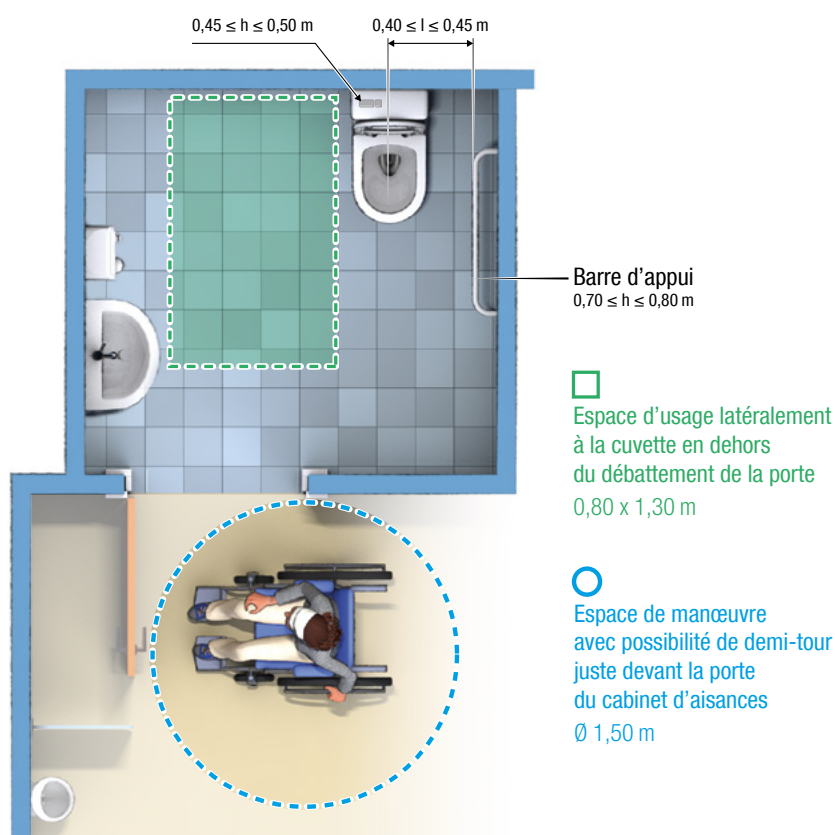
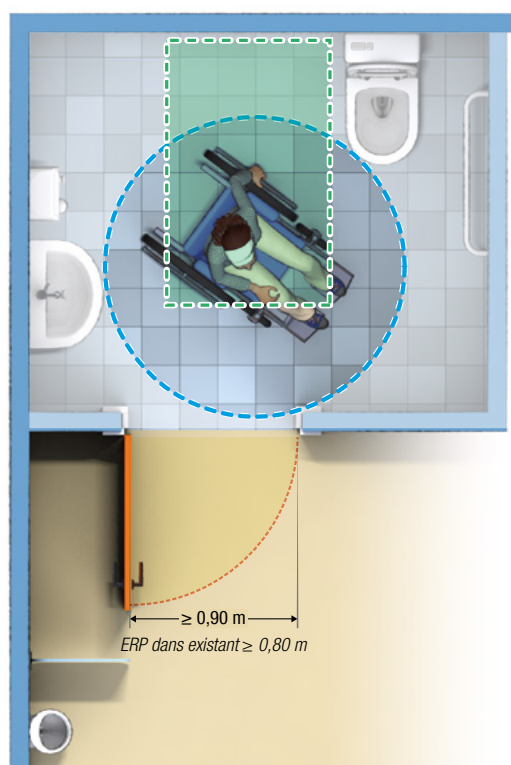


Figure 10.3 – Cabinet d'aisances adapté pour les personnes en fauteuil roulant.

Dans le cas où ils sont installés dans un local distinct des vestiaires, la communication entre les deux doit pouvoir se faire sans traverser les locaux de travail et sans passer par l'extérieur.

10.1.2.5 Lavabos et accessoires pour les personnes en fauteuil roulant

Au moins un lavabo permettant un usage autonome doit être placé à proximité de tout cabinet d'aisances praticable par une personne en fauteuil roulant. Il doit être implanté en hauteur, le dessous à 0,70 m du sol, le dessus à 0,85 m, avec une profondeur de 0,60 m et une robinetterie préhensible disposée à 0,38 - 0,40 m d'atteinte pleine paume du bord extérieur de la cuvette (voir figure 10.4).

Les patères, les distributeurs de papiers, de sacs hygiéniques, de savon, les fentes de boîtes à déchets, les sèche-mains doivent être situés entre 0,90 m et 1,30 m du sol.

Les miroirs peuvent être inclinables pour une meilleure accessibilité.

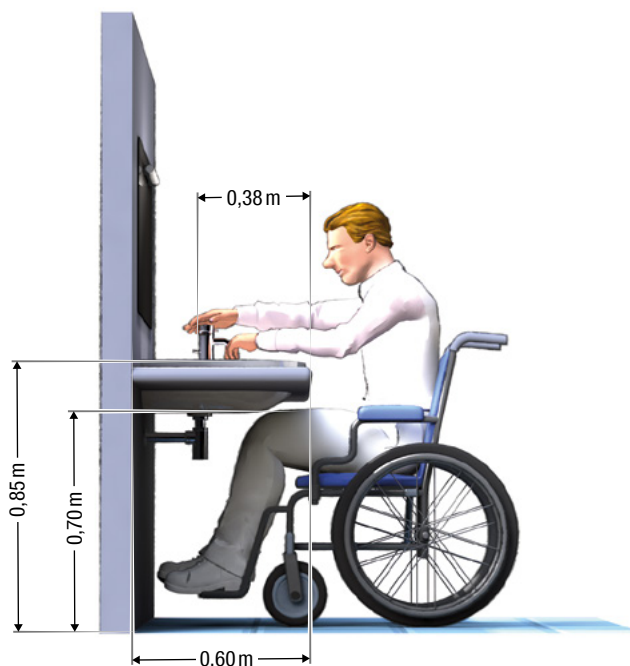


Figure 10.4 – Lavabo utilisable par une personne en fauteuil roulant.

10.1.3 Vestiaires

10.1.3.1 Dispositions générales

La surface des vestiaires sera d'au moins 1 m² par salarié. Ils doivent être séparés des locaux de travail et de stockage mais implantés à proximité du passage des travailleurs. Ils doivent être équipés d'armoires individuelles ininflammables et ventilées, et de sièges en nombre suffisant. Les armoires doivent permettre de suspendre deux vêtements de ville.

Dans le cas d'activités salissantes ou avec des produits dangereux, et afin de tenir compte de conditions d'hygiène difficiles dues par exemple à la nature ou à la dangerosité des produits manipulés, on prévoira pour les salariés d'exploitation ou de maintenance, des locaux séparés contenant respectivement :

- des armoires vestiaires pour vêtements de ville,
- des armoires vestiaires pour vêtements de travail.

Une salle de douches sera située entre ces locaux, de façon à ce que chaque salarié prenne une douche à la fin de chaque poste de travail après s'être débarrassé de ses vêtements de travail et avant de revêtir ses vêtements de ville, en

respectant le principe de la « marche en avant » (voir figure 10.5). On prévoira également des robinets de lavabos qui n'ont pas à être manipulés à la main (par exemple, commande par le pied ou le genou).

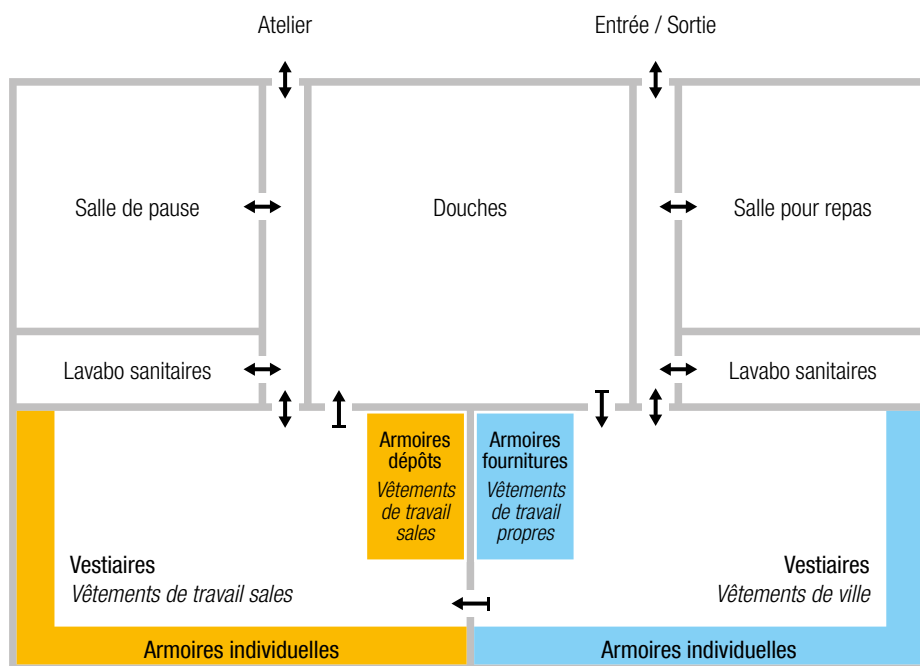
10.1.3.2 Aménagements pour les personnes en fauteuil roulant

Dans ces aménagements, toutes les commandes (serrures, poignées de portes, commandes électriques, pointeuses, téléphones...) doivent être situées entre 0,40 m et 1,30 m du sol.

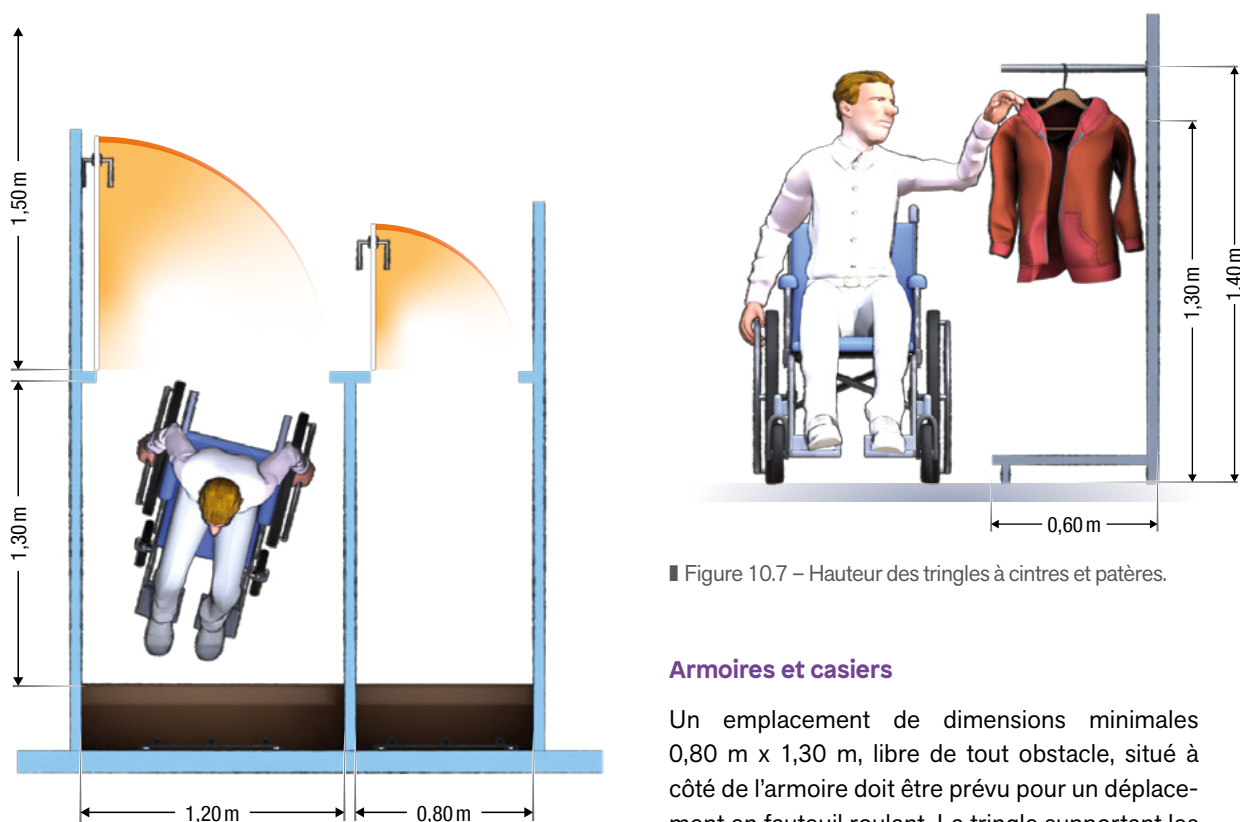
Cabines de déshabillage

Lorsqu'il y a déshabillage en cabine, au moins une cabine par sexe doit être accessible par un cheminement praticable en fauteuil roulant.

Cette cabine fera au moins 1,20 m de large pour 1,30 m de profondeur, avec une porte large d'au moins 0,80 m s'ouvrant vers l'extérieur. On prévoira devant cette porte l'espace nécessaire pour faire demi-tour (Ø 1,50 m) (voir figure 10.6).



■ Figure 10.5 – Exemple d'aménagement de vestiaires respectant le principe de « marche en avant » pour des activités salissantes ou à risque toxique.



■ Figure 10.6 – Dimensions minimales de cabines de déshabillage standard (à droite) et pour personnes en fauteuil roulant (à gauche).

■ Figure 10.7 – Hauteur des tringles à cintres et patères.

Armoires et casiers

Un emplacement de dimensions minimales 0,80 m x 1,30 m, libre de tout obstacle, situé à côté de l'armoire doit être prévu pour un déplacement en fauteuil roulant. La tringle supportant les cintres doit être située à 1,40 m maximum du sol et les patères doivent être situées à 1,30 m maximum du sol (voir figure 10.7).

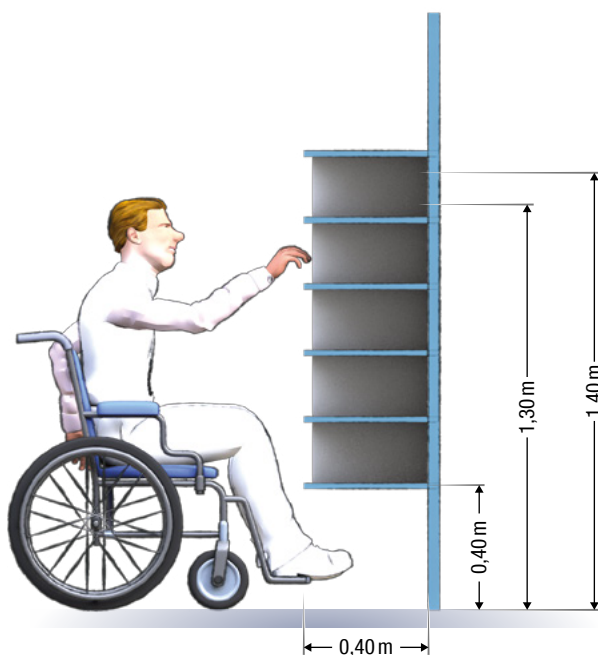
Pour être accessibles, les casiers devront être disposés à une hauteur comprise entre 0,40 m et 1,40 m (voir figure 10.8).

10.1.4 Douches

10.1.4.1 Dispositions générales

L'installation de douches est obligatoire en cas de travaux insalubres et salissants, lesquels sont expressément listés par un arrêté. Elles peuvent être prévues pour des activités non référencées comme telles, si les travailleurs sont amenés à se salir ou à exercer une activité physique importante ou régulière. Les douches participent également à la qualité de vie au travail, en permettant par exemple aux salariés venant à vélo ou à ceux pratiquant des activités sportives sur leur temps de pause de se doucher avant de débiter ou de reprendre le travail.

Les douches seront installées dans des cabines individuelles comportant deux cellules, dont une réservée à l'habillage, de surface minimale chacune de 1 m² et à raison d'une douche pour huit personnes devant utiliser cet équipement. Les douches communiqueront avec les vestiaires. Le sol, antidérapant, et les murs seront imperméables



■ Figure 10.8 – Dimensionnement des casiers accessibles aux personnes en fauteuil roulant.

et d'entretien facile. La température de l'eau doit être réglable.

10.1.4.2 Aménagements pour les personnes en fauteuil roulant

En l'absence d'autres dispositions spécifiques, il est recommandé de suivre les dispositions applicables aux ERP. Ainsi, au moins une douche par sexe doit être accessible et utilisable par une personne circulant en fauteuil roulant, dans le même espace que celui où sont regroupées les autres cabines de douche.

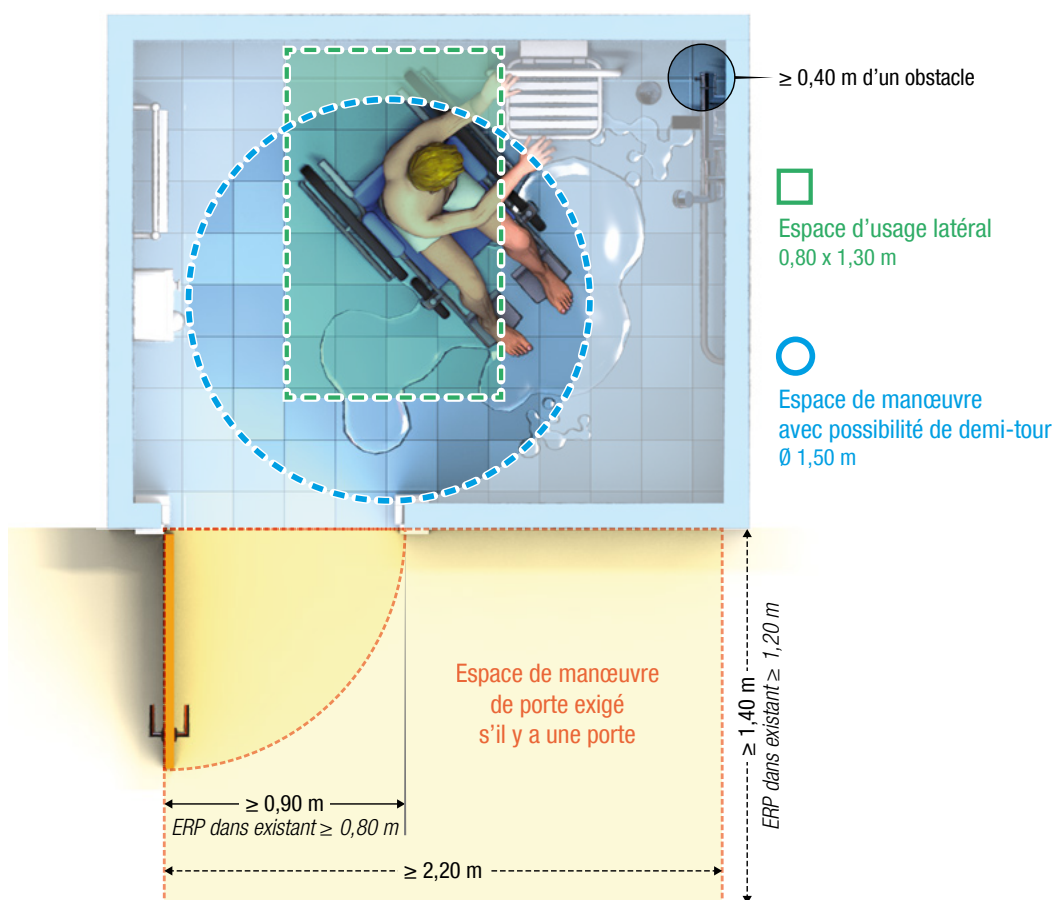
Ces douches pour personnes en fauteuil roulant doivent comporter (voir figure 10.9) :

- un équipement permettant de s'asseoir et de disposer d'un appui en position « debout »,
- un espace d'usage (espace rectangulaire de 0,80 m × 1,30 m) permettant de quitter le fauteuil roulant ou de s'asseoir dedans, situé latéralement par rapport à l'équipement,
- un espace de manœuvre avec possibilité de demi-tour (Ø 1,50 m), situé à l'intérieur de la douche adaptée (obligatoire pour un ERP neuf), et si cela n'est pas possible (dans le cadre d'un réaménagement d'un espace existant), à l'extérieur, devant la porte ou devant l'entrée de la douche ou à proximité de celle-ci,
- des équipements accessibles en position assise, notamment patères, robinetterie, sèche-cheveux, miroirs, dispositif de fermeture de la porte... Toutes les commandes doivent être faciles à manœuvrer pour une personne ayant des difficultés de préhension et situées à moins de 1,30 m du sol.

10.2 Installations de restauration collective

Les objectifs à atteindre en termes de sécurité sanitaire concernant la conception des cuisines et des salles de restaurant d'entreprise sont détaillés dans des textes réglementaires européens applicables depuis 2006, dénommés « Paquet hygiène ». Cette approche réglementaire est détaillée dans l'aide-mémoire juridique TJ 27 [2].

Par ailleurs, un outil de conception intégrant la prévention des risques professionnels développé



■ Figure 10.9 – Aménagement des douches praticables pour une personne en fauteuil roulant.

par l'INRS, Mavimplant, est disponible pour le secteur de l'hôtellerie et de la restauration [3].

10.2.1 Lieux de restauration

Selon l'effectif de l'entreprise et l'organisation du travail, des lieux de restauration collective doivent être mis à disposition des salariés.

Dans les établissements de moins de 50 salariés, l'employeur est tenu de mettre à disposition un emplacement permettant de se restaurer dans de bonnes conditions de santé, de sécurité et d'hygiène.

Dans les établissements de 50 salariés ou plus, après avis des instances représentatives du personnel, l'employeur doit mettre à leur disposition un local de restauration (cantine ou réfectoire). Dimensionné pour dix usagers en simultané, il doit être pourvu de sièges et de tables en nombre suffisant et comporter un robinet d'eau potable (fraîche et chaude). Il doit également être doté

d'un moyen de conservation ou de réfrigération des aliments et des boissons et d'une installation permettant de réchauffer les plats.

Ces lieux de restauration collective doivent être :

- séparés des installations sanitaires,
- ventilés par introduction d'un débit minimal d'air neuf de 30 m³ par heure et par occupant,
- conçus pour assurer toutes garanties de salubrité et être faciles à entretenir,
- munis de sols et de murs en matériaux imperméables et d'un entretien facile.

Il est recommandé qu'ils comportent des baies transparentes offrant la vue sur l'extérieur.

La norme générale de surface est de 1,30 m² par place assise dans la salle à manger.

10.2.1.1 Restaurant d'entreprise ou interentreprises

L'employeur peut aussi prévoir un restaurant d'entreprise ou interentreprises en liaison directe

(préparation des repas sur place) ou en liaison différée (préparation des repas en cuisine externe et distribution en liaison froide ou chaude au sein du restaurant d'entreprise).

La salle de restauration doit pouvoir être convenablement entretenue, nettoyée ou désinfectée et permettre la mise en œuvre de bonnes pratiques d'hygiène.

Il est fortement recommandé de traiter acoustiquement ces locaux afin d'amoindrir les bruits issus des voix des utilisateurs et les bruits d'impacts de vaisselle (par des parois aux propriétés spécifiques ou des panneaux suspendus, voir § 5.1.3.5 et brochure ED 6103 [4]). L'air des cuisines ne doit pas être rejeté dans la salle de restauration, même après recyclage et réciproquement.

Une déclaration préalable à l'ouverture d'un restaurant d'entreprise doit être transmise à la Direction départementale en charge de la protection des populations (DDPP) du lieu d'implantation. Elle fait l'objet d'un renouvellement à chaque changement d'exploitant ou lors de toute modification importante dans l'aménagement, l'équipement ou l'utilisation des locaux.

personnes handicapées par un cheminement praticable (libre de tout obstacle, non glissant...). Ces emplacements, au nombre de deux pour les locaux de cinquante places ou moins et d'un emplacement supplémentaire par tranche de cinquante ou fraction de cinquante en sus, doivent pouvoir être dégagés lors de l'arrivée des personnes handicapées. L'accès aux tables utilisables par une personne en fauteuil roulant devra être libre de tout obstacle. La hauteur de la face supérieure d'une telle table doit être inférieure à 0,80 m et son bord inférieur doit être à au moins 0,70 m du sol. Les piétements des tables doivent être adaptés aux fauteuils roulants.

10.2.2 Cuisines de restauration collective

10.2.2.1 Contexte et principes pour une sécurité alimentaire

La conception des cuisines de restauration collective doit intégrer la prévention des risques professionnels ainsi que des dispositifs visant à assurer la sécurité sanitaire.

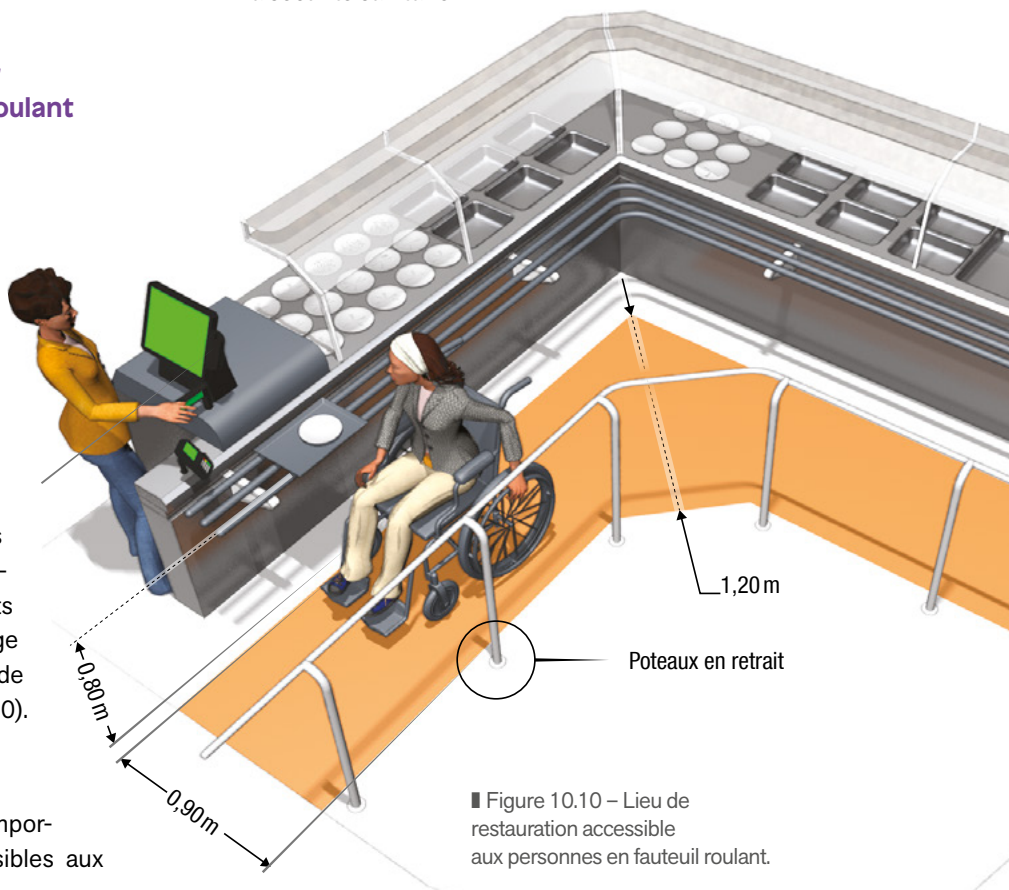
10.2.1.2 Accessibilité pour les personnes en fauteuil roulant

Restauration en libre-service et accès aux caisses

La largeur de passage devant les présentoirs devra être d'au moins 0,90 m en ligne droite et de 1,20 m en virage à 90°. Les poteaux supports de la main courante devront être en retrait afin de faciliter la manœuvre de rotation du fauteuil roulant. Les rayonnages en verre ou en jeu de glace permettront une vue de tous les plats offerts. Une largeur de passage entre les caisses devra être de 0,90 m au moins (voir figure 10.10).

Salle de restauration

La salle de restauration comportera des emplacements accessibles aux



■ Figure 10.10 – Lieu de restauration accessible aux personnes en fauteuil roulant.

La sécurité sanitaire concerne autant le personnel de cuisine et de service que les denrées alimentaires. Le principal risque sanitaire est la contamination des denrées alimentaires par un agent pathogène qui peut conduire à des toxico-infections alimentaires collectives. À l'encontre de ce risque, l'industrie agroalimentaire a développé une démarche spécifique de prévention des risques sanitaires, dite HACCP⁽¹⁹⁾, afin de préserver la sécurité alimentaire jusqu'au consommateur. Cette démarche obligatoire vise à identifier les risques sanitaires, à les évaluer et à établir les mesures préventives et correctives pour les maîtriser. Les entreprises de restauration collective ont une obligation de résultat quant à cette sécurité sanitaire. Toutes les dispositions doivent ainsi être prises pour assurer la sécurité sanitaire lors de la préparation, la conservation et la distribution des denrées alimentaires et des préparations cuisinées. Pour répondre à ces enjeux, l'implantation des locaux dans la restauration doit notamment obéir aux principes de la « marche en avant » dans l'espace : séparation des secteurs (froid/chaud, cru/cuit, propre/souillé) et non-entrecroisement des circuits.

Les flux de personnes, de produits et de déchets doivent être étudiés de manière à ne pas générer de risques de contaminations croisées. Lorsque la structure des locaux ne permet pas de les séparer physiquement, les flux peuvent être séparés dans le temps. Les repères de conception sont détaillés dans la brochure ED 6007 [5].

10.2.2.2 Repères pour l'implantation des locaux

Les zones de réserves seront implantées aussi près que possible des cuisines et du lieu d'approvisionnement des denrées alimentaires (quais de déchargement). Elles seront d'accès facile et sûr pour les manutentions (dimensionnement des allées à prévoir en tenant compte des moyens de manutention et des flux).

Le local à déchets doit être implanté en dehors des cuisines, des locaux de conservation des denrées alimentaires et de la salle à manger, d'accès facile et sûr pour les manutentions (voir § 8.8.5).

19. Sigle anglais : « Hazard Analysis Critical Control Points » pour « Analyse des risques et points critiques pour leur maîtrise ».

Les surfaces généralement admises sont :

- pour 100 à 199 couverts : 150 m² dont 75 m² pour les réserves,
- pour 200 à 399 couverts : 250 m² dont 125 m² pour les réserves,
- pour 400 à 800 couverts : 340 m² dont 150 m² pour les réserves.

10.2.2.3 Ambiances physiques

Éclairage

Les locaux doivent être correctement éclairés : de 300 lux pour les chambres froides et réserves, à 500 lux pour les cuisines (voir § 5.2). Le niveau d'éclairement est à adapter aux activités, par exemple, en assurant un niveau d'éclairement suffisant pour un travail de précision telle la découpe de légumes. Il est recommandé d'avoir une zone de transition entre la cuisine et le restaurant.

Lors du choix des dispositifs d'éclairage, on veillera à valider leur cohérence avec les règles d'hygiène. Par exemple, en encastrant les luminaires sous verre dormant, en continuité avec le revêtement de plafond ou en évitant les luminaires suspendus (zones d'accumulation de poussières délicates à nettoyer et pouvant retomber dans les préparations alimentaires). Les luminaires devront être étanches à l'eau.

Ventilation

Le débit minimal d'air neuf de la ventilation générale doit être :

- office relais : 15 m³/h/repas,
- moins de 150 repas servis simultanément : 25 m³/h/repas,
- de 151 à 500 repas servis simultanément : 20 m³/h/repas avec un minimum de 3 750 m³/h,
- de 501 à 1 500 repas servis simultanément : 15 m³/h/repas avec un minimum de 10 000 m³/h,
- plus de 1 500 repas servis simultanément : 10 m³/h/repas avec un minimum de 22 500 m³/h.

Ces débits de ventilation générale pourront être affinés en fonction des matériels et équipements installés (lave-vaisselle générant de la vapeur d'eau, par exemple) et de la simultanéité de l'utilisation des équipements sur le plan de travail. Ils sont indépendants de ceux des dispositifs de captage des polluants émis dans les cuisines tels que les hottes sur fourneaux (captage qui doit

être effectué au voisinage de leurs émissions). La vitesse d'air au niveau des opérateurs doit être inférieure à 0,2 m/s.

Bruit

Les dispositions à prendre pour traiter l'exposition au bruit (voir § 5.1) doivent comprendre le choix de machines peu ou non bruyantes, l'installation de socles anti-vibratiles en cas de besoin, l'isolement des secteurs bruyants et le traitement acoustique du local (ou des équipements), par le choix de matériaux isolants et non réverbérants compatibles avec les règles d'hygiène (voir § 5.1.4).

10.2.2.4 Matériaux et dispositions techniques

Revêtement de sol et évacuation des eaux

Le revêtement de sol doit permettre à la fois de prévenir le risque de chute de plain-pied (glissade due à la présence potentielle de graisses et d'eau) et le risque sanitaire (sol à aspérités pouvant constituer un réservoir de micro-organismes). Il doit être antidérapant, facile à nettoyer et à désinfecter, imperméable, imputrescible, non absorbant, étanche, de couleur claire, non inflammable, résistant mécaniquement (chocs, poinçonnement, abrasion, roulage, jet sous pression), résistant chimiquement (acides, bases), résistant physiquement (chocs thermiques, température), résistant aux taches et au cloquage...

Concernant la prévention des glissades et des chutes, il est recommandé de prévoir des sols ayant un coefficient de frottement dynamique supérieur ou égal à 0,30. Afin de conserver ce caractère antidérapant, la méthode de nettoyage utilisée doit être celle préconisée par le fabricant (voir § 7.4.4). Cette méthode peut faire intervenir des laveuses à brosses. Dans ce cas, la place nécessaire pour leur rangement et les équipements pour leur alimentation sont à prévoir dès la conception.

L'évacuation des eaux au pied des équipements et vers les caniveaux doit être prévue. Si cette évacuation n'est pas prévue directement sous l'équipement, le sol doit avoir une pente de 1,5 % à 2 % vers des systèmes d'évacuation de type caniveaux ou grilles. Il est préférable d'avoir un caniveau commun à plusieurs équipements afin de limiter

le nombre de siphons à nettoyer. Caniveaux et siphons seront équipés de grilles antidérapantes, facilement démontables pour leur nettoyage.

Murs

Les murs doivent être faciles à nettoyer et à désinfecter, imperméables, imputrescibles, lisses, sans anfractuosités, non absorbants, de couleur claire, non inflammables, résistants aux chocs mécaniques et thermiques, aux produits chimiques, aux taches, au jet sous pression... Ils doivent être conçus pour réduire la transmission et la réverbération des sons.

Plafonds

Les plafonds doivent être imputrescibles, faciles à nettoyer et à désinfecter, résistants à l'eau et aux détergents. Ils doivent également limiter l'encrassement, réduire la condensation, l'apparition de moisissures indésirables et la chute de particules sur les denrées et surfaces de manipulation. Leur structure doit, par ailleurs, diminuer la transmission et la réverbération des sons.

Portes et fenêtres

Les portes doivent posséder les mêmes caractéristiques que celles définies pour les murs. Elles doivent être munies d'oculus afin de permettre la vue sur le local adjacent et éviter ainsi les collisions. Il est recommandé de privilégier la vision sur d'autres zones de travail ou de circulation afin de limiter le besoin d'ouvrir les portes.

L'ouverture des fenêtres n'est pas souhaitable. Si elle s'avère nécessaire, il faudra prévoir des moustiquaires pour éviter la pénétration des insectes.

10.3 Locaux médicaux et de premiers soins

10.3.1 Locaux pour services médicaux du travail

Des locaux pour services médicaux du travail sont à prévoir lorsque les examens et les visites médicales périodiques doivent avoir lieu dans l'entreprise en raison de l'importance de son effectif. En

effet, dans certains établissements de 200 travailleurs et plus, le suivi individuel de l'état de santé peut être réalisé dans l'établissement.

Il est recommandé d'implanter les locaux médicaux dans une zone hors de danger, à l'abri de toute nuisance et d'accès facile, notamment pour les ambulances, les blessés transportés sur brancard ou les personnes à mobilité réduite. Les locaux doivent être correctement aérés, éclairés et chauffés.

L'arrêté du 12 janvier 1984 et son annexe technique prévoient des dispositions réglementaires régissant le nombre et le type de locaux, leurs caractéristiques, leur aménagement et leurs équipements, notamment lorsque les examens cliniques ont lieu dans l'entreprise ou l'établissement.

Par exemple, pour un effectif inférieur à 500 salariés, les locaux médicaux doivent comprendre : un cabinet médical, une salle de soins et une salle d'investigations complémentaires contiguës, des installations sanitaires et un local d'attente à proximité. Le cabinet médical doit permettre au médecin de réaliser un examen clinique complet, en prévoyant une possibilité d'isolement pour le déshabillage si besoin. Il doit être suffisamment insonorisé pour préserver le secret médical. Il est recommandé de prévoir une surface minimale de 16 m².

Pour un effectif supérieur à 500 salariés, se reporter à l'arrêté du 12 janvier 1984.

10.3.2 Locaux de premiers soins

Lorsque les conditions nécessitant la création de locaux pour services médicaux du travail (voir § 10.3.1) ne sont pas réunies, il est conseillé de créer un local réservé exclusivement aux premiers soins, équipé d'une armoire de premiers soins, d'un lit de repos et d'un lavabo (eau chaude et froide).

L'emplacement de ce local devra permettre l'accès facile d'un brancard. À titre informatif, la rotation d'un brancard nécessite un diamètre de rotation de 3 m.

La réglementation prévoit l'aménagement obligatoire d'un local de soins dans les locaux neufs, dès qu'il s'agit d'un établissement industriel d'au moins 200 salariés ou de 500 salariés dans les autres établissements.

À proximité du local de premiers soins ou du matériel de premier secours, doit être installé un dispositif d'appel destiné à alerter l'infirmière ou, à défaut, une structure de secours extérieure à l'établissement.

L'arrêté du 12 janvier 1984 relatif aux locaux et à l'équipement des services médicaux du travail impose la mise en place d'une salle de repos, dans laquelle un blessé ou un malade allongé puisse être isolé, dans les établissements dont l'effectif atteint 1 000 salariés. Cette salle doit être contiguë aux locaux médicaux afin, notamment, que le personnel infirmier puisse intervenir en cas de besoin.

10.4 Salles de détente

Les salles de détente ou de repos sont des locaux permettant au personnel de prendre ses temps de pause à l'écart des postes de travail. Elles constituent des endroits privilégiés d'échanges informels entre salariés, favorisant la cohésion sociale et la construction des collectifs de travail. En cela, elles participent à l'amélioration du travail et de ses conditions. Par ailleurs, en fonction des cultures professionnelles, l'usage de ces espaces pourra varier : pause-café, accueil ponctuel de personnes extérieures, consultation d'ouvrage (type bibliothèque), jeux... (voir photo 10.1).

À défaut de local de repos, lorsque la nature des activités l'exige et après avis des instances représentatives du personnel, le local de restauration ou l'emplacement permettant de se restaurer doit pouvoir être utilisé, en dehors des heures de repas, comme local ou emplacement de repos. Les sièges mis à la disposition des travailleurs dans cet espace devront comporter des dossiers.

La conception des locaux de détente permettra d'en faciliter le nettoyage.

10.4.1 Implantation

La salle de détente doit être située en dehors des zones à risque. Elle sera reliée au lieu de travail et facilement accessible depuis les postes de travail, ce qui permettra d'optimiser les temps de pause des salariés. Afin de ne pas constituer une gêne pour les espaces de travail à proximité et favoriser

les échanges informels, il est nécessaire qu'elle puisse être fermée.

10.4.2 Ambiances physiques

Les ambiances physiques doivent favoriser le repos des utilisateurs et assurer un niveau de confort qualitatif. Ainsi, il est recommandé d'assurer :

- un éclairage naturel et une vue sur l'extérieur en prévoyant des ouvrants pour une partie des châssis et des dispositifs de protection solaire,
- un éclairage artificiel minimal de 120 lux,
- un niveau sonore maîtrisé, notamment par le choix de matériaux et revêtements absorbants...

10.4.3 Capacité

La salle de détente devra pouvoir accueillir environ 10 % de l'effectif sans dépasser 20 personnes. Pour un effectif supérieur à 200, il faudra donc prévoir plusieurs salles. Ces espaces peuvent être dimensionnés sur la base d'une surface de 2 m² par personne.

10.4.4 Aménagements particuliers

Au moins un distributeur de boissons chaudes et froides, une fontaine d'eau fraîche ainsi que des poubelles devront y être installés. Il peut être bénéfique de séparer géographiquement deux zones : une zone animée près de l'entrée autour des appareils à boissons et une zone plus calme tournée vers l'extérieur équipée de sièges.

Un emplacement de dimensions minimales de 0,80 x 1,30 m, libre de tout obstacle, situé à côté du distributeur de boissons, devra être accessible

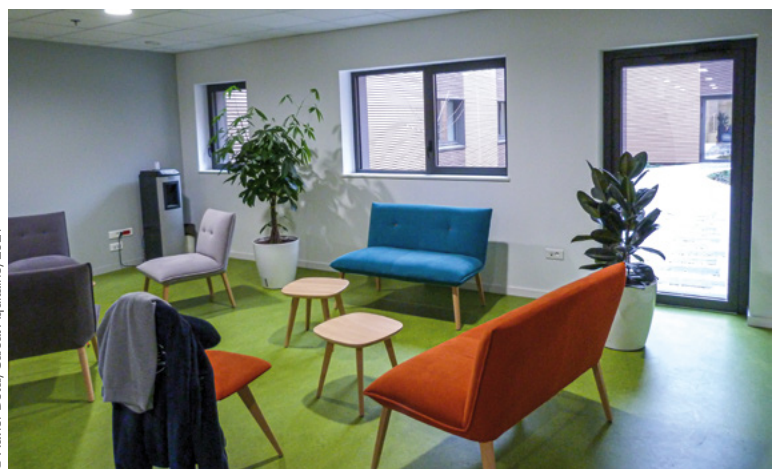
ainsi qu'un cheminement praticable en fauteuil roulant. Les commandes, fentes de monnaie, retour de monnaie, boutons, casiers et tiroirs devront être situés entre 0,40 m et 1,30 m de hauteur.

10.4.5 Mobilier et esthétique

Les matériaux et revêtements choisis seront non salissants et permettront un entretien facile et régulier.

Les univers de référence du mobilier seront à adapter en fonction des usages et cultures professionnelles : mobilier domestique, ludique, récréatif... Il est conseillé de proposer une diversité d'assises selon l'usage attendu, par exemple des fauteuils et canapés en matériaux robustes permettant de se réunir autour de tables basses. On pourra également prévoir l'installation de bacs pour des plantes vertes. Sachant que l'aménagement de ces lieux d'échanges informels et de construction de lien social doit pouvoir tolérer une certaine personnalisation par leurs occupants.

© Xavier Dotal/Carsat Aquitaine/2021



■ Photo 10.1 – Exemple d'aménagement d'une salle de détente.

Bibliographie

- [1] Accessibilité des bâtiments aux personnes handicapées. Mémento illustré. Le moniteur
- [2] Restauration d'entreprise. Aide-mémoire juridique. TJ 27, INRS
- [3] Mavimplant – Outil informatique d'aide à la conception 3D des lieux de travail. Disponible sur <http://hotellerie-restauration-mavimplant.inrs.fr>
- [4] Traitement acoustique des locaux de travail. ED 6103, INRS
- [5] Conception des cuisines de restauration collective. ED 6007, INRS



11. Signalisation et signalétique de sécurité

11.1 Généralités

La signalétique couvre un domaine très vaste englobant la signalisation de santé et de sécurité réglementaire et la signalétique fonctionnelle.

En employant à l'excès ou à mauvais escient les couleurs et les signaux de sécurité, on affaiblit leur force de conviction et leur capacité à produire une réaction chez les destinataires ; il faut donc user de ces moyens avec rigueur et mesure.

La signalisation de santé et de sécurité doit créer une réaction propre à prévenir un risque.

L'efficacité de la signalisation implique notamment :

- d'éviter d'apposer un nombre excessif de panneaux à proximité immédiate les uns des autres,
- de ne pas utiliser en même temps deux signaux lumineux qui peuvent être confondus,
- de ne pas utiliser un signal lumineux à proximité d'une autre émission lumineuse peu distincte,
- de ne pas utiliser en même temps deux signaux sonores,
- de ne pas utiliser un signal sonore si le bruit environnant est trop fort...

Une combinaison adéquate des symboles colorés et de leurs fonds permet de mieux discriminer l'information (voir tableau 11.1). Il est à noter, à cet

Tableau 11.1: Niveaux d'adéquation de la couleur du fond et de la couleur des symboles (adapté de la norme NF EN 894-4).

Couleur des symboles	Blanc	Jaune	Orange	Rouge, pourpre, violet, bleu, cyan, vert, gris ^a	Noir
Couleurs de fond					
Blanc	Diagonale	Ø	#	+	++
Jaune	Ø	Diagonale	Ø	#	+
Orange	#	-	Diagonale	Ø	+
Rouge, pourpre, violet, bleu, cyan, vert, gris ^a	+	#	Ø	Diagonale	Ø
Noir	++	+	+	Ø	Diagonale

^a Couleurs regroupées dans une même cellule parce que présentant des valeurs de réflectance similaires.

Niveau d'adéquation :

++ très approprié + approprié # Acceptable avec de fortes différences de saturation Ø non approprié

Le rouge et le bleu franc sont à éviter car les yeux peuvent éprouver des difficultés à accommoder sur ces couleurs.

L'utilisation de couleurs saturées peut faciliter la discrimination.

égard, que la couleur de contraste de surface doit être conforme à la norme NF ISO 3864-3.

Enfin, une signalétique fonctionnelle doit être facilement compréhensible par tous, notamment en tenant compte de tout type de handicap (voir le guide [1] de l'Unapei).

11.2 Signalisation de santé et de sécurité réglementaire

La signalisation de santé et de sécurité a pour objet de fournir une information destinée à provoquer une attitude ou une réaction propre à prévenir une situation dangereuse ou un accident. À cet effet, elle prend la forme, selon le cas, d'un panneau, d'une couleur, d'un signal lumineux ou sonore.

Les obligations de signalisation qui incombent au maître d'ouvrage et à l'employeur sont présentées dans la brochure ED 6293 [2], à laquelle on se reportera dans le cadre d'un projet de conception pour :

- faire l'inventaire des thèmes pour lesquels le projet est concerné par une obligation de signalisation (par exemple, voies de circulation, risque chimique, canalisations...),
- prendre connaissance des caractéristiques auxquelles la réalisation de la signalisation doit répondre ; ces caractéristiques sont à intégrer dans le cahier des charges concerné (par exemple, le cahier des charges « canalisations »).

La brochure ED 6293 [2] est complétée par la fiche ED 885 [3] qui rappelle les grands principes de la réglementation en matière de signalisation de santé et de sécurité au travail et présente les principaux panneaux et signaux (formes, couleurs, symboles ou pictogrammes) à utiliser par le maître d'ouvrage ou l'employeur. Les panneaux installés conformément à la norme NF EN ISO 7010 d'avril 2013 sont présumés conformes à la réglementation.

Il faut également rappeler que les règles applicables à la signalisation horizontale (marquage au sol) et verticale (panneaux de signalisation) des allées et des voies de circulation internes à l'entreprise sont identiques à celles fixées par le Code de

la route (mêmes panneaux, mêmes couleurs, donc même signification dans et hors de l'entreprise).

11.3 Signalétique fonctionnelle

La signalétique fonctionnelle à caractère non obligatoire concourt également à la prévention.

Elle aide tout d'abord pour situer l'entreprise. Par exemple, dès l'entrée d'un parc d'activités, un panneau muni du plan de circulation indiquant les voies et les sens de circulation ainsi que la localisation des entreprises permettra d'éviter des errements et leurs conséquences. L'enseigne même de l'entreprise, sous réserve d'être bien visible depuis la route d'accès, concourt aux mêmes effets.

La signalétique fonctionnelle aide ensuite à se repérer dans l'enceinte de l'entreprise. À l'intérieur, la numérotation des équipements (par exemple, portes, portails, machines...) permet non seulement d'éviter des errements, mais également de gérer plus facilement le suivi de la maintenance, par exemple en association avec un logiciel.

Dans un autre registre, le codage par couleurs conventionnelles est utilisé pour alerter sur les risques associés au contenu d'une tuyauterie rigide (voir fiche ED 88 [4]). Le but d'un tel marquage est de faciliter le travail des salariés, mais aussi des entreprises extérieures et des sapeurs-pompiers en cas de sinistre et d'éviter toute confusion pouvant conduire à des accidents graves (voir photo 11.1).



Photo 11.1 – Système de couleur pour le repérage des circuits des différents fluides.

Bibliographie

- [1] Guide pratique de la signalétique et des pictogrammes. Unapei, 2012
- [2] Signalisation de santé et de sécurité au travail. Réglementation. ED 6293, INRS
- [3] La signalisation de santé et de sécurité au travail. ED 885, INRS
- [4] Codage couleur des tuyauteries rigides. Fiche pratique de sécurité. ED 88, INRS



12. Réalisation, mise en service, maintenance

Ce chapitre aborde la façon dont les enjeux de prévention des risques professionnels pour les activités de maintenance et pour l'usage ultérieur de l'ouvrage doivent être poursuivis en phase de réalisation des travaux et de mise en service.

Lors de la réalisation des travaux, deux thèmes de prévention doivent en effet être gérés en parallèle :

- la sécurité et la santé des travailleurs intervenant sur le chantier,
- tous les aspects en rapport avec l'usage ultérieur de l'ouvrage et son maintien en état.

Dans ce cadre, le coordonnateur en matière de sécurité et de protection de la santé (CSPS), désigné dès le démarrage du projet par le maître d'ouvrage, a un rôle spécifique à jouer car il a notamment pour mission de faciliter les interventions de maintenance ultérieures sur l'ouvrage. Dès la phase de conception, il doit en effet constituer le dossier d'intervention ultérieure sur ouvrage (DIUO), rassemblant tous les éléments de nature à faciliter la prévention des risques professionnels lors des interventions ultérieures et, notamment, lors de l'entretien de l'ouvrage (voir § 12.2.2). Ce document obligatoire permet de mieux intégrer, lors de la conception et pendant la réalisation d'un ouvrage, les conditions de sécurité de ceux qui auront par la suite à en assurer l'entretien. Le CSPS doit compléter le DIUO au fur et à mesure de l'avancement du chantier et le remettre au maître d'ouvrage lors de la réception des installations.

12.1 Validation des choix jusqu'à la mise en service

12.1.1 Démarche générale

La démarche globale, participative et itérative, initiée en début de projet doit être poursuivie lors de la réalisation des travaux et de la mise en service pour garantir la mise en œuvre concrète des éléments de prévention des risques professionnels définis en phase de conception. Elle requiert la contribution active de la maîtrise d'ouvrage, en collaboration avec les futurs utilisateurs, pour atteindre les objectifs de santé au travail et de production, en validant notamment que :

- l'agencement général de la situation prend bien en compte les besoins humains et organisationnels au regard des contraintes concernant la diversité des gabarits des personnes, les flux de matières, les moyens de manutention, le niveau de formation des effectifs. . . ,
- les dispositifs d'affichage et de commande sont implantés en cohérence avec les parties correspondantes des machines et de leurs mouvements,
- le système est « erreur-tolérant » ; en d'autres termes, il permet aux opérateurs de récupérer facilement une action incorrecte,
- la documentation mise à la disposition des personnels est suffisante et adaptée à leurs besoins,

- la mise en œuvre et l'enchaînement des tâches permettent d'avoir le bon retour d'information au moment voulu et s'effectuent dans des conditions d'ambiance correctes (éclairage, niveau de bruit, température...),
- les activités de nettoyage, d'entretien, de réparation et de maintenance ont été bien identifiées et prises en compte...

12.1.2 Suivi du chantier

Le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre doivent être informés de toute modification éventuelle touchant le bâtiment, les matériaux et les équipements, pour être en mesure de les refuser ou de les accepter. Les conséquences de ces éventuelles modifications doivent être évaluées par rapport aux exigences techniques, organisationnelles ou fonctionnelles, spécifiées initialement dans le programme ou les cahiers des charges.

À cet effet, il est fortement recommandé que la maîtrise d'ouvrage participe à toutes les réunions de chantier et procède à des inspections pour déceler à temps toute anomalie conditionnant l'usage de l'ouvrage et de ses équipements. Ce suivi de chantier ne dispense pas d'organiser des pré-réceptions, pour déceler et faire réparer toutes les anomalies résiduelles tant que le personnel de chantier est encore présent sur le site.

12.1.3 Visites avec les futurs utilisateurs

La phase de réalisation des travaux puis la phase de mise en service sont également l'occasion d'organiser des visites du chantier avec les futurs utilisateurs des lieux. Ces visites portent un double objectif :

- permettre aux futurs utilisateurs de se familiariser avec leur nouvel espace de travail,
- recueillir les éventuels besoins d'ajustement en profitant de la présence des équipes de travaux ou d'installation des équipements pour effectuer les modifications.

12.1.4 Mise en place des mesures de prévention à la mise en service

La phase de mise en service, qui permet d'effectuer les différents tests et réglages et une montée en cadence progressive de la production, est également l'occasion de détecter les éventuelles anomalies et d'y remédier.

À cette occasion, doivent être effectués :

- le contrôle de la conformité des installations, avec l'aide de personnes qualifiées (bureau de contrôle...),
- les vérifications préalables à la mise en service exigées par la réglementation (voir brochure ED 828 [1]),
- la mise en place des procédures de travail en sécurité, l'affichage des informations et consignes de sécurité, et la mise à jour ou la création du document unique d'évaluation des risques professionnels (voir brochure ED 840 [2]),
- la formation du personnel, notamment pour l'utilisation des moyens de manutention (voir brochure ED 6348 [3]), les habilitations électriques (voir brochure ED 6127 [4]), la manutention manuelle, la lutte contre l'incendie, le sauvetage et secourisme...

12.2 Prise en compte de la maintenance ultérieure

La problématique de la maintenance ayant dû être prise en compte dès l'origine du projet, un certain nombre de dossiers doivent être établis lors de la conception puis de la réalisation, et transmis au moment de la phase de réception. Ils doivent servir à mémoriser concrètement et à transmettre au maître d'ouvrage ainsi qu'aux utilisateurs des lieux tous les documents utiles (plans, notices, photos, procédures, instructions...) pour leur permettre d'effectuer dans les meilleures conditions de sécurité les opérations de maintenance et les interventions ultérieures sur l'ouvrage et les équipements immobiliers.

12.2.1 Dossier des ouvrages exécutés (DOE)

Le DOE comprend l'ensemble des plans d'exécution conformes aux ouvrages exécutés ainsi que les notices de fonctionnement et d'entretien des équipements mis en œuvre. Dans le cadre de marchés de travaux d'ouvrages publics, le DOE est encadré contractuellement dans le cahier des clauses administratives générales applicables aux marchés publics de travaux (CCAG Travaux). Dans le cadre de marchés de travaux privés, il est défini conformément à la norme NF P03-001.

12.2.2 Dossier d'intervention ultérieure sur ouvrage (DIUO)

Établi par le coordonnateur SPS dès le stade de la conception de l'ouvrage et transmis au maître d'ouvrage au moment de la réception des travaux, le DIUO regroupe toutes les informations nécessaires au personnel de maintenance pour pouvoir exécuter ses tâches en sécurité (plans tels que construits, notes techniques, dossiers de maintenance...). Le DIUO est obligatoire quelle que soit la destination de l'ouvrage. Il doit être mis à jour en cas de modifications du bâtiment pour lesquelles un coordonnateur SPS est requis.

12.2.3 Dossier de maintenance des lieux de travail (DMLT)

Établi par le maître d'ouvrage, transmis aux utilisateurs au moment de la prise de possession des lieux de travail et tenu à disposition des inspecteurs du travail et des agents des services de prévention des organismes de Sécurité sociale, ce dossier précise les dispositions prises pour faciliter la maintenance des lieux de travail, et notamment pour les éléments suivants :

- les installations électriques,
- les installations de ventilation et d'assainissement de l'air des locaux,
- les installations d'éclairage (niveaux minimum d'éclairement, informations pour la réalisation du plan de maintenance du matériel d'éclairage),
- le nettoyage des surfaces vitrées,
- l'accès en couverture,
- l'entretien des façades,

- l'entretien des halls de grande hauteur,
- l'accès aux machineries d'ascenseurs, aux canalisations en galerie technique ou vide sanitaire,
- la localisation des espaces d'attente sécurisés prévus en cas d'incendie,
- les locaux techniques de nettoyage et locaux sanitaires mis à disposition des travailleurs chargés des travaux d'entretien, lorsqu'ils ont été aménagés à cet effet.

12.2.4 Notices d'instructions des équipements

Établie par le fournisseur de l'équipement, la notice d'instructions, obligatoire, doit être rédigée en français, compréhensible, utilisable et complète. Elle doit notamment :

- comporter toutes les instructions permettant d'effectuer toutes les opérations souhaitées durant la phase prévisible d'existence de l'équipement (manutention, installation, mise en service, utilisation, montage-démontage, réglage, maintenance, dépannage, remplacement de pièces d'usure ou de consommables...) sans risque,
- informer les utilisateurs des risques résiduels dus, le cas échéant, à l'efficacité incomplète des mesures de prévention intégrées par conception,
- informer les utilisateurs des contre-indications d'emploi,
- prendre en compte les mauvais usages raisonnablement prévisibles,
- informer les utilisateurs concernant les rayonnements non ionisants risquant de nuire aux personnes et le bruit aérien émis par la machine,
- signaler s'il est nécessaire de prendre des mesures de protection complémentaires, y compris le cas échéant, d'utiliser un équipement de protection individuelle,
- indiquer si une formation particulière est requise pour les utilisateurs.

Elle peut, de plus, inclure l'exigence d'un programme de maintenance dont la mise en application est à organiser dès la mise en service.

Par ailleurs, après avoir fait le constat d'achèvement des travaux et avant d'effectuer la réception d'une machine ou d'un équipement de travail, il convient également de s'assurer que la déclaration CE de conformité, obligatoire, a été fournie [elle atteste que le matériel est conforme aux

règles techniques et aux règles de procédure qui lui sont applicables et qui sont à la charge du responsable de la mise sur le marché (constructeur, importateur...). Il faut aussi vérifier que l'équipement répond aux exigences particulières ayant, le cas échéant, été spécifiées par voie contractuelle dans un cahier des charges et s'assurer que les contrôles techniques ont été effectués et les réserves levées.

Bibliographie

- [1] Principales vérifications périodiques. ED 828, INRS
- [2] Évaluation des risques professionnels. Aide au repérage des risques dans les PME-PMI. ED 840, INRS
- [3] Questions-réponses sur la formation, l'autorisation de conduite et le certificat d'aptitude à la conduite en sécurité (Caces). ED 6348, INRS
- [4] L'habilitation électrique. ED 6127, INRS

Toutes les publications de l'INRS sont téléchargeables sur 
www.inrs.fr

**Pour commander les publications de l'INRS au format papier **

Les entreprises du régime général de la Sécurité sociale peuvent se procurer les publications de l'INRS à titre gratuit auprès des services prévention des Carsat/Cramif/CGSS.

Retrouvez leurs coordonnées sur www.inrs.fr/reseau-am

L'INRS propose un service de commande en ligne pour les publications et affiches, payant au-delà de deux documents par commande.

Les entreprises hors régime général de la Sécurité sociale peuvent acheter directement les publications auprès de l'INRS en s'adressant au service diffusion par mail à service.diffusion@inrs.fr

La prévention des risques professionnels intégrée dès les premières phases d'un projet de conception, de réhabilitation ou d'aménagement d'un lieu ou d'une situation de travail, est toujours plus efficace et plus économique, et favorise la performance globale de l'entreprise.

Cette brochure a pour objectif de mettre à disposition du maître d'ouvrage, en tant que responsable de la commande de l'ouvrage, et de tout autre acteur de la conception (architectes, préventeurs, bureaux d'études, maître d'œuvre en général), les principaux éléments de démarches, méthodes et connaissances utiles à l'intégration de la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles. Elle est applicable à tout type de projet, qu'il soit industriel ou tertiaire.



Institut national de recherche et de sécurité
pour la prévention des accidents du travail
et des maladies professionnelles
65, boulevard Richard-Lenoir 75011 Paris
Tél. 01 40 44 30 00 • info@inrs.fr

Édition INRS ED 950

5^e édition | juin 2025 | 3 000 ex. | ISBN 978-2-7389-2985-3

L'INRS est financé par la Sécurité sociale
Assurance maladie - Risques professionnels

www.inrs.fr   