

## Conception des lieux et des situations de travail

Santé et sécurité : démarche, méthodes  
et connaissances techniques

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

Dans le domaine de la prévention des risques professionnels, l'INRS est un organisme scientifique et technique qui travaille, au plan institutionnel, avec la CNAMTS, les CARSAT-CRAM-CGSS et plus ponctuellement pour les services de l'État ainsi que pour tout autre organisme s'occupant de prévention des risques professionnels.

Il développe un ensemble de savoir-faire pluridisciplinaires qu'il met à la disposition de tous ceux qui, en entreprise, sont chargés de la prévention : chef d'entreprise, médecin du travail, l'INRS sont distribuées par les CARSAT. Pour les obtenir, adressez-vous au service prévention de la Caisse régionale ou de la Caisse générale de votre circonscription, dont l'adresse est mentionnée en fin de brochure.

L'INRS est une association sans but lucratif (loi 1901) constituée sous l'égide de la CNAMTS et soumise au contrôle financier de l'État. Géré par un conseil d'administration constitué à parité d'un collègue représentant les employeurs et d'un collègue représentant les salariés, il est présidé alternativement par un représentant de chacun des deux collèges. Son financement est assuré en quasi-totalité par le Fonds national de prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles.

## Les Caisses d'assurance retraite et de la santé au travail (CARSAT), les Caisses régionales d'assurance maladie (CRAM) et Caisses générales de sécurité sociale (CGSS)

Les Caisses d'assurance retraite et de la santé au travail, les Caisses régionales d'assurance maladie et les Caisses générales de sécurité sociale disposent, pour participer à la diminution des risques professionnels dans leur région, d'un service prévention composé 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, ils sont en mesure de conseiller et, sous certaines conditions, de soutenir les acteurs de l'entreprise (direction, médecin du travail, CHSCT, etc.) dans la mise en œuvre des démarches et outils de prévention les mieux adaptés à chaque situation. Ils assurent la mise à disposition de tous les documents édités par l'INRS.

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 euros (article L. 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle).

© INRS, 2011. Conception graphique Stéphane Soubrié. Schémas Atelier F. Causse.  
Illustration de couverture Brigitte Laude. Photos droits réservés.

# Conception des lieux et des situations de travail

Santé et sécurité : démarche, méthodes  
et connaissances techniques

**Cette brochure a été réactualisée en 2010 par** Jean-Louis POMIAN (INRS)

Elle a été conçue avec les correspondants du groupe national « Conception des lieux et des situations de travail » à ce jour composé de : Jean-Michel BACHELOT (CRAM Pays de la Loire), Jacques BALZER (CRAM Alsace-Moselle), Patrick BENGUIGUI (CRAM Nord-Picardie), Eric BILLIARD (CRAM Rhône-Alpes), Marc BURY (CRAM Nord-Est), Raoul CHABRIER (CRAM Auvergne), Brice CHARBONET (CRAM Centre-Ouest), Michel CHARVOLIN (CRAM Normandie), Serge COUBES (CRAM Aquitaine), Michel CUNNAC (CRAM Midi-Pyrénées), Jean-Louis GROSMANN (CRAM Bourgogne-Franche-Comté), Jean-Luc HAEGY (CRAM Ile-de-France), Denis LEGRET (CRAM Centre), Gérard MARIE (CNAMTS), Marie-Claude MERIGUET (CRAM Languedoc-Roussillon), Thierry PALKA (CRAM Bretagne), Laurence PAYET (CGSS Réunion), Rémy PERRAIS (CRAM Midi-Pyrénées), Claude SAHUC (CRAM Sud-Est).

Et avec la contribution d'experts de l'INRS : Patrick LAINE, Jean-Michel PETIT, Jean-Louis POYARD, Roland RAPP, Joseph RATSIMIHAN, Benoît SALLÉ, Serge SALSI, Jean-Pierre SERVENT, Anne-Sophie VALLADEAU.

	Page
<b>Introduction</b>	<b>7</b>
<b>1. Repères méthodologiques de conduite de projet</b>	<b>11</b>
1.1 Une démarche globale	11
1.2 L'apport de l'ergonomie en conception	11
1.3 La structuration de la démarche	12
1.4 La conception et la prévention	13
1.5 Phases d'un projet	14
1.5.1 La phase de définition des besoins (phase de programmation)	14
1.5.2 La phase de conception	15
1.5.3 La phase de réalisation	16
1.5.4 La préparation de la mise en service	17
<b>2. Principes d'implantation</b>	<b>18</b>
2.1 Le recueil des données	18
2.2 Méthode d'implantation générale	25
2.2.1 Analyse du contexte général	25
2.2.2 Définition des « secteurs d'activité »	26
2.2.3 Détermination des besoins de proximité ou d'éloignement entre secteurs	26
2.2.4 Tracé du diagramme fonctionnel d'implantation	27
2.2.5 Dessin du schéma fonctionnel d'ensemble	27
2.2.6 Un exemple d'application	28
<b>3. Process, équipements et situations de travail</b>	<b>31</b>
3.1 Les exigences du process	31
3.1.1 Adaptation des locaux aux caractéristiques des activités de travail	31
3.1.2 Génie civil	31
3.1.3 Accessibilité des équipements	31
3.2 Le cahier des charges des équipements de travail	32
3.3 Les situations de travail	36
3.3.1 Choix organisationnels au niveau d'un atelier, d'un service	36
3.3.2 Principes de conception et d'aménagement des situations de travail	37
3.4 L'aménagement des bureaux	39
<b>4. Implantations et circulations</b>	<b>41</b>
4.1 Implantation des bâtiments et circulations extérieures	41
4.1.1 Règles générales d'implantation	41
4.1.2 Espacement des bâtiments	41
4.1.3 Organisation des flux de circulation	42
4.1.4 Circulation des piétons	43
4.1.5 Accessibilité pour les personnes handicapées	43
4.1.6 Circulation et stationnement des véhicules légers (VL) et des véhicules utilitaires légers (VUL)	44
4.1.7 Circulation et stationnement des poids lourds	45
4.2 Circulations intérieures aux bâtiments	47
4.2.1 Organisation des flux de circulation	47
4.2.2 Circulations des piétons	48

<b>5. Ambiances physiques de travail</b>	<b>52</b>
5.1 Le bruit	52
5.1.1 Données générales sur le bruit	52
5.1.2 L'acoustique prévisionnelle intérieure	54
5.1.3 Les différents moyens d'insonorisation	54
5.1.4 Conception d'un nouveau bâtiment et insonorisation	56
5.1.5 Conception ou achat d'une nouvelle machine	59
5.1.6 Entretien des moyens d'insonorisation	59
5.2 L'éclairage	59
5.2.1 Généralités	59
5.2.2 L'éclairage artificiel	62
5.2.3 L'éclairage naturel	64
5.2.4 L'éclairage de sécurité	67
5.2.5 L'éclairage extérieur : visibilité et maintenance	67
5.3 Ambiances thermiques	68
5.3.1 Confort d'hiver	69
5.3.2 Confort d'été	75
5.3.3 Travail en chambre froide ou réfrigérée et situations similaires	77
5.4 Qualité de l'air	79
5.4.1 Locaux à pollution non spécifique : aération par ventilation générale	79
5.4.2 Locaux à pollution spécifique	81
5.5 Ambiance électromagnétique	84
5.5.1 Exposition des personnels	84
5.5.2 Compatibilité électromagnétique	84
5.5.3 Maîtrise des risques	84
5.6 La prévention des risques d'électrisation liés à la foudre	85
<b>6. Incendie, explosion</b>	<b>86</b>
6.1 Diminution du risque et choix des matériaux	86
6.1.1 Diminution du risque	86
6.1.2 Choix des matériaux	87
6.2 Incendie	88
6.2.1 Limitation des dégâts	88
6.2.2 Extinction incendie	89
6.2.3 Organisation de la prévention incendie	89
6.3 Explosion	90
6.3.1 Classification et délimitation des zones à risque d'explosion	91
6.3.2 Principes de prévention	92
6.3.3 Choix de matériels ou d'appareils, électriques ou non, pour utilisation en atmosphère explosive	93
<b>7. Structures des bâtiments</b>	<b>95</b>
7.1 Toitures	95
7.1.1 Surfaces vitrées ou translucides	95
7.1.2 Surfaces non translucides	96
7.1.3 Ouvrants en élévation ou en toiture	96
7.1.4 Accès et circulation en toiture	96
7.1.5 Lignes de vie et points d'ancrage	99
7.1.6 Autres éléments à prendre en compte	99
7.2 Façades	99
7.2.1 Vitrages en façade	99
7.2.2 Nettoyage des vitrages en façade	100
7.2.3 Protection contre l'éblouissement et le rayonnement solaire	101
7.2.4 Matériaux et appareillages à utiliser en façade	101
7.2.5 Accès aux façades	101

7.3	Portes et portails	103
7.3.1	Mesures communes	103
7.3.2	Portes et portails à manœuvre manuelle	104
7.3.3	Portes et portails motorisés à commande manuelle	104
7.3.4	Portes et portails automatiques et semi-automatiques	104
7.3.5	Portes et portails automatiques et semi-automatiques destinés au passage de véhicules	104
7.3.6	Portes automatiques pour piétons	104
7.3.7	Aménagements de protection	104
7.3.8	Dossier de maintenance	105
7.4	Sols intérieurs	106
7.4.1	Critères principaux	106
7.4.2	Choix entre les revêtements de sols intérieurs	106
7.4.3	Installations sanitaires	107
7.4.4	Locaux de fabrication de produits alimentaires	107
7.4.5	Conditions de pose	107
7.4.6	Nettoyage des sols	107
7.5	Aires de transbordement	108
7.5.1	Construction, forme et emplacement du quai	108
7.5.2	Hauteur du quai	108
7.5.3	Butoirs de quai	108
7.5.4	Appareils de liaison et de mise à niveau	109
7.5.5	Dispositifs de protection	110
7.5.6	Éclairage	111
7.5.7	Portes de quai	112
7.5.8	Cour	112
7.5.9	Dispositions pour l'accueil	113
7.6	Escaliers	114
<b>8.</b>	<b>Installations techniques, stockages</b>	<b>116</b>
8.1	Les installations électriques	116
8.1.1	Généralités	116
8.1.2	Conception	116
8.1.3	Schéma des liaisons à la terre	116
8.2	Accès aux installations fixes	117
8.3	Moyens de manutention	119
8.3.1	Moyens de manutention	119
8.3.2	Choix entre ces moyens	120
8.3.3	Manutention continue	120
8.3.4	Manutention automatisée	120
8.4	Appareils de levage	121
8.4.1	Ponts roulants ou portiques	121
8.4.2	Tables élévatrices	122
8.4.3	Palans électriques et potences	122
8.5	Ascenseurs, monte-charge	123
8.5.1	Implantation de l'ascenseur ou du monte-charge	123
8.5.2	Ascenseur praticable pour personne à mobilité réduite en fauteuil roulant	123
8.5.3	Aménagements pour la sécurité du personnel d'entretien	123
8.6	Locaux techniques	124
8.6.1	Accessibilité aux locaux techniques	124
8.6.2	Locaux pour les activités de mise en propreté	125
8.6.3	Locaux de charge de batteries d'accumulateurs	125
8.6.4	Chaufferies	126
8.6.5	Ateliers d'entretien	127
8.6.6	Locaux pour compresseurs et groupes électrogènes	127

8.7. Stockages	128
8.7.1 Stockage en rayonnage	129
8.7.2 Stockage des solides en vrac	129
8.7.3 Stockage en citernes et réservoirs	129
8.7.4 Stockage en silos et trémies	130
8.7.5 Stockage de bouteilles de gaz	130
8.8 Déchets	131
8.8.1 Collecte à la source	131
8.8.2 Transferts internes à l'entreprise	131
8.8.3 Traitement	131
8.8.4 Stockage temporaire interne à l'entreprise	131
8.8.5 Collecte d'évacuation hors de l'entreprise	131
8.9 Signalisation et signalétique de sécurité	132
8.9.1 Signalisation de santé et de sécurité réglementaire	132
8.9.2 Signalétique fonctionnelle	133
<b>9. Locaux sociaux</b>	<b>134</b>
9.1 Installations sanitaires	134
9.2 Lieux de restauration collective	137
9.3 Locaux pour services médicaux du travail	139
9.4 Locaux de premiers soins	140
9.5 Salles de détente	140
9.6 Salles de réunion	141
<b>10. Réalisation, mise en service, maintenance</b>	<b>142</b>
10.1 Réalisation des travaux	142
10.1.1 Sécurité et santé des personnels intervenant sur le chantier	142
10.1.2 Suivi, en phase de chantier, des aspects en rapport avec l'usage de destination de l'ouvrage	142
10.2 Processus de validation des choix jusqu'à la mise en service	142
10.3 La maintenance des lieux et des équipements de travail	143
10.3.1 Le dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage (D.I.U.O.)	145
10.3.2 Les notices d'instructions et la maintenance des équipements	146
10.4 Préparation de la mise en service	146
10.4.1 Vérification des installations et matériels	146
10.4.2 Mise en place de documents et procédures	147
10.4.3 Formation du personnel et vérification des aptitudes professionnelles	147
<b>Index des mots-clés</b>	<b>148</b>

# Introduction

---

La prévention des risques professionnels est toujours plus efficace et plus économique lorsqu'elle est intégrée en amont du processus de définition et de mise au point des projets de conception et d'implantation des bâtiments et équipements. Or, si les données utilisables pour la prévention sont nombreuses, elles sont souvent éparpillées. Depuis plusieurs années, un groupe de travail réunissant des ingénieurs de la CNAM, des CRAM et des experts de l'INRS, mène une action sur ce sujet important pour l'amélioration de la sécurité, de la santé et du bien-être au travail.

Cette brochure, réactualisée en profondeur, est la concrétisation d'un des objectifs que s'est fixé ce groupe : mettre à la disposition des maîtres d'ouvrage (chefs d'entreprises ou leurs représentants), des maîtres d'œuvre (architectes, architectes d'intérieur, bureaux d'ingénierie...) et des personnes qui ont à dialoguer avec les concepteurs (représentants des personnels, préventeurs des CRAM, ergonomes, programmeurs, médecins du travail, bureaux d'études, entreprises prestataires...), les connaissances sur la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles les plus utiles au déroulement d'un projet concernant les locaux et les situations de travail. La population visée comprend donc aussi l'ensemble du personnel de l'entreprise (production, maintenance, services supports, services administratifs...), que celui-ci appartienne ou non à l'entreprise concernée.

Par conception des locaux et des situations de travail, il faut entendre un projet d'entreprise comprenant généralement la construction d'un bâtiment ou son réaménagement partiel ou global. Les projets perçus comme de « petites dimensions » tels que l'installation d'un système de captage, le choix d'une machine et, le cas échéant, de son implantation, la réorganisation d'une petite ligne de production... entrent également dans cette définition. Les enjeux en matière de santé et les étapes qui ponctuent la mise au point de ces projets sont en tout point identiques aux étapes d'un projet plus conséquent, même si ces similitudes ne sont pas des plus évidentes pour tous les interlocuteurs qui ont parfois tendance à considérer que seuls les projets d'envergure doivent s'inscrire dans une démarche de conduite de projet. Tout type de projet suppose de fait un questionnement en amont sur les besoins avant d'envisager une transposition.

De tels projets ne peuvent pas être abordés uniquement sous l'angle des bâtiments et des implantations. Doivent être pris en compte non seulement l'organisation d'ensemble, le choix des équipements de production, de stockage et de manutention, les problèmes posés avant la mise en service mais aussi et surtout les personnels concernés par les transformations envisagées.

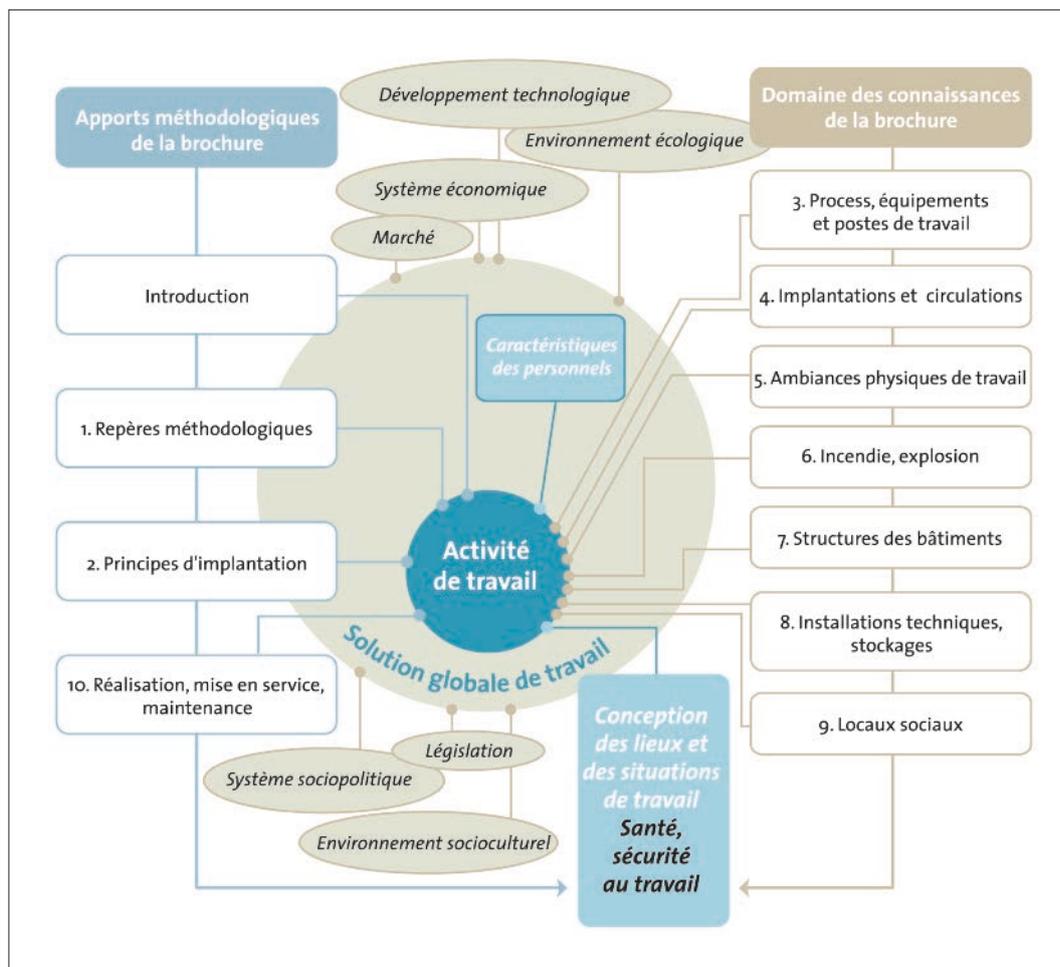
Sans l'intégration des connaissances et des savoirs des personnels concernés (qu'il s'agisse des opérateurs directs ou indirects, du responsable d'une ligne de production...), les projets qui se fondent sur des approches à dominante technique risquent de ne pas suffisamment intégrer la réalité d'usage, ce qui produit souvent des dysfonctionnements particulièrement difficiles à gérer dans un second temps.

Les difficultés rencontrées lors du démarrage d'une nouvelle ligne de production en sont une illustration classique, d'autant qu'à ce stade de définition les choix fondamentaux sont souvent irréversibles.

Pour bien prendre en compte les critères qui définissent l'amélioration des conditions de travail et de sécurité, les projets gagnent à se développer dans la perspective de concevoir non pas uniquement des lieux de travail, mais des situations de travail.

La notion de situation de travail dans la mise en œuvre d'un projet est primordiale. Telle que schématisée page suivante, la situation de travail peut être décrite sous forme d'un ensemble de composants interdépendants. Son approche s'articule sur des connaissances techniques et méthodologiques prenant en compte l'activité future probable et permettant ainsi, au final, de mieux appréhender la réalité d'usage.

Les connaissances techniques et méthodologiques sont proposées dans cette brochure comme des repères, un support de réflexion et non comme des solutions standards. Les critères de variabilité des systèmes de production sont en effet tels qu'il ne peut être imaginé d'appliquer des solutions standards à toute situation.



Repères techniques et méthodologiques pour la conception des lieux et des situations de travail.

Cette brochure est un outil pour la démarche de prévention visant à :

- faciliter le dialogue entre les différents acteurs (concepteurs, utilisateurs, préventeurs) ;
- mieux définir les besoins au stade des réflexions conduites en amont des projets ;
- améliorer la prise en compte des problèmes d'hygiène, de sécurité et de conditions de travail lorsque sont arrêtées des décisions qui auront un impact décisif sur le fonctionnement des projets (en particulier celles qui ont un caractère irréversible).

À titre d'illustration, si les surfaces envisagées pour un bâtiment industriel ont été mal définies, il sera quasiment impossible d'implanter une ligne de production sans mettre sous contrainte les utilisateurs, surtout si la trame des éléments porteurs est inadaptée.

Dans un autre cas, si le pont roulant ne dessert pas comme initialement envisagé la zone des stocks, la rupture de charge qui en résultera aura un impact négatif sur les conditions de travail et sur la sécu-

rité. Si la dalle entre deux niveaux n'a pas été correctement dimensionnée (descentes de charges), tel stock ne pourra pas se situer en relation de proximité avec telle zone d'approvisionnement...

Ces quelques exemples correspondent à des « fondamentaux » en conception (fondamentaux irréversibles s'ils sont mal définis). Ils démontrent tout l'intérêt des études préalables qui serviront à la définition des besoins réels issus de l'analyse des activités réelles de travail.

Ainsi, la réussite d'un projet est consolidée lorsque la prévention des risques professionnels est prise en compte. La prévention des risques dès la conception devient même un gage supplémentaire de réussite pour le maître d'ouvrage lorsqu'il lui est donné de s'appuyer sur les dispositions législatives et réglementaires existantes, en particulier :

- la loi du 6 décembre 1976 fixant les bases juridiques du développement de l'intégration de la prévention lors de la conception d'équipements ou de locaux de travail ;

■ la directive cadre européenne 89-391 du 12 juin 1989 transposée en droit français par la loi 1414 du 31 décembre 1991 et par le décret 92-332 du 31 mars 1992 qui introduit 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 ;

■ la loi 93-1418 du 31 décembre 1993 (codifiée aux articles L. 4531-1 à L. 4532-18 du Code du travail) qui fait obligation de prévoir notamment 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.

Les dispositions législatives et réglementaires 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.*

Les risques propres à la construction et à la mise en place des équipements ne sont pas abordés dans cette brochure. Les risques pour l'environnement et pour la population vivant à proximité des usines ne sont traités ici que dans la mesure où ils existent aussi pour le personnel de l'entreprise.

La brochure concerne tous les domaines de l'activité industrielle. Elle est ainsi transversale et permet d'aborder :

■ la prévention des risques les plus fréquents et les plus graves ;

■ les projets les plus courants : construction, modification ou réaménagement de situations de travail ;

■ les choix quasi irréversibles : bâtiment, installations coûteuses à modifier ultérieurement.

Les repères de solutions qui sont proposés dans chaque cas amènent à considérer la connaissance issue d'une analyse préalable des situations et des activités réelles de travail comme la pierre angulaire sur laquelle doit s'élaborer tout projet de conception de lieux de travail.



# Repères méthodologiques de conduite de projet

# 1

## 1.1 Une démarche globale

Il s'agit essentiellement de prendre en compte les aspects santé, sécurité et conditions de travail lors des choix effectués tout au long du projet. Cette démarche sera celle du maître d'ouvrage à qui incombe la responsabilité juridique des choix de conception et qui est aussi le premier intéressé par la performance globale (économique et sociale) de l'outil de production/travail.

Trois principes guident cette démarche de conception industrielle :

- **Conception pluridisciplinaire et participative** : la démarche consiste à faire collaborer, dès la phase de programmation du projet, différentes disciplines, notamment ingénierie, ergonomie, architecture, relations professionnelles et sociales, hygiène et sécurité, médecine du travail (articles R. 4623-1, R. 4624-3, R. 4624-4, R. 4624-5 du Code du travail). Elle cherche à adapter le travail à l'homme en mettant en perspective les activités de travail futures probables et, à cet effet, en associant tout au long du projet les personnels

concernés. Il faut noter que le CHSCT ou les délégués du personnel doivent être consultés pour tout projet d'extension ou de réaménagement (article L. 4612-8 du Code du travail).

- **Globalité** : c'est une approche « multicritère » permettant la prise en compte de l'ensemble des composantes du projet, notamment les conditions de travail, l'hygiène, la sécurité et l'organisation. Elle prend en compte les risques potentiels liés à la circulation (engins de manutention, PL, VL...), à la manutention, aux ambiances physiques (bruit, vibrations, température de l'air...), les risques chimiques, biologiques et autres (isolement, stress...).

- **Itération** : la démarche autorise à tout moment les retours en arrière afin d'enrichir et de valider les choix effectués, facilitant ainsi la prise de décision éclairée.

Ces trois principes sont repris dans la Charte que le Réseau prévention a élaborée en matière de conception des lieux et des situations de travail.

## 1.2 L'apport de l'ergonomie en conception

L'apport essentiel de l'ergonomie en conception réside dans sa capacité à mettre précocement en lumière les enjeux humains et sociaux posés par tout projet industriel (l'analyse de la demande) et à proposer une méthode de lecture de la façon dont le travail est réellement effectué (l'analyse du travail). Ceci permet d'éclairer les choix de conception, voire d'innover.

- **L'analyse de la demande** initiale est une étape déterminante à toute réalisation. Elle vise à adopter un point de vue différent de celui essentiellement technique afin de prendre en compte les conditions de travail, d'hygiène et de sécurité. Elle permet alors de reconstruire le projet d'action avec le décideur en termes de moyens

et d'objectifs explicites pour l'ensemble des acteurs concernés. En cours de projet, il est possible – et il doit être admis – que des connaissances nouvelles produites par les analyses de l'activité viennent ré-interroger les hypothèses de départ.

- **L'analyse du travail** se fonde sur des méthodes et un ensemble de connaissances scientifiques sur le fonctionnement humain, l'organisation du travail, la prévention, la sécurité, la réglementation... Autant de disciplines qui concourent à la prise en compte de la santé (physique et mentale) dans la conception des situations de travail. L'analyse du travail souligne en particulier les critères de variabilité à prendre en compte.

## BIBLIOGRAPHIE

- Christian MARTIN – Maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre : « Construire un vrai dialogue. » OCTARES Éditions, 2000.
- Pour un approfondissement concernant les méthodes d'analyse ergonomique, voir l'ouvrage *Repères sur le travail à l'usage des ingénieurs élèves et débutants*, ANACT – INRS, 2001.

Elle permet de mettre en évidence l'écart existant entre la définition théorique d'une tâche et la façon dont elle est réellement réalisée. L'analyse du travail doit être faite dans la situation initiale ou dans une situation similaire prise en référence.

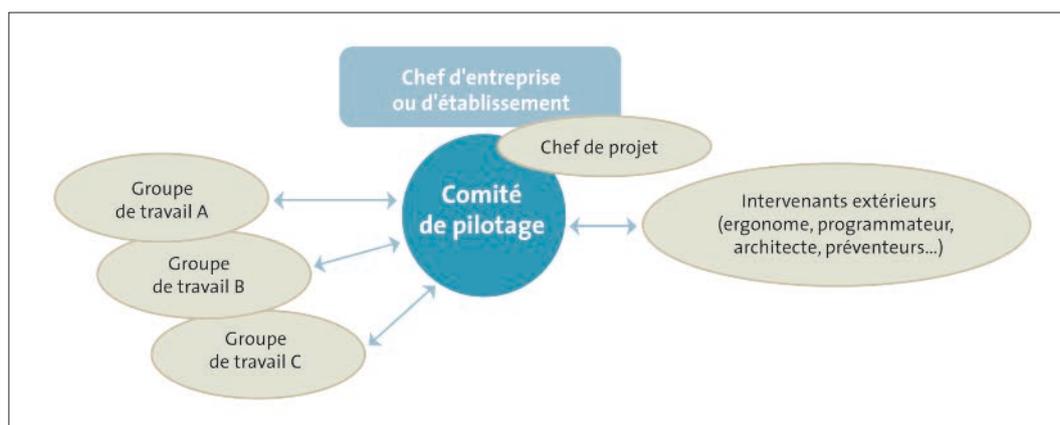
Les connaissances acquises sur la situation globale de travail et sur les activités de travail doivent être intégrées dans le « cahier des charges » ou le « document programme ».



## 1.3 La structuration de la démarche

Le comité de pilotage est l'instance de coordination et de décision qui assure, dans les limites fixées par le chef d'entreprise, la gestion (technique, économique...) du projet. Il est présidé par le chef d'entreprise, son représentant ou le chef de projet et est composé, outre les représentants des groupes de travail, des représentants du personnel ou du CHSCT, du médecin du travail et des intervenants extérieurs. Le comité de pilotage forme les groupes de travail et fixe l'échéancier des réunions. Il est à noter que la participation des personnels à la mise en œuvre et au développement d'un projet est aujourd'hui quasi unanimement reconnue comme utile. Suivant l'importance du pro-

jet, plusieurs groupes de travail peuvent être formés. Ils sont composés, sur la base du volontariat et de façon homogène, par les opérateurs de production et de maîtrise. Les groupes de travail gagnent à être animés par un intervenant extérieur, notamment par un ergonomiste. Ils ont généralement pour mission (avec différents appuis internes ou externes) de valider les connaissances produites par les analyses du travail et les principes de solutions et de proposer des orientations au comité de pilotage. Le groupe de travail a donc tendance à être une instance de « propositions » tandis que le comité de pilotage « structure » ; la décision finale relevant néanmoins du responsable d'entreprise.



## 1.4 La conception et la prévention

La prévention des risques professionnels dans la démarche de projet consiste à :

■ étudier et évaluer les conséquences des choix concernant le cadre bâti et le processus en termes de risques potentiels encourus par les personnes ;

■ prendre les mesures nécessaires pour maîtriser ces risques.

La prévention s'appuie sur le respect des principes généraux (voir encadré ci-dessous).

### Les principes généraux de prévention

#### Article L. 4121-2 « Obligations de l'employeur »

L'employeur met en œuvre les mesures prévues à l'article L. 4121-1 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 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, tel qu'il est défini à l'article L. 1152-1 ;
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.

#### Article L. 4211-1 « Maître d'ouvrage »

Le maître d'ouvrage entreprenant la construction ou l'aménagement de bâtiments destinés à recevoir des travailleurs se conforme aux dispositions légales visant à protéger leur santé et sécurité au travail.

#### Article L. 4531-1 « Principes de prévention : bâtiment et génie civil »

Afin d'assurer la sécurité et de protéger la santé des personnes qui interviennent sur un chantier de bâtiment ou de génie civil, le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre et le coordonnateur en matière de sécurité et de protection de la santé mentionné à l'article L. 4532-4 mettent en œuvre, pendant la phase de conception, d'étude et d'élaboration du projet et pendant la réalisation de l'ouvrage, les principes généraux de prévention énoncés aux 1<sup>o</sup> à 3<sup>o</sup> et 5<sup>o</sup> à 8<sup>o</sup> de l'article L. 4121-2.

Ces principes sont pris en compte notamment lors des choix architecturaux et techniques ainsi que dans l'organisation des opérations de chantier, en vue :

1. De permettre la planification de l'exécution des différents travaux ou phases de travail se déroulant simultanément ou successivement ;
2. De prévoir la durée de ces phases ;
3. De faciliter les interventions ultérieures sur l'ouvrage.

#### Article L. 4532-16 « Interventions ultérieures sur l'ouvrage »

Sauf dans les cas prévus à l'article L. 4532-7, au fur et à mesure du déroulement des phases de conception, d'étude et d'élaboration du projet puis de la réalisation de l'ouvrage, le maître d'ouvrage fait établir et compléter par le coordonnateur un dossier rassemblant toutes les données de nature à faciliter la prévention des risques professionnels lors d'interventions ultérieures.

## 1.5 Phases d'un projet

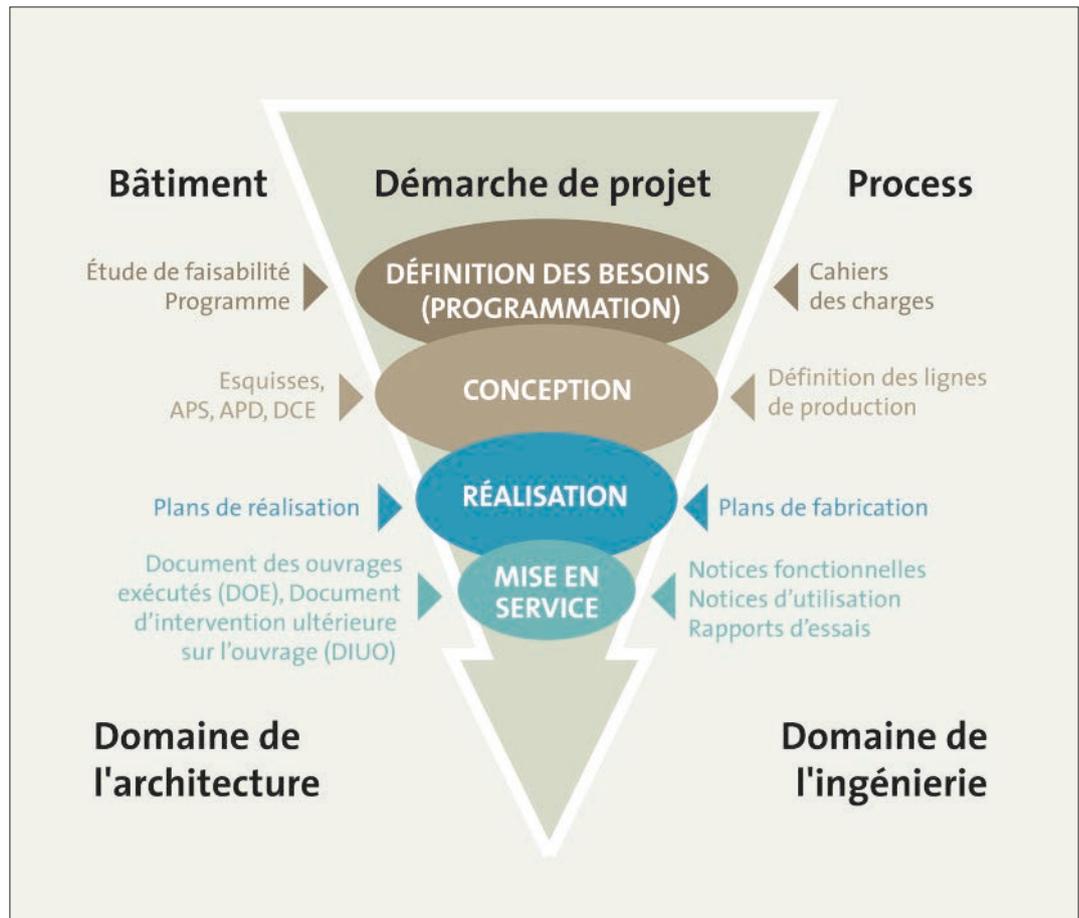


Figure 1.1. Démarche de projet.

La figure 1.1 présente une structure générale pour le déroulement de l'ensemble du projet montrant que les différentes étapes doivent s'enchaîner en permettant de procéder par itération. Néanmoins, cette possibilité et, de façon plus générale, les libertés de manœuvre se réduisent au fur et à mesure de l'avancement du projet (effet entonnoir).

### 1.5.1 La phase de définition des besoins (phase de programmation)

La programmation est l'ensemble des démarches de collecte de données, de traitement et de validation des informations de toute nature caractérisant les besoins liés au projet et attendus de l'ouvrage et de ses équipements immobiliers, « besoins » étant pris ici au sens « englobant les besoins de prévention ». Ces démarches regroupent différentes étapes, notamment les études de faisabilité conduites en amont (par exemple, évaluation de l'adéquation

d'un terrain en relation avec la nature des activités projetées) et les études et analyses des besoins à partir desquelles sera formalisé le document programme (à savoir le « cahier des charges » de la maîtrise d'ouvrage pour le concepteur).

La phase dite de programmation comporte généralement deux aspects :

- une étude d'opportunité et de faisabilité du projet comportant l'analyse de l'existant, du contexte et des contraintes,
- l'élaboration du programme.

• Les études préalables d'opportunité et de faisabilité (environnementale, technique, économique) portent sur le choix du terrain et son environnement, mais pas uniquement... Elles visent aussi à intégrer dans le projet les dimensions humaines, sociales et organisationnelles.

La prise en compte des critères de santé et de bien-être au travail peut d'ailleurs avoir déjà été asso-

ciée à l'élaboration du schéma directeur d'entreprise ou d'établissement. C'est l'objet de l'analyse de la demande – lorsqu'il est fait appel, le plus en amont possible, à un ergonomiste – que de chercher à entrevoir comment le projet peut contribuer à l'amélioration des conditions de travail et de sécurité des personnels.

- Le programme est un document de synthèse qui traduit la prise en compte des besoins exprimés par le maître d'ouvrage en des termes fonctionnels et de performance. Il expose l'énoncé des problèmes à résoudre par les concepteurs, clarifie les enjeux, les rôles de chacun, les attentes (en particulier celles des futurs utilisateurs) et hiérarchise les objectifs. Le rôle du programme est de traduire à l'attention de la maîtrise d'œuvre (architectes, bureaux d'études) non seulement les attentes et les exigences du maître d'ouvrage (chef d'entreprise, collectivité locale...) mais aussi les contraintes.

En conséquence, le programme a une importance fondamentale dans le projet, c'est le document « clef de voûte » pour les concepteurs du projet. Il est élaboré à partir des informations recueillies concernant les personnels intéressés, l'organisation, les équipements, le fonctionnement de l'entreprise et les perspectives d'évolutions.

La qualité du programme détermine la qualité des projets. La créativité du concepteur ne pourra jamais compenser l'absence de réflexion qui aurait dû être conduite en amont. Il est donc de la responsabilité du maître de l'ouvrage (le client, le chef d'entreprise) de réaliser ou de faire réaliser des documents clairs et exhaustifs.

Le programme peut être réalisé par des acteurs internes et/ou externes à l'entreprise. Il est en tout cas préférable de faire appel à des programmeurs « de métier » sachant intégrer les méthodes d'analyse du travail réel.

### 1.5.2 La phase de conception

L'activité future des opérateurs peut être approchée par un travail sur plans, maquettes, prototypes, voire par une simulation informatique. Différents scénarios peuvent être envisagés se prêtant à la possibilité de mises en situations et d'analyses d'activité complémentaires. Naturellement, dans cette phase de conception, la participation des personnels concernés reste essentielle pour rechercher et valider, sur la base de leur connaissance de la situation et du résultat des analyses, les compromis de solutions les meilleurs.

### La coordination SPS

En partant du constat que plus de la moitié des accidents sur les chantiers sont dus à « *des choix architecturaux et/ou organisationnels non adéquats ou à une mauvaise planification des travaux lors de l'élaboration de l'ouvrage* » et que, par ailleurs, « *un défaut de coordination notamment du fait de la présence simultanée ou successive d'entreprises différentes sur un même chantier pouvait entraîner un nombre élevé d'accidents du travail* », la Communauté européenne a édicté une directive qui pose l'exigence d'un coordonnateur de sécurité et de santé pour les opérations de bâtiment ou de génie civil.

L'article L. 4532-2 du Code du travail prévoit l'obligation « *d'organiser une coordination en matière de sécurité et de santé des travailleurs pour tout chantier de bâtiment ou de génie civil où sont appelés à intervenir plusieurs travailleurs indépendants ou entreprises...* ».

La mission de coordination est renforcée par l'article L. 4531-1 du Code du travail qui exige du coordonnateur, du maître d'ouvrage et du maître d'œuvre, que soient pris en compte, notamment lors des choix architecturaux, les principes généraux de prévention hiérarchisés par l'article L. 4121-2 et qui fixent les priorités (voir § 1.4).

À cet effet, le maître d'ouvrage doit désigner le coordonnateur SPS de « conception », de préférence en phase de programmation, et obligatoirement au plus tard à la fin des études d'esquisses.

La phase de conception consiste ensuite à faire réaliser le projet selon le programme défini précédemment. Le maître d'œuvre intervient dès le début de la conception : il est responsable de l'exécution et du contrôle des ouvrages à réaliser.

Au cours de cette étape, plusieurs documents administratifs et techniques sont rédigés. Les deux principaux sont :

- l'avant-projet sommaire (ou APS), avec des vues complètes notamment en plan et en élévation (à l'échelle 1/100) et avec une affectation des principales surfaces et de leurs relations fonctionnelles ;
- l'avant-projet définitif (ou APD) : ce document précise (sur des plans à l'échelle 1/50) les solutions retenues lors de l'APS ; il sert de base pour déposer le permis de construire pour un nouveau bâtiment ou pour un bâtiment modifié.

Pour la maîtrise d'ouvrage publique (uniquement), la loi MOP du 12/07/85 et les décrets d'application du 29/11/93 définissent les relations entre la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre privées.

Le maître d'ouvrage, public ou privé, doit organiser la coordination pour prévenir non seulement les risques générés lors de la construction, mais aussi ceux qu'occasionnent l'exploitation et la maintenance de l'ouvrage.

À cette fin, il désigne un coordonnateur pour le conseiller aussi bien lors de la conception que lors de la réalisation d'une opération de construction.

Le coordonnateur sécurité et protection de la santé (SPS) en « conception » gagne à être désigné en phase de programmation. C'est au coordonnateur SPS qu'il appartient d'établir et de compléter le dossier rassemblant toutes les données de nature à faciliter la prévention des risques professionnels lors des interventions ultérieures. Quelques indications sont données sur cette mission dans l'encadré page précédente.

Des analyses d'activité complémentaires fondées sur une mise en situation des futurs utilisateurs à partir de maquettes, simulations informatiques, techniques de « prototypage rapide » permettront d'enrichir la conception et, en s'appuyant sur la structure participative mise en place, de renforcer l'efficacité de la mission du coordonnateur SPS. Elles seront particulièrement utiles pour l'harmonisation technique entre les équipements et le bâtiment (voir encadré ci-après) et lors des études techniques de projet qui ont pour objet d'intégrer des spécifications techniques détaillées dans le dossier de consultation des entreprises utilisé pour le lancement des appels d'offres.

### **Harmonisation technique entre les équipements et le bâtiment**

Pour une mise en cohérence entre machines (ou équipements) de fournisseurs différents et entre machines (ou équipements) et bâtiment, il revient au maître d'ouvrage d'intégrer la sécurité et la protection de la santé à la conception de l'usine, c'est-à-dire d'harmoniser ces différents éléments entre eux (implantations, reports de charges, accès, levage et manutention, circulation, énergies et commande d'ensemble des machines...).

Pour une meilleure efficacité, cette intégration est mise en œuvre par une coopération entre le maître d'ouvrage, l'architecte (maître d'œuvre), les différents fournisseurs, l'ergonome et le coordonnateur SPS, dès le début de la conception architecturale et au fur et à mesure de l'avancement de la conception, puis des travaux.

### **1.5.3 La phase de réalisation**

En phase de réalisation, le coordonnateur SPS rassemble dans le dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage (DIUO) toutes les données de nature à faciliter la prévention des risques professionnels lors des interventions ultérieures sur les toitures, dans les vides techniques et sanitaires,

sur les ascenseurs et concernant aussi l'entretien des façades, l'électricité, l'éclairage, l'aération – assainissement, le désenfumage. Le travail prospectif engagé en participation avec les personnels et les repères donnés dans cette brochure rendront plus efficaces le suivi de réalisation et la mission du coordinateur SPS.

## BIBLIOGRAPHIE

■ Démarche pour intégrer la prévention aux différentes étapes d'un projet de conception ou d'aménagement des lieux de travail. INRS, ED 937, 2005.

### 1.5.4 La préparation de la mise en service

La préparation de la mise en service, juste avant le démarrage des unités de production, vise à s'assurer de l'adéquation du dispositif de production aux exigences de fonctionnement des opérateurs humains. Outre les vérifications techniques et de sûreté de fonctionnement, cette phase permettra, toujours en participation avec les personnels, d'évaluer la réalisation, de préciser les modes opératoires, d'établir les fiches de poste et les procédures de sécurité. La démarche participative engagée en début de projet est progressivement devenue une structure de formation – action permettant aux personnels de s'approprier au fur et à mesure et en toute connaissance de cause leur

future situation de travail. Des rappels de formation devront être néanmoins prévus concernant des contenus directement liés à la sécurité (moyens de manutention, lutte contre l'incendie, sauvetage et secourisme...). Après le démarrage des installations, une veille ergonomique est mise en place. La préparation de la mise en service est explicitée au chapitre 10.

L'intégration de la prévention requiert une démarche transversale qui suppose qu'à chacune des étapes de formalisation des données qui seront intégrées au programme, s'élaborent des choix qui se fondent sur une co-construction des exigences qualitatives et quantitatives en relation avec la prévention.

# Principes d'implantation



Au stade exploratoire de la phase de programmation, une attention particulière doit être accordée à la demande initiale formulée par le maître d'ouvrage de manière à ce que le recueil des données vise à intégrer, dès le départ, les critères de confort et de sécurité au travail des personnels. Les données recueillies utiles à l'élaboration du schéma d'implantation générale pourront ensuite être structurées grâce à des outils d'analyse fonctionnelle.

## 2.1 Le recueil des données

La collecte des données, nécessaire à la préparation de la phase de programmation et aux phases de conception, constitue une tâche indispensable dans le cadre de l'élaboration d'un programme de conception et/ou d'aménagement.

Elle est mise en œuvre sur la base d'une analyse préalable de la demande du maître d'ouvrage consistant à « mettre en questions » les orientations de l'entreprise (les produits, les évolutions technologiques du processus de fabrication...) et les objectifs de performance attendus (qualité, productivité, délais de fabrication, conditions de tra-

vail...). Il s'agit d'une mise en questions « constructive » ayant pour objet d'intégrer le plus en amont possible du projet les exigences de fonctionnement des opérateurs humains. La raison en est simple : des insuffisances introduites à ce niveau ouvriraient, à l'usage, sur des situations insatisfaisantes, parfois irréversibles eu égard aux surcoûts importants et aux difficultés techniques. Elles pourraient amener au constat qu'à des conséquences négatives sur la performance de l'outil de production et sur la communication viennent s'ajouter des effets plus ou moins graves sur la santé et sur le bien-être au travail des personnels (voir figure 2.1).

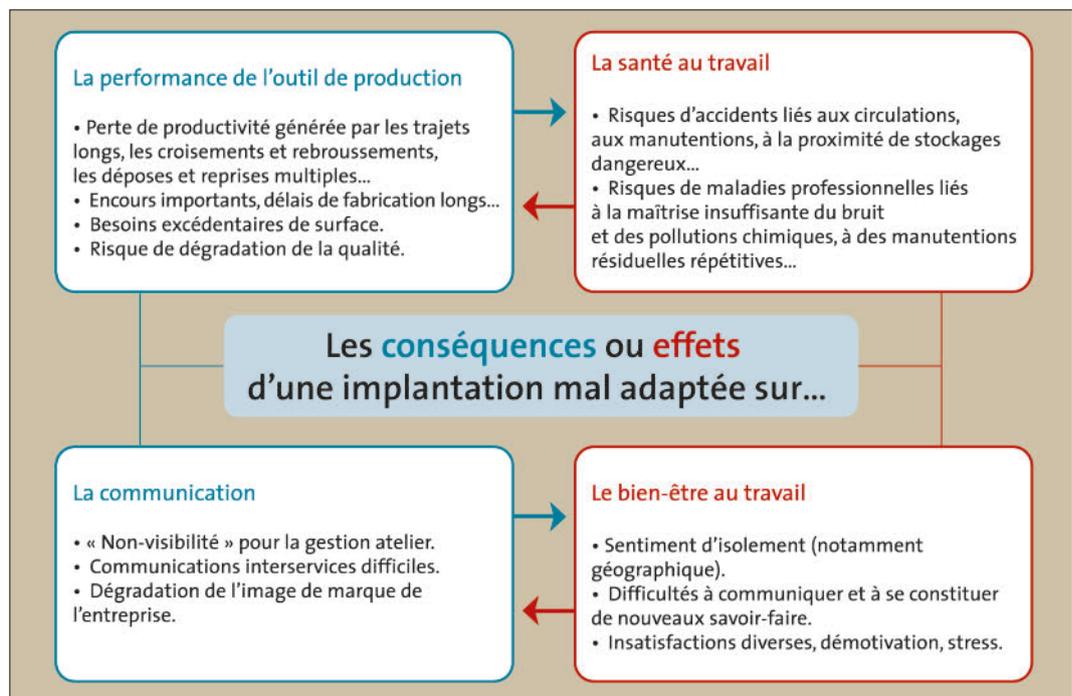


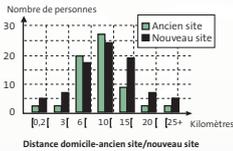
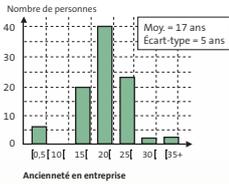
Figure 2.1. Les risques liés à une non prise en compte des exigences de fonctionnement des opérateurs humains.

Les exemples de fonctions et de critères à prendre en compte dans le programme, tels que présentés sommairement ci-dessous, sont indicatifs des types de données à recueillir sur la situation et des types de questionnements. Certaines données sont

incontournables comme celles contenues dans le document unique (DU) élaboré dans la situation antérieure de travail, voire dans une/des situation(s) similaire(s) prise(s) en référence.

Figure 2.2. Le projet de construction, l'environnement du site et son emplacement.

► **Données à recueillir et à analyser.**



► **L'allongement de la distance domicile-usine peut se traduire par le départ de salariés ayant de l'ancienneté professionnelle, avoir une influence sur le risque d'accident de trajet, sans compter les conflits sociaux éventuels.**

► **La présence de lignes électriques aériennes peut générer un risque d'électrocution en phase chantier ou lors de tâches de maintenance ou de nettoyage.**

► **Le critère d'éloignement par rapport aux habitations et autres entreprises est à prendre en compte s'il y a des risques potentiels d'incendie, d'explosion et de nuisances provenant des entreprises avoisinantes ou de l'entreprise à construire (voir la réglementation sur les installations classées).**

**PROJET DE CONSTRUCTION**

Création, réaménagement, extension.  
Liste des bâtiments et ouvrages.  
Liste, par bâtiment, des locaux.  
Liste, par local, des activités ou fonctions.  
Bâtiment en étages ou de plain-pied.

**ENVIRONNEMENT EXTÉRIEUR À L'ENTREPRISE**

**Plan de situation**

Zone industrielle, urbaine, plan d'urbanisme.  
Conditions climatiques, vents dominants, neige, hygrométrie.

**Voies d'accès au site**

- Voies routières
- Voies ferrées
- Voies navigables

Gabarits, capacité des ouvrages d'art.  
État et résistance des revêtements sous intempéries.

Embranchement limitrophe, embranchement séparant le site en deux.

Stabilité des rives, variations du niveau d'eau.

**Accès par rapport aux transports collectifs**

Éloignement des stations, fréquence des arrêts.

**EMPLACEMENT DE L'ENTREPRISE**

**Plan de terrain**

Plan de masse du terrain et des points de raccordement aux voies d'accès.  
*Zones non aedificandi.*  
Sol, nature, résistance et hydrologie du terrain, risques d'inondation.  
Démolitions, localisation des canalisations (eaux, gaz, électricité...).

**Position par rapport aux établissements classés**

Installation soumise à autorisation.  
Installation soumise à déclaration.  
Installation non visée.  
Liste des organismes et administrations à consulter utilement.

► **Le terrain choisi sera-t-il compatible avec les principes du programme concernant les circulations, les charges au sol, les surfaces couvertes et non couvertes (distance entre bâtiments, stockage, parkings), les risques d'incendie et d'explosion (venant d'autres entreprises ou émanant de locaux à construire) ?**

► **L'interface entre les flux de véhicules entrant et sortant de l'entreprise et la route sur laquelle ils débouchent est à examiner avec soin.**

► **Établir le lien entre, d'une part, les moyens de levage et de manutention, bâtiments, stockages et, d'autre part, la résistance du sol.**

► **Vérifier la disponibilité des énergies nécessaires à la fabrication et à la sécurité et les ressources en eau pour la prévention incendie.**

► **Prendre en compte les zones inondables pour éviter tous les risques d'accident et d'arrêt d'exploitation.**

Figure 2.3. Le processus de fabrication.

► Évoquer la stratégie d'action à court ou moyen terme : abandon d'activités ou de lignes de produits, sous-traitance d'un secteur d'activité, parts de marché nouvelles.

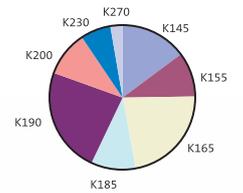
► Analyse ergonomique du travail (dans la situation de référence)

Observer l'activité de travail pour disposer :

- d'informations sur la variabilité industrielle (matières, qualité, charge de travail...),
- d'éléments objectifs concernant les volumes utiles,
- de critères sur les ambiances physiques de travail, pour pouvoir ainsi faire des recommandations dans le document programme.

### LISTE, PAR LOCAL, DES SITUATIONS DE TRAVAIL ET RISQUES ASSOCIÉS

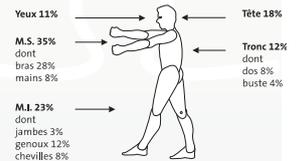
<b>Matières</b>	Nature, état d'origine, état après transformation.
<b>Transformation</b>	Mécanique, physico-chimique, thermique, électromagnétique...
<b>Transformation par</b>	Réunion, fusion, pression, impression, déformation. Division, séparation, érosion, extraction, centrifugation... Assemblage, dépôt, enlèvement, pressage, laminage, moulage...
<b>Plate-forme, banc d'essai</b>	Type d'essai, locaux spécifiques, implantations, équipement.
<b>Lieux et locaux d'entretien</b>	Type d'entretien, implantation, aménagement.
<b>Travaux de contrôle et d'entretien</b>	Plans, notices de construction, organisation.



Qualifications (coefficients)

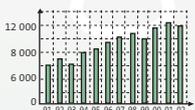
► Les choix en matière d'équipements de travail doivent tenir compte de la structure des qualifications, de l'ancienneté au poste et de la formation initiale des personnels.

#### ► Siège des lésions



► Dans la situation de référence, analyser finement les risques et en particulier le risque de TMS pour adapter la situation à concevoir.

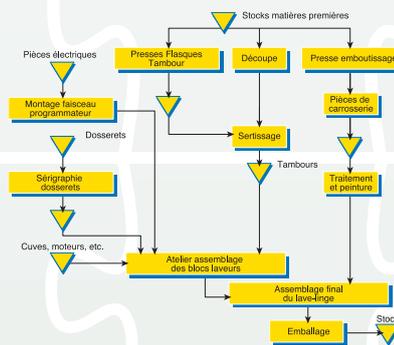
Production (nombre de pièces/an)



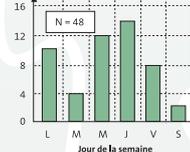
Évolution annuelle de la production

► L'aménagement des postes, la détermination des surfaces doivent prendre en compte la tendance prévisible d'évolution de la production et les extensions futures de bâtiments.

#### ► Exemple de schéma de process à établir.

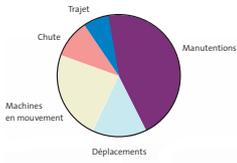


Nombre d'A.T. en 2002



► Exploiter les statistiques d'accidents en vue d'en tirer des enseignements sur les choix de conception.

Figure 2.4. Les modes et moyens de stockage, manutention, transport et levage.



**Circonstances des A.T.**

► Dans la situation de référence, on constate que les accidents du travail sont occasionnés, le plus fréquemment, lors de manipulations et manutentions, ce qui suppose de minimiser, voire de supprimer les ruptures de charge.

<b>Charges unitaires à stocker</b>	Nature, nocivité, explosivité, inflammabilité... Quantités, état de division, conditionnement. Stockages d'arrivage, d'expédition, d'en-cours sur lieux distincts.
<b>Types de stockage</b>	Extérieur, sous abri, dans locaux spécifiques, dans structures spécifiques, silos, vrac, parcs, rayonnages, ranchers, citernes, réservoirs, fosses...
<b>Stockages des matières premières, pièces achetées ou sous-traitées</b>	Type de matière, tonnage ou volume, conditionnement lors du transport, conditionnement en stockage.
<b>Stockages des encours</b>	Modes, moyens, quantités, dimensions, hauteur, surface au sol, accès.
<b>Stockages des produits finis</b>	Idem stockages en cours.
<b>Stockage de produits dangereux</b>	Implantation, fractionnement et séparation en lots maîtrisables isolément (explosion, incendie...) Accordés sur règlements locaux.
<b>Sols et revêtements</b>	Résistance sous charges stockées, sous poinçonnements roulants. Nivelés, non glissants, évacuation des eaux de pluie.

- Moyens de manutention :
- Adaptés aux charges unitaires, aux moyens de stockage et aux lieux.
  - Nature, fréquence (manutention automatisée, continue, manuelle).

- Moyens de levage
- Nature, fréquence (palan électrique, potence, portique, pont roulant...)

Figure 2.5. Les données sur les circulations extérieures aux bâtiments.

<b>Accès sur le site</b>	Camions, véhicules légers, piétons. Séparation des accès. Signalisation, éclairage.
<b>Voies de circulation sur le site</b>	Véhicules, piétons : séparation des voies. Sens unique, sens giratoire pour les véhicules. Largeur des voies.
<b>Voies d'accès des secours autour des bâtiments</b>	Accès et circulation des pompiers.
<b>Aires d'évolution et cours intérieures</b>	Surfaces nécessaires. Pentes, contre-pentes et trottoirs d'arrêt.
<b>Parking de stationnement des véhicules</b>	Surfaces, stationnement en épi, circulation en sens giratoire sur le parking, éclairage. Abri pour les deux roues.
<b>Quais</b>	Aires de chargement et de déchargement avec auvents. Quais de réception séparés des quais d'expédition.
<b>Aire de bâchage/débâchage Aire de chargement/déchargement</b>	Passerelle à demeure favorisant le bâchage/débâchage des remorques. Le chargement/déchargement des bennes et des citernes.
<b>Aires de service</b> ■ lavage ■ distribution du carburant ■ ateliers de première intervention	Éloignement des postes de travail en raison du bruit des appareils de lavage à haute pression ou du risque d'incendie et d'explosion. Passerelle à demeure. Intégration dans le plan de circulation.

► **Vitesse des véhicules - Visibilité**

- Dans quelles circonstances la vitesse semble-t-elle excessive : à quels endroits, avec quels véhicules, quels engins, pour quels déplacements, lors de quelles tranches horaires ?
- La distance entre l'entrée et les points à desservir n'est-elle pas trop longue ?
- Quelle anticipation les conducteurs, les piétons peuvent-ils avoir (visibilité et signalisation) ?
- Quelles sont les contraintes extérieures qui peuvent occasionner un retard sur le transport : attente à l'accueil, embouteillage, moyens de déchargement mis en œuvre, contraintes de temps des conducteurs... ?

► **Séparation des flux**

- Les croisements ou les parcours peuvent-ils être conçus ou modifiés pour créer des voies séparées, des sens uniques, des passages aériens, souterrains ?

À défaut, la signalisation est-elle adaptée ?

- Les conditions aggravantes sont-elles prises en compte : éclairage insuffisant, mauvaise visibilité, intempéries, encombrement lié à l'absence ou insuffisance de surface de stockage ?

► **Stationnement**

- Observer l'accostage.
- Évaluer la place disponible pour les manœuvres.
- Mesurer le niveau d'éclairage.
- Évaluer les modalités d'accueil des transporteurs.

- Faire le relevé des surfaces existantes.
- Observer les manœuvres, les modes de déchargement, les modes de stockage des déchets.

► **Sûreté d'accès et d'évacuation**

Adapter les trajets parking - vestiaires - postes de travail.

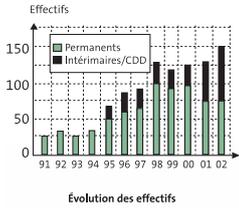
► **Autres données à recueillir**

- Effectifs globaux.
- Effectifs par secteurs d'activité.
- Moyens individuels et collectifs de déplacement.
- Personnes à mobilité réduite.
- Caractéristiques des moyens de livraison et d'expédition (tonnage, fréquence).
- Évolutions prévisibles de la production et des extensions de bâtiments.

► **Densité de circulation**

- Sur les lieux : s'il existe des points d'encombrement prévisibles (accès principal, pont bascule, quai de transbordement...), a-t-on la capacité de stationnement temporaire ? À quel endroit se produisent les points d'encombrement ?
- Sur la fréquence et la durée : quelle en est la fréquence, la durée du déplacement ? À quelle heure se produit-il ?
- Sur l'organisation : quels sont les horaires du personnel ? (horaire fixe, variable, 3 x 8), quelles contraintes sont imposées à ce mouvement (formalité d'accueil, temps de déchargement, temps d'attente...)?
- Sur la variabilité industrielle : des flux exceptionnels sont-ils prévisibles ? Des événements particuliers vont-ils engendrer des flux importants (campagne promotionnelle, stockage de commande, expédition avant congés...)?

Figure 2.6. Le personnel concerné, l'organisation.



Département/service/secteur d'activité missions principales de l'entité					
Secteurs d'activité	Effectif	Nombre de postes	Horaires de travail	Moyens et équipements	Contraintes particulières
Secteur d'activité 1					
Secteur d'activité 2					
...					

► Prendre en compte l'évolution des effectifs pour la détermination des surfaces (y compris les extensions futures de bâtiments) et le dimensionnement des parkings, vestiaires.

Vestiaires et sanitaires	Blocs vestiaires, blocs sanitaires, places et équipements en nombre suffisant. Douches : travaux salissants ou non. Toilettes complémentaires d'atelier et leur répartition. Toilettes pour personnes à mobilité réduite.
Lieux de restauration collective	Restaurant, self, cantine, réfectoire, cafétéria. Capacité en places et en repas servis.
Locaux médicaux, infirmerie et lieux de soins d'urgence	Poste de premiers soins. Infirmerie d'accueil. Infirmerie avec local d'attente et cabine de déshabillage.
Lieux d'accueil	Salle pour la formation, local pour les réunions du CE, du CHSCT, des délégués du personnel. Lieux de réception des visiteurs, d'accueil des transporteurs. Gardiennage, guichet, logement de fonction. Local de repos ou coin détente (fumeur et non fumeur).
Aires d'accueil pour les entreprises extérieures	Vestiaires, réfectoire, sanitaires, parking, stockage, gardiennage...

► Analyse ergonomique du travail  
Analyser les activités, dans la situation de référence, pour préciser les besoins informationnels et rédiger les fiches de poste.

Figure 2.7. Les fluides, énergies, élimination des déchets.

<b>Besoins globaux</b>	Puissance maximale d'utilisation, énergie de secours, énergie de sécurité.
<b>Ressources en eaux</b>	Réseau public d'alimentation : débit, pression, raccordement. Pompage local : qualité de l'eau, constance, traitement. Réserve d'eau pour la lutte contre l'incendie : plan d'eau, bêche ou ouvrage de rétention.
<b>Electricité</b> Livraison externe	Raccordement selon EDF-GDF. Transformateur, type, local à cuvette de rétention.
Production interne	Groupe électrogène de secours, centrale de batteries de sécurité.
Réseau de terre	Ceinturage en fond de fouille.
<b>Combustibles gazeux et liquides</b> Réseau public d'alimentation gaz	Raccordement selon EDF-GDF.
Stockage de réserve sur site	Nature du gaz ou du liquide, lieu d'implantation, volume et moyen de stockage, accordé sur règlements locaux.
Appareils d'utilisation	Type, localisation.
<b>Combustibles solides</b>	Nature, approvisionnement, stockage, volumes, manutentions, déchets.
<b>Chauffage, ventilation, assainissement</b>	Isolation, sols chauffants, appareils suspendus, posés : manutention, évolutions. Local de chaufferie centrale, récupération des calories. Appareils à combustion (localisation), type d'atmosphère, gaz imbrûlés, fumées (conduits). Introduction d'air neuf et préchauffé, pour occupants et appareils. Ventilation générale des atmosphères ambiantes sans pollution spécifique. Suppression, réduction, aspiration, évacuation des émissions polluantes par captage local et enveloppant. Rejet de dilution des polluants dans l'environnement, filtration, épuration éventuelle.
<b>Fluides caloporteurs et frigoporteurs</b> Eau, vapeur, air	Température, pression.
Autres fluides	Nature, température, pression, toxicité, inflammabilité.
Appareils	Capacités, type, localisation, accordés sur réglementation.

- Nature des déchets, quantités, nocivité, inflammabilité, nuisances associées.
- Élimination accordée en fonction des règlements locaux.
- Mode de collecte par unités de manutention ou par réseau intégré.
- Traitement éventuel avant élimination.
- Stock minimal et évacuation sur décharge publique, destruction sur place, destruction par entreprise spécialisée.

► Les activités entretien/nettoyage doivent être prises en compte dès la phase de définition des besoins, non seulement au regard des conditions de travail et de sécurité des personnels des entreprises de propreté mais aussi en relation aux exigences d'utilisation. Il faut notamment à ce propos prévoir, outre les points d'eau et de vidange (siphon de sol, cuvette...), un local (ou des locaux) pour ranger les matériels distincts du local (ou des locaux) de stockage des produits de nettoyage.

suite...

<b>Réseaux de distribution</b> Electricité	HT, BT, très basse tension. Distribution aérienne ou dans le sol, interférences avec manutentions.
Eaux	Potable, non potable, froide, chaude, vapeur. Réseau d'extinction pour cas d'incendie : RIA, sprinklers.
Gaz	Réseaux enterrés, réseaux non exposés aux chocs et heurts de manutention.
Air	Air comprimé : compresseurs, bruit (silencieux d'origine), local. Air aspiré : captage local, de polluants, spécifique, ventilation générale d'ambiance. Air soufflé : ventilation, rideaux d'air préchauffé.
Lubrifiants	Usage, toxicité, inflammabilité.
Tous fluides	Repérage, identification, dispositions et dispositifs de sécurité.
<b>Rejet des eaux usées</b> Accordé sur règlements locaux	
Existence d'un réseau séparatif d'égouts	
Eaux industrielles	Traitement éventuel avant rejet.
Eaux vannes	Traitement ou rejet brut.
Eaux pluviales	Captage, possibilité de rejet.

## 2.2 Méthode d'implantation générale

L'implantation générale, phase essentielle du projet, vise à décrire l'organisation fonctionnelle des futurs espaces de travail. À l'inverse des méthodes d'analyse fonctionnelle classiques, généralement fondées sur des objectifs prédéfinis, majoritairement techniques, la démarche proposée, n'ignorant pas la réalité économique de l'entreprise, vise à intégrer le plus en amont possible les critères relatifs à la sécurité et aux conditions de travail des personnels.

Les outils de l'analyse fonctionnelle permettent d'accroître la rigueur de l'approche et la lisibilité du schéma fonctionnel général (voir Bibliographie, ED 6002). La méthode s'appuie en préalable sur une analyse du contexte général, une définition des « secteurs d'activité » et la détermination des besoins de proximité ou d'éloignement entre secteurs. Sur cette base, elle propose un tracé du diagramme fonctionnel d'implantation et le dessin du schéma d'implantation générale.

### 2.2.1 Analyse du contexte général

Analyse de l'existant (voir chap. 2.1 *Le recueil des données*) et formulation d'hypothèses sur les situations de travail futures :

- analyse des caractéristiques des personnels et des situations de travail ;
- analyse de la documentation disponible (« document unique », comptes rendus d'accidents, bilan social, consignes...);
- analyse des produits, ou des familles de produits, les plus représentatifs du processus de fabrication et de l'activité des opérateurs ;
- analyse des flux de circulation (matières, produits et informations) et, éventuellement en lien avec les résultats consignés dans le « document unique », identification des risques associés (ambiances physiques et chimiques, manutentions manuelles, besoins d'informations...);
- recherche des premiers principes de solutions concernant le choix de l'organisation future et des

moyens associés : horaires de travail, fabrication en îlots fonctionnels, fabrication en îlots produits ou en ligne, organisation en juste-à-temps ;

■ détermination des conséquences sur le projet des axes stratégiques 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, dans un proche avenir, l'agrandissement d'un atelier...

C'est le croisement de ces indicateurs entre eux et avec les modalités de mise en œuvre des activités réelles de travail qui permet de faire naître des hypothèses de travail nouvelles et, ainsi, prendre réellement en compte dans le projet le point de vue sur la prévention des risques.

### 2.2.2 Définition des « secteurs d'activité »

Le terme « secteur d'activité » peut désigner, selon la taille du projet, l'un des ateliers, une partie d'atelier (par exemple, le soudage, l'assemblage, la mise en peinture, l'emballage des produits finis, le stockage des déchets de fabrication...), le travail sur une machine (par exemple, la raboteuse, la scie à ruban, la presse à compacter...), ou encore un espace fonctionnel (par exemple, entrée, sortie, issue de secours...).

Les principaux secteurs à identifier sont ceux liés :

- au processus de fabrication lui-même avec les zones de stockage associées ;
- aux activités de maintenance, contrôle qualité, méthodes et ordonnancement ;
- à des risques physiques et/ou chimiques (bruit, chaleur, pollutions spécifiques, incendie, explosion) ;
- aux circulations des produits et des personnes (entrées, sorties, stationnements...) ;
- aux activités tertiaires (par exemple, les services administratifs, la direction, les locaux sociaux, l'accueil des chauffeurs, la chaufferie, les locaux électriques...).

La précision de la définition des secteurs d'activité détermine la maille de l'analyse fonctionnelle d'implantation.

La démarche présentée ici est réalisable manuellement lorsque le projet est découpé en un nombre de secteurs d'activité limité à une quinzaine. Pour un nombre de secteurs plus élevé, ou pour simuler plusieurs scénarios d'implantation, la mise en œuvre d'un logiciel peut s'avérer nécessaire (par exemple, Factory flow, Mecoltra).

### 2.2.3 Détermination des besoins de proximité ou d'éloignement entre secteurs

Cette étape consiste à déterminer les besoins de proximité ou d'éloignement entre secteurs en s'appuyant sur des estimations collectées en concertation avec les personnels des secteurs concernés compte tenu d'une évaluation hiérarchique des proximités.

Pour faciliter cette collecte et cette hiérarchisation, on construit un tableau à double entrée comportant en abscisse et en ordonnée la liste des secteurs d'activité précédemment définis. Une échelle des degrés de priorité est fixée, par exemple :

- PTI = Proximité très importante ;
- PI = Proximité importante ;
- EI = Éloignement important ;
- ETI = Éloignement très important.

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

- suppression, sinon réduction par éloignement de l'exposition aux risques liés aux ambiances physiques et/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 liés aux nécessités d'échanges d'informations entre secteurs d'activité (besoin de communication) ou, selon la maille de l'analyse fonctionnelle, au prélèvement direct de l'information perceptive, notamment visuelle, sur le processus ou sur les postes de travail environnants...

Les proximités entre secteurs gagnent à prendre en compte les flux de matières ou d'informations. Ainsi, par exemple, une proximité souhaitable PI deviendra une proximité impérative PTI si, en l'absence de tout autre support possible de communication, le besoin d'échange direct d'informations entre les opérateurs des deux secteurs considérés est élevé (voir figure 2.8).

	S1	S2	S3	S4	S5		
S1		PTI		PTI	EI		
S2			PI	PI	PTI		
S3				PI			
S4							
S5							

PTI : Proximité très importante - PI : Proximité importante - EI : Éloignement important  
ETI : Éloignement très important - S1 à S5 : Désignent les secteurs d'activité

Figure 2.8. Tableau des proximités et des liaisons fonctionnelles.

### 2.2.4 Tracé du diagramme fonctionnel d'implantation

Il s'agit de donner une représentation schématique du tableau « proximité/éloignement ». Les secteurs d'activité sont symbolisés, par exemple, par des « patatoïdes » et les proximités par des traits d'épaisseur différente selon le degré de priorité :

— PTI

— PI

Les « patatoïdes » sont disposés côte-à-côte s'il existe une liaison de proximité importante entre secteurs, en commençant par ceux comportant le plus de liaisons fortes.

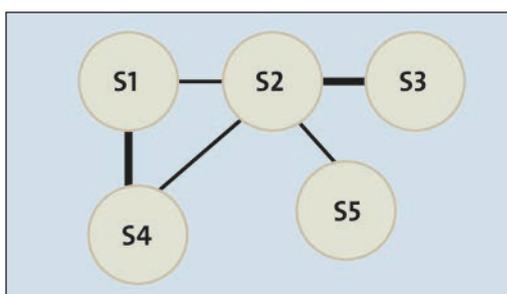


Figure 2.9. Diagramme fonctionnel d'implantation.

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 secteurs d'activité en cherchant à optimiser l'ensemble sans jamais perdre de vue le tableau « proximité/éloignement ». Lorsque les flux peuvent être connus précisément et pour les intégrer dans l'estimation des degrés

de proximité, il est indispensable de s'assurer de leur homogénéité (*Il serait aberrant qu'un logiciel compare aveuglément, par exemple, un flux de 100 fûts de produit dangereux à un flux de 100 fûts de produit inerte, ou à un flux de 100 piétons*). Cette approche est donc à réserver aux seuls cas où la quantification de tous les flux assure des comparaisons réellement significatives non seulement au sens numérique mais également au sens qualitatif. Dans ce cas, on peut s'aider d'un logiciel (par exemple, Mecoltra).

### 2.2.5 Dessin du schéma fonctionnel d'ensemble

Une première formalisation du schéma fonctionnel d'ensemble est possible dès lors que sont déterminés les besoins en surface de chaque secteur d'activité. D'une manière générale, la surface utile d'un secteur d'activité doit être au moins égale à la surface occupée au sol par l'équipement (machine, appareil, mobilier...) majorée de la surface nécessaire à son exploitation (accès, circulations, stockage d'en-cours, manutentions...) et la maintenance (ouverture de portes, dépose d'éléments encombrants...).

Le schéma d'implantation est ensuite obtenu en prenant en compte les informations contenues sur le schéma fonctionnel et les surfaces nécessaires par secteur d'activité (voir figure 2.10).

Les allées et les voies de circulation principales longitudinales et transversales peuvent être tracées. Néanmoins, à ce stade, il faut être en mesure d'anticiper les difficultés opératoires résiduelles et les risques potentiels d'incidents et d'accidents liés, par exemple, aux contraintes d'implantation (terrain en pente, orientation...), à la nature des activités (niveau d'émission sonore, risques biologiques ou chimiques particuliers...), etc. La préparation de la phase d'implantation détaillée

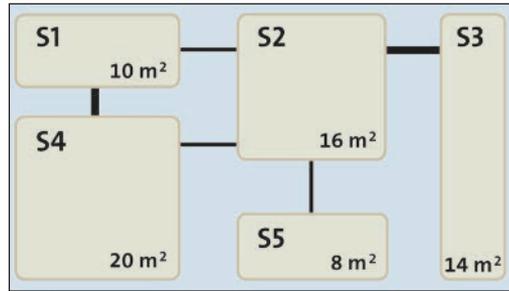


Figure 2.10.  
Exemple de schéma d'implantation.

requiert à cet effet, notamment pour l'aménagement des zones de circulation et de travail, de cibler déjà un ensemble de points par rapport auxquels des solutions alternatives (ou scénarios) devront être imaginées et évaluées avec la contribution des personnels concernés au moyen de simulations de l'activité future (mise en scène des scénarios) ou autres (Ray + acoustique, logiciels 3D ou de « réalité virtuelle »).

## 2.2.6 Un exemple d'application

L'entreprise fabrique des fermetures à glissières pour le secteur de la confection. Son effectif est de 70 salariés. Elle décide de s'agrandir pour augmenter ses parts de marché. Une analyse préalable de la situation est mise en œuvre pour étudier la faisabilité technique et économique du projet et prendre en compte l'expression des besoins réels des personnels en matière d'amélioration des conditions de travail et de sécurité. Sur cette base, la démarche « Implantation des espaces de travail » est appliquée aux secteurs approvisionnement, livraison/expédition, conditionnement des produits finis et stockage de solvants.

**1<sup>re</sup> étape :** recueil d'informations sur le contexte général du projet

L'entreprise fabrique des sous-ensembles pour la fabrication de fermetures éclair. Son projet consiste à réorganiser les secteurs d'activité qui gravitent autour de l'atelier de production (conditionnement des produits finis, stockage des solvants du traitement de surface, expédition, approvisionnement des matières premières, entrée/sortie des personnels, vestiaires...) dans le but de réduire les opérations sans valeur ajoutée et d'améliorer les conditions de travail des salariés. À terme (5 ans), l'activité de traitement de surface sera sous-traitée.

Le processus simplifié de fabrication est le schéma ci-après.

Données sur les personnels et la sécurité :

- les effectifs de l'entreprise se répartissent en 3 grands groupes :
  - 1- la production proprement dite : 70,
  - 2- le personnel administratif : 20,
  - 3- le conditionnement, les approvisionnements, les expéditions, la maintenance : 20 ;
- une population vieillissante (moyenne d'âge de 41 ans, écart-type = 6 ans) ;

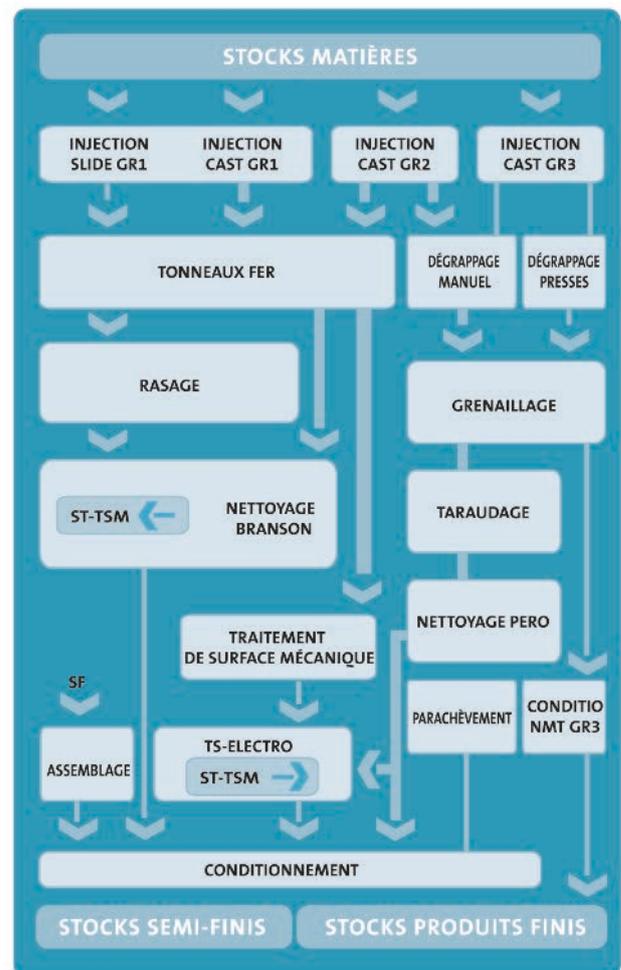


Figure 2.11.  
Schéma du processus de fabrication.

- des accidents du travail liés principalement aux chutes de plain-pied, aux manutentions (pièces et solvants) ;
- des atteintes musculosquelettiques assez nombreuses, parfois très invalidantes ;
- un turn-over faible (< 2 %) ;
- actuellement le local de charge des batteries du chariot automoteur sert aussi au stockage des cartons d'emballage des produits semi-finis. Le document unique a fait apparaître un risque d'incendie.

Données technico-organisationnelles :

- la matière première utilisée est du zamac (alliage de zinc et d'aluminium) en lingots livrés sur palette à raison d'un semi-remorque par semaine ;
- les fermetures à glissière sont conditionnées en « big-bag » ou en petites caisses, soit 10 camionnettes par semaine ;
- dans les secteurs étudiés, le seul moyen de manutention est un chariot automoteur ;
- un magasinier et 5 personnes sont affectés au secteur conditionnement/expédition.

Les contraintes d'activité :

- le transport des solvants s'effectue dans des bacs de 20 litres avec un chariot automoteur à partir de deux citernes plastiques d'une contenance de 1 m<sup>3</sup> chacune située à l'extérieur ;
- la distance entre le stockage des solvants et le secteur d'activité où sont utilisés ces solvants est de l'ordre de 50 mètres, encombrée de nombreux équipements de travail ;
- certaines pièces sont fabriquées en faible nombre, chacune nécessitant un changement lourd d'outillage ;
- les cadences de travail sont élevées ;
- les zones de stockage sont dispersées et parfois éloignées de l'atelier de production, ce qui entraîne de nombreuses allées et venues.

**2<sup>e</sup> étape : recensement des secteurs d'activité**

La liste de tous les secteurs concernés est établie. Pour permettre de compléter le tableau de la 3<sup>e</sup> étape, une appellation abrégée est donnée à chaque secteur comme suit :

- expédition : EXPE

- approvisionnement : APPR
- conditionnement : COND
- stockage matières premières : STMP
- stockage produits finis : STPF
- entrée/sortie du personnel : ESPE
- accueil chauffeurs : ACCH
- vestiaires : VEST
- sanitaires : SANI
- locaux administratifs (bureaux) : LOAD

Les secteurs présentant des risques physiques et chimiques ont été listés à part :

- atelier de production : ATPR
- stockage cartons vides : STCA
- stockage des solvants : STSO

**3<sup>e</sup> étape : détermination des degrés de proximité entre les secteurs**

Le tableau ci-dessous (voir figure 2.12) rassemble les degrés de proximité ou d'éloignement des secteurs étudiés deux à deux. Ces degrés de priorité découlent d'une démarche participative impliquant les personnes des différents secteurs, de façon à parvenir à un consensus s'appuyant sur la réalité du terrain.

**4<sup>e</sup> étape : tracé du diagramme fonctionnel d'implantation**

À partir du « tableau des proximités » est construit le diagramme d'implantation, en commençant par les secteurs ayant le plus grand nombre de « PTI ». Dans cet exemple, il s'agit de l'atelier de production « ATPR ». Le diagramme fonctionnel d'implantation (voir figure 2.13) permet d'élaborer le schéma fonctionnel d'ensemble.

	Circulations											Risques chimiques et physiques		
	EXPE	APPR	COND	STMP	STPF	ESPE	ACCH	VEST	SANI	LOAD	ATPR	STCA	STSO	
EXPE		EI	PTI			EI	PI						ETI	
APPR				PTI		EI	PI					PTI	PI EI	
COND					PTI				PI			PTI	ETI	
STMP											PTI		ETI	
STPF											PTI		ETI	
ESPE								PTI		PTI			ETI	
ACCH								EI	PI		EI	EI	ETI	
VEST								EI			PTI	EI	ETI	
SANI										PI	PI		ETI	
LOAD											ETI	EI	ETI	
ATPR												EI	PI EI	
STCA													ETI	
STSO														

PTI : Proximité très importante - PI : Proximité importante - EI : Éloignement important  
ETI : Éloignement très important

Figure 2.12. Tableau des proximités/éloignements.

## BIBLIOGRAPHIE

- Implantation des espaces de travail. INRS, ED 104, 2003.
- Implantation des lieux de travail. Prévention des risques professionnels dès la conception. Cahiers de notes documentaires, n°174. INRS, ND 2095, 1999.
- Conception de l'organisation des circulations et des flux. INRS, ED 6002, 2007.
- La programmation, une aide à la conception des lieux de travail. INRS, ED 91, 2000.

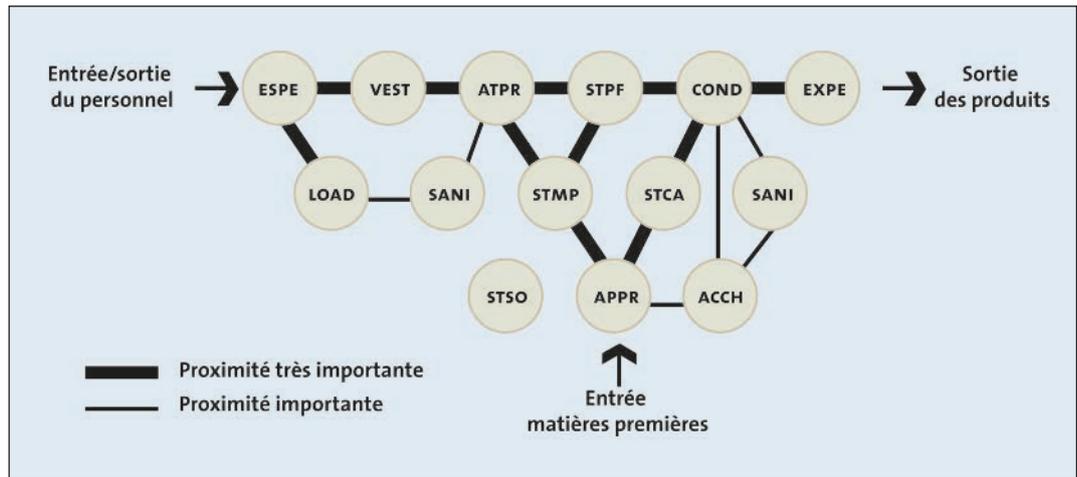


Figure 2.13. Diagramme fonctionnel d'implantation.

### 5<sup>e</sup> étape : évaluation des surfaces utiles par secteurs et tracé

La dernière étape de la démarche consiste à construire le schéma d'implantation en tenant compte :

- du schéma fonctionnel (étape 4) ;
- des besoins en surface par secteur d'activité.

À ce stade, les mètres carrés nécessaires pour les mouvements autour des postes de travail et les allées de circulation sont inclus dans les surfaces des secteurs d'activité. La définition des surfaces d'implantation doit ainsi répondre aux exigences fonctionnelles spatiales spécifiques à chaque secteur.

Il appartient à l'entreprise utilisatrice des lieux de définir ses besoins (proximités, éloignements, surfaces, gabarits de passage, hauteurs...) à partir desquels l'architecte apportera son savoir-faire et sa touche de créativité personnelle à l'élaboration d'un projet répondant aux besoins réels de l'entreprise.

Ainsi, le programme (ou cahier des charges) inclura au minimum :

- le tableau des « proximités/éloignements » ;
- les besoins dimensionnant les espaces : surfaces, gabarits de passage, hauteurs... ;
- les principales raisons à l'origine de ces besoins (et dont la connaissance par l'architecte peut, de plus, être indispensable pour la conception des parois séparant ces espaces) ;

*Exemple 1 : si l'exposition au bruit ne peut être réduite suffisamment par éloignement, alors un traitement acoustique des parois peut s'imposer.*

*Exemple 2 : si la propagation d'un risque d'incendie/explosion ne peut être réduite par éloignement, alors des exigences plus sévères s'appliqueront aux parois séparatives.*

- les besoins d'approfondissement des connaissances pour aménager la situation future (modalités d'accès dans l'atelier COND au STSO, simulation de l'activité future probable dans les différents ateliers et bureaux...).

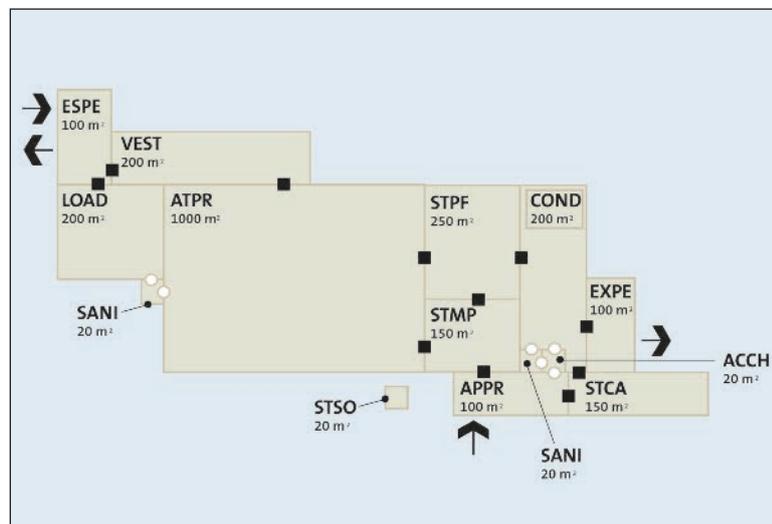


Figure 2.14. Schéma d'implantation générale.

# Process, équipements et situations de travail

# 3

Les données sommaires présentées dans ce chapitre correspondent à la préparation de l'implantation détaillée. Cette phase essentielle de la démarche de conception des lieux et des situations de travail demande de tenir compte tout à la fois des règles définissant l'implantation des machines, les choix organisationnels et les besoins exprimés par les personnels concernés.

## 3.1 Les exigences du process

La conception du cadre bâti et, plus précisément, des locaux est principalement déterminée par les exigences du process, à savoir par la technologie de transformation des matières/informations. Des précautions doivent être prises en compte en ce qui concerne les locaux, le génie civil et l'accessibilité des équipements.

### 3.1.1 Adaptation des locaux aux caractéristiques des activités de travail

Les locaux seront conçus en fonction des caractéristiques des machines (dimensions, bruit, accessibilité), en complément aux mesures préconisées au chapitre 6 *Incendie - explosion* et aux besoins liés à la mise en œuvre des activités de travail. Les dimensions (hauteur, longueur, largeur) doivent permettre le montage aisé et sans risques des machines et de leurs accessoires. Un espace suffisant sera également nécessaire lors des opérations de démontage, total ou partiel, imposé par une panne ou une remise en état.

Il en est de même pour les portes d'accès au bâtiment qui doivent permettre le passage des machines et des équipements. Il est parfois pratique d'amener sur le lieu d'implantation, ou le plus près possible de celui-ci, l'équipement sur le véhicule qui l'a transporté, ce qui suppose qu'on aura prévu l'accès de ce véhicule dans le bâtiment concerné (voir chapitre 4).

Les parois des bâtiments (plafonds, sols et parois) devront être conçues et/ou traitées de manière à atténuer la transmission des bruits émis par les machines et équipements (voir § 5.1).

Les machines ou équipements bruyants (compresseurs, ventilateurs...) ou dangereux (local de recharge des accumulateurs de traction ; stockage de produits inflammables ou toxiques ou radioactifs) devront être placés dans des locaux

spéciaux, prévus dès la phase d'implantation générale (voir § 8.6 *Locaux techniques* et 8.7 *Stockages*).

### 3.1.2 Génie civil

Les points suivants sont à examiner :

- réservations et caniveaux prévus pour le passage des câbles électriques et autres conduites de fluides ;
- fondations éventuelles de machines qui peuvent comporter ou nécessiter des socles anti-vibratiles et doivent satisfaire à des exigences dimensionnelles et de dénivellement particulières ;
- fosses servant à l'accumulation de certains déchets ou de capacités de réserves de liquides ;
- fosses spécifiques, par exemple pour l'extraction de l'air des cabines de peintures ;
- bacs de rétention de liquides dangereux souvent imposés sous les réservoirs ou les citernes fixes ou mobiles ;
- galeries en sous-sol : 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.

### 3.1.3 Accessibilité des équipements

Lors de l'étude de l'implantation détaillée, on veillera à ce que tous les équipements et machines soient aisément accessibles afin de faciliter leur montage et démontage, leur alimentation en énergie, l'installation des accessoires, des outils et pièces à élaborer, les opérations de nettoyage, la maintenance et le dépannage. On veillera notamment aux distances entre ces machines et équipements et les obstacles fixes du bâtiment tels que murs, poteaux, poutres...

## 3.2 Le cahier des charges des équipements de travail

### BIBLIOGRAPHIE

- Décrets n°92-765, 92-766, 92-767 du 29 juillet 1992 modifiés par le décret 96-725 du 14 août 1996 relatif aux règles techniques et aux procédures de certification de conformité applicables aux équipements de travail et moyens de protection soumis à l'art. L. 4311-2 du Code du travail, modifiant le Code du travail et portant transposition de diverses directives européennes.
- NF EN 14121-1 - Appréciation du risque. AFNOR, 2007.
- NF EN 1088 - Sécurité des machines - Dispositifs de verrouillage associés à des protecteurs. AFNOR, 2008.
- NF EN ISO 12100 - Sécurité des machines - Notions fondamentales, principes généraux de conception. Partie 1 : Terminologie de base, méthodologie. Partie 2 : Principes techniques. AFNOR, 2004.
- NF EN 13861 - Sécurité des machines - Guide pour l'application des normes relatives à l'ergonomie dans la conception des machines. AFNOR, 2003.
- L'autocertification « CE ». INRS, ED 54, 2005.
- Réussir l'acquisition d'une machine ou d'un équipement de production. INRS, ED 103, 2002.
- Conception des équipements de travail et des moyens de protection (réglementation des machines neuves ou considérées comme neuves). INRS, ED 804, 2004.

Les données concernant l'hygiène, la sécurité et les conditions de travail (HSCT) doivent être précocement intégrées dans les cahiers des charges des machines.

Bien que la réglementation, complétée par la normalisation, impose un certain nombre de règles (ou obligations) aux constructeurs d'équipements en matière d'HSCT, il est indispensable que l'acheteur de l'équipement établisse un cahier des charges pour que le fabricant connaisse les besoins réels, les conditions futures probables d'utilisation et les spécificités de l'environnement dans lequel cette machine doit être installée.

En outre, les dispositions réglementaires qui s'appliquent au fabricant :

- ne dégagent pas la responsabilité du chef d'établissement ;
- fixent plus souvent des obligations de résultats que des obligations de moyens.

C'est pourquoi l'entreprise doit accorder, lors de l'acquisition, une attention particulière au choix d'une machine parmi d'autres ayant apparemment des fonctions équivalentes, et à la rédaction du cahier des charges pour les machines spéciales et les installations complexes.

Ce cahier de charges rappellera que le fabricant, ou l'importateur, ou le responsable de la mise sur le marché d'une machine ou d'un équipement de travail doit remettre au preneur une déclaration CE de conformité. Dans cette déclaration, il atteste que son matériel est conforme aux règles techniques et qu'il satisfait aux règles de procédure qui lui sont applicables.

Dans le cas où le process fait appel à plusieurs équipements formant un ensemble interconnecté, il est nécessaire que l'ensemblier établisse un certificat d'intégration dans lequel on retrouvera, entre autres, les différents certificats de conformité. Dans ce cas, il est préférable qu'un organisme compétent vérifie la conformité de l'ensemble interconnecté.

Le cahier des charges (ou spécifications techniques) doit être le résultat :

- d'une réflexion globale de l'entreprise, faite en particulier avec les représentants du personnel et l'encadrement ;
- d'un dialogue entre l'utilisateur et le constructeur avec l'aide éventuelle de conseils extérieurs (CRAM, organismes spécialisés...).

Les tableaux 3.1 et 3.2 récapitulent les différents aspects à prendre en compte par le constructeur. Ces tableaux peuvent servir de guide pour l'élaboration du cahier des charges et aux discussions entre fournisseur(s) et utilisateur(s).

Les constructeurs de machines neuves soumises au Code du travail sont :

- incités à concevoir des machines telles que le risque bruit soit réduit au niveau le plus bas possible, compte tenu de la disponibilité de moyens de réduction de bruit, notamment à la source ;
- dans tous les cas, tenus de fournir une information quantitative sur le bruit émis (voir § 5.1). Ces informations quantitatives permettent aux acquéreurs de guider utilement leur choix et aux acousticiens de calculer – avant même d'installer une nouvelle machine – l'impact du bruit émis sur la conception ou l'aménagement du local de destination.

Tableau 3.1. Les différents aspects à intégrer pour l'élaboration du cahier des charges.

<p><b>Le produit à fabriquer</b></p>	<p>Toutes les exigences sont-elles impératives ? Par exemple : les tolérances dimensionnelles eu égard à l'automatisme sont-elles trop larges, trop serrées ? Les matières envisagées peuvent-elles être changées ? Peut-on optimiser le choix ?</p>
<p><b>Les processus</b></p>	<p>Quels sont les différents processus envisageables ? Quelles en sont les répercussions ?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sur le produit (aspect, tolérance, poids...)</li> <li>• sur l'environnement : nuisances physiques (bruit...) et chimiques</li> <li>• sur les tâches (réglage, conduite, surveillance, maintenance préventive et curative, manutention)</li> <li>• sur la sécurité et la santé des opérateurs</li> </ul>
<p><b>L'équipement de travail</b></p>	<p>Le nouvel équipement doit-il être semblable ou différent de celui existant ? En quoi doit-il être amélioré ?</p> <p>Le nouvel équipement de travail a-t-il des répercussions sur le processus amont ou aval ?</p>
<p><b>Environnement du futur équipement</b></p>	<p>Quelles sont les énergies disponibles, à créer, de quelle qualité sont-elles ? Comment sont transférés les produits : matières premières, matières consommables, déchets, produit fini...? Quel est l'espace disponible (surface au sol, hauteur) ? Quel est l'environnement physique existant (rayonnements électromagnétiques, vibrations, chaleur...) ? Quel est l'environnement chimique existant (produits chimiques incompatibles, corrosifs, explosifs, inflammables...) ?</p>
<p><b>En travaillant sur chacune de ces rubriques, quelques questions à ne pas oublier :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sur l'existant, qu'est-ce qui va, ne va pas, et pourquoi ?</li> <li>• Quels enseignements peut-on tirer de son expérience et de celle des autres ?</li> <li>• Ne s'écarte-t-on pas de l'objectif premier ?</li> <li>• Y a-t-il cohérence entre le projet et le savoir-faire de l'entreprise ?</li> <li>• Existe-t-il une norme ou un document spécifique ?</li> </ul>	

Tableau 3.2. Liste des points à prendre en compte.

SUJET	EXEMPLES DE CHOIX À FAIRE
<b>Le processus</b> Description des différentes phases de travail pour élaborer un produit	Usinages, traitement... manutentions, réglages nécessaires
<b>L'équipement</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Définition des modes d'exploitation et des modes de marche</li> <li>■ Conception de la cinématique des mouvements</li> <li>■ Choix de la technologie</li> <li>■ Conception de la structure mécanique</li> <li>■ Conception de l'automatisme</li> </ul>	Chargement automatique, déchargement manuel Harmonisation des modes de marche avec ceux des autres équipements : <ul style="list-style-type: none"> <li>• mode automatique</li> <li>• modes de marche après défaillance (« production forcée ou dégradée »)</li> <li>• autres modes (réglage, mise au point, maintenance)</li> </ul> Ordre et coordination des mouvements nécessaires (par exemple, machine d'assemblage) Vitesses, forces, caractéristiques du mouvement à obtenir...  Homogénéité des énergies avec les sources disponibles et les équipements associés  Choix à faire en fonction de la place disponible  Harmonisation des automatismes dans un atelier
<b>L'environnement</b>	Niveau sonore souhaité... Risques chimiques et physiques liés à la mise en œuvre : <ul style="list-style-type: none"> <li>• des produits dans l'équipement</li> <li>• des produits et procédés utilisés dans le voisinage</li> </ul>
<b>Conditions d'exploitation</b> Le nettoyage, le lavage, l'élimination des déchets	Procédés, produits fabriqués, contraintes Lavage au jet sous pression Évacuation des copeaux automatique ou manuelle Élimination des déchets Fréquence, moyens, qualités du nettoyage
<b>La maintenance</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Préventive</li> <li>■ Curative                              Recherche de la panne                              Réparation                              Essai                              Mise à disposition de la fabrication</li> </ul>	Facilité d'accès, maintenance de premier niveau par le personnel de fabrication ou spécialisé Pièces de première urgence nécessaires  Taux de disponibilité Facilité de démontage Fréquence d'intervention souhaitée (hebdomadaire, annuelle)  Utilisation d'une assistance à la détection de panne : <ul style="list-style-type: none"> <li>• par indicateurs lumineux, par écran de visualisation,</li> <li>• par la notice...</li> </ul> Pièces d'usure et fragiles facilement interchangeables

suite...

SUJET	EXEMPLES DE CHOIX À FAIRE
<b>L'aménagement des postes de travail</b>	Choix et disposition des organes de commande, efforts de manœuvre. Postures de travail. Accessibilité des points de chargement. Prise en compte du poids, de la fréquence des manipulations (assistance mécanisée ou non). Couleurs normalisées. Modes de marche conçus pour permettre une compréhension aisée et une conduite facile de l'équipement. Niveau d'éclairage des zones de travail.
<b>La conception des protections</b> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Contraintes</li>          <li>■ Protecteurs matériels</li>          <li>■ Dispositifs sensibles</li>          <li>■ Autres dispositifs de protection</li></ul>	Nature et importance des risques. Fréquence des accès pour utilisation, réglage, maintenance... Nécessité de voir la zone protégée. Place disponible pour permettre les réglages, la maintenance. Résistance aux contraintes imposées par le milieu mécanique, physique et chimique.  Fixes, mobiles, pivotants, coulissants... Ajourés, pleins, transparents... Avec dispositif de verrouillage, d'interverrouillage tenant compte notamment des temps d'arrêt et des fréquences d'accès (1 fois par semaine, plusieurs fois par jour, plusieurs fois par heure).  Barrage immatériel, cellule « monofaisceau », tapis sensible, barre ou bordure sensible... Détection à variation de champ électrique, à infrarouge... Prise en compte des temps d'arrêt de l'équipement et des temps d'accès de l'opérateur.  Commande bimanuelle
<b>La notice d'instructions</b>	Gamme d'opérations détaillées pour l'utilisation, le réglage, la maintenance et le dépannage. Consultation avant commande pour les machines sur catalogue.
<b>Le transport, la livraison</b>	Moyens de déchargement (quai) et de maintenance (ponts, chariots) dont dispose l'utilisateur. Dimensions des ouvertures, des passages...
<b>Le montage, la réception</b>	Conditions d'exécution du chantier (planning, équipement nécessaire). Coactivité entre entreprises intervenantes et entreprise utilisatrice (plan de prévention). Conditions de mise en service. Conditions de formation et d'instructions du personnel. Fourniture d'une notice d'instructions pour l'utilisation, la maintenance et le dépannage (dans quelle langue ?). Conditions de réception provisoires puis définitives par l'entreprise elle-même, par un organisme tiers...

## 3.3 Les situations de travail

La prise en compte des besoins liés à la mise en œuvre des activités de travail lors de l'agencement du process, des systèmes techniques et des moyens de contrôle/commande a des conséquences favorables sur la performance globale du système. Elle se traduit par une réduction généralement importante des accidents, des incidents, de l'absentéisme, du turn-over et par l'atteinte des objectifs en matière de quantité et de qualité des produits.

Pour le concepteur et les utilisateurs, deux niveaux d'intervention sont à distinguer :

- l'atelier, le service ;
- la situation de travail.

### 3.3.1 Choix organisationnels au niveau d'un atelier, d'un service

Lors de l'implantation générale, il convient de découper la production en secteurs d'activité (voir chapitre 2), ces secteurs pouvant regrouper plusieurs fonctions complémentaires (préparation, fabrication, contrôles, administration de la production...). Il convient également de faire correspondre l'implantation géographique (bâtiment), le secteur d'activité (par exemple, ligne de produit) et la structure hiérarchique.

Lors de l'implantation détaillée, il vaut mieux privilégier la constitution de petits groupes de travail en implantant plusieurs lignes d'usinage ou de montage plutôt qu'une seule, en mettant en place des stocks tampons et en évitant de cloisonner les postes de travail pour faciliter les communications.

Le choix des équipements et des modes d'organisation devra permettre d'éviter le travail de nuit et de week-end (à défaut, en diminuant le nombre de nuits et de week-end travaillés) et, en jouant sur la polyvalence des opérateurs des équipes, de rendre possible la mise en place d'un régime d'horaires variables.

L'objectif de l'action sur l'organisation du travail doit permettre, tout à la fois, d'éviter les situations de stress et de diminuer la répétitivité des tâches pour contribuer à la prévention des troubles musculosquelettiques (TMS). Pour cela, il convient, d'une part, de laisser aux opérateurs une marge réelle d'autonomie dans l'atteinte des résultats quantitatifs et qualitatifs et, d'autre part, d'alterner tâches répétitives et non répétitives afin de ne pas solliciter les mêmes muscles.

L'adaptation des cadences aux capacités fonctionnelles humaines est à rechercher : rotation rapide des opérateurs à des postes moins pénibles ou réellement différents du point de vue de leur contenu opératoire, mise en place de dispositifs de manutention mécanisés ou autres aide-opérateurs lorsque c'est possible (en rejetant le « tout automatisé » qui conduit inéluctablement à rendre le travail monotone), enrichissement des tâches, abandon des primes de rendement, octroi de pauses supplémentaires, instauration de périodes d'adaptation en cas de changement de production, de retour de vacances ou de maladie.

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 la commande locale (console de consultation, commande locale) ;
- de concevoir, le cas échéant, les cabines et salles de contrôle de manière à faciliter des prises d'information directes (en permettant la 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).

Pour réussir une conception bien intégrée de l'organisation et du système technique, notamment pour les dispositifs d'affichage et de commande, il est nécessaire de :

- considérer le savoir-faire et l'expérience capitalisée dans la situation initiale de travail par les personnels ;
- rechercher la meilleure adéquation entre les outils et les tâches à réaliser ;
- respecter les règles de latéralisation de commandes pour éviter, dans des situations d'urgence, le retour toujours possible de réflexes archaïques ;
- élaborer des consignes claires pour que, lors de la mise en service des installations, les opérateurs puissent aisément coordonner leurs actions et que, tout un chacun ayant la même connaissance de la situation, ils puissent tout aussi facilement coopérer ;

- utiliser des termes familiers aux opérateurs dans les documents techniques ;
- vérifier la qualité de l'information symbolique décrivant le fonctionnement des machines, ce qui nécessite une représentation simplifiée des variables en entrée et en sortie du système, la prise en compte des seules informations utiles, l'introduction d'informations redondantes pour tout risque d'erreur résiduel, etc. (voir EN 894-4).

Un écart important entre ce qu'il est demandé de faire à l'opérateur et ce qu'il fait réellement est systématiquement constaté. Ainsi, le couplage entre les caractéristiques de la situation, de l'opérateur et de la tâche qui lui sera assignée doit être particulièrement étudié. Une intégration réussie du système nécessite, de ce fait, la participation active des personnels au projet le plus en amont possible, participation qui doit se poursuivre lors du travail sur maquette ou de simulation, jusqu'à l'évaluation finale après la mise en service du nouveau système. Il est à rappeler qu'une intégration réussie se réfère non seulement aux activités principales, mais aussi aux activités de mise en propreté, entretien, réparation, maintenance et démantèlement.

### 3.3.2 Principes de conception et d'aménagement des situations de travail

Les points ci-dessous résument les principales données ergonomiques applicables à la conception et à l'aménagement des situations de travail en vue de prévenir les risques professionnels et améliorer les conditions de travail.

#### Accès en étage

La conception des bâtiments doit faciliter l'accessibilité aux lieux de travail des personnels et, particulièrement, l'accessibilité des personnes handicapées (article R. 4214-26 du Code du travail)

#### Circulations

L'objectif est de permettre à l'opérateur de circuler en toute sécurité dans sa situation de travail tout en minimisant la fatigue pour y parvenir. Les données correspondantes sont traitées en détail au chapitre 4 suivant.

#### Communications

L'objectif est d'assurer un bon déroulement du travail par une bonne coordination des tâches et d'atténuer les effets négatifs de la monotonie des tâches en permettant aux opérateurs concernés de converser.

- Pour les communications directes entre les opérateurs et pour permettre une bonne compréhension à 1 m de distance, le niveau de bruit ambiant dans un atelier ne doit pas dépasser 70 dB(A).

- Pour les communications à distance, mettre en place des moyens adaptés aux besoins.
- Ne pas créer de situations de travail isolées.

#### Alarmes

Le système d'alarme sonore doit être complété par un ou des systèmes d'alarme adaptés au handicap des personnes concernées employées dans l'entreprise (article R. 4225-8 du Code du travail).

#### Contraintes de temps

L'objectif est de prévenir les risques d'accidents, le stress et les troubles musculosquelettiques (TMS).

- Diminuer la répétitivité des mêmes gestes à moins de 10 fois par minute. Moyens : élargissement des tâches, polyvalence, découpage adéquat du temps de cycle machine et du temps de cycle opérateur...
- Donner de l'autonomie dans la gestion du temps. Moyens : mettre en place des stocks tampons entre les postes, permettre l'appel des clients par l'opérateur...

#### Nuisances physiques et chimiques

L'objectif est de supprimer les nuisances dans la situation de travail ou, en cas d'impossibilité, de les diminuer pour les rendre compatibles avec la santé des opérateurs, tout en permettant de réaliser le travail sans contraintes.

- Identifier les nuisances générées dans la situation, dans des situations connexes et par l'environnement.
- Utiliser des moyens pour réduire ces nuisances et s'assurer que ces moyens ne dégradent pas le fonctionnement du poste (exploitation, maintenance, dépannage) (voir § 5.4).

#### Informations

- L'objectif est de présenter clairement les informations visuelles et sonores utiles pour réaliser le travail avec efficacité et en sécurité.
- Dans le plan vertical, disposer si possible les informations dans un angle égal ou supérieur à 30° en dessous de la ligne horizontale partant des yeux.
- Assurer un éclairage artificiel adapté de 300 lux à 1 000 lux suivant la tâche (voir § 5.2.2) et examiner les effets de la lumière naturelle dans le cas de travail sur écran (voir § 5.2.3).

#### Manutentions

L'objectif est de limiter les manutentions manuelles et les efforts à exercer pour éviter les accidents et prévenir les troubles musculosquelettiques (voir figure 3.1).

- Connaître les produits manipulés, les efforts exercés et la fréquence (voir norme AFNOR X35-109, 2009).
- Faciliter le transfert des produits sans recourir au port de charges.

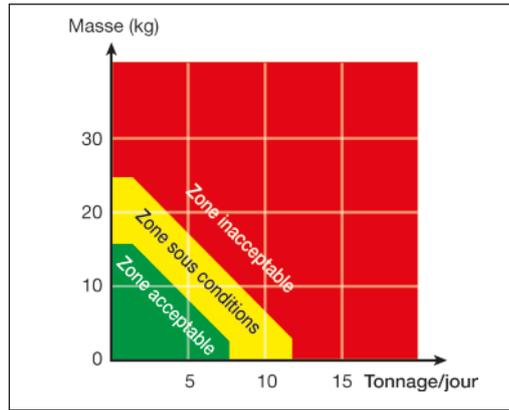


Figure 3.1.  
Abaque pour la manutention manuelle.

- Réduire le poids unitaire et le tonnage journalier manutentionné. Moyens : aides à la manutention, stockages dynamiques...

### Dimensionnement et posture

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

- Recueillir les données relatives au travail à effectuer, maintenances, exigence visuelle, type de commandes, d'outils, objets à atteindre, efforts à exercer...
- Choisir la posture principale, debout, assis ou assis-debout, et de manière telle à ce que l'on puisse en changer aisément.
- Permettre les changements de postures 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 assis-debout (voir figure 3.2).
- Pour les postures assis et assis-debout, prévoir un dégagement pour les genoux et les jambes. Le dégagement pour les jambes doit permettre un angle des genoux de  $120^\circ$  et de  $10^\circ$  pour les chevilles.
- Pour la posture debout, prévoir un dégagement pour les pieds et tenir compte des exigences de vision et/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 tableau 3.3).

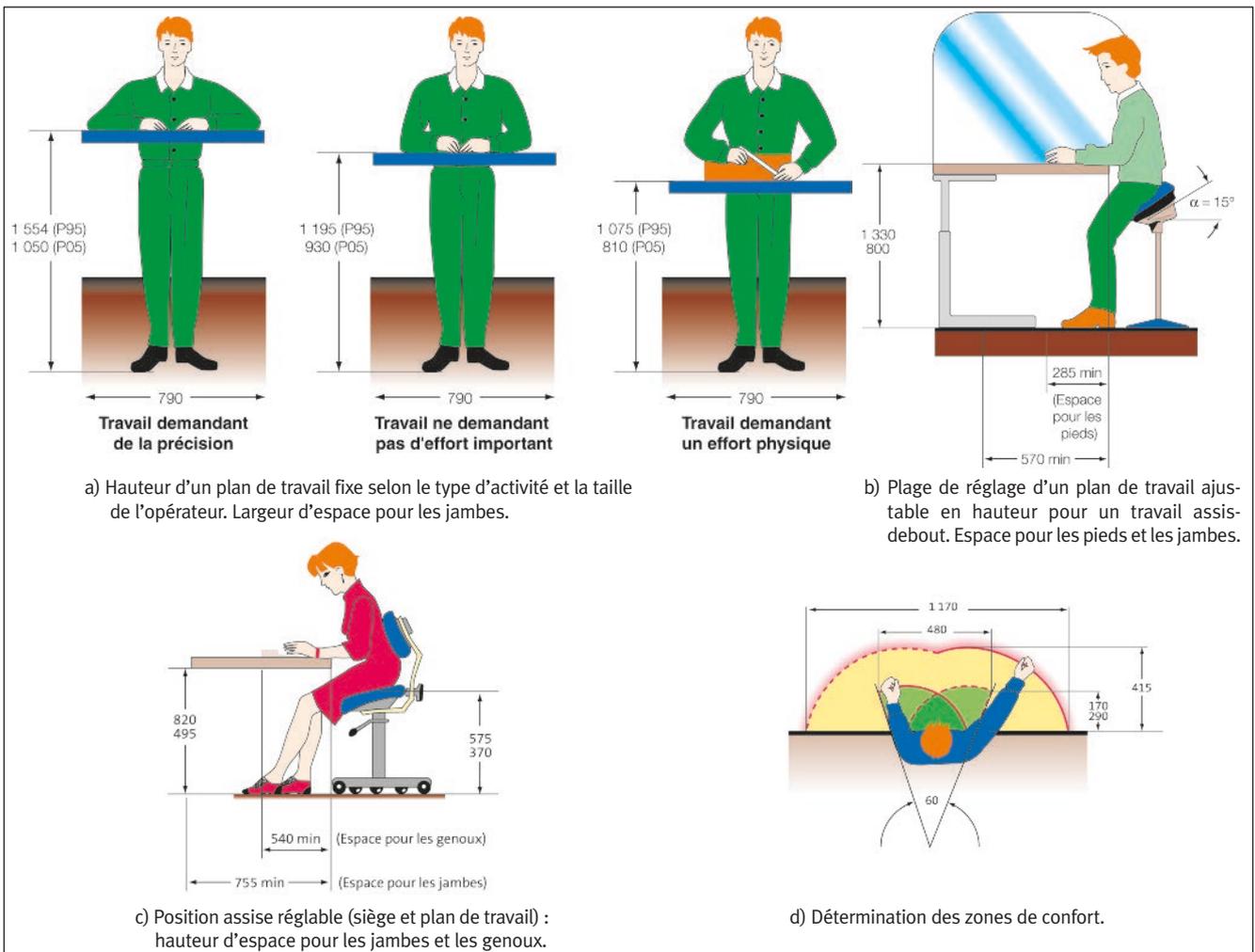


Figure 3.2. Dimensionnement des plans de travail (cotes en millimètres)  
(adapté de NF EN ISO 14 738 et de ED 131, INRS).

DÉFINITION	LIMITE INFÉRIEURE	LIMITE SUPÉRIEURE	REPÈRES SUR FIGURE CI-CONTRE
Axe du tronc – Verticale	10°	20°	a
Axe du tronc – Axe de la cuisse	90°	110°	b
Axe de la cuisse – Axe de la jambe	95°	120°	c
Axe de la jambe – Parallèle à la semelle	90°	110°	d
Axe du bras – Verticale dans le plan sagittal ant. post. (flexion)	10°	35°	e
Axe du bras – Verticale dans le plan frontal (abduction)	0°	30°	
Axe du bras – Axe de l'avant-bras	80°	160°	f
Axe de l'avant-bras – Axe de la main (flexion)	180°	190°	g
Axe de l'avant-bras – Axe de la main (inclinaison latérale)	170°	190°	

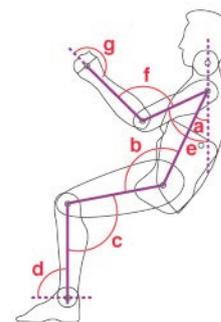


Tableau 3.3. Les valeurs limites des amplitudes articulaires de confort de travail (adapté de Étude ergonomique du travail, A. Laville, M. Millanvoye, CNAM).

## 3.4 L'aménagement des bureaux

### Une flexibilité de l'espace

La flexibilité de l'espace pourra être assurée par les éléments suivants.

- Un pré-câblage 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. Isolation phonique conseillée : 40 dB(A) (dans les conditions habituelles de test dans le bâtiment).

### Un espace optimal par personne

La première étape consiste à calculer le ratio m<sup>2</sup>/personne (voir tableau 3.4). Il s'agit de mètres carrés utiles excluant les circulations générales et les autres locaux collectifs. Ils sont à moduler en fonction de l'activité de travail ; on doit ainsi prévoir les surfaces suivantes.

POUR UN BUREAU OCCUPÉ PAR UNE PERSONNE	SURFACES (en m <sup>2</sup> )
<b>Mobiliers</b>	
bureau (1,2 m x 0,8 m)	0,96
matériel informatique	0,64
siège 1	1
siège visiteur	0,8
armoire rangement	0,6
débattement devant l'armoire	0,6
débattement pour déplacer le siège	1,2
plan pour déposer les documents prioritaires	0,6
<b>Circulation à l'intérieur du bureau</b>	2,88
largeur du passage = 0,8 m	
longueur du passage = 3,6 m (soit la longueur totale du mobilier)	
<b>Communication</b>	0,50
<b>Total</b>	9,78

POUR UN BUREAU OCCUPÉ PAR DEUX PERSONNES	SURFACES (en m <sup>2</sup> )
Mobiliers (2 x 6,4 m <sup>2</sup> )	12,8
Circulation à l'intérieur du bureau	2,88
Évacuation (3,6 m x 1,5 m, soit la longueur totale du mobilier)	5,40
Communication (2 x 0,5 m <sup>2</sup> )	1
<b>Total</b>	22,08

Tableau 3.4. Dimensions des bureaux (adapté de la norme X35-102, 1998, annexe A informative).

## BIBLIOGRAPHIE

- Décret n°2009-1272 du 21 octobre 2009 sur l'accessibilité des lieux de travail aux travailleurs handicapés.
- NF EN ISO 14738 (X35-104) – Sécurité des machines – Prescriptions anthropométriques relatives à la conception des postes de travail sur les machines. AFNOR, 2008.
- NF X 35-109 – Ergonomie – Manutention manuelle de charge : soulever, déplacer et pousser / tirer. AFNOR, 2009.
- NF X 35-102 – Dimensions des espaces de travail en bureaux. AFNOR, 1998.
- NF EN 894-4 – Sécurité des machines – Exigences ergonomiques pour la conception des dispositifs d'affichage et de contrôle. AFNOR, 2004.
- NF EN 1335 – Sièges de travail de bureau. AFNOR, 2009.
- ISO 11064-4 – Conception ergonomique des centres de commande – Partie 4 : Agencement et dimensionnement du poste de travail. AFNOR, 2004.
- Méthode d'implantation de postes avec écrans de visualisation en secteur tertiaire. INRS, ED 51, 2008.
- Conception et aménagement des postes de travail. INRS, ED 79, 1999.
- Prévention des risques liés aux positions de travail statiques. INRS, ED 131, 2008.
- Les centres d'appels téléphoniques. INRS, ED 108, 2003
- Les troubles musculo-squelettiques du membre supérieur. INRS, ED 797, 1996.
- Méthode d'analyse des manutentions manuelles. INRS, ED 776 (en réactualisation).
- Code du travail, article R. 4541-9 sur le port de charge.
- Écrans de visualisation : santé et ergonomie. INRS, ED 924, 2005
- Le travail sur écran. Dossier web, INRS, 2004. Consultable sur le site [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr).
- Travail sur écran de visualisation. AIMT du Bas-Rhin. Dossier web. Consultable sur le site <http://www.aimt67.org/dossier/Ecran.htm>

La surface minimale recommandée pour un bureau individuel est ainsi de 10 m<sup>2</sup> et, pour un bureau collectif, de 11 m<sup>2</sup> par personne. Si l'activité principale des opérateur(ice)s est fondée sur des communications verbales (par exemple, dans les centres d'appels téléphoniques) et pour réduire les interférences entre locuteurs, il est nécessaire de prévoir 15 m<sup>2</sup> par personne.

Il est 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 m<sup>2</sup> ;
- la longueur est inférieure ou égale à 3 fois la largeur pour les bureaux dont la superficie est supérieure à 25 m<sup>2</sup>.

Une question importante concerne la répartition de l'espace en bureaux individuels et collectifs. Cette répartition est fonction de nombreux critères : niveau hiérarchique, type de travail, communications téléphoniques, visiteurs extérieurs...

Optimum pour un bureau collectif : 2 à 5 personnes correspondant à un petit groupe de travail défini de la manière suivante : objectifs et commandement communs, stabilité du groupe, faible effectif. Pour les bureaux paysagers, éviter un effectif supérieur à 10 personnes.

### Une communication avec les autres bureaux et services

On tiendra compte dans l'implantation de la fréquence des liaisons (établir, par exemple, un tableau des proximités et des liaisons fonctionnelles, voir chapitre 2). Prévoir aussi des lieux d'échanges ouverts (sans gêner l'activité des bureaux et des salles de réunion avoisinantes).

### Une circulation aisée

Les couloirs seront d'une largeur suffisante et pas trop longs. On optimisera la distance et l'emplacement des bureaux par rapport aux ascenseurs, escaliers, toilettes, vestiaires, photocopieuse, rangements, appareils à boisson, salles de réunion, ordinateurs en libre service.

La largeur conseillée pour le couloir est supérieure à 1,50 m. Cette dimension est conforme à la réglementation en cas d'incendie pour un nombre de personnes compris entre 20 et 50 (voir chapitre 4). Elle permet également à deux personnes de se croiser sans se gêner et l'évolution d'un fauteuil roulant pour handicapé (voir chapitre 4).

### Un mobilier adapté

Les plans de travail seront à hauteur réglable et de dimension suffisante (profondeur 80 cm pour un écran plat, 115 cm pour un écran cathodique ≥ 19", largeur ≥ 160 cm) pour s'accorder à la variété des tâches et à l'encombrement relatif des matériels (notamment écran et clavier).

Les plans de travail doivent être réglables en hauteur (73 cm, +/- 8 cm), peu réfléchissants, conçus avec des bords droits biseautés. Un plan de travail annexe, en retour de table, de dimensions plus faibles (60 x 120 cm) est prévu pour le rangement des dossiers (voir Bibliographie, ED 131).

L'écran de visualisation, de préférence un écran plat à cristaux liquides, sera disposé sur le plan de travail de manière telle à ce qu'il se trouve situé entre 40 et 70 cm des yeux et dans le même angle visuel de confort que le clavier. Le confort du travail sur écran de visualisation – qu'il s'agisse du travail en bureau ou en atelier – doit néanmoins être défini en relation à l'adoption toujours possible de postures « avachies » sur l'avant ou sur l'arrière rendant nécessaire un dispositif de réglage aisé de hauteur de l'écran et un fauteuil accompagnant les mouvements du buste.

Il est à noter que pour une vue de la surface d'affichage, la distance de visualisation maximale en millimètres doit être égale à 215 fois la hauteur de caractère latin en millimètres pour des écrans de visualisation haute définition (sinon 170 fois la hauteur de caractère latin), la hauteur de caractère étant déterminée par la hauteur des majuscules et des chiffres dans la plus petite taille de police utilisée à l'écran.

# Implantations et circulations



Le choix du site est un des déterminants de la prévention des risques professionnels encourus par les salariés, notamment de la prévention des risques d'accident routier de trajet ou de mission. L'accessibilité, la proximité de grands axes routiers, des infrastructures ferroviaires, portuaires, fluviales, la présence de services de proximité (services de bus, de restauration, enlèvement des déchets, crèche...) et l'éloignement du domicile des salariés sont autant de critères à intégrer dans l'étude de faisabilité (voir figure 2.2).

La participation précoce des personnels concernés à la démarche de projet facilite l'analyse des conditions d'usage et, sur cette base, permet de préciser les besoins réels en matière d'implantation générale et d'implantation détaillée compte tenu des contraintes relatives aux circulations extérieures et intérieures.

La démarche et la méthode d'analyse des conditions d'usage sont développées aux chapitres précédents. Il s'agit ici de donner des repères utiles, notamment dimensionnels et réglementaires, permettant d'optimiser les circulations et les implantations. Plusieurs impératifs, parfois contradictoires, devront à ce propos être conciliés, comme faciliter les communications à l'intérieur de petits groupes de travail et éviter que les nuisances à un endroit ne se répercutent sur d'autres.

## 4.1 Implantation des bâtiments et circulations extérieures

### 4.1.1 Règles générales d'implantation

L'implantation des bâtiments et aires diverses est liée au plan de circulation. Les points suivants, tout particulièrement, doivent être examinés avec attention.

- Les surfaces des bâtiments et aires annexes prévues pour les zones de stockage (matières premières, déchets...) et les parkings (PL, VL, personnels, visiteurs).
- La distance entre 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 m.
- L'implantation des bâtiments à risque d'explosion : elle tiendra compte de la réglementation ATEX (atmosphères explosives).
- L'implantation des bâtiments à risque pour l'environnement (incendie, explosion, toxicité...) : elle doit elle-même respecter la réglementation relative aux établissements dits « classés ». Pour de plus amples informations, contacter votre Direction régionale de l'industrie et de la recherche (DRIRE).
- L'accessibilité : tous les espaces de travail doivent être accessibles aux travailleurs handicapés (voir circulaire DRT 95-07 du 14 janvier 1995), lesquels sont, selon l'article L. 5213-1 du Code du

travail, toutes les personnes ayant une insuffisance ou une diminution des capacités physiques ou mentales.

- Le choix du nombre et de l'implantation des bâtiments principaux : mettre en correspondance l'unité géographique (bâtiment), l'unité significative produit (ligne de produit), la structure hiérarchique et certains locaux (vestiaires, sanitaires, aires de détente). Éviter les bâtiments « couloirs », lieux de passage interférant avec les postes de travail.
- L'orientation : une orientation franche des bâtiments nord-sud sera privilégiée pour éviter des apports thermiques excessifs par les vitrages latéraux en été et permettre la mise en œuvre, en toiture, de dispositifs d'éclairage à face éclairante orientée au nord comme des mini-sheds.
- Extensions prévisibles à moyen et long terme : prise en compte le plus en amont possible du projet.

### 4.1.2 Espacement des bâtiments

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 la vue sur l'extérieur par la façade aux niveaux inférieurs du bâtiment le plus bas (voir la fiche *Éclairage naturel*, INRS, ED 82).

Pour tenir compte des interventions des sapeurs-pompiers, les voies destinées aux véhicules doivent être larges d'au moins 4 mètres et libres sur une hauteur d'au moins 3,50 m (voir § 4.1.7). De plus, lorsque le risque d'incendie est élevé, les quatre façades du bâtiment doivent être accessibles.

En outre, dans le cas d'un établissement classé pour la protection de l'environnement, on se reportera à l'arrêté type correspondant pour respecter, le cas échéant, les distances d'éloignement par rapport aux limites du site (se renseigner auprès de votre DRIRE).

### 4.1.3 Organisation des flux de circulation

Les types de flux à considérer dépendent de l'activité de l'entreprise et des moyens mis en œuvre. Les principales circulations à prendre en compte sont en général constituées par :

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

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

- choisir de préférence des systèmes de transport des produits mécanisés plutôt que manuels et continus plutôt que discontinus ;
- retenir un sens unique de circulation anti-horaire (dans le sens inverse des aiguilles d'une montre) ;

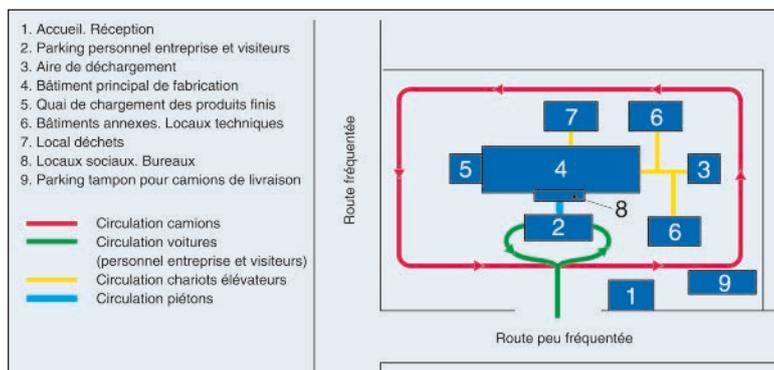


Figure 4.1. Exemple de plan de circulation prévisionnel.

- éviter les croisements des différents flux (aires d'évolution séparées pour chaque type de flux), notamment piétons et engins mobiles ;
- éviter ou limiter les manœuvres (demi-tours, marches arrière) notamment des camions ;
- aménager les croisements pour faciliter 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 tenir compte :

- d'autres impératifs tels que la limitation nécessaire du nombre d'entrées (extérieur/entreprise) 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.



Photo 4.1. Plan de circulation à l'intérieur du site.

L'application de ces principes conduit à l'élaboration du plan de circulation. La figure 4.1. est un exemple de recherche d'optimisation du plan de circulation d'une entreprise comportant notamment un sens giratoire unique et anti-horaire 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 de 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 les créneaux horaires de circulation ;
5. identifier les zones de circulation à croisements multiples ;
6. formaliser les résultats sur 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 mini, voir photo 4.1 ci-contre) et les signalisations horizontales et verticales à l'intérieur.

#### 4.1.4 Circulation des piétons

Les circulations sont à étudier de manière approfondie, les risques étant de plusieurs types : collision avec des véhicules ou engins (risque le plus grave), chute de plain-pied (risque le plus fréquent), heurt avec des obstacles fixes... Des exemples de solutions sont proposés sur la figure 4.2 suivante.

Il est recommandé de :

- réduire les distances de déplacement des piétons à l'extérieur des bâtiments en jouant sur l'emplacement des parkings, des bâtiments annexes, des locaux sociaux ; les vestiaires doivent ainsi se trouver sur le cheminement parking/postes de travail ;
- respecter le tracé des lignes de « désir » (cheminement le plus court) ; les cheminements piétonniers seront protégés des intempéries (allées couvertes, galeries fermées) ;

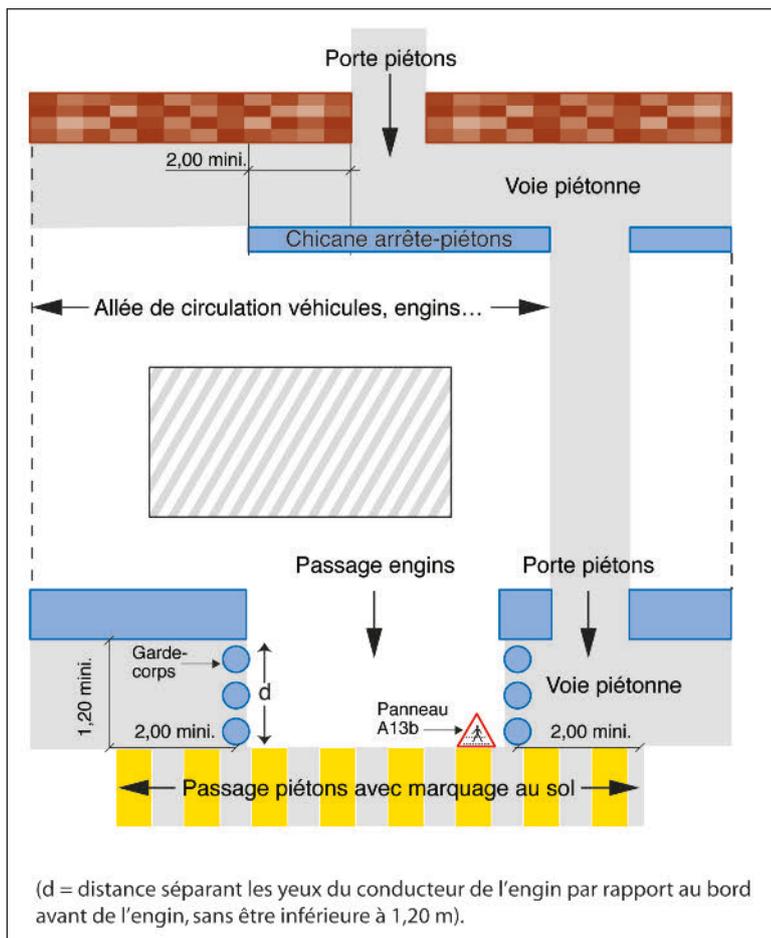


Figure 4.2. Exemples de solutions pour éviter les collisions au franchissement d'une porte piéton.

- protéger les allées de circulation : signalisation, allées réservées aux piétons, création de trottoirs... ;
- éclairer les zones piétonnières ;
- limiter les circuits avec dénivellation pour éviter les chutes et permettre l'accès aux handicapés.

Les dimensionnements des circulations piétonnes intègrent les exigences propres aux personnes à mobilité réduite (voir tableau 4.1.a et § 4.1.5).

De manière générale, les dimensions minimales à prendre en compte sont reportées dans le tableau 4.1.a ci-dessous.

Tableau 4.1.a.  
Largeur des voies de circulation piétonnes.

	CIRCULATION EN SENS UNIQUE	CIRCULATION EN DOUBLE SENS
Piéton seul	0,80 m*	1,50 m
Piéton utilisant un engin de manutention	(Largeur de l'engin ou largeur de la charge) + 1,00 m	(Largeur des 2 engins ou largeur des 2 charges) + 1,40 m
Cheminement pour personne en fauteuil roulant	1,40 m	1,60 m

\* Valeur réglementaire fixée par l'article R. 4227-5 du Code du travail. Cette valeur est portée à 0,90 m dans le cas où le passage est une issue de secours en cas d'incendie (adapté de l'article R. 4216-5 du Code du travail).

#### 4.1.5 Accessibilité pour les personnes handicapées

Les lieux de travail doivent être aménagés dès la conception en tenant compte des personnes handicapées (Code du travail, art. R. 4214-26 et R. 4217-2, et arrêté du 27 juin 1994) et les dispositions adoptées à cet effet doivent permettre l'accès et l'évacuation notamment des personnes circulant en fauteuil roulant.

##### Cheminements

Les sols et revêtements doivent être :

- non meubles,
- non glissants,
- sans obstacle à la roue.

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.

La largeur minimale (réglementaire) du cheminement est de 1,40 m (croisement d'un fauteuil et d'un piéton).

La largeur de 1,60 m est recommandée sur tous les cheminements fréquentés (croisement de 2 fauteuils).

Pour les personnes malvoyantes, il convient de créer un chemin de guidage facilitant le repérage et l'orientation. Le choix des matériaux et des revêtements doit fournir une sensation de guidage sécurisante.

La pente transversale doit être la plus faible possible tout en favorisant l'évacuation latérale de l'eau en cas de pluie ; 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.

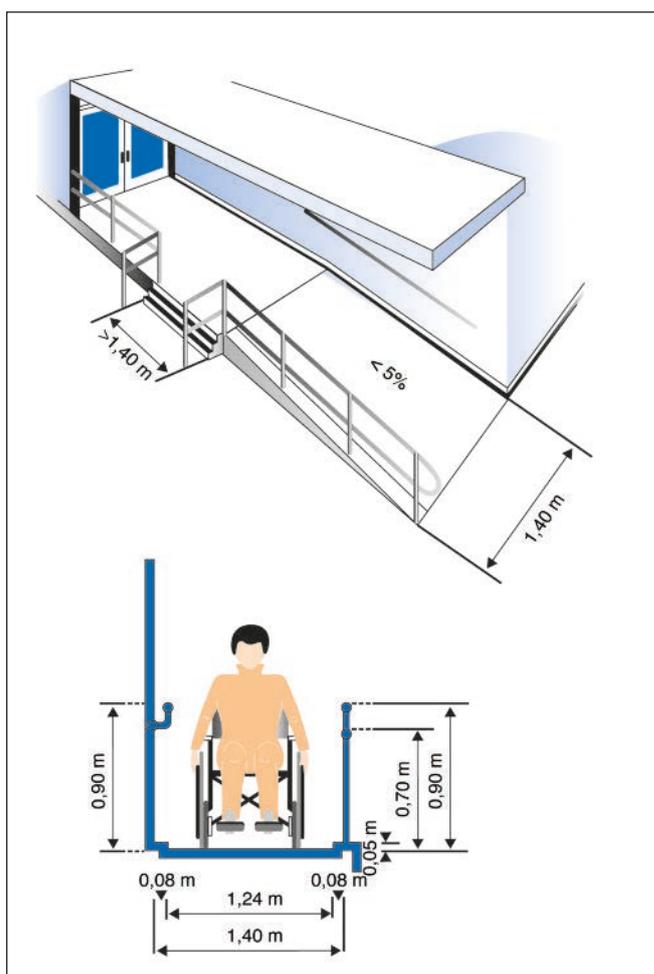


Figure 4.3.

#### Ressauts

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

La hauteur maximale des ressauts à bords arrondis ou munis de chanfreins 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 dites « pas d'âne » sont interdites.

#### Rampes 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 m. 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 (Voir arrêté du 15 janvier 2007 : « accessibilité de la voirie. »)

#### Paliers 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.

Les paliers de repos doivent être horizontaux, longs d'au moins 1,40 m hors débattement de porte.

### 4.1.6 Circulation et stationnement des véhicules légers (VL) et des véhicules utilitaires légers (VUL)

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 m<sup>2</sup> par voiture, soit [2,5 m x 5 m x 2] pour la surface d'une place de stationnement VL ou VUL (voir figure 4.4.a). Ce ratio inclut le stationnement et les voies de circulation, mais ne tient pas compte des besoins relatifs aux cheminements piétons dédiés.

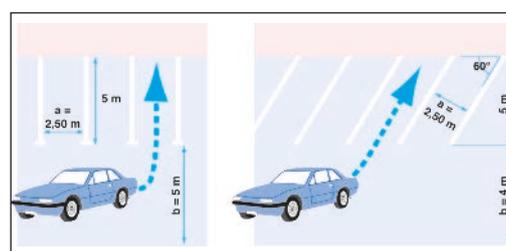


Figure 4.4.a. Dimensionnement des espaces de stationnement VL.

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 4.4.b), soit en marche arrière (figure 4.4.c). Les conditions précédentes imposent un stationnement en épi.

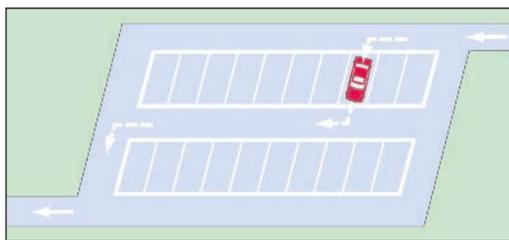


Figure 4.4.b. Entrée marche avant, sortie marche avant.

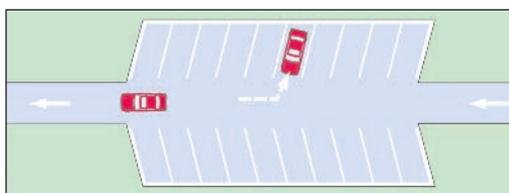


Figure 4.4.c. Entrée marche arrière, sortie marche avant.

La taille du parking tiendra compte des effectifs de l'entreprise, des entreprises intervenantes, des visiteurs (voir figure 4.4.d), tout en intégrant les fluctuations saisonnières. Des aménagements spécifiques doivent être prévus pour les deux roues.

Le plan de circulation doit tenir compte des flux VUL selon qu'il s'agit de véhicules de livraison, de maintenance, d'exploitation, et créer, à cet effet, des aires de stationnement spécifiques et organiser les flux piétons correspondants.

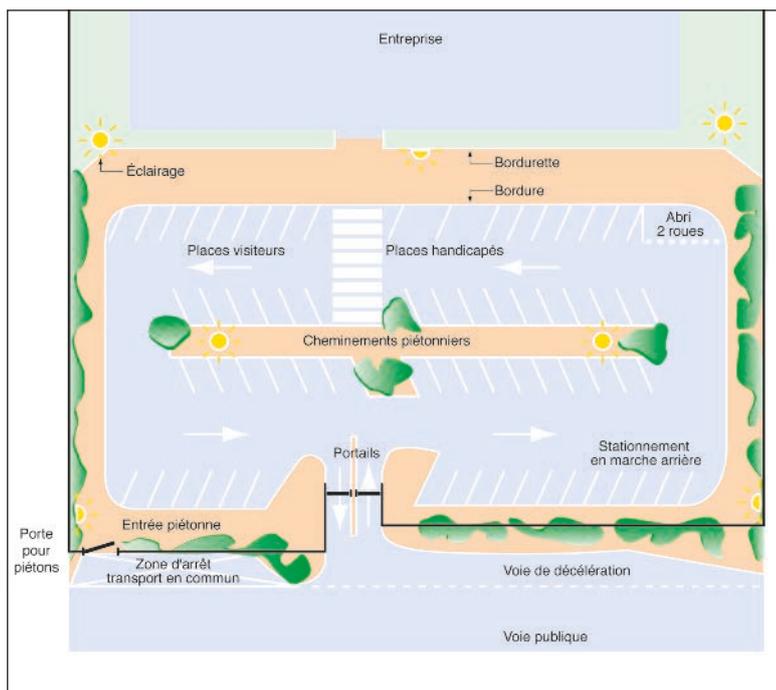


Figure 4.4.d. Exemple de parking VL.

Une attention particulière doit être prêtée à l'éclairage des zones piétonnières et à l'aménagement de places réservées aux personnels à mobilité réduite (voir figure 4.5).

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.

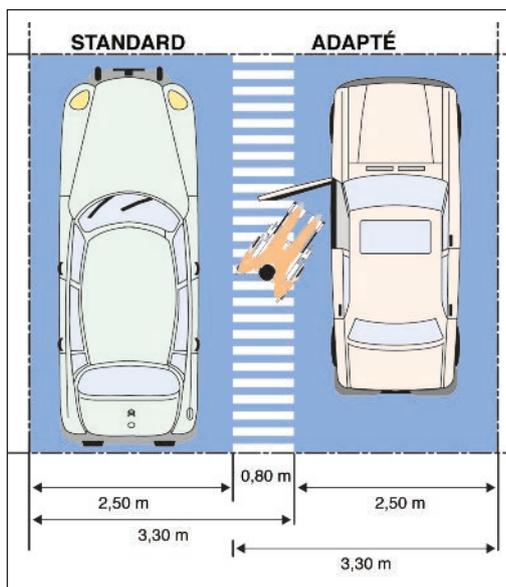


Figure 4.5. Parking VL : accueil fauteuil roulant.

Les emplacements réservés sont signalisés par une signalétique verticale (logo spécifique) et horizontale (marquage au sol de couleur bleue). Le nombre de places est de 1 par tranche de 50 places ou fraction de 50 places.

#### 4.1.7 Circulation et stationnement des poids lourds

Le plan de circulation doit :

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

À 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. Les voies destinées aux camions d'intervention des sapeurs-pompiers doivent être larges d'au moins 6 m (ou 4 m, mais avec des aménagements localisés de part et d'autre de la chaussée et/ou des trottoirs permettant le croisement de deux engins), libres en hauteur sur 3,50 m minimum.

En revanche, 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).

Il est nécessaire de prévoir des zones d'attente :

- à 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 ;
- à l'extérieur (sur le domaine public).

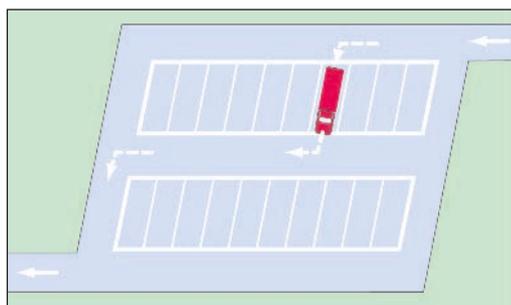


Figure 4.6.a. Entrée du PL marche avant, sortie marche avant.

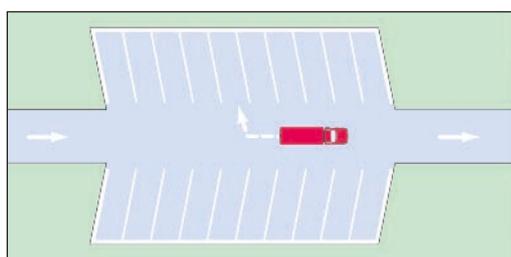


Figure 4.6.b. Entrée du PL marche arrière, sortie marche avant.

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, prévoir des postes électriques de branchement pour les longs parcages afin d'éviter les bruits de moteur à combustion et la pollution.

L'aire de stationnement des PL doit être conçue pour que les véhicules puissent quitter leur emplacement en marche avant, l'accès sur l'emplacement devant se faire soit en marche avant (solution à privilégier, voir figure 4.6.a) ou, si impossibilité, en marche arrière à main gauche (voir figure 4.6.b). Les conditions précédentes imposent un stationnement en épi avec des surfaces adaptées (voir figure 4.6.c).

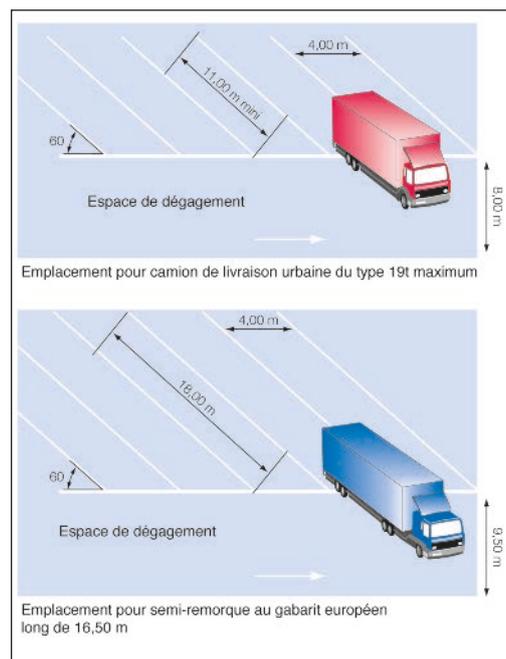


Figure 4.6.c. Dimensions requises pour les aires de stationnement des PL.

## 4.2 Circulations intérieures aux bâtiments

Les circulations intérieures sont à l'origine de deux risques principaux : les collisions, notamment entre piétons et engins mobiles ; les heurts et chutes, principalement sur les parcours piétonniers. Lors de la conception des bâtiments, une réflexion sur l'organisation des flux et la circulation des piétons doit permettre de prévenir ces risques.

### 4.2.1 Organisation des flux de circulation

Dans la plupart des entreprises, les flux à prendre en compte à l'intérieur des bâtiments concernent :

- les engins motorisés circulant dans les allées et desservant les postes de travail : chariots élévateurs, transpalettes électriques... ;
- les piétons circulant avec des charges : chariots à main, transpalettes manuels... ;
- les piétons circulant sans charge : en début et fin de poste, pendant la durée du travail (pour aller vers d'autres locaux par exemple).

À ces flux s'ajoutent fréquemment des moyens de manutention et de transport continus liés au processus de fabrication (par exemple, convoyeurs au sol et aériens).

La conception du process et des implantations doit d'emblée se donner pour objectif d'éviter les collisions en rationalisant les flux de circulation (des produits, engins et opérateurs), les distances à parcourir, en limitant les croisements et en mettant en place les structures et moyens adéquats d'échange d'informations.

De même, dès la conception, il convient de prévoir des moyens de manutention (monte-charge, ascen-

seur, treuil...) correctement dimensionnés pour déplacer les matériels (photocopieuses, bureaux, machines...) aux étages. Ces moyens seront aussi utiles pour les activités de nettoyage (transport des mono-brosses, auto-laveuses, chariots).

Les tableaux 4.1.b, 4.2 et la figure 4.7 rappellent quelques données utiles concernant la largeur des voies de circulation, des passages et les accès aux machines et installations.

Tableau 4.1.b.  
Largeur des voies de circulation.

	CIRCULATION EN SENS UNIQUE	CIRCULATION EN DOUBLE SENS
Piéton seul	0,80 m*	1,50 m
Piéton utilisant un engin de manutention ou engin à conducteur porté	(Largeur de l'engin ou largeur de la charge) + 1,00 m	(Largeur des 2 engins ou largeur des 2 charges) + 1,40 m
Cheminement pour personne en fauteuil roulant	1,40 m	1,60 m
Véhicule léger	3,00 m	5,00 m
Poids lourds	4,00 m en ligne droite 30,00 m pour faire un demi-tour continu	6,50 m en ligne droite

\* Valeur réglementaire fixée par l'article R. 4227-5 du Code du travail. Cette valeur est portée à 0,90 m dans le cas où le passage est une issue de secours en cas d'incendie (article R. 4216-5 du Code du travail).

Elle doit aussi anticiper l'activité réelle de maintenance en choisissant des équipements et une

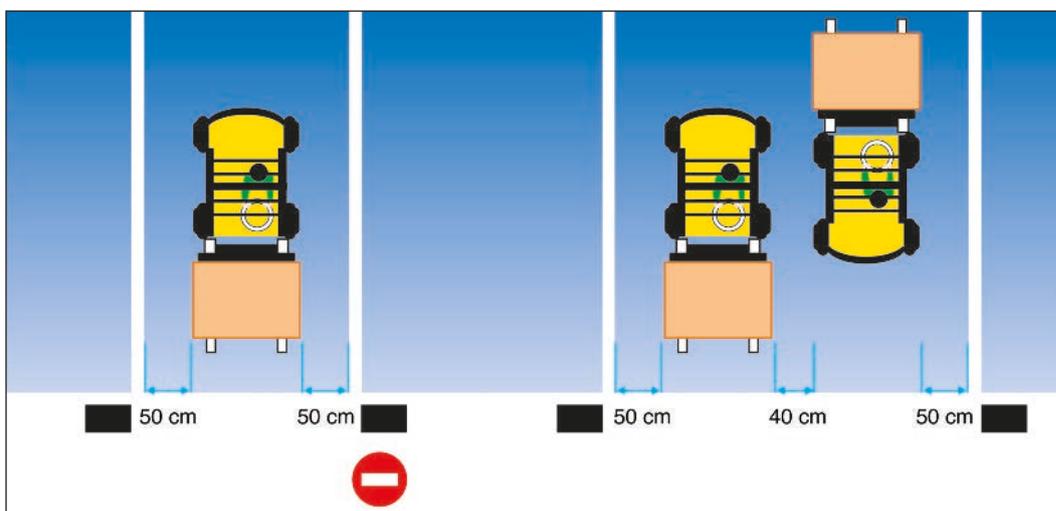


Figure 4.7. Largeur des voies de circulation selon tableau 4.1.b pour les chariots automoteurs.

Tableau 4.2. Largeur des passages et d'accès aux machines et installations (d'après la norme NF EN 547-1).

	LARGEUR RECOMMANDÉE EN mm
Largeur d'un passage habituel soit entre machines ou éléments d'installation, soit pour l'accès au poste de travail	800 mini** (distance réglementaire)
Largeur d'un accès pour intervention occasionnelle (dépannage - maintenance)	600 mini*
Largeur d'un accès entre palettes, conteneurs, déposés à proximité du poste de travail	500 mini
Débattement sur le devant d'un poste de travail (à emplacement occupé par l'opérateur à son poste)	1000 mini d'avant en arrière
Si l'opérateur tourne le dos à une allée où circulent les engins motorisés	1500 mini***

\* 800 mini. si accès en cul-de-sac sur plus de 3 mètres.

\*\* Cette valeur est portée à 900 mm dans le cas où le passage est une issue de secours en cas d'incendie.

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

implantation adaptés. Par exemple, le cahier des charges pour l'acquisition de convoyeurs à bande doit clairement formuler que la conception doit permettre l'intervention en sécurité en tout point du convoyeur et faciliter l'opération du changement de rouleaux.

### Largeur des passages et des accès aux machines et installations

Les locaux seront conçus en fonction des caractéristiques des machines (dimensions, accessibilité) et aux besoins liés à la mise en œuvre des activités de travail et de circulation.

Les dimensions (hauteur, longueur, largeur) de passage doivent permettre l'amenée et le montage des machines et de leurs accessoires. Un espace suffisant sera également nécessaire lors des opérations de démontage, total ou partiel, imposé par une panne ou une remise en état.

Les portes d'accès au bâtiment doivent elles-mêmes permettre, pour des raisons pratiques, le passage des machines et des équipements, voire d'un véhicule, notamment lorsque ce dernier est nécessaire pour assurer le transport des machines et équipements.

## 4.2.2 Circulations des piétons

### 4.2.2.1 Principes généraux

■ Éviter les obstacles sur les parcours : éléments de machines et d'installations dépassant dans les allées (en statique ou en dynamique), obstacles au sol ou près du sol (canalisations, tuyaux flexibles, caillebotis...).

■ Prévoir des emplacements suffisants et bien aménagés dans l'atelier pour les stocks intermédiaires, les bennes à déchets, les chariots en attente.

■ Soigner particulièrement les sols : revêtements faciles d'entretien et homogènes tout au long des cheminements.

■ Matérialiser la circulation piétonne en conjuguant protection mécanique (garde-corps, muret, plots, trottoirs...), signalisation verticale et horizontale avec une signalétique adaptée facilitant le repérage spatial, notamment des issues de secours (voir chapitre 8.9).

■ Définir des trajets les plus directs possibles entre les vestiaires et les postes de travail.

### 4.2.2.2 Circulations pour les personnes handicapées

Pour les personnes se déplaçant en fauteuil roulant, le gabarit de passage minimal est de 0,80 m de large et 1,30 m de long avec un diamètre de rotation de 1,50 m (voir figure 4.8).

La largeur minimale réglementaire du cheminement est de 1,40 m ; cette largeur permet 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.

La largeur recommandée pour les couloirs est de 1,60 m, dimension qui permet aussi bien à deux fauteuils roulants de se croiser qu'à un seul d'effectuer un demi-tour.

La largeur minimale réglementaire des portes (voir figures 4.9.a, b, c) 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 m<sup>2</sup>.

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

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.

Pour les personnes sourdes ou malentendantes, il convient de prêter l'attention voulue à la qualité de l'éclairage naturel et artificiel et choisir des dispositifs permettant de créer une redondance visuelle des informations sonores.

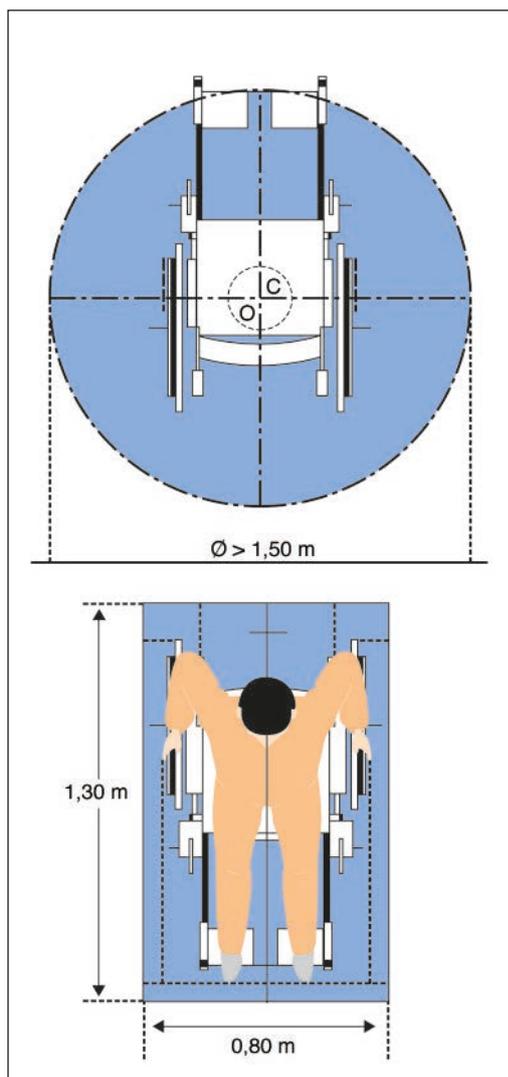


Figure 4.8.  
Gabarit pour un fauteuil roulant.

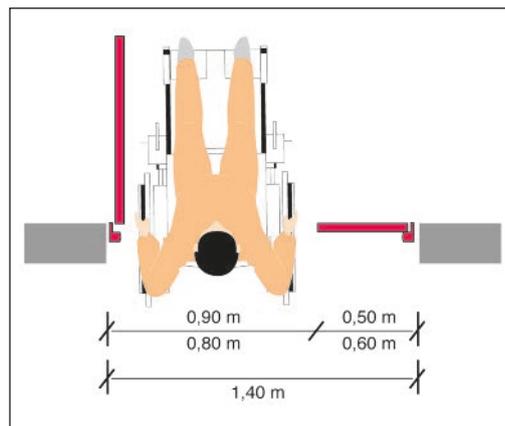


Figure 4.9.a.

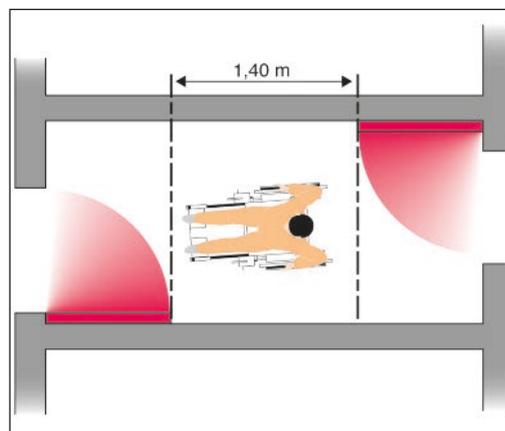


Figure 4.9.b.

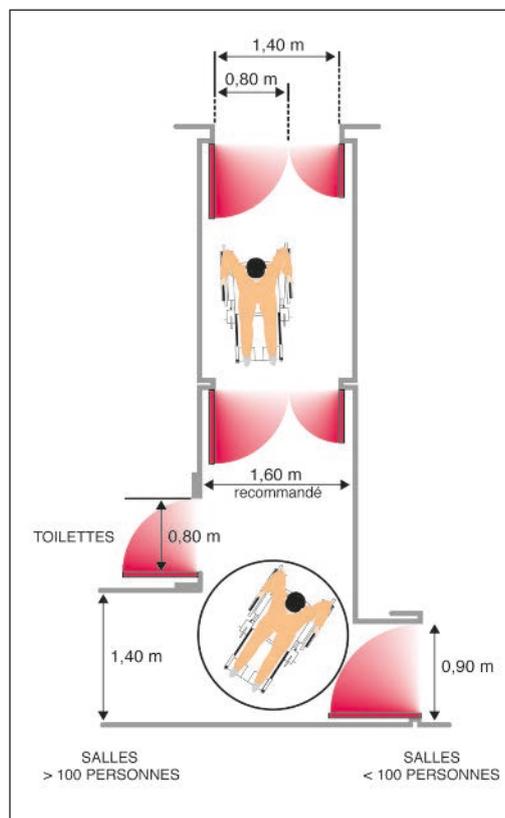


Figure 4.9.c.

## BIBLIOGRAPHIE

- Code du travail, article R. 4214-26 concernant les aménagements pour personnes handicapées.
- Arrêté du 27 juin 1994 relatif aux dispositions destinées à rendre accessibles les lieux de travail aux personnes handicapées (JO du 18 juillet 1994).
- Arrêté du 1<sup>er</sup> Août 2006 relatif à l'accessibilité des ERP et IOP aux personnes handicapées. Ministère de l'Emploi et de la Cohésion sociale.
- Arrêté du 11 septembre 2007 relatif à la vérification de conformité des travaux de construction avec les règles d'accessibilité aux personnes handicapées. Ministère de l'écologie.
- Arrêté du 30 novembre 2007 modifiant l'arrêté du 1<sup>er</sup> Août 2006 (voir ci-dessus). Ministère du logement et de la ville.
- Guide 71 ISO-IEC : Principes directeurs dans la normalisation pour répondre aux besoins des personnes plus âgées et celles ayant des incapacités. AFNOR.
- NF EN 547 - Sécurité des machines - Mesures du corps humain. Partie 1, 2, 3. AFNOR, 2008.
- NF EN 547-1 - Dimensions des accès aux machines et installations. AFNOR, 2008.
- NF X 35-102 - Conception ergonomique des espaces de travail en bureaux. AFNOR, 1998.
- L'aménagement des bureaux. INRS, ED 23, 2003.
- Conception et aménagement des postes de travail. INRS, ED 79, 1999.
- La circulation en entreprise. INRS, ED 975, 2006.
- Concevoir un espace public accessible à tous. CSTB, 2002.
- Louis-Pierre GROSBOS - Handicap et construction. Le Moniteur, 2008.
- Établissement d'un plan de circulation sur les lieux de travail. Recommandation CNAM R 259. INRS, 1985.

Pour les personnes aveugles ou malvoyantes, il est recommandé de créer un chemin de guidage. Le choix du revêtement doit fournir une sensation de guidage sécurisante.

### 4.2.2.3 Dégagements d'évacuation en cas d'incendie

Pour permettre une évacuation sûre et rapide du personnel, les bâtiments comporteront un nombre et un emplacement des issues de secours appropriés aux risques, des passages et des escaliers de largeur suffisante, des moyens d'évacuation complémentaires (échelles, marches, descendeurs) et des installations d'éclairage de sécurité (autonomie > 1 h) conformes à la réglementation. Les maîtres d'ouvrage doivent tenir compte de ces données lors de la construction des lieux de travail ou lors de leurs modifications, extensions ou transformations. Le Code du travail définit le nombre et la largeur minimale des dégagements (portes, couloirs, circulation, escaliers, rampes) permettant une évacuation rapide de tous les occupants en fonction de l'effectif de l'établissement (voir tableau 4.3).

En outre, dans les locaux où sont entreposés ou manipulés des matières ou produits facilement inflammables ou susceptibles de prendre feu au contact d'une flamme ou d'une étincelle et de propager rapidement l'incendie, aucun poste habituel de travail ne doit se trouver à plus de 10 mètres d'une issue donnant sur l'extérieur ou sur un local donnant lui-même sur l'extérieur (art.

R. 4227-24 du Code du travail). Dans le cas où le risque d'incendie est susceptible de se transformer en risque d'explosion, il est préférable que l'issue donne directement sur l'extérieur.

À noter de plus que dans les locaux à atmosphère explosible, l'employeur est tenu de prendre des dispositions permettant d'alerter les travailleurs par des signaux optiques et acoustiques pour leur permettre d'évacuer avant que les conditions d'une explosion ne soient réunies (dispositifs de détection d'atmosphère à seuil(s) de pré-alarme et/ou d'alarme).

La conception des bâtiments doit ainsi permettre :

1. l'évacuation rapide de la totalité des occupants dans des conditions de sécurité maximales ;
2. l'accès de l'extérieur et l'intervention des services de secours et de lutte contre l'incendie ;
3. la limitation de la propagation de l'incendie à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment.

Le tableau 4.4 ci-contre fournit les données réglementaires concernant les dégagements pratiques pour personne en fauteuil roulant.

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 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 par l'encadré ci-dessous.

Tableau 4.3. Nombre et largeur des dégagements (article R. 4216-8).

EFFECTIF	NOMBRE DE DÉGAGEMENTS RÉGLEMENTAIRE	LARGEURS MINIMALES DES DÉGAGEMENTS
Moins de 20	1	0,90 m
20 à 50	1 + 1 dégagement accessoire (a)	0,90 m + (a)
	ou 1 (b)	1,40 m
51 à 100	2	0,90 m et 0,90 m
	ou 1 + 1 dégagement accessoire (a)	1,40 m + (a)
101 à 200	2	0,90 m et 1,40 m
201 à 300	2	(0,90 m et 1,80 m) ou (1,40 m et 1,40 m)
301 à 400	2	(0,90 m et 2,40 m) ou (1,40 m et 1,80 m)
401 à 500	2	(0,90 m et 3,00 m) ou (1,40 m et 2,40 m) ou (1,80 m et 1,80 m)

(a) Dégagement accessoire (balcon, terrasse, échelle fixe ou circuit de circulation rapide) d'une largeur minimale de 0,60 m.

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

Concernant les locaux situés en sous-sol 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.

## BIBLIOGRAPHIE (suite)

■ Guide pratique des transports. Fédération nationale des travaux publics, 2004.

■ Incendie et lieux de travail. Le point des connaissances sur... INRS, ED 5005, 2003.

Tableau 4.4. Dégagements praticables pour personne en fauteuil roulant (*arrêté du 27 juin 1994*).

**Largeur mini. des cheminements :** 1,40 m

**Largeur mini. des portes :**

- 1,40 m pour local capable d'accueillir plus de 100 personnes, et l'un des vantaux doit avoir une largeur mini de 0,80 m ;
- 0,90 m pour local capable d'accueillir moins de 100 personnes ;
- 0,80 m pour local de moins de 30 m<sup>2</sup>.

**Longueur mini. des paliers de repos,** devant chaque porte, en haut et en bas de chaque plan incliné, et à l'intérieur de chaque sas : 1,40 m hors débattement des portes.

**Pente maxi. longitudinale des plans inclinés :** 5 % chaque fois que techniquement possible.

**Tolérances en cas d'impossibilité technique :**

- 8 % sur une longueur inférieure à 2 m ;
- 12 % sur une longueur inférieure à 0,50 m.

**Pente maxi-transversale** des cheminements : 2 %

**Pentes avec ressauts multiples** dites « pas d'âne » interdites.

**Hauteur maxi. des ressauts,** là où ils sont inévitables :

- 2 cm maxi. avec bord arrondi ou en chanfrein ;
- 4 cm maxi. avec chanfrein « à un pour trois » (ressaut 3 fois plus long que haut).

**Distance mini entre deux ressauts :** 2,50 m.

### **Distances maxi particulières à parcourir pour évacuer (Code du travail, articles R. 4216-11 et R. 4227-25)**

- Pour gagner un escalier en étage ou en sous-sol : 40 m maxi.
- Pour rejoindre une sortie donnant sur l'extérieur depuis le débouché au niveau du rez-de-chaussée d'un escalier : 20 m maxi.
- 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 à risque 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 maxi.

# Ambiances physiques de travail

# 5

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

Le traitement des ambiances physiques 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'efficacité du travail.

## 5.1 Le bruit

### 5.1.1 Données générales sur le bruit

**La sensation de bruit** : le bruit est un phénomène acoustique, un son qui produit une sensation considérée comme désagréable ou gênante. Les bruits audibles à l'oreille humaine correspondent à des fréquences allant de 16 Hertz à 16 000 Hertz (cycles de vibrations produits par un bruit en une seconde) et à une échelle de niveaux d'intensité sonore allant de 0 dB (seuil d'audibilité) à 140 dB (seuil de douleur), en passant par les seuils de gêne puis de risque de détérioration de l'ouïe. 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 moins bien perçus que les fréquences médianes (voir directive européenne n° 2003/10/CE du 6 février 2003). 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 industriels sur la cochlée.

**Le bruit en tant que support d'information utile ou de nuisance** : le bruit peut être porteur d'informations utiles à un opérateur (bruit qualifié « d'informel ») pour prendre une décision d'action, prévenir un incident ou un accident. Agir sur le bruit requiert ainsi de faire une analyse préalable de l'activité réelle de travail, en concertation avec les personnes exposées au bruit, afin de ne pas supprimer totalement une source d'information significative pour ces personnes.

La sensation de gêne due au bruit dans une tâche d'attention, ou de concentration mentale et de réflexion (c'est-à-dire à forte composante cognitive) est d'autant plus marquée s'il s'agit de bruits soudains et aléatoires, voire même d'un bruit

continu de faible intensité comme celui d'une unité centrale ou d'une imprimante... Le niveau de bruit de fond acceptable dans un lieu où s'exerce une activité à forte composante cognitive ne doit pas excéder 53 dB(A). À l'inverse, d'un point de vue psychologique, des valeurs inférieures à 40 dB(A) sont associées à un sentiment de monotonie.

Les bruits et les informations transmis peuvent devenir inintelligibles si le bruit de fond est tel qu'il couvre la voix humaine. La voix normale (ni forte, ni criée) a un niveau d'intensité sonore compris généralement entre 60 et 70 dB(A) et est compréhensible si le bruit environnant est plus faible. L'inverse permet d'ailleurs de faire une évaluation approximative du niveau de bruit d'un local, car s'il est nécessaire de parler à voix forte ou de crier pour se faire entendre par un interlocuteur situé à environ 1 m, c'est que le niveau du bruit ambiant s'évalue à une valeur supérieure à 70 dB(A).

Lors d'un échange parlé et pour une bonne compréhension, un écart de 30 dB avec le niveau de bruit ambiant est parfois nécessaire (cas des communications téléphoniques dans les centres d'appels, par exemple).

La surdité lésionnelle se manifeste d'abord par un déficit auditif dans les fréquences situées autour des 4 000 Hertz, sans pour autant nécessairement résulter d'une exposition à ces fréquences. Plus le déficit auditif s'accroît pour cette fréquence et plus il s'élargit au cours du temps gagnant insidieusement en direction des fréquences plus basses. La prise de conscience effective de la perte d'audition n'intervient chez l'individu qu'à partir du moment où les fréquences conversationnelles (500 à 2 000 Hertz) sont atteintes. L'audition peut aussi être affectée par des fréquences aiguës ou, à l'inverse, par les basses fréquences lorsque celles-ci sont dominantes.

**Les exigences de la réglementation** : elles sont basées sur la comparaison de l'exposition sonore du salarié à différents seuils : si ces seuils sont dépassés, des actions de prévention doivent être entreprises (voir dossier « Le bruit », [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)).

L'exposition est évaluée à partir de deux paramètres :  
 - l'exposition « moyenne » sur 8 heures (notée Lex, 8 h) ;  
 - le niveau de bruit impulsionnel maximal, dit « niveau crête » (noté Lp, c.)

Chacun de ces deux paramètres est comparé à 3 seuils :

- valeur d'exposition inférieure déclenchant l'action (VAI) : c'est le seuil le plus bas ; il déclenche les premières actions de prévention ;
- valeur d'exposition supérieure déclenchant l'action (VAS) : c'est le 2<sup>e</sup> seuil ; des actions correctives doivent être mises en œuvre ;
- valeur limite d'exposition (VLE) : ce troisième seuil est un élément nouveau dans la réglementation. Il ne doit être dépassé en aucun cas. À la différence des seuils précédents, il prend en compte l'atténuation du bruit apportée par les protecteurs individuels.

Le tableau 5.0 ci-après donne les valeurs de ces seuils pour chacun des deux paramètres d'exposition.

Le bruit est l'une des nuisances les plus répandues. Elle affecte la quasi-totalité des secteurs et particulièrement le secteur industriel. On estime à 1,7 million le nombre de personnes exposées en France dans le cadre de leur travail à des niveaux sonores dangereux. La surdité professionnelle vient au troisième rang des maladies professionnelles annuellement reconnues.

Ses conséquences pour ceux qui en sont victimes ne sont généralement pas appréciées avec la gravité nécessaire. Ainsi, le coût direct d'une surdité

professionnelle se chiffre en moyenne aux environs de 80 000 € par individu.

L'employeur est tenu de réduire le bruit au niveau le plus bas raisonnablement possible compte tenu de l'état des techniques (article R. 4213-5 du Code du travail), en accordant la priorité aux techniques d'insonorisation au plus près de la source (principe général de prévention, article L. 4121-2) chaque fois que le traitement à la source est réalisable. Il est plus efficace et moins coûteux que les autres modes de traitement.

**Le traitement acoustique des locaux** est une obligation légale fixée au maître d'ouvrage pour les locaux où doivent être installés des équipements créant une exposition sonore quotidienne supérieure à 85 dB(A) (article R 4213-5 et arrêté du 30 août 1990), c'est-à-dire dans tout cas où les techniques d'insonorisation au plus près de la source ne permettraient pas de réduire à elles seules cette exposition en dessous de 85 dB(A). Dans un tel cas, il est recommandé d'intégrer le traitement acoustique directement dans la conception même des locaux (voir § 5.1.3.4 et § 5.1.4), à défaut de quoi les investissements à effectuer pour réaliser la correction acoustique du local réverbérant s'élèveraient à deux ou trois fois le coût d'une bonne prévention intégrée.

Pour aboutir, dans un atelier ou un local industriel, à un niveau de bruit acceptable, il ne suffit pas, sauf cas exceptionnel, de prévoir de diminuer le bruit d'une machine.

Un cahier des charges établi sur une mise en correspondance des résultats d'une analyse préalable des activités de travail, d'une simulation de l'activité future de travail et d'un diagnostic de l'ambiance sonore permettra d'élaborer un plan d'action méthodique.

L'acoustique prévisionnelle permet de choisir les moyens d'action les mieux adaptés au traitement acoustique des locaux.

Tableau 5.0. Valeur des seuils pour une exposition moyenne et niveau de crête correspondant.

SEUILS	EXPOSITION MOYENNE (LEX, 8 H)	NIVEAU DE CRÊTE (LP, C)
Valeur d'exposition inférieure déclenchant l'action (VAI)	80 dB (A)	135 dB (C)
Valeur d'exposition supérieure déclenchant l'action (VAS)	85 dB (A)	137 dB (C)
Valeur limite d'exposition (VLE*)	87 dB (A)	140 dB (C)

\* En tenant compte des protecteurs individuels contre le bruit (PICB).

## 5.1.2 L'acoustique prévisionnelle intérieure

L'intérêt majeur de l'acoustique prévisionnelle intérieure réside dans le fait qu'elle permet, par simulation informatisée de la propagation et de la réverbération sonore (voir figure 5.1), de prédire quantitativement l'efficacité (ou l'insuffisance) du traitement acoustique anti-réverbérant (voir § 5.1.3.4) d'un local avant même de le construire

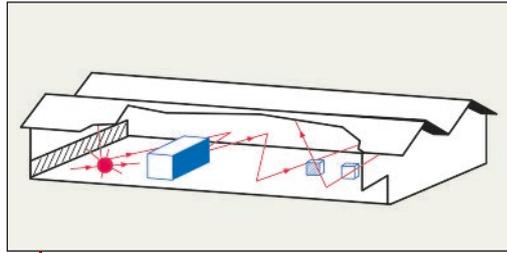


Figure 5.1. Prédiction du bruit à l'intérieur d'un local.

ou de le transformer.

Beaucoup de bureaux d'études spécialisés en acoustique industrielle utilisent à cet effet des outils logiciels tels que RAYPLUS Acoustique créé par l'INRS et mis à disposition des CRAM (Centres de mesures physiques) et des professionnels (écrire à : rayplus.acous@inrs.fr).

Pour vérifier l'efficacité prévisible d'un projet de traitement acoustique d'un local, les logiciels de ce type permettent de fournir 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 même à un stade où les caractéristiques (puissance acoustique, position) des machines amenées à être installées dans le local sont inconnues lors de l'étude d'acoustique. Les minima de

décroissance exigés par la réglementation sont cités ci-après au § 5.1.3.4 *Traitement acoustique du bâtiment*.

- Ensuite, des cartes de bruit prédisant, selon les solutions envisagées de traitement du même local et/ou d'implantation des machines, soit les niveaux sonores équivalents en divers points du local, soit les cartes des gains entre les niveaux sonores.

Le recours à l'acoustique prévisionnelle, associée à une simulation de l'activité future de travail, est 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. À noter que dans le cas d'un bâtiment à construire, cette optimisation peut même porter directement sur le choix des matériaux de construction (voir, par exemple, le système de couverture thermo-acoustique de la figure 5.4).

Dans le cas d'un bâtiment réverbérant, cette optimisation porte néanmoins sur le choix des matériaux additionnels de correction acoustique (par exemple, baffles suspendus, revêtements de parois).

## 5.1.3 Les différents moyens d'insonorisation

Les solutions possibles d'insonorisation, telles que présentées sur la figure 5.2, sont nombreuses et doivent être adaptées à chaque cas (voir aussi Bibliographie, ED 997).

### 5.1.3.1 Réduction du bruit à la source

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

- en indiquant les niveaux de bruit acceptables comme critères contractuels dans les cahiers des charges ;
- en choisissant, chaque fois que cela est pos-

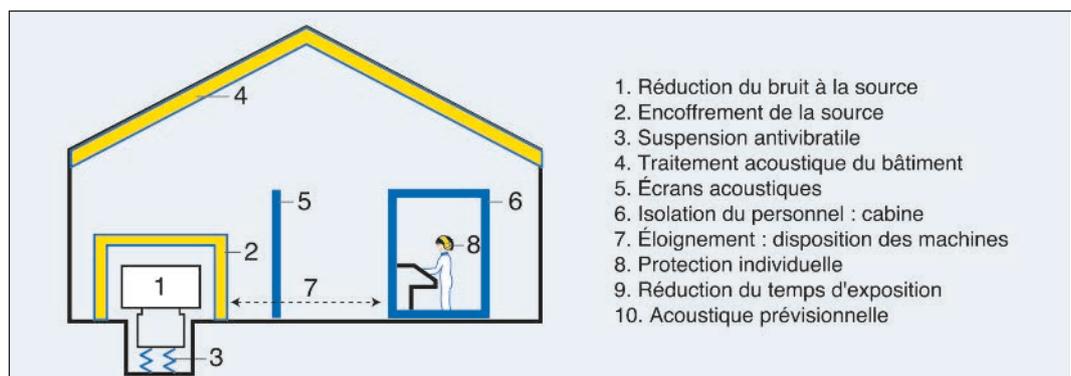


Figure 5.2. Différentes solutions d'insonorisation.

sible, des machines silencieuses d'origine ;

- en veillant à l'équilibrage et à la maintenance des parties tournantes ;
- 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 bruits).

### 5.1.3.2 Encoffrement de la source

Lorsque les impératifs d'accès et de fonctionnement de la machine le permettent – c'est le cas des machines automatiques –, l'encoffrement intégral de la machine constitue une très bonne solution à condition que certaines règles soient respectées : parois de masse surfacique suffisante et bien amorties, mise en place de matériaux absorbants sur les parois internes, traitement des ouvertures, précautions pour éviter les ponts phoniques et les orifices de fuite, découplage anti-vibratile de l'encoffrement par rapport à la machine, ventilation insonorisée... Notons que les types d'encoffrement que l'on trouve dans le commerce apportent un affaiblissement de l'ordre de 20 dB(A).

Lorsque des équipements ou machines bruyantes dégagent une quantité de chaleur telle que l'insonorisation ne peut être réalisée par un encoffrement à ventilation et/ou autre moyen de refroidissement insonorisé, il est nécessaire de recourir aux autres modes d'insonorisation évoqués dans ce chapitre. En revanche, lorsqu'un tel encoffrement est réalisable, il protège du même coup l'opérateur contre l'excès de chaleur.

### 5.1.3.3 Suspensions anti-vibratiles

Les suspensions anti-vibratiles peuvent être complémentaires aux autres solutions. En tant qu'élément du dispositif insonorisant destiné à amortir les vibrations et à éviter les transmissions solidiennes, elles doivent être étudiées en même temps que ces solutions. 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 bonne suspension anti-vibratile permet d'obtenir une atténuation des vibrations pouvant dépasser 90 % lorsque la fréquence des vibrations dominantes à amortir est supérieure à 4 fois la fréquence propre d'oscillation conférée par la suspension à l'ensemble formé par la machine et la suspension. 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 à cette fréquence propre qui

constitue un seuil à risque d'entrée en résonance.

### 5.1.3.4 Traitement acoustique du bâtiment

La méthode consiste à revêtir le plafond et éventuellement les murs à l'aide de matériaux absorbants (essentiellement fibreux ou poreux). Cela permet de diminuer la réverbération d'un local et, par là même, de limiter la propagation du bruit d'une zone de travail vers une autre.

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

- les minima de décroissance sont fixés pour les locaux en situation de mise en service à des valeurs d'au moins 3 à 4 dB(A) selon la superficie du local (arrêté du 30 août 1990) ;
- le maximum réalisable par traitement poussé sur plafond et murs permet, en cas de besoin, d'atteindre la performance de 6 dB(A) par doublement de distance.

Dans tous les cas, l'efficacité prévisible d'un traitement anti-réverbérant est à évaluer au moyen d'une étude d'acoustique prévisionnelle, laquelle peut être réalisée avec le logiciel RAYPLUS (voir § 5.1.2) ou tout autre outil dédié.

Il est à noter que, dans les industries agroalimentaires, la nécessité du nettoyage poussé des parois demande l'utilisation de matériaux spéciaux (voir § 5.1.6). L'optimisation du choix d'un matériau absorbant est traitée au § 5.1.4 *Conception d'un nouveau bâtiment et insonorisation*.

### 5.1.3.5 Écrans acoustiques

La pose d'écrans est toujours complémentaire au traitement acoustique, sachant aussi qu'il faut éviter d'installer un écran acoustique dans un local réverbérant. Dans ce dernier cas, en effet, les écrans ne pourraient arrêter que le bruit se propageant par voie directe et seraient inefficaces pour atténuer les bruits réfléchis par les surfaces réverbérantes.

Pour être efficace, la hauteur de l'écran doit dépasser assez nettement les hauteurs des émetteurs et des récepteurs.

### 5.1.3.6 Éloignement et disposition des machines

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.

#### 5.1.3.7 Isolation du personnel en cabine

Lorsque l'isolation acoustique des machines par encoffrement intégral ne peut être envisagée, l'isolation du personnel en cabine ou en box insonorisé est conseillée. Outre ses qualités acoustiques, une telle cabine devra comporter une bonne ventilation ou 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 l'ouverture des portes de la cabine et replacerait le personnel en ambiance sonore élevée.

#### 5.1.3.8 Isolation d'une machine ou d'un équipement bruyant dans un local spécifique

L'isolation dans un local spécifique est un mode d'encoffrement particulier adapté aux cas :

- d'équipements à fonctionnement autonome (par exemple, compresseur, groupe électrogène, centrale d'aspiration...);
- de machines alimentées, commandées et surveillées depuis l'extérieur (par exemple, broyeur, machine à fabriquer des moellons...).

Ce mode d'insonorisation est toujours complété par celui de découplages anti-vibratiles des machines, des canalisations, etc.

La conception du local nécessite le respect des règles déjà évoquées au § 5.1.3.2 *Encoffrement de la source*. Du fait même que le moindre mur traditionnel de briques ou de 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 obtient une efficacité généralement très supérieure à celle d'un encoffrement du commerce, même si cette dernière est quelque peu amoindrie au voisinage des portes d'accès nécessitant, en cas de besoin, la création d'un sas. Pour des masses surfaciques différentes, se reporter à la rubrique *Choix d'un matériau isolant* du § 5.1.4.4.

#### 5.1.3.9 Réduction du temps d'exposition

Il est à rappeler que l'on diminue de 3 dB(A) le niveau d'exposition sonore chaque fois que l'on divise le temps d'exposition par deux. Cette règle permet d'aménager en conséquence le temps de travail du personnel exposé, par exemple rotation du personnel toutes les heures

à un poste de travail où le niveau continu équivalent serait de 93 dB(A).

#### 5.1.3.10 Protection individuelle

Des protecteurs individuels doivent être mis à la disposition du personnel chaque fois que, en l'absence de toute possibilité de mise en place des mesures de protection collective, les niveaux continus équivalents relevés dans les ateliers sont supérieurs à 85 dB(A). Le seuil de 85 dB(A) est abaissé à 80 dB(A) au 15 février 2006, date limite de la transposition de la directive européenne 2003/10/CE du 6 février 2003 (voir tableau 5.0).

### 5.1.4 Conception d'un nouveau bâtiment et insonorisation

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.

Les solutions permettant de réduire les sources sonores doivent être recherchées en premier. En cas d'impossibilité et lorsque le niveau de bruit auquel les travailleurs risquent d'être exposés est supérieur à 85 dB(A), il convient de chercher à réduire la réverbération du bruit sur les parois et à limiter la propagation du bruit vers les autres locaux occupés par des travailleurs (article R. 4213-5 du Code du travail).

La conception du bâtiment dépendra ainsi de la nature des sources de bruit, des bruits prévisibles transmis par l'air et par les structures (sols, parois...).

L'implantation des locaux et des postes de travail, le choix des matériaux, la structure des bâtiments, les équipements techniques (voir figure 5.3) sont autant de points sensibles à traiter.

#### 5.1.4.1 L'implantation des locaux et postes de travail

La séparation des machines bruyantes et des postes de travail est à rechercher. Les zones de stockage pourront par exemple être disposées de telle sorte qu'elles créent des espaces tampons entre zones de travail, limitant ainsi l'augmentation des bruits et facilitant la mise en place d'écrans. Des locaux spécifiques seront prévus pour les compresseurs, broyeurs ou autres machines et installations bruyantes.

#### 5.1.4.2 Le choix des matériaux

Lors de la conception, il est recommandé de

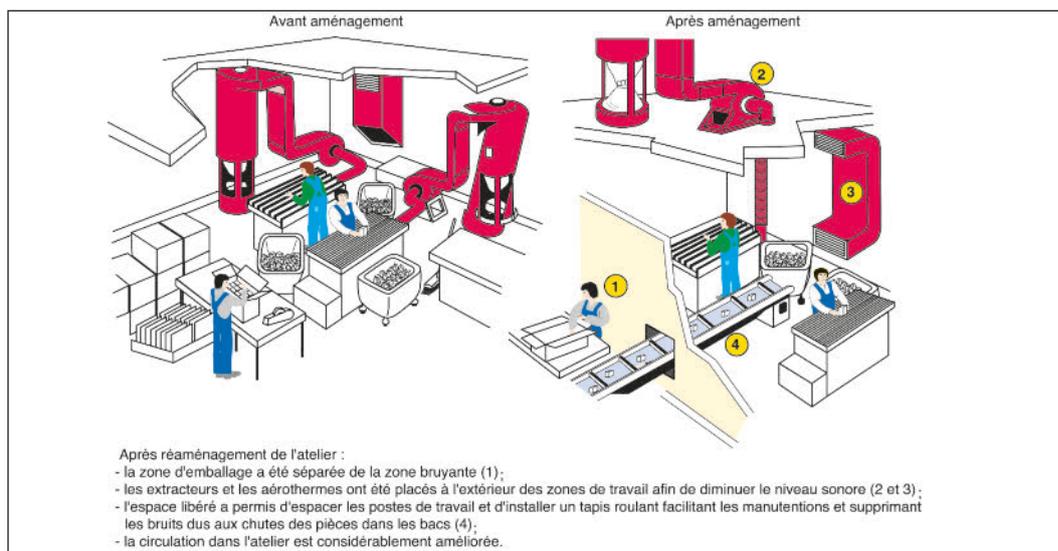


Figure 5.3. Réaménagement d'un atelier bruyant.

choisir des matériaux qui répondent à plusieurs fonctions, par exemple d'absorption ou d'affaiblissement acoustique, d'isolation thermique, de réflexion et de rendu des couleurs.

Le surcoût est toujours faible, voire nul, ce qui n'est pas le cas lorsque les problèmes doivent être traités ultérieurement. Il faut noter qu'un matériau performant en acoustique est souvent un bon isolant thermique. En revanche, l'inverse n'est pas vrai : ainsi les polystyrènes expansés et les mousses rigides à pores fermés dégradent souvent les performances acoustiques de la paroi qu'ils recouvrent.

En matière d'insonorisation d'un bâtiment, on distingue :

- l'absorption sonore et les matériaux absorbants qui ont notamment pour fonction de réduire l'énergie sonore amplifiée par la réflexion d'un

bruit sur la face exposée d'une paroi,

- l'isolation sonore et les matériaux isolants qui ont pour fonction de réduire le niveau du bruit qui traverse une paroi créée avec un tel matériau.

### 5.1.4.3 Choix d'un matériau absorbant

Le choix peut être optimisé selon la méthodologie suivante.

#### Étape 1

En phase de conception, retenir dans tous les cas des matériaux caractérisés par des coefficients d'absorption sonore (dits « Alpha sabine ») aussi élevés que possible. Ces coefficients d'absorption sont fournis par les fabricants de matériaux acoustiques. Lorsque plusieurs matériaux forment un ensemble, ces coefficients caractérisent

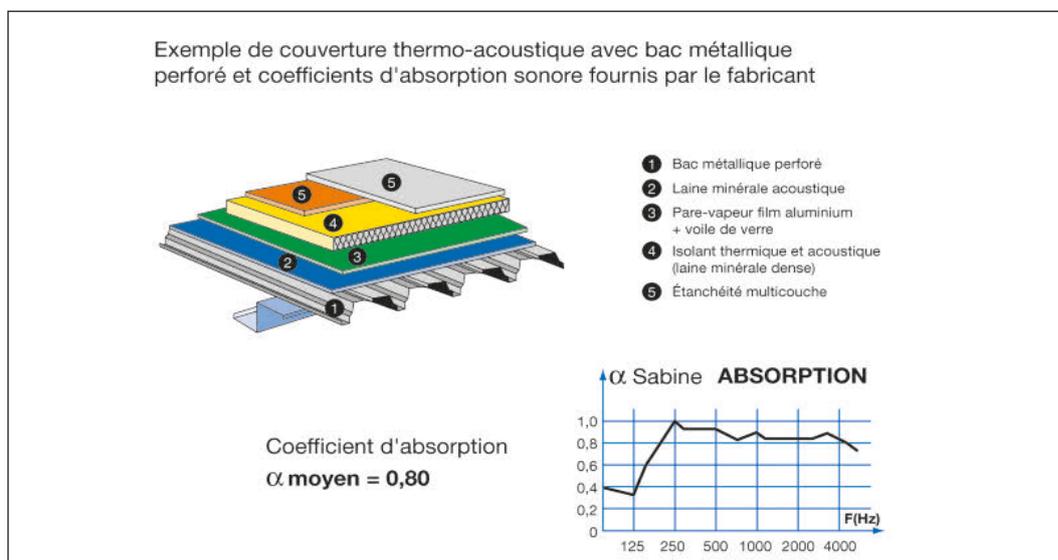


Figure 5.4. Exemple de courbe Alpha Sabine caractérisant la performance d'absorption sonore résultant de la réunion des matériaux constitutifs selon l'ordre de pose indiqué.

## BIBLIOGRAPHIE

- Directive 2003/10/CE du 6 février 2003 concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs au bruit.
- Arrêté du 30 août 1990 sur la correction acoustique des locaux de travail.
- Code du travail, article R. 4213-5.
- ISO 11690 - Acoustique. Pratiques recommandées pour la conception de lieux de travail à bruit réduit contenant des machines. AFNOR, 1996.
- NF S 31-084 - Méthode de mesurage des niveaux d'exposition au bruit en milieu de travail. AFNOR, 2002.
- Évaluer et mesurer l'exposition professionnelle au bruit. INRS, ED 6035, 2009.
- Techniques de réduction du bruit en entreprise. Exemples de réalisation. INRS ED 997, 2007.
- rayplus.acous@inrs.fr
- Réussir un encoffrement acoustique. INRS, ED 107, 2003.
- Exposition sonore des opérateurs des centres d'appels. INRS, NST 231, 2003.
- Étude du comportement acoustique des matériaux absorbants susceptibles d'être utilisés dans l'industrie alimentaire. INRS, ND 2010, 1996.
- Dossier « Le bruit » : [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)

l'ensemble (voir figure 5.4).

### Étape 2

Faire vérifier l'efficacité du traitement acoustique envisagé avec ce matériau par une étude d'acoustique prévisionnelle qui prend également en compte les autres caractéristiques du local (superficies des parois à coefficients d'absorption quasi nuls telles que sol béton ou carrelé, murs durs et lisses, vitrages, charpente métallique apparente...) pour prédire l'importance de la décroissance sonore résultante.

### Étape 3

Si l'efficacité du traitement se révèle insuffisante, alors l'acoustique prévisionnelle permet également de déterminer par avance l'efficacité des corrections envisagées (par exemple, choix d'un matériau plus performant, traitement acoustique d'appoint sur retombées de murs, baffles acoustiques d'appoint...).

### Étape 4

Lors du chantier, veiller au strict respect des conditions de mise en œuvre spécifiées par le fabricant des matériaux acoustiques. À titre d'exemple, dans le cas du système de couverture thermo-acoustique de la figure 5.4, une erreur de pose consistant à placer le pare-vapeur n° 3 en contact direct avec le bac métallique perforé n° 1 annulerait presque totalement l'efficacité annoncée au stade de la conception.

### Cas particulier des baffles suspendus de correction acoustique

Lorsque des impératifs autres qu'acoustiques (par exemple, exigence de stabilité ou de résistance au feu élevée) empêchent d'utiliser des matériaux multifonction avec isolation thermo-acoustique intégrée et amènent le concepteur d'un bâtiment à créer des locaux réverbérants par la nature des matériaux de construction employés (par exemple, béton, briques, parpaings), les baffles suspendus constituent l'ultime solution pour réaliser un traitement de correction acoustique. Il pourra s'agir de panneaux revêtus d'un feutre dans le cas de locaux où les conditions d'hygrométrie et de température évitent toute l'année le point de rosée, à défaut de quoi l'humidité liquéfiée imprégnerait les baffles et abaisserait leur efficacité acoustique.

Dans le cas particulier d'un matériau absorbant destiné au traitement acoustique de locaux de l'industrie alimentaire, se reporter aux indications complémentaires du § 5.1.6 *Entretien des moyens d'insonorisation*.

#### 5.1.4.4 Choix d'un matériau isolant

L'indice d'affaiblissement caractérise le gain en dB(A) qu'un matériau isolant procure en laboratoire entre un local d'émission et un local de réception. C'est le gain sonore maximal que l'on pourrait théoriquement atteindre. Pour éviter de perdre le bénéfice de ce gain-limite, il est indispensable que la paroi conçue avec le matériau ne comporte ni pont phonique, ni orifice de fuite, ce qui pourrait aller, selon les cas, jusqu'à annuler le gain espéré.

L'indice d'affaiblissement d'un matériau acoustique du commerce est fourni par son fabricant. En revanche, pour le cas des matériaux traditionnels de construction (béton, briques...), il est rappelé que l'indice d'affaiblissement acoustique d'une paroi simple augmente de 6 dB(A) dans la zone de comportement en masse lorsque :

- la masse unitaire de la paroi (en kg/m<sup>2</sup>) est multipliée par 2, ou
  - la fréquence du bruit (en Hz) est multipliée par 2.
- Sachant de plus qu'une paroi de 100 kg/m<sup>2</sup> a un indice d'affaiblissement de 40 dB(A) pour un bruit de 500 Hz, la règle précédente permet d'évaluer l'affaiblissement résultant quelle que soit la masse unitaire de la paroi ou la fréquence dominante du bruit.

Exemples de masses unitaires de parois épaisses d'1 cm : béton 23 kg/m<sup>2</sup>, plâtre 10 kg/m<sup>2</sup>, brique pleine 20 kg/m<sup>2</sup>, verre 25 kg/m<sup>2</sup>, pin ou sapin 4 kg/m<sup>2</sup>, bois contreplaqué ou en fibres compressées 6 kg/m<sup>2</sup>.

#### 5.1.4.5 La structure du bâtiment : sols, fondations, éléments porteurs

La conception des éléments de construction s'appuyant sur les sols doit assurer une bonne isolation anti-vibratile et éviter la transmission des vibrations notamment en montant les équipements bruyants sur des structures massives désolidarisées de la structure même des bâtiments.

Dans le cas courant d'une structure porteuse de pont(s) roulant(s) contiguë à une construction abritant une activité calme, on cherchera à la désolidariser, à partir des fondations et jusqu'au point le plus haut, de la construction.

#### 5.1.4.6 Les équipements techniques

Leur traitement est souvent facile et peu coûteux à la conception : les sources intenses telles que moteurs, pompes, compresseurs, centrales de traitement de l'air... peuvent être installées dans des locaux indépendants, les tuyauteries et les gaines peuvent être traitées pour éviter les propagations vers les locaux desservis.

La propagation des vibrations génératrices de bruit est à limiter autant que possible au droit des points particuliers tels que raccords de dilatation, supports de fixation et traversées de parois.

### 5.1.5 Conception ou achat d'une nouvelle machine

La conception ou l'achat d'une nouvelle machine est l'occasion de rechercher les équipements présentant les conditions de fonctionnement les plus silencieuses.

On tiendra compte des conditions réelles d'exploitation et des équipements périphériques : l'adjonction d'un ventilateur, les chocs sur une goulotte 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 des moyens de réduction de bruit, notamment à la source.

À noter que le fabricant est tenu de préciser dans la notice d'instructions les caractéristiques du bruit émis par une machine qu'il dépasse ou non 70 dB(A) (point 1.7.4 de l'annexe 1 liée à l'article R. 4312-1 du Code du travail).

Si une machine telle qu'un ventilateur ou un turbo-alternateur nécessite des fondations spé-

ciales 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 d'origine, il y a lieu d'en assurer l'insonorisation par les moyens cités aux paragraphes précédents. D'une manière générale, l'objectif à atteindre est d'assurer la protection collective des personnes.

### 5.1.6 Entretien des moyens d'insonorisation

Dispositions concourant à faciliter le nettoyage des moyens d'insonorisation :

- réduction à la source des émissions salissantes chaque fois que possible ;
- prévision d'aménagements ou de moyens mobiles permettant l'accès en sécurité des parois à nettoyer ;
- choix de matériaux d'insonorisation en fonction de leur exposition aux salissures.

En ce qui concerne le cas le plus délicat représenté par le choix de matériaux absorbants destinés au traitement acoustique de locaux de l'industrie alimentaire, il y a lieu de noter que, même dans ce cas, la nettoyabilité ne s'oppose pas aux exigences d'insonorisation.

La note documentaire INRS ND 2010 (voir bibliographie) conclut à cet effet que le choix se limite à deux catégories de matériaux :

- les matériaux absorbants revêtus d'une pein-

## 5.2 L'éclairage

### 5.2.1 Généralités

#### 5.2.1.1 Lumière et vision

La rétine est constituée de cellules photoélectriques appelées cônes et bâtonnets. Les cônes sont activés dans la journée (vision photopique) et les bâtonnets, la nuit (vision scotopique). La sensibilité de l'œil aux couleurs change selon qu'il s'agit d'une vision de jour ou de nuit. Ainsi, la sensibilité est maximale dans le jaune-vert en vision de jour et dans le bleu-vert en vision de nuit.

**Hors bâtiments**, l'œil peut rencontrer des niveaux d'éclairement très différents dont les extrêmes vont de 0,2 lux (clair de pleine lune) à 100 000 lux

(luxmètre face au soleil culminant d'été). Entre ces extrêmes, l'œil s'adapte à des niveaux d'éclairement diffusés par la voûte céleste qui peuvent varier entre 5000 lux (hiver) et 30 000 lux (été).

**À l'intérieur des bâtiments**, priorité doit être donnée à l'éclairage naturel pour satisfaire au plus près des critères de confort et de sécurité au travail, sachant que l'éclairage artificiel n'est qu'un éclairage de compensation.

Le confort visuel est également 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 est une condition nécessaire à la sécurité.

L'éblouissement causé par la surexposition d'une partie de la rétine doit être évité. Pour les niveaux les plus faibles, notamment à l'intérieur des bâtiments, les facultés de l'œil – notamment la rapidité de perception et l'acuité visuelle de discernement – diminuent notablement.

La rapidité de perception, à savoir la durée minimale de présentation d'un signal pour qu'il soit perçu, varie non seulement en fonction du niveau d'éclairement mais du rapport de luminance entre la cible et l'environnement. 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, la conception de situations de travail adaptées exige de prendre en compte les besoins spécifiques liés à l'exercice de certaines professions, sachant que, à partir de 40-45 ans et de façon générale, 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 ainsi 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.

Il est à souligner que les besoins de lumière et de vision sont conditionnés par le contenu du travail, c'est-à-dire par la nature de l'activité réelle déployée et par les variations de cette même activité au cours du temps. Les critères de variabilité interindividuels doivent eux-mêmes être pris en compte, sachant notamment que la moitié de la population active présente au moins une anomalie du système visuel : myopie, hypermétropie, astigmatisme, presbytie, troubles de la vision binoculaire, troubles de la vision des couleurs... D'où la nécessité de développer une démarche rigoureuse de conception des situations de travail visant à rechercher les meilleurs compromis à partir de l'expression des besoins réels individuels en matière d'éclairage naturel et artificiel.

### 5.2.1.2 Démarche de conduite d'un projet

Dès la phase de programmation, il convient de croiser les différents déterminants permettant d'assurer les besoins de vision, à savoir :

- l'éclairage naturel ;
- l'aménagement de fenêtres offrant la vue sur

l'extérieur à hauteur des yeux ;

- le choix des protections solaires ;
- la teinte des parois internes des locaux ;
- l'éclairage artificiel intérieur : éclairage général, éclairage localisé, éclairage de sécurité ;
- l'éclairage artificiel extérieur ;
- l'éclairage de sécurité...

La définition des besoins requiert de bien prendre en compte les exigences de sécurité lors de la maintenance (accessibilité, protection contre les chutes de hauteur...).

Elle nécessite la mise en œuvre d'études prévisionnelles d'éclairage se donnant pour objectifs de :

- définir les niveaux d'éclairement adaptés aux 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 suffisante ;
- éviter l'éblouissement ;
- faciliter la maintenance.

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.

### 5.2.1.3 Niveaux d'éclairement de valeur adaptés aux tâches à effectuer

Il convient de préciser, pour chaque situation de travail, la nature de l'activité et les contraintes visuelles correspondantes. Le tableau 5.1 indique pour quelques types d'espace, activité ou local, les niveaux moyens d'éclairement à maintenir.

En revanche, pour réduire l'importance de l'éclairement 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). Cet engagement autorise l'éclairagiste à définir un facteur de maintenance plus faible que le facteur d'empoussièrement 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 suivant 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 ;

Tableau 5.1. Niveaux d'éclairage 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	100 lux
Zones de circulation de véhicules - Quais de chargement - Escaliers	150 lux
Vestiaires - Lavabos - Cantines - Toilettes - Archives	200 lux
Usinage grossier de métaux avec tolérances $\geq 0,1$ mm - Soudage Zones de manutention, d'emballage et d'expédition d'entrepôts Travail sur écran d'ordinateur	300 lux
Bureaux - Salles de réunion - Infirmerie - Salle de soins - Cuisines de restauration Usinage, polissage de métaux avec tolérances $< 0,1$ mm Travail du bois sur machines - Caissières de magasins de vente	500 lux
Travaux de couture textiles - Bureaux de dessin industriel	750 lux
Travaux de peinture sur véhicules	750 à 1000 lux
Tâches de mise au point d'électroniques - Travail manuel sur montres Stoppage sur tissus Contrôle des couleurs en polychromie d'impression	1500 lux
Travaux de gravure sur acier et sur cuivre	2000 lux
Des éclairages supérieurs à 2000 lux sont recommandés pour certaines activités médicales	> 2000 lux

\* **Éclairage moyen à maintenir** : c'est l'éclairage moyen, juste encore acceptable avant une intervention d'entretien par nettoyage des luminaires complété ou non par le remplacement simultané des lampes. C'est la valeur d'éclairage qui sert de base pour le calcul de l'éclairage moyen initial ci-après.

**Éclairage moyen initial** : c'est l'éclairage moyen lorsque l'installation est neuve, à savoir la valeur prise en compte dans les calculs de dimensionnement de l'installation.

**À titre indicatif**, en l'absence d'un plan de maintenance, l'éclairage moyen initial doit être de :

- **1,5 fois** l'éclairage moyen « à maintenir » pour des locaux dits à « faible empoussièrément » (par exemple, bureaux, laboratoires, locaux hospitaliers, montages électroniques...), le terme d'empoussièrément étant pris ici au sens des éclairagistes et non forcément au sens des pollutions spécifiques du Code du travail ;
- **1,75 fois** l'éclairage moyen « à maintenir » pour des locaux dits à « empoussièrément moyen » (par exemple, boutiques, restaurants, entrepôts, magasins, ateliers d'assemblage...);
- **2 fois** l'éclairage moyen « à maintenir » pour des locaux dits à « empoussièrément élevé » (par exemple, aciéries, fonderies, polissage, menuiseries...).

■ un « facteur de survivance des lampes » qui dépend de la fréquence de remplacement des lampes.

#### 5.2.1.4 Couleurs d'ambiance

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 § 8.9).

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, à organiser l'espace ;
- du point de vue esthétique, elles permettent

de créer un environnement coloré agréable et harmonieux ;

- leur rôle dans le maintien de la propreté des locaux est important.

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 ainsi de distinguer les couleurs d'ambiance – qui jouent en tant que facteur psychologique – des caractéristiques photométriques des surfaces (parois et surfaces intérieures) qui caractérisent le comportement des couleurs et de leur état de surface à la lumière (facteur de réflexion et type de réflexion).

Le choix des couleurs joue notamment un rôle important dans l'éclairage des zones de travail par leur pouvoir réfléchissant (voir figure 5.5).

Une ambiance colorée agréable va de pair avec une palette réduite de couleurs, en utilisant les principes d'opposition et de complémentarité des couleurs (par exemple entre les murs et les matériaux 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 bien pour les plans de travail de bureaux 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 entouré 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 L'éclairage artificiel

L'objectif de l'éclairage artificiel est de compenser les variations d'éclairement naturel produites par les fluctuations climatiques et temporelles 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.

### 5.2.2.1 Éclairage général - Éclairage localisé : répartition et uniformité d'éclairement

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

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

La valeur de 20 lux a été retenue par la normalisation comme la valeur la plus faible dans l'échelle des éclairagements recommandés. Ces éclairagements progressent avec un facteur d'environ 1,5 représentant la plus petite différence significative dans la sensation d'un changement d'éclairement, en conséquence de quoi la norme EN 12464-1 propose l'échelle suivante des éclairagements recommandés : 20 - 30 - 50 - 75 - 100 - 150 - 200 - 300 - 500 - 750 - 1000 - 1500 - 2000 - 3000 - 5000 lux.

Couleur et matériaux	Pouvoir réfléchissant (%)
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

Figure 5.5. Pouvoir réfléchissant recommandé pour les plafonds, les murs et le sol.

Tableau 5.2. Valeurs indicatives de caractéristiques des lampes courantes.

FAMILLES DE LAMPES	TEMPÉRATURE DE COULEUR (°K)	RENDU DES COULEURS (IRC)	DURÉE DE VIE ÉCONOMIQUE (HEURES)
à incandescence standard	2700	100	1000
à incandescence halogène basse tension	2900 à 3000	100	2000
à incandescence halogène très basse tension	3000	100	2000 à 4000
fluorescentes à tube rectiligne	2700 à 6500	40 à 85	8000
fluorescentes compactes	2700 à 4000	85	8000
à décharge à vapeur de mercure	3000 à 4000	33 à 60	8000
à décharge aux halogénures ou iodures métalliques	2800 à 6000	70 à 93	6000
à décharge à vapeur de sodium haute pression	1700 à 2500	20 à 65	8000
à décharge à vapeur de sodium basse pression	1700 à 2500	monochromatique (*)	12000
à induction	2700 à 4000	80	60000

\* 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.

### 5.2.2.2 Choix des lampes

Les critères les plus importants pour la prévention sont :

- la durée de vie (voir tableau 5.2) : éviter les durées courtes qui nécessitent des remplacements fréquents en retenant des durées de vie supérieures à 4000 heures pour toute implantation en hauteur ;
- le rendu des couleurs : exiger un indice IRC ou Ra d'au moins 80 dans les locaux de travail en réservant les tubes fluorescents dits « blanc industrie » (IRC 40) aux circulations internes et les lampes à décharge de vapeur de sodium monochromatiques (IRC très faible) éventuellement pour l'éclairage extérieur.

Les critères complémentaires sont :

- la température de couleur (couleur apparente) : plus le niveau d'éclairage requis est élevé, plus il est recommandé une température de couleur élevée. Exemples : température inférieure à 3300 °K (teintes chaudes), bon si moins de 150 lux ; température supérieure à 5300 °K, (teintes froides) bon si plus de 520 lux ;
- la hauteur d'implantation : pour des hauteurs supérieures à 4,5 m, les tubes fluorescents sont déconseillés ; leur préférer un ensemble de lampes à décharge parsemé de lampes à allumage instantané ;
- la qualité du ballast d'allumage : exiger des ballasts électroniques porteurs du marquage CE.

### 5.2.2.3 Les ballasts

La directive européenne 2000/55/CE favorise le passage au ballast électronique. Depuis le 20 mai 2002, les ballasts à forte perte et les luminaires qui en sont équipés ne peuvent plus porter la marque CE et sont donc interdits à la vente.

Les ballasts électroniques permettent :

- d'économiser l'énergie avec gain de puissance et de consommation évalué à 16 % ;
- un allumage instantané des lampes sans clignotement ;
- un fonctionnement sans effet stroboscopique (dangereux sur les machines tournantes) et d'augmenter l'efficacité lumineuse des lampes ;
- de protéger les lampes contre les variations de tension et ainsi d'augmenter leur durée de vie jusqu'à 50 % ;
- d'adjoindre un gradateur du niveau d'éclairage.

### 5.2.2.4 Choix et disposition des luminaires

Les critères les plus importants pour la prévention sont :

- 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 5.6), à défaut, de le munir de grilles de défilement et, en présence d'écrans informatiques, de choisir des luminaires à basse ou très basse luminance ;

■ permettre l'entretien des réflecteurs et le remplacement des lampes en sécurité : pour éviter le risque de chutes de hauteur et permettre que les opérations de maintenance courante s'effectuent depuis le sol, il convient d'installer des luminaires suspendus sur dérouleur. 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.

La disposition des luminaires doit être déterminée lors des études d'éclairagisme prévisionnel. Elle doit éviter les ombres portées par les installations aériennes (gaines, 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.

Les luminaires doivent être implantés de manière à éviter de se trouver 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.

En outre, le dispositif d'allumage/extinction associé doit être étudié pour répondre aux besoins fonctionnels : allumage/extinction par rangées parallèles aux fenêtres, par îlot de production, etc.

### 5.2.3 L'éclairage naturel

**La lumière visible** est l'énergie radiante capable d'exciter la rétine et de produire une sensation visuelle. Elle ne constitue qu'une infime partie des rayonne-

ments électromagnétiques et se situe entre 380 et 780 nanomètres. De part et d'autre du spectre visible, se situent les rayonnements ultraviolets (380 nm) et infrarouges (780 nm) qui sont invisibles. Il est à noter qu'un simple vitrage clair absorbe à plus de 95 % le rayonnement ultraviolet, mais laisse pénétrer environ 80 % de l'énergie des infrarouges.

La qualité de la lumière naturelle diffusée par la voûte céleste, à l'écart du rayonnement solaire direct, constitue le référentiel en matière de confort visuel (non éblouissant, rendu des couleurs maximal, absence de rayonnement thermique), concourt à l'équilibre psychologique et a une influence positive pour la détection des défauts, l'amélioration de la qualité et de la sécurité. La lumière naturelle permet par ailleurs de conserver un contact avec l'extérieur dans les locaux de travail, et plus particulièrement lorsque ce contact s'établit par vision sur l'extérieur. De ce fait, la lumière du jour, pour autant qu'elle vienne de la voûte céleste elle-même (du nord, par exemple), est en tout préférable à la lumière artificielle.

**L'architecture** doit privilégier l'usage de la lumière naturelle (Code du travail, art. R. 4213-2) d'une part et, d'autre part, permettre la vue sur l'extérieur à hauteur des yeux depuis les locaux de travail (art. R. 4213-3), sauf dans les rares cas d'incompatibilité avec la nature des activités techniques abritées. Il est à noter que l'obligation de vision directe sur l'extérieur répond à une exigence physiologique, celle de défatiguer les yeux par accommodation de la vision sur le lointain.

#### Niveaux d'éclairage

Les niveaux doivent être choisis de manière à assurer un éclairage naturel permettant, soit l'extinction totale de l'éclairage artificiel général le jour, soit une extinction partielle de l'éclairage artificiel (par exemple 250 lux). Le choix demande à être validé lors de l'étude prévisionnelle d'éclairage.

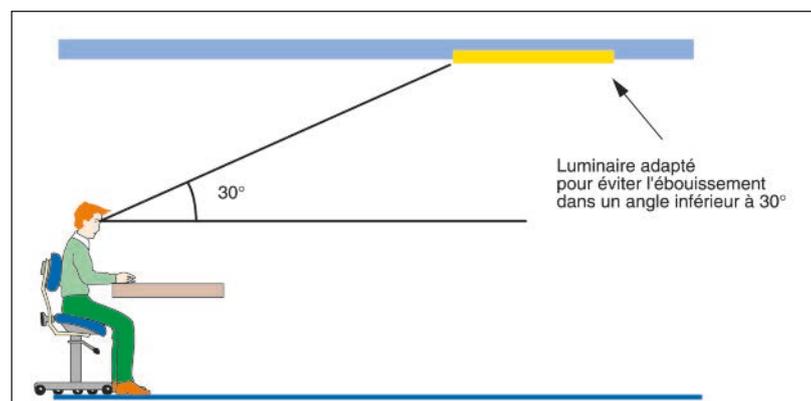


Figure 5.6. Choix des luminaires pour éviter l'éblouissement.

À titre indicatif, il est rappelé que l'éclairage extérieur est supérieur à 5000 lux de 9 à 15 heures en décembre et janvier et de 5 h à 19 h de mai à juillet (moyennes sur 10 ans, source CSTB), soit pendant 3860 heures sur l'année entière.

La moyenne de 5000 lux constitue l'éclairage extérieur de référence. En ce qui concerne l'éclairage intérieur visé, est défini le facteur de lumière de jour direct qui est égal au rapport entre le niveau de l'éclairage horizontal intérieur et l'éclairage horizontal extérieur. L'obtention d'un éclairage intérieur, par exemple 250 lux, nécessite en conséquence l'obtention d'un facteur de lumière du jour de 0,05 (250/5000), soit 5 % de l'éclairage extérieur.

Pour déterminer le dimensionnement des 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...);
- les dispositifs de prise de jour envisagés (type, dimensions, proportions, répartition, positions);
- le matériau transparent ou translucide constituant ces prises de jour (facteur de transmission lumineuse);
- la prise en compte de la diminution de l'éclairage par les salissures atmosphériques.

Cette démarche est détaillée, avec exemples et abaques de calcul, par la fiche pratique INRS ED 82 (voir bibliographie). Pour des simulations de dimensionnement de cas réels, le recours à des logiciels devient pratiquement incontournable.

### 5.2.3.1 Prises de jour zénithales ou 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 du côté du 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 une nécessité dans le cas des locaux de faible hauteur (c'est-à-dire inférieure à 5-6 m).

#### Choix des moyens d'éclairage naturel à travers les toitures (critères et moyens de prévention)

- *Confort visuel et thermique* : 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 cotés exposés au soleil et transparentes au nord.

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 par un matériau multi-peau (isolation thermique) et translucide (réduction du risque d'éblouissement).

Pour éviter l'éblouissement, ce type de prise de jour ne doit pas être situé dans l'angle de 30° au-dessus du regard horizontal. 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.

- *Sécurité pour les travaux de nettoyage et de maintenance* : dans tous les cas, le dispositif d'éclairage 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 chapitre 7.1 *Toitures*).

#### Répartition des moyens d'éclairage naturel à travers les toitures

Une répartition uniforme est indispensable pour une diffusion homogène de la lumière naturelle à l'intérieur.

### 5.2.3.2 Prises de jour en façade ou latérales

#### Fenêtres

La fonction première des fenêtres est d'assurer la vue sur l'extérieur à hauteur des yeux :

- hauteur d'allège à 1,10 m (travail assis) ou 1,30 m (travail debout) ;
- superficie des parties transparentes égale, à 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 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 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 (voir § 4.1.1). 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.

## BIBLIOGRAPHIE

- RT 2005 : Réglementation thermique pour les bâtiments neufs.
- Arrêté du 3 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants. Chapitre VII : Éclairage des locaux. NOR SOCU0751906A. Version consolidée au 17 mai 2007.
- Code du travail, articles R. 4223-1 à R. 4223-12. Éclairage. Circulaire d'application du 11 avril 1984 (JO du 11 mai 1984).
- Arrêté du 26 février 2003 - Circuits et installations de sécurité dont l'éclairage de sécurité.
- Décret n° 88-1056 du 14 novembre 1988. Protection des travailleurs contre les courants électriques.
- NF X 35-103 - Principes d'ergonomie visuelle applicables à l'éclairage des lieux de travail. AFNOR, 2010.
- NF EN 12464-1 - Lumière et éclairage - Éclairage des lieux de travail. Partie I : Lieux de travail intérieurs. AFNOR, 2003.
- NF EN 12464-2 - Lumière et éclairage - Éclairage des lieux de travail. Partie II : Lieux de travail extérieurs. AFNOR, 2003.
- NF X 08-004 - Couleurs d'ambiance pour les lieux de travail. AFNOR, 1975.
- ISO 8995 - L'éclairage intérieur des lieux de travail. AFNOR, 2002.
- NF EN 1838. Éclairagisme. Éclairage de secours. AFNOR, 1999.
- La couleur dans les locaux de travail. INRS, ED 40, 2002.
- L'éclairage naturel. INRS, ED 82, 2004
- L'éclairage artificiel au poste de travail. INRS, ED 85, 2001.
- Protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques. INRS, ED 723, 2004.
- Éclairage des lieux de travail. Aide-mémoire juridique. INRS, TJ 13, 2005.

Il est souhaitable que chaque fenêtre reçoive directement la lumière venant du ciel, 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.

### Bandes translucides de façade

La fonction des bandes translucides de façade peut être, soit de compléter l'éclairage naturel par fenêtres, soit d'assurer l'éclairage naturel de locaux dépourvus de postes de travail permanents. Ainsi :

- disposées horizontalement en partie haute de locaux, les bandes translucides de façade assurent l'éclairage naturel d'une passerelle longeant une façade ou augmentent la pénétration de la lumière naturelle en direction des postes de travail éloignés des fenêtres ;
- disposées verticalement, elles peuvent venir compléter l'éclairage naturel d'allées de circulation situées entre des rayonnages de stockage en hauteur.

### Protections solaires pour éclairage naturel à travers les façades

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 (Code du travail, art. R. 4223-7). Les protections solaires constituées par des vitrages spéciaux, des films solaires, des stores mobiles, des auvents et autres brise-soleil sont ainsi non seulement indispensables pour protéger des éblouissements mais contribuent aussi à la protection thermique en été.

### Vitrages solaires

Les vitrages solaires réfléchissent une part de la lumière vers l'extérieur et, selon leurs caractéristiques, assombrissent plus ou moins fortement la lumière pénétrante. Lorsque la capacité de protection du vitrage est élevée, l'assombrissement s'accroît par ciel couvert et/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. Néanmoins, un tel choix, établi à partir de valeurs objectives, doit 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 doivent être privilégiés lorsqu'il est nécessaire d'empêcher la vue vers l'intérieur (respect du critère de confidentialité) tout en permettant la vue vers l'extérieur.

### Films solaires adhésifs

Basés sur le même principe que les vitrages solaires, les films solaires adhésifs peuvent utilement compléter les vitrages traditionnels ou corriger des situations existantes.

### Stores mobiles

Les stores mobiles, de par leur variété et leurs possibilités de réglage évolutif 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, le degré de protection contre l'éblouissement pourra être choisi avec un maillage pouvant être 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.

Les stores intérieurs doivent être réservés à des situations où leur échauffement d'été ne constitue pas une gêne (par exemple, lieux de passage, cas où l'échauffement est dissipé par ventilation...). Ces dispositifs sont 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.

### 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



Photo 5.1. Dispositif de lames brise-soleil.

## BIBLIOGRAPHIE (suite)

■ **Éclairage intérieur des lieux de travail.** Recommandation de l'Association française des éclairagistes, 1993.

■ J. Scherrer et coll. **Précis de physiologie du travail – Notions d'ergonomie.** Édition Masson (2<sup>e</sup> éd.), 1992.

vitrages ; ce qui est réalisable uniquement pour les vitrages situés au sud. Pour leur dimensionnement et leur positionnement, il convient dans ce cas 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). Pour le brise-soleil, les lames étant pratiquement horizontales, la protection solaire permet de préserver une bonne visibilité sur l'extérieur.

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.

### 5.2.4 L'éclairage de sécurité

Un éclairage par installation fixe est à prévoir dans tous les lieux de travail. Le tableau 5.3 résume les minima pour des locaux qui ne sont situés ni dans un ERP, ni dans un IGH.

#### Luminaires et alimentation électrique d'éclairage de sécurité

##### ■ Cas courant

Lorsque l'installation d'alimentation est réalisée en basse tension, elle doit être assurée suivant le schéma IT en respectant l'article 34 du décret du 14 novembre 1988. Tous les blocs autonomes doivent porter la marque NF AEAS ou autre certification équivalente. Les blocs autonomes d'éclairage d'évacua-

tion seront de préférence équipés d'origine d'un système automatique de test intégré (SATI) conforme à la norme NF C 71-820 *Système de test automatique pour appareil d'éclairage de sécurité.*

##### ■ Cas particuliers d'installations alimentées par une source centralisée

Les luminaires doivent être conformes à la norme NF EN 60598-2-22 *Luminaires. Partie 2-22 : règles particulières. Luminaires pour éclairage de secours*, 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 *Systèmes d'alimentation à source centrale* ;  
– soit par groupe(s) électrogène(s) qui doi(ven)t être conforme(s) à la norme NF S 61-940 *Systèmes de sécurité incendie (SSI) – Alimentation électrique de sécurité (AES) : règles de conception.*

### 5.2.5 L'éclairage extérieur : visibilité et maintenance

#### Visibilité

Retenir comme niveau d'éclairage de référence celui d'un parc de stationnement de voitures, soit 20 lux selon la norme NF EN 12464-2.

#### Maintenance

Retenir des choix rendant l'accès aux luminaires sûr et facile pour leur nettoyage et le remplacement de lampes, tels que :

Tableau 5.3. Éclairage de sécurité par installation fixe\*.

CONDITIONS D'EFFECTIF ET D'EMPLACEMENT DU LOCAL*	TYPE D'ÉCLAIRAGE DE SÉCURITÉ*	PERFORMANCES*
1) Local avec effectif $\geq 100$ et densité d'occupation $>$ à une personne par 10 m <sup>2</sup> . 2) Dégagement de superficie $> 50$ m <sup>2</sup> soit pour local cité en 1), soit commun à un ensemble de locaux cités en 3) totalisant plus de 100 personnes.	Éclairage d'ambiance anti-panique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 lumens/m<sup>2</sup> (5 lux) mini. uniformément réparti.</li> <li>• autonomie <math>\geq 1</math> h.</li> <li>• foyers lumineux espacés de <math>D \leq 4</math> fois leur hauteur au-dessus du sol.</li> </ul>
3) Local de travail : - soit avec effectif $\geq 20$ , - soit avec effectif $< 20$ mais ne débouchant pas directement, de plain-pied et à moins de 30 m, sur un dégagement commun équipé d'un éclairage de sécurité. 4) Couloirs et dégagements autres qu'en 2).	Éclairage d'évacuation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 45 lumens mini.</li> <li>• autonomie <math>\geq 1</math> h.</li> <li>• foyers lumineux espacés de <math>D \leq 15</math> m.</li> </ul>
5) Locaux tels que cantines, restaurants, salles de réunion, salles de conférence.	Mini dito ci-dessus + Mini de la réglementation des ERP.	Mini dito ci-dessus + Mini de la réglementation des ERP.

\* Minima pour locaux situés ni dans un établissement recevant du public (ERP), ni dans un immeuble de grande hauteur (IGH). Dans le cas de locaux situés soit dans un IGH, soit dans un ERP, respecter la réglementation spécifique à ces lieux.

- 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 photo 5.2). La crosse support de luminaire peut être installée sur des colliers permettant, après desserrage, le pivotement du luminaire vers l'intérieur du toit ;
- bornes d'éclairage de hauteur inférieure à celle d'un homme pour une maintenance depuis le sol ;
- luminaires de hauteur limitée à celle de la nacelle élévatrice ou de l'échafaudage possédé, le cas échéant, par 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



Photo 5.2. Luminaire pivotant pour le remplacement d'ampoule.

## 5.3 Ambiances thermiques

L'homme est un homéotherme : sa température corporelle demeure constante quelles que soient les caractéristiques thermiques de l'environnement et ce grâce à la production et à l'échange de la chaleur avec son environnement. Néanmoins, lorsque l'ambiance thermique devient trop sévère et/ou si la durée d'exposition est trop longue, des risques apparaissent tant pour sa santé qu'en raison d'accidents induits par l'altération rapide des performances mentales et physiques.

Divers mécanismes de régulation de sa température, passifs ou actifs, permettent généralement au corps humain de s'affranchir des effets néfastes des ambiances climatiques extrêmes.

Les mécanismes passifs sont des mécanismes non régulés dont l'ampleur ne dépend que des conditions environnantes ou comportementales (convection, conduction, rayonnement, respiration, perspiration, métabolisme, travail).

Les mécanismes actifs sont les mécanismes contrôlés par le corps pour rétablir son équilibre thermique. 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.

Les mécanismes actifs 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 5.7). Lorsque les contraintes deviennent trop élevées, les capacités de régulation étant limitées, il y a

dépassement de la thermorégulation se traduisant par une dérive inéluctable de la température du corps.

**La vasoconstriction** consiste en une contraction des vaisseaux sanguins des parties non vitales du corps, exposées au froid de manière à diminuer le débit sanguin à la surface de la peau. Sachant que les échanges thermiques à l'intérieur du corps se font principalement par la voie de la circulation sanguine, cette réaction permet de concentrer la chaleur vers les organes vitaux en diminuant les échanges entre la partie interne et la surface du corps.

**Les frissons** permettent une augmentation du métabolisme qui peut pendant un court instant atteindre une puissance égale à 10 fois le métabolisme basal. Dans ce mécanisme, l'énergie est comme dans toute activité musculaire produite par des réactions chimiques de consommation des graisses.

**La vasodilatation**, phénomène inverse de la vasoconstriction, permet la circulation d'un débit sanguin plus important entre la partie centrale du corps et la peau, participant ainsi à l'évacuation de la chaleur interne du corps.

**La transpiration** assure le refroidissement du corps par l'évaporation de la sueur.

**La régulation comportementale** agit sur le bilan thermique en adaptant la tenue vestimentaire aux conditions d'ambiance thermique.

Ces données permettent de mieux cerner les précautions à prendre dès la conception pour assurer

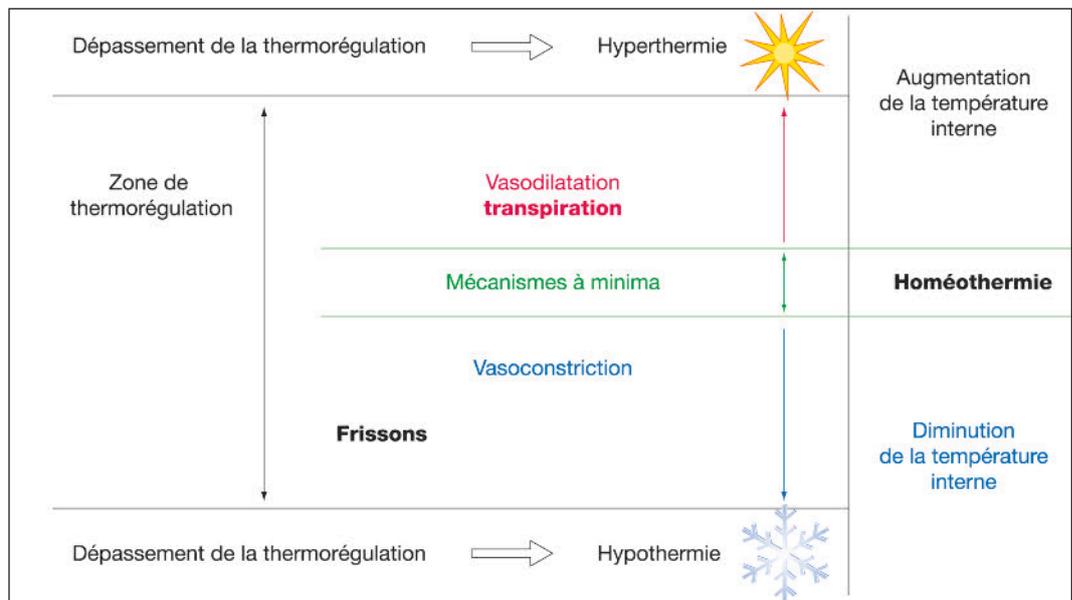


Figure 5.7. Description des mécanismes de thermorégulation (d'après M. Lebrun, CIMP Clermont-Ferrand).

le confort d'hiver (§ 5.3.1), le confort d'été (§ 5.3.2), ou – exemple particulier – pour prévenir les risques liés au travail exposé au froid dans les entrepôts frigorifiques ou dans des situations similaires (§ 5.3.3).

### 5.3.1 Confort d'hiver

#### 5.3.1.1 Données de base pour l'installation de dispositifs de chauffage

Les locaux affectés au travail doivent être isolés thermiquement et chauffés pendant la saison froide dans des conditions telles que :

- une température convenable y soit maintenue ;
- l'air soit dans un état tel qu'il préserve la santé des travailleurs ;
- l'installation ne génère pas de risques (explosion, incendie, brûlures...) ;
- la consommation d'énergie soit aussi réduite que possible.

La dernière réglementation en matière d'isolation thermique dite RT 2000 fait l'objet du décret n° 2000-1153 du 29 novembre 2000 et de l'arrêté de même date. À partir de 2005, une nouvelle réglementation – la RT 2005 – est mise en place.

La première décision à prendre en matière de chauffage et de confort d'été est d'investir dans une bonne isolation thermique génératrice d'économies (coût des équipements de chauffage et de refroidissement).

#### Degré hygrométrique

Degré d'humidité relative acceptable de 30 à 70 % dans les limites des températures précitées.

#### Vitesses d'air

En dehors des zones éventuelles de captage de polluants, la vitesse de déplacement de l'air ambiant doit si possible être inférieure à 0,15 m/s en hiver et 0,25 m/s le reste de l'année, dans la zone d'occupation.

#### Amenées d'air comburant pour appareils de chauffage à combustion (interne ou externe)

À défaut de données plus précises du fournisseur, il convient d'assurer l'amenée d'un débit d'air comburant sans pollution notable d'au moins 1,72 m<sup>3</sup>/h par kW de puissance de chauffe installée. Si cet air est prélevé dans un local occupé par des personnes, le débit minimal d'air neuf et tempéré destiné aux occupants devra être majoré en conséquence.

#### Isolation phonique et/ou thermique des parois

S'il y a une source de bruit, il est recommandé d'étudier en coordination les deux types de traitement (voir § 5.1.4).

#### Températures de l'air dans les locaux

Elles doivent être définies en relation à la dépense énergétique propre au type d'activité qui s'y déroule (voir tableau 5.4).

### 5.3.1.2 Modes de chauffage et principes de combustion

En fonction de la pureté et du renouvellement recherchés de l'air des locaux, on distingue deux grandes familles de modes de chauffage (voir tableau 5.5). Il est cependant à noter que, dans le cas des moyens de chauffage à combustion (gaz, fuel) consommant l'oxygène du local, le débit de renouvellement 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.

### 5.3.1.3 Indications pour le choix des moyens de chauffage

Les appareils de production-émission de chaleur, ainsi que leurs tuyaux et cheminées, sont installés

de façon à ne pouvoir transmettre le feu aux matériaux de la construction, aux matières et objets susceptibles d'être placés à proximité et aux vêtements du personnel.

Parmi les divers textes réglementaires et normatifs concernant l'aspect sécurité, il est nécessaire de se référer aussi aux DTU (documents techniques unifiés). Le cas échéant, on se reportera à la réglementation relative aux ERP (établissement recevant du public, article R. 4216-18).

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 ou d'excès d'oxyde de carbone (CO).

Tableau 5.4. Indications de températures intérieures recommandées pour différentes activités professionnelles (*adapté de E. Grandjean Précis d'Ergonomie, Editions d'organisation, 1983 et d'Ergonomie des ambiances physiques, Annexe B, ISO/DIS 7730*).

TYPE D'ACTIVITÉ	DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE EN W/M <sup>2</sup> *	TEMPÉRATURE DE LA PIÈCE EN °C
Travail mental sédentaire	70	21
Travail manuel léger, assis ou debout	93 - 116	18 - 19
Travail manuel pénible, debout	200	17
Travail très pénible	> 230	15 - 16

\* Watt par mètres carrés de peau.

Tableau 5.5. Modes de chauffage.

MODES DE CHAUFFAGE	MOYENS À METTRE EN ŒUVRE (DÉSIGNÉS PAR DES LETTRES MAJUSCULES DANS LE TEXTE)
<p><b>Chauffages ne consommant pas l'oxygène du local et n'émettant pas de produits de combustion dans ce local :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Installations à chaufferie centrale et avec réseau de distribution par fluide caloporteur alimentant : <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> des radiateurs à eau chaude ..... A1</li> <li><input type="checkbox"/> des panneaux ou faisceaux radiants « obscurs » à eau ou à vapeur ..... A2</li> <li><input type="checkbox"/> des aérothermes à eau ou à huile ..... B1</li> <li><input type="checkbox"/> des sols rayonnants à circulation d'eau chaude ..... A3</li> </ul> </li> <li>• Installation à chaufferie centrale avec conditionnement d'air ..... B3, B4, B5</li> <li>• Installation de chauffage électrique : <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> par plafonds ou modules de faux plafond radiant à film chauffant ..... A4</li> <li><input type="checkbox"/> par panneaux radiants suspendus « obscurs » ou « lumineux » ..... A5</li> <li><input type="checkbox"/> par sols chauffants à nappes de câbles chauffants ..... A3</li> <li><input type="checkbox"/> par aérothermes (posés ou suspendus) à chauffage électrique direct ..... B1</li> </ul> </li> <li>• 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 : <ul style="list-style-type: none"> <li>Faisceaux radiants tubulaires à combustion interne (gaz, fuel), raccordés hors locaux comme ci-dessus ..... A6</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Appareils à combustion interne avec prise d'air dans le local chauffé et avec conduit d'évacuation hors locaux des fumées et imbrûlés :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Générateurs à air pulsé et aérothermes à combustion interne ..... B2, B1, B6</li> <li>Faisceaux radiants tubulaires (suspendus) à combustion interne et avec extracteurs individuels ou avec collecteur d'évacuation ..... A6</li> </ul>	

Le maintien de la pureté 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. 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 des occupants, ainsi qu'aux contraintes particulières du site.

Trois types d'installations de chauffage peuvent être distingués.

- *Production de chaleur centralisée et distribution aux émetteurs par fluide caloporteur* : ce type d'installation concerne plutôt les locaux de surface importante où une bonne maîtrise des conditions climatiques intérieures est requise (voir photo 5.3).

- *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 fortes contraintes thermiques.

- *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 des combustibles liquides, 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, par générateur d'air chaud, par pompe à chaleur, par co-génération 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 :



Photo 5.3. Chauffage des locaux réalisé à partir de canalisations d'air chaud agissant par rayonnement.

- les émetteurs statiques qui agissent par rayonnement et par convection ;
- les émetteurs dynamiques qui agissent essentiellement par convection, par mouvement d'air forcé.

#### 5.3.1.4 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.

- *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.

- *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). Une charge supplémentaire est souvent nécessaire pendant

l'occupation pour éviter un surdimensionnement du plancher accumulateur et éviter les puissances électriques prohibitives dans le cas de chauffage électrique.

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 cependant 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 ambiances thermiques semblables.

La température moyenne de surface du sol procurant le confort se situe entre 19 et 23 °C (limite admise 26 °C). Ces sols à circulation d'eau glacée l'été peuvent contribuer à rafraîchir une ambiance sans courant d'air, mais il convient de limiter la température d'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.

*Sécurité électrique* : l'alimentation en très basse tension de sécurité (50 Volt maximum) est nécessaire car le film électrofilmé est dissimulé 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 -*

Appareils dits obscurs pouvant atteindre 500 °C et appareils dits lumineux pouvant atteindre 950 °C.

Le chauffage par appareils rayonnants au-dessus de 200 °C est particulièrement adapté aux locaux à déperditions thermiques élevées (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 en outre des montées en température

rapides appréciées à chaque prise de poste dans des locaux à occupation intermittente.

*Implantation* : 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 au moins à 7 m du sol et autres circulations et à 1 m de toutes surfaces inflammables ;
- les appareils obscurs à environ 4 m du sol et autres circulations (utilisables de 4 à 8 m du sol). Les panneaux radiants et rayonnants sont en général dimensionnés pour obtenir une température résultante sèche (Trs) de 15 à 19 °C ; ce qui donnera une température sèche de l'air (Ts) de 4 à 5 °C inférieure à Trs.

**Locaux à risque d'incendie ou d'explosion**

Le chauffage de ce type de locaux 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 et identifiables par leur marquage (voir § 6.3.3).

Ce matériel est également utilisable dans le cas de locaux où le risque se limite au risque d'incendie.

• *Appareils radiants à combustion de gaz - A6 -*

On distingue deux types de faisceaux radiants :

- les appareils monoblocs à faisceau d'épingles tubulaires ;
- les faisceaux d'une série de brûleurs répartis (environ tous les 7 m) le long de tubulures collectrices (des fumées) et rayonnantes sur toute leur longueur.

Ces appareils sont en général de type obscur (200 à 500 °C). Il existe 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, dans l'atmosphère d'un local, du polluant spécifique formé par le mélange gazeux issu de la combustion, même complète, doivent être supprimées. Ces émissions doivent être rejetées hors des locaux par des extracteurs indivi-

duels ou par un réseau de collecte et un extracteur unique selon les possibilités d'implantation.

### 5.3.1.5 Émetteurs dynamiques à diffusion de l'air

#### Généralités

##### • 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 sera 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 par l'occupation des locaux et/ou par les procédés d'assainissement tels que décrits § 5.4.

L'implantation de ces émetteurs doit prendre en compte notamment les opérations de maintenance (filtres, batterie, ventilateur, régulation...).

##### • 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 (chaussette textile, voir photo 5.4). Cette technique de diffusion par mélange est la plus utilisée lorsqu'il y a également climatisation en été ; 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 tel que l'utilisation de diffuseurs à pulsion giratoire variable permettant 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.

Dans le cas de la diffusion d'air par déplacement à basse vitesse, l'air insufflé remplace progressivement la totalité de l'air du local. Ce système est bien adapté aux applications industrielles et tertiaires de ventilation et de dépollution (cabines de peinture, salle d'opération...) où sont développées des charges thermiques importantes.

##### • 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 (agroalimentaire, cuisine restauration, laboratoires de bactériologie, salles d'opération...).

En général, dans le cas de locaux à pollution spécifique, le recyclage de l'air est à proscrire (cancérogènes, mutagènes, reprotoxiques (CMR), autres toxiques, allergènes et 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...) est à envisager.

Pour des locaux à pollution spécifique où les installations de chauffage-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 fractionnée en éléments associés de manière à maintenir une puissance résiduelle d'au moins 30 % en cas de défaillance de l'un d'eux).

#### Types d'émetteurs

• *Aérothermes (soit de chauffage central, soit à chauffage électrique direct, soit à combustion interne) - B1 -*



Photo 5.4. Gaines textiles dites « chaussettes » pour diffusion d'air à basse vitesse.



Photo 5.5. Système de chauffage d'un atelier.

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 aérodynamiques du local à chauffer (forme, volume, dimensions, implantations internes, hauteur de soufflage...) de manière à réaliser une homogénéisation des températures et des vitesses d'air acceptables par les occupants.

Les aérothermes sont utilisés en brassage d'air. Malgré tout, 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.

On peut envisager de les suspendre dans des ateliers de type fermé, hauts de 5 à 6 m et d'où sont absentes poussières 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 n'y sont admis que si leur température de surface est suffisamment modérée et que si leur ventilateur et leurs composants électriques sont spécialement conçus à cet effet [voir notamment l'article R. 4227-22 du Code du travail et le décret du 14 novembre 1988 relatif à la protection contre les courants électriques ainsi que l'arrêté du 19 décembre 1988 relatif aux conditions d'installation des matériels électriques sur les emplacements présentant des risques d'explosion (voir brochure INRS ED 773)].

• **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 interne excepté qu'ils sont destinés à être posés au sol et sont concernés par les observations portées ci-dessus.

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-convecteur - B3** -

Ces appareils, comportant une batterie d'échange raccordée sur un réseau chauffage et un ventilateur, sont plus particulièrement adaptés aux locaux de volumes faibles ou moyens dans les activités tertiaires. Il convient de les sélectionner en moyenne vitesse pour réduire le niveau sonore à l'utilisation, de surdimensionner les batteries d'au moins 20 % par rapport aux besoins pour éviter le soufflage à trop basse température en mode chauffage.

Ces appareils permettent une régulation par appareil ou par pièces. Ils sont en général utilisés pour des raisons de climatisation été avec réseau deux tubes ou quatre tubes. Ils se montent en allège ou en plafond.

• **Éjecto-convecteur - B4** -

Ces appareils sont 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 le principe d'induction. L'air primaire traité (chauffé, refroidi, filtré) assure également l'apport d'air neuf. L'éjecto-convecteur reste équipé de batteries d'échange alimentées en eau chaude ou glacée suivant les besoins.

L'équilibrage et la régulation sont plus délicats (risque d'inconfort, vitesse d'air, bruit de soufflage) que dans le cas des ventilo-convecteurs.

• **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 m<sup>3</sup>/h, sont en général réservées aux applications de climatisation de locaux de grandes dimensions ou à charges internes importantes et sans procédé à pollution spécifique (par exemple, salle d'ordinateurs). Elles sont raccordées sur des générateurs de chaleur et de froid centralisés ; l'air traité est véhiculé par réseaux de conduits.

• **Générateur d'air pulsé tempéré ou appareil 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 type d'équipement nécessite au minimum 10 m<sup>3</sup>/h d'air comburant par kW de puissance installée.

Deux risques sont induits par ce type d'appareil : intoxication par les résidus de combustion dans l'air des ateliers et explosion (flammes nues dans le cas de présence de vapeurs inflammables). Cette technique de chauffage doit être d'utilisation limitée.

Ces équipements 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 dépression et asservis (marche et alimentation gaz) au fonctionnement de l'extraction (pressostat de contrôle). Pour l'usage en cabines de peinture, on doit aussi s'assurer de la conformité avec la règle ATG-C32.2 (voir bibliographie).

Ce type d'installation doit être exclusivement réservé aux locaux nécessitant de forts débits d'air neuf aux postes de travail ou pour des applications spécifiques (cabines de peinture ou de travail de résines, par exemple).

## 5.3.2 Confort d'été

### 5.3.2.1 Une préoccupation de plus en plus marquée

Il est à rappeler que l'inconfort en été, lorsqu'il est résumé sous l'aspect de l'élévation de température, se traduit à partir de 26 °C par une baisse de productivité, engendre une fatigue excessive au-delà de 30 °C et peut ensuite nécessiter l'évacuation du personnel à partir de 33 °C en cas de défaut prolongé de renouvellement d'air.

Le confort d'été dans les locaux de travail, même de type atelier, devient de plus en plus une préoc-

#### Critères de confort d'été

- Température de l'air ambiant intérieur pour une activité légère : 23 à 26 °C.
- Écart de température entre l'ambiance interne et l'extérieur : 6 à 8 °C maxi, pour éviter les désagréments en entrant ou en sortant des locaux.
- Degré d'humidité relative acceptable : 30 à 70 %.
- Vitesse et température d'air au droit des opérateurs :  $V \leq 0,25$  m/s et  $T \geq 18$  °C.

Ne pas oublier l'exigence concernant le renouvellement d'air (voir tableau 5.7).

cupation 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 d'obtention des conditions de confort.

La climatisation, voire a minima un système de rafraîchissement d'air, permet d'éviter les situations d'inconfort en été.

### 5.3.2.2 Méthodologie d'intégration du confort d'été

1. Analyser la situation par un bilan thermique même sommaire pour déceler les principales contributions à l'inconfort thermique.
2. Suivant le résultat, on aura d'abord à agir sur le process (captage ou évacuation) puis sur le bâti (apports ou pénétration) ou inversement ; il ne sert en effet à rien de faire des investissements sur le bâti si l'inconfort est essentiellement dû au process, ou inversement.
3. Définir le système le plus approprié pour rafraîchir ou climatiser l'atmosphère ambiante des locaux en été.

### 5.3.2.3 Réduction des apports thermiques internes dus aux machines ou équipements

Identifier les sources internes de chaleur, capter et évacuer les apports thermiques élevés de manière à préserver l'atmosphère ambiante.

Exemples de modes d'action possibles :

- recherche, lors de l'acquisition, de machines ou d'équipements dégageant le moins de chaleur possible dans l'ambiance ;
- 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 est, évacuation de la chaleur par ventilation forcée ou par refroidissement à l'eau ;
- verres antithermiques sur regards de visualisation d'une source de chaleur rayonnante ;
- couleurs des parois (écrans, encoffrements...) : blanc ou aluminisé sur toute face devant réfléchir

## BIBLIOGRAPHIE

- RT 2005 : Réglementation thermique pour les bâtiments neufs.
- Code du travail, articles R. 4213-7 à R. 4213-10, R. 4216-17 à R. 4216-20 - Obligations concernant le chauffage et la température des locaux.
- Code du travail, articles R. 4227-15 à R. 4227-20 - Obligations des chefs d'établissement.
- Décret n° 92-332 du 31 mars 1992 (JO 1<sup>er</sup> avril 1992) - Sécurité et santé sur les lieux de travail (obligations des maîtres d'ouvrage).
- Arrêté du 24 mai 2006 et décret n° 2006-592 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions. Ministère de l'emploi, de la cohésion sociale et du logement.
- NF EN 511 - Gants de protection contre le froid. AFNOR, 1995.
- NF EN ISO 7730 - Critères de confort thermique local. AFNOR, 2005.
- Conception des lieux de travail. Obligations des maîtres d'ouvrage. Réglementation. INRS, ED 773, 2009.
- Articles chaussants de protection. INRS, ED 994, 2007.
- L'entreposage frigorifique. INRS, ED 966, 2009.
- Contrainte thermique - Le froid. Guide CSST. 2<sup>e</sup> édition revue et corrigée, Québec, 2003.
- Lebrun M. - L'individu au travail et l'ambiance thermique. CIMP Auvergne, n.d.
- Systèmes de climatisation à faible consommation d'énergie. CSTB, 2002.
- Gérard Ch., Dupas D. - Le travail en ambiance froide. Encyclopédie Médico-chirurgicale (Paris) 16500 C10 - 9, 1990.
- E. Grandjean - Précis d'Ergonomie. Editions d'organisation, 1983.

un rayonnement thermique en direction de sa source.

### 5.3.2.4 Partis pris architecturaux pour réduire les apports solaires

#### 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).

#### Couleurs 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 sera efficace, moins il pénétrera de chaleur dans le bâti et plus il sera économique de rafraîchir l'ambiance interne l'été. Les principales recommandations guidant le choix de protections solaires, sous le double aspect du confort visuel et thermique, sont regroupées au § 5.2.3.1 *Éclairage naturel à travers les toitures* et § 5.2.3.2 *Éclairage naturel à travers les façades*. 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 au chapitre 7.1), soit munis d'un voile de protection solaire externe (voir photo 5.6). Pour la protection solaire en façade, privilégier les protections par l'extérieur, seules ou en association avec des vitrages



Photo 5.6. Exemple de protections solaires par l'extérieur sur lanterneaux en toiture, groupes de rafraîchissement d'air (caissons noirs au fond), extracteurs d'air (à droite).

solaires.

#### Inertie thermique d'ensemble

Il est à rappeler que l'inertie thermique représente la capacité du bâti et de son contenu à conserver soit le froid, soit la chaleur. 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 structurels 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 galerie technique 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 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 inclus entre ces deux parois et d'un rafraîchissement du volume d'air inclus entre ces parois. Le volume d'air entre ces deux parois étant considérablement plus faible que le volume intérieur du bâtiment qu'il protège, la consommation globale d'énergie de rafraîchissement – selon les choix techniques retenus – 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 ; idem pour l'isolation phonique contre les bruits pouvant



Photo 5.7. Isolation thermique/phonique.

## BIBLIOGRAPHIE (suite)

- Dossier web « Travailler par de fortes chaleurs en été ». [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)
- Dossier web « Travail au froid ». [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)

venir de l'extérieur (voir photo 5.7).

### **Systèmes climatisant (a) ou rafraîchissant (b) l'atmosphère ambiante des locaux**

#### **a) Systèmes de climatisation (et de chauffage)**

Par système de climatisation, il faut entendre une installation qui assure en toutes saisons 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 ;
- thermofrigopompe (utilisation chaud et froid simultanément).

Les installations peuvent être de type centralisées (installations sur mesure pouvant traiter des bâtiments de très grand volume) ou constituées d'appareils autonomes (à pompe à chaleur pouvant traiter chacune un atelier).

Pour toute installation neuve :

- 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 complétés 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.

#### **b) Systèmes de rafraîchissement d'ambiance**

On entend par système de rafraîchissement une installation qui réalise l'été une amélioration de la température intérieure et 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 ;

- prévision de ventilateurs d'appoint extracteurs de chaleur complétant, en été, les ventilations prévues pour assurer les débits minima d'air neuf répondant uniquement aux besoins d'hygiène ;

- 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.

### **5.3.3 Travail en chambre froide ou réfrigérée et situations similaires**

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 cutanée 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, risque inadmissible d'enfermement prolongé d'une personne dans une chambre réfrigérée) le risque d'hypothermie accidentelle, un refroidissement généralisé traduisant une déperdition corporelle de chaleur plus grande que la production corporelle de chaleur qui conduit vers la mort. Les travailleurs doivent être obligatoirement informés de ce risque, des signes avant-coureurs (frissons, gelures, nausées, fatigue, étourdissements, irritabilité ou euphorie, douleurs dans les extrémités et tremblement prononcé) et des mesures de sauvegarde (réchauffement corporel immédiat, consul-

Tableau 5.6. Résumé des principales mesures de prévention des risques liés au froid en entrepôt frigorifique et des situations de travail similaires.

MESURES TECHNIQUES	MESURES ORGANISATIONNELLES	PRÉCAUTIONS INDIVIDUELLES
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Portes des chambres réfrigérées avec dispositif manuel permettant l'ouverture de porte depuis l'intérieur en toutes circonstances de manière à éviter l'enfermement d'une personne*.</li> <li>■ Dispositif d'avertissement sonore permettant à toute personne qui se trouverait enfermée accidentellement dans une chambre réfrigérée de donner l'alarme à l'extérieur*.</li> <li>■ Voyant lumineux situé à l'extérieur et au voisinage immédiat de toute porte de chambre réfrigérée et s'éclairant lorsque la chambre elle-même est éclairée*.</li> </ul> <p><i>*Ces 3 mesures répondent à l'arrêté du 30 septembre 1957.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Chauffage local (plancher chauffant, par exemple) ou général (cabine de conduite d'engin fermée et chauffée, par exemple).</li> <li>■ Abris chauffés.</li> <li>■ Poignées et barres métalliques recouvertes d'un isolant thermique.</li> <li>■ Machines et outils conçus pour être utilisés sans que l'opérateur ait à enlever ses gants ou ses mitaines.</li> <li>■ Aides à la manutention permettant de réduire la charge de travail et, en conséquence, la transpiration.</li> <li>■ Distribution mécanique de l'air conçue pour éviter les courants d'air dans l'entrepôt frigorifique (la vitesse d'air maximale tolérable est de 0,20 m/s).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Vérification régulière du bon fonctionnement des dispositifs de sécurité des chambres réfrigérées (portes, avertisseurs, voyants lumineux).</li> <li>■ Formation sur les risques, les mesures préventives, les mesures d'urgence.</li> <li>■ Surveillance mutuelle pour reconnaître les signes d'une atteinte à la santé ou à la sécurité.</li> <li>■ Protocole de surveillance du milieu de travail comprenant la prise de mesures de la température et de la vitesse de l'air.</li> <li>■ Limitation de la pénibilité du travail afin de limiter la transpiration.</li> <li>■ Système de communication pour des postes de travail isolé.</li> <li>■ Établissement d'un régime d'alternance travail-réchauffement.</li> <li>■ Limitation du travail sédentaire et du travail intense.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Information des travailleurs sur les dispositifs de sécurité en place.</li> <li>■ Vêtements (pour le corps et les extrémités) conçus en fonction de la température et du niveau d'intensité de l'activité.</li> <li>■ Plusieurs épaisseurs de vêtements isolent mieux qu'un seul vêtement épais.</li> <li>■ L'habillement doit permettre d'évacuer la transpiration.</li> <li>■ Vêtements tenus propres et secs.</li> <li>■ Port de gants de protection efficaces contre le froid.</li> <li>■ Alimentation riche en gras et en hydrates de carbone.</li> <li>■ Absorption de boissons chaudes.</li> </ul>

tation 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 apparaissent qui 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 d'hommes 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, doivent être considérés les risques liés aux fluides frigorigènes, notamment à l'ammoniac, gaz frigorigène des plus dangereux dont les fuites

provoquent des œdèmes pulmonaires mortels et dont le mélange avec l'air ambiant crée un risque d'incendie et explosion.

Parmi les mesures techniques organisationnelles ou individuelles, applicables aux situations de travail au froid et résumées dans le tableau 5.6, on considérera plus particulièrement les dispositifs évitant le risque d'enfermement d'une personne dans une chambre à basse température.

Au regard de la conception des entrepôts frigorifiques, il convient de :

- prévoir 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

## 5.4 Qualité de l'air

La pureté de l'air, sa vitesse de circulation, sa température et son hygrométrie sont à des degrés divers essentiels pour la santé et, dans tous les cas, des paramètres de confort prépondérants pour l'activité humaine.

L'émission de polluants (toxiques et/ou explosibles), de même que l'appauvrissement en oxygène d'un air ambiant constituent les principaux risques.

Il est impératif d'identifier les lieux ou locaux de travail où peuvent se produire des émanations accidentelles, ponctuelles ou permanentes de gaz ou poussières susceptibles de provoquer des intoxications, asphyxies, incendies ou explosions.

La réglementation du travail distingue deux grandes catégories de locaux :

- les locaux dits à pollution non spécifique, dans lesquels la pollution est liée à la seule présence humaine, exceptés les locaux sanitaires ;
- les locaux dits à pollution spécifique : émission de substances dangereuses ou gênantes (gaz, vapeurs, brouillards, fumées, poussières), présence de micro-organismes pathogènes, locaux sanitaires (pour ces derniers, voir chapitre 9).

D'autres réglementations peuvent être à considérer ; par exemple, en matière d'hygiène alimentaire, les notions de zones « propres » et zones « sales » sont à intégrer car elles interdisent certaines techniques d'aération.

### 5.4.1 Locaux à pollution non spécifique : aération par ventilation générale

L'objectif est de régénérer l'air vicié par la présence humaine (désoxygénation, CO<sub>2</sub>) 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.

#### 5.4.1.1 Moyens d'aération

Les moyens d'aération sont les suivants :

- aération par dispositifs de ventilation mécanique : de tels dispositifs sont les seuls permettant d'assurer en permanence les débits d'air neuf à introduire par occupant (voir tableau 5.7 et figure 5.8) ;
- aération exclusive par ouverture de fenêtre ou autres ouvertures donnant directement sur l'exté-

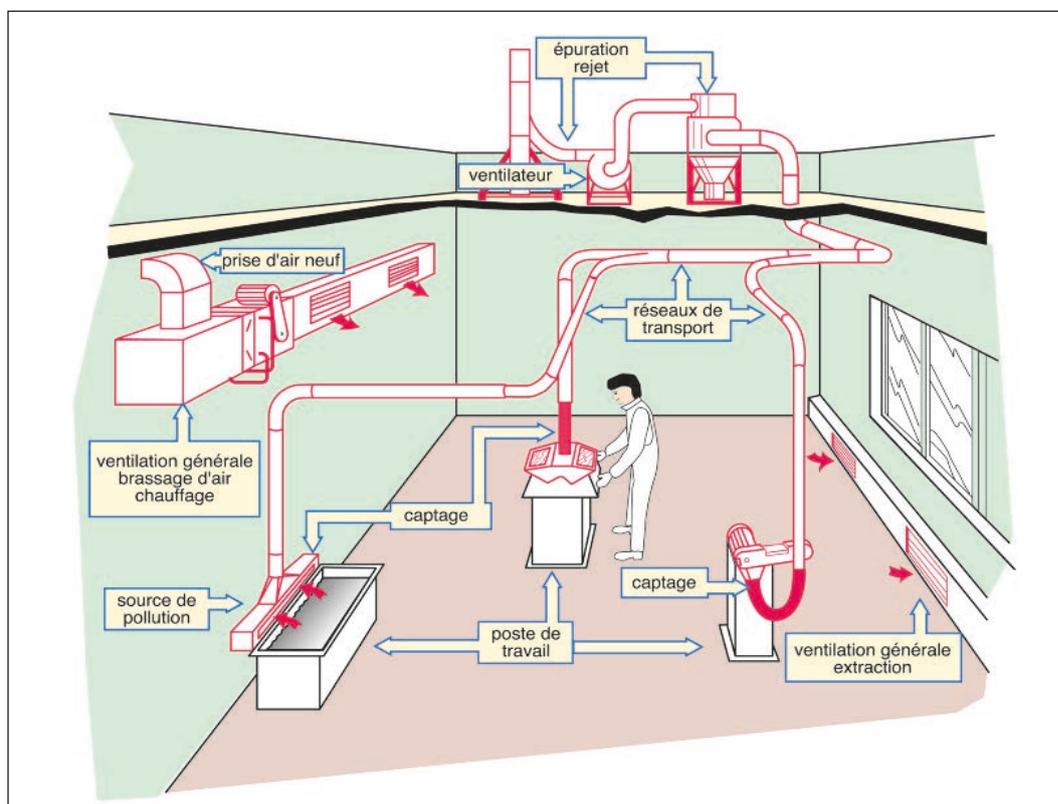


Figure 5.8. Schéma type d'une installation.

rieur : ce mode d'aération est autorisé dans le cas des locaux formant une réserve d'air telle que le volume par occupant est au moins égal à 15 m<sup>3</sup> pour les bureaux et les locaux où est effectué un travail physique léger, à 24 m<sup>3</sup> pour les autres locaux ;

- aération 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 ;

- aération par « balayage » d'un groupe de locaux communicants : disposition où l'air neuf introduit par la périphérie d'un groupe de locaux communicants à pollution non spécifique est entraîné par une extraction mécanique équipant soit l'un d'eux, soit un local à pollution spécifique implanté parmi eux.

### 5.4.1.2 Le 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, CO<sub>2</sub> inodore).

Pour répondre à cette exigence, il est donc avant tout indispensable d'identifier la ou les sources olfactives inconfortables éventuelles autres qu'humaines et qui, par définition, sont à considérer comme une pollution spécifique dont le mode d'assainissement devra dans ce cas être déterminé selon le § 5.4.2 *Locaux à pollution spécifique*. Les locaux sanitaires font partie de ces locaux à pollution spécifique.

Dans le cas d'un local à pollution non spécifique, le confort olfactif et le renouvellement de l'air gagnent à être réalisés par un système de ventilation mécanique assurant :

- l'introduction d'un débit minimal d'air neuf déterminé selon le tableau 5.7 ;
- l'étanchéité des réseaux de ventilation ;
- la mise en marche automatique chaque fois que possible avant occupation des locaux (programmeur lançant la purge du bâtiment avant l'arrivée du

Tableau 5.7.

Débit d'air neuf minimal suivant le type de local (*Code du travail, art. R. 4226-6*).

DÉSIGNATION DES LOCAUX	DÉBIT MINIMAL D'AIR NEUF PAR OCCUPANT (en mètres cubes par heure)
Bureaux, locaux sans travail physique Locaux de restauration, de vente, de réunion Ateliers et locaux avec travail physique léger Autres ateliers et locaux	25 30 45 60
DÉSIGNATION DES LOCAUX	DÉBIT MINIMAL D'AIR INTRODUIT (en mètres cubes par heure et par local)
Cabinet d'aisance isolé** Salle de bains ou de douches isolées** Salle de bains ou de douches** communes avec un cabinet d'aisance Bains, douches et cabinet d'aisance groupés Lavabos groupés	30 45 60 30 + 15 N* 0 + 5 N*
DÉSIGNATION DES LOCAUX	EXEMPLE D'ACTIVITÉS
Locaux sans travail physique :  Ateliers et locaux avec travail physique léger :  Autres ateliers et locaux :	Travail assis du type : écriture, frappe à la machine, dessin, couture, comptabilité. Travail assis ou debout du type : assemblage ou triage de matériaux légers, perçement ou fraisage de petites pièces, bobinage, usinage avec outil de faible puissance, déplacement occasionnel. Travail soutenu. Travail intense.

\* N : nombre d'équipements dans le local.

\*\* Pour un cabinet d'aisance, une salle de bains ou de douches avec ou sans cabinet d'aisance, le débit minimal d'air introduit peut être limité à 15 m<sup>3</sup> par heure si ce local n'est pas à usage collectif.

personnel) ou, au moins, la mise en marche possible par une commande manuelle actionnable à l'entrée d'un local.

Dans le cas d'un dispositif de recyclage d'air, il convient de prévoir une filtration ou une épuration de l'air avant recyclage. Il est alors nécessaire d'installer soit un dispositif avertisseur de panne de filtration ou d'épuration, soit un dispositif provoquant l'arrêt du recyclage. L'air à recycler ne doit en aucun cas provenir d'un local à pollution spécifique (Code du travail, article R. 4222-8 et R. 4222-9). De plus, le débit d'air recyclé ne doit en aucun cas 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, prévoir une séparation aussi étanche que possible. En présence d'orifices (par exemple, des portes), la séparation doit être complétée par une mise en dépression de manière telle à ce que l'air passant sous les portes soit aspiré en direction du local à pollution spécifique.

Dans le cas d'un chantier ayant mis en œuvre des produits dangereux ou odorants nécessitant un délai de séchage notable, prévoir de réaliser la purge de l'air pollué du bâtiment par le système de ventilation pendant la durée nécessaire avant la livraison.

### 5.4.2 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 consiste à examiner par ordre d'intérêt décroissant les diverses solutions et à ne passer à l'étape suivante qu'en cas d'impossibilité de réalisation de celle en cours d'examen. Les modes d'assainissement à examiner par ordre de priorité sont les suivants (voir aussi le tableau 5.8), en tenant compte des interférences possibles entre les dispositifs de ventilation et de chauffage (voir figure 5.8).

Tableau 5.8.  
Liste des dispositifs de captage localisé les plus courants.

DISPOSITIFS DE CAPTAGE LOCALISÉ	GUIDES PRATIQUES DE VENTILATION INRS À CONSULTER
Tous les dispositifs	<ul style="list-style-type: none"> <li>• n° 0. Principes généraux (ED 695)</li> <li>• n° 1. L'assainissement de l'air des locaux de travail (ED 657)</li> </ul>
Tables de travail intégré (tables à aspiration par le bas, tables à rehausse latérale et dossier aspirant, tables à rehausse-cabine à aspiration vers l'arrière)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• n° 5. Ventilation des ateliers d'encollage des petits objets (chaussures) (ED 672)</li> <li>• n° 7. Opérations de soudage à l'arc (ED 668)</li> <li>• n° 16. Ateliers de fabrication de prothèses dentaires (ED 760)</li> </ul>
Cabines à aspiration dirigée (cabines à ventilation verticale ou horizontale)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• n° 3. Mise en œuvre manuelle des polyesters stratifiés (ED 665)</li> <li>• n° 9.1. Cabines d'application par pulvérisation de produits liquides (ED 839)</li> <li>• n° 9.2. Cabines d'application par projection de peinture en poudre (ED 928)</li> <li>• n° 9.3. Pulvérisation de produits liquides. Objets lourds ou encombrants (ED 906)</li> </ul>
Armoires à aspiration intégrée, avec ou sans vitrine.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• n° 18. Sorbonnes de laboratoire (ED 795)</li> </ul>
Encoffrements protecteurs à écrans mobiles et captage intégré (machines et appareils visés par les décrets de juillet 1992)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• n° 6. Captage et traitement des brouillards d'huile (ED 680)</li> <li>• n° 12. Deuxième transformation (ED 750)</li> </ul>
Cuves de traitement de surface : fermeture par couvercle et aspiration localisée	<ul style="list-style-type: none"> <li>• n° 2. Ventilation des cuves et bains de traitement de surface (ED 651)</li> </ul>
Équipements fixes à capteur déplaçable (bras d'aspiration orientables, hottes couvercles : télescopiques, sur potence radiale, etc., gaines à lèvres et à bras capteur coulissant)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• n° 7. Opérations de soudage à l'arc (ED 668)</li> </ul>
Outils portatifs à aspiration intégrée (torches de soudage aspirantes, ponceuses, burins, meuleuses, brosses, scies, perceuses pour travaux sous-plafonds, etc.)	
Appareils mobiles à aspiration et épuration intégrées (ponceuses de sols, engins nettoyage de sols, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• n° 8. Ventilation des espaces confinés (ED 703)</li> </ul>

### 5.4.2.1 Assainissement par suppression d'émissions de polluants

Chaque fois que les techniques de production le permettent, il est obligatoire de supprimer les émissions de polluants et, en priorité, les plus toxiques et/ou les plus explosives (articles R. 4222-12 et R. 4222-13 du Code du travail). Axes de recherche envisageables selon les cas :

- suppression du polluant lui-même ;
- travail sous vase clos ;
- assainissement par voie humide aux points d'émission (pour la suppression d'émissions de poussières et de fibres).

### 5.4.2.2 Assainissement par dispositifs de captage par aspiration localisée

Lorsque les émissions polluantes ne peuvent être supprimées totalement, elles doivent être captées au plus près de leur source d'émission et aussi efficacement que possible (voir brochure T) 5 et photo 5.8).

Pour des postes de travail multiples émettant un même polluant, des dispositifs de captage-évacuation distincts et autonomes peuvent être préférés à un réseau général de captage et de transport tributaire d'une centrale d'aspiration unique, de ses pannes et de ses arrêts pour entretien (voir photo 5.9 et figure 5.9).

En outre, des postes de travail émettant des polluants réactifs entre eux ne doivent en aucun cas être raccordés à un même réseau de captage/évacuation.

Les caractéristiques des polluants relatives aux risques incendie et explosion sont également à prendre en compte (LIE : limite inférieure d'explo-

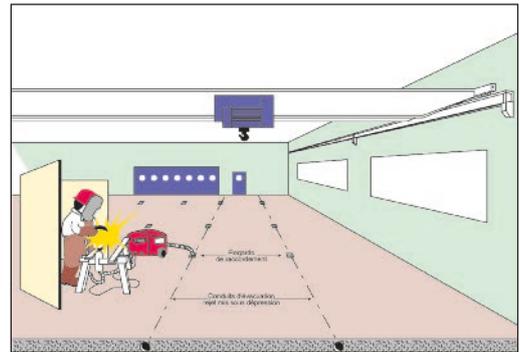


Figure 5.9. Hall de mécano-soudure à réseau de collecte-rejet intégré dans le sol.

sivité, point d'éclair, énergie minimale d'inflammation) aussi bien dans le cas présent de captage par aspiration localisée que dans le cas ci-après de dilution/évacuation.

### 5.4.2.3 Assainissement par ventilation générale (dilution/évacuation)

Il existe différents modes de ventilateur (voir figure 5.10 page suivante).

Le mode d'assainissement par ventilation générale n'est à destiner en priorité qu'au remplacement – par de l'air neuf – de l'air vicié par la seule présence humaine.

Toutefois, il peut être envisagé à défaut ou en complément d'un captage localisé et lorsqu'un polluant est non toxique, émis à l'écart des occupants et à débit assez faible pour que sa dilution dans l'air ambiant d'un local abaisse sa concentration en dessous des valeurs limites (VME : valeur limite de moyenne d'exposition et VLE : valeur limite d'exposition). Sa mise au point est cependant très déli-



Photo 5.8. Assainissement par dispositifs de captage enveloppant.



Photo 5.9. Système de torche de soudage avec aspiration intégrée.

## BIBLIOGRAPHIE

- Code du travail, articles R. 4222-1 à R. 4222-6, R. 4212-149 et R. 4212-150, R. 4727-1, 4727-2, 4727-13, 4727-14, 4727-22, 4727-26, 4721-5, 4724-3-2. Aération, assainissement. Articles R. 4212-1 à R. 4212-7 - Obligations du maître d'ouvrage.
- Collection des guides pratiques de ventilation n° 0 à 19. INRS.
- Aération et assainissement des lieux de travail. Aide-mémoire juridique. INRS, TJ 5, 2007.
- Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France.

cate.

### 5.4.2.4 Critères d'efficacité communs à ces modes de ventilation

#### Niveau sonore

Les débits d'air nécessaires doivent être assurés mécaniquement sans augmenter notablement le niveau sonore perçu dans les locaux de travail, notamment en évitant la transmission des vibrations dans les structures, surtout si elles sont métalliques. Le niveau sonore généré par les installations de ventilation seules en service ne doit pas dépasser 50 dB(A) aux postes de travail ou, à défaut, les installations de ventilation ne doivent pas majorer le niveau moyen d'ambiance (niveau de pression acoustique) existant de plus de 2 dB(A) (article R. 4212-2) et, en aucun cas, elles ne permettront d'atteindre un niveau d'exposition des travailleurs supérieur à 80 dB(A).

La réduction de la propagation des bruits à l'intérieur de conduits de ventilation est à rechercher par la limitation des vitesses d'air, conduction du flux d'air entre des parois internes lisses et de formes limitant la production de turbulences, utilisation de conduits rigides munis de dispositifs anti-vibratiles ou de conduits souples et, éventuellement, par insertion 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.

#### Critères de captage et d'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 ; des vitesses moyennes d'air inférieures à 0,15 m/s l'hiver et 0,25 m/s l'été sont admises sans gêne à hauteur

du visage (sous réserve de ne pas excéder ponctuellement 0,50 m/s).

#### Critères de dilution et d'évacuation

Les concentrations résiduelles doivent être maintenues à la plus faible valeur possible et toujours inférieures à la valeur moyenne d'exposition (VME) pour les polluants toxiques, à 25 % de la limite inférieure d'explosivité (LIE) dans les éléments constitutifs de l'installation (conduits...) et 10 % de cette limite dans toute atmosphère où des personnes travaillent sur les produits inflammables.

#### Critères d'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 placé en légère dépression.

Le débit d'air neuf à introduire dans un local 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'empoussièrerie extérieure, et réchauffé en période froide.

#### Critères en cas de recyclage de l'air

La recherche de dispositifs efficaces récupérant uniquement l'énergie (calories ou frigorifiques) sans recycler l'air d'évacuation du polluant est à envisager en priorité.

Le recyclage est à proscrire dans le cas de polluants cancérigènes, mutagènes, reprotoxiques (CMR), toxiques et/ou allergènes ainsi que dans le cas de polluants non identifiés. Par ailleurs, le recyclage est interdit (Code du travail, article R. 4312-9) dans les cabines de projection de peintures liquides ou de vernis lorsque cette projection s'effectue en présence d'un opérateur.

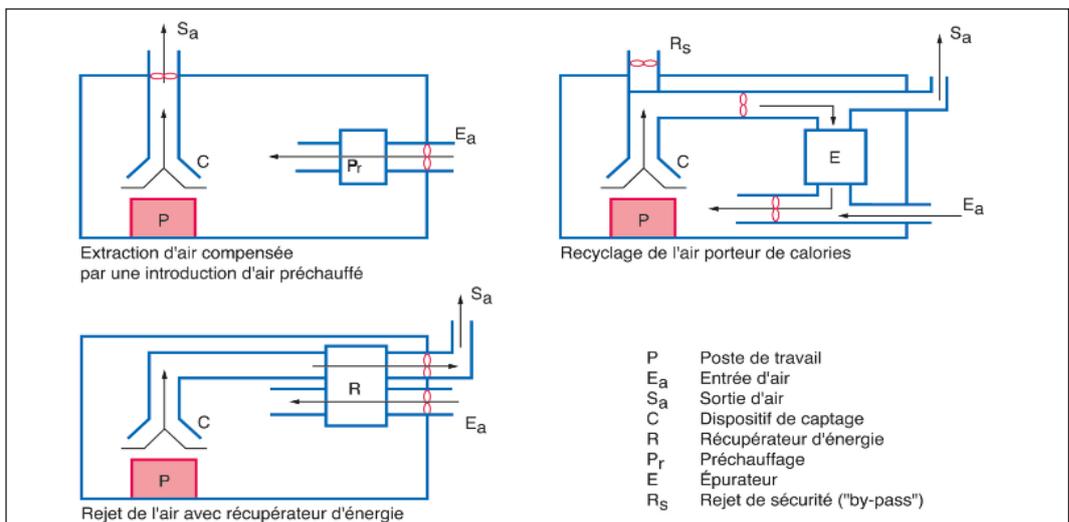


Figure 5.10. Schémas de principe de différents modes de ventilation.

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 s'il est techniquement possible de les épurer tous efficacement auparavant.

L'installation de recyclage :

- doit comporter un dispositif d'épuration assurant efficacement le respect des valeurs limites d'exposition 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 1/5<sup>e</sup> de la valeur limite du polluant considéré) ;

- doit 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 locaux (by-pass automatique) ; ce dispositif fonctionnera selon un mode de sécurité positive ;

- ne doit recycler l'air que dans des locaux où la pollution est de même nature que celle du local de provenance ;

- ne doit recycler l'air qu'en période de chauffage ou de climatisation (par un jeu de volets formant un by-pass arrêtant automatiquement le recyclage par arrêt du chauffage ou de la climatisation) ;

- ne doit pas permettre de diminuer les débits

## 5.5 Ambiance électromagnétique

### BIBLIOGRAPHIE

- Directive 2004/40/CE concernant les prescriptions relatives à l'exposition des travailleurs aux champs électromagnétiques.

- Champs électromagnétiques. La réglementation en milieu professionnel. INRS, ED 4204, 2005.

- Les sources de rayonnement non ionisants (jusqu'à 60 GHz). INRS, ED 4202, 2004.

- Dossier web « Les champs électromagnétiques » [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)

Deux aspects sont à considérer lorsque l'on parle de rayonnement électromagnétique : l'exposition des personnels aux champs électromagnétiques et l'influence des champs électromagnétiques sur les équipements de travail.

### 5.5.1 Exposition des personnels

L'exposition des travailleurs aux rayonnements électromagnétiques peut entraîner un effet sur leur santé. Les travailleurs ne doivent pas être exposés à des niveaux supérieurs aux valeurs limites données par la directive européenne 2004/40/CE.

Les équipements, sources de rayonnements non ionisants, sont identifiés dans la brochure INRS ED 4202.

L'affectation à un poste de travail impliquant un risque d'exposition de porteurs d'implants actifs à un champ électromagnétique doit faire l'objet d'une étude particulière.

### 5.5.2 Compatibilité électromagnétique

Lors de l'implantation des équipements de travail, il convient de se préoccuper de l'aspect compatibilité électromagnétique (CEM).

Certains équipements sont sources de perturbations électromagnétiques et peuvent perturber les équipements situés au voisinage (par rayonnement) ou reliés sur le même réseau électrique (par conduction).

Un point important à souligner est qu'un équipement marqué CE, et donc présumé conforme à la directive CEM, ne signifie pas que l'équipement

ne sera pas source de perturbations électromagnétiques (c'est par exemple le cas des appareils industriels, scientifiques ou médicaux).

De même, un équipement marqué CE et donc présumé conforme à la directive CEM peut être perturbé si les perturbations reçues sont supérieures à celles contre lesquelles il est censé être immunisé.

Ces perturbations peuvent entraîner une panne, un dérèglement, voire un démarrage intempestif de l'équipement ou, plus généralement, affecter les fonctions de sécurité.

Du point de vue confort du travailleur, peut aussi être citée l'influence des perturbations sur les écrans cathodiques d'ordinateur.

Ainsi, lors de l'implantation des équipements de travail, il convient de penser à éloigner les équipements dits perturbateurs des travailleurs et des autres équipements de travail.

### 5.5.3 Maîtrise des risques

Les mesures permettant de maîtriser les risques (exposition du personnel et CEM) doivent être mises en œuvre dès la conception des locaux et des situations de travail. À titre d'exemple et en dehors des choix faits pour éliminer le risque ou le réduire à la source, on peut citer :

- blindage ;

- insertion de filtres sur les entrées sensibles ;

- conception du câblage ;

- conception des situations de travail ;

- cohabitation des réseaux d'énergie et de communication ;

- etc. (voir aussi § 8.1.2).

## 5.6 La prévention des risques d'électrisation liés à la foudre

### BIBLIOGRAPHIE

■ La foudre : risques et prévention. Service de prévention de la CRAM Rhône-Alpes, SP 1076, février 1997.

■ NF C 15-100 Installations électriques à basse tension. AFNOR, mars 2009.

La foudre, outre le danger pour les personnes, génère entre autres des surtensions électriques qui peuvent :

- occasionner : le claquage de transformateurs, de composants électroniques, du relaiage... ; des dysfonctionnements : erreur de transmission, démarrage intempestif... ; le vieillissement prématuré des composants,
- perturber l'organisation,
- engendrer un accroissement des risques et, en conséquence, des coûts supplémentaires.

Une attention particulière doit ainsi être prêtée :

- au maillage des masses : les structures métalliques telles les ferrailages, 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 ;
- à la limitation de la surface de la boucle « victime » : nécessité de faire passer les câbles sur un même plan horizontal, dans des chemins de

câbles métalliques distincts reliés en plusieurs points au plan de masse\* ;

- au régime du neutre : le schéma TN (et en particulier le TNS) est celui qui assure la meilleure protection contre les surtensions ;
- au cheminement des câbles : cheminement des câbles sur des châssis de câbles métalliques interconnectés au réseau de masse avec séparation des câbles protégés de ceux qui ne le sont pas ;
- au limiteur de surtensions liées à des défauts ;
- aux parafoudres et parasurtenseurs : limitation des surtensions transitoires à des valeurs non dangereuses pour le matériel et évacuation des courants de décharge vers la terre ;
- au dispositif de prévention primaire fourni par le paratonnerre qui permet de capter la foudre, de la canaliser et d'évacuer l'énergie vers la terre.

La norme NFC 15-100 définit un ensemble de règles concernant les moyens de protection à prévoir lors de la conception des ouvrages. Elle précise les conditions de mise en œuvre des parafoudres.

\* Pour assurer la compatibilité électromagnétique (CEM), les différents chemins de câbles doivent être séparés d'au moins 30 cm.

# Incendie, explosion



La nature des constructions, des matières emmagasinées et stockées, voire les opérations spéciales de fabrication sont à l'origine de risques d'incendie et d'explosion susceptibles de survenir dans la plupart des établissements industriels.

De manière préalable, il convient d'évaluer les risques d'incendie et d'explosion par le recensement des produits et des substances utilisés (nomenclature des matières inflammables : classement en extrêmement inflammable, facilement inflammable ou inflammable) et par une meilleure connaissance des produits et procédés à haut risque. Cette évaluation peut conduire à rechercher des produits et substances de remplacement et à modifier des procédés.

Dès le choix du site, on peut limiter les possibilités de transmission du feu (de l'entreprise vers l'extérieur et de l'extérieur vers l'entreprise) et les conséquences sur l'environnement d'une éventuelle explosion.

Les autres modes d'action consistent essentiellement à diviser le risque en intervenant sur l'implantation des bâtiments et les aménagements intérieurs et à choisir des matériaux permettant de limiter les possibilités d'extension des incendies.

## 6.1 Diminution du risque et choix des matériaux

### 6.1.1 Diminution du risque

Dans l'implantation des bâtiments, il faut prévoir un espacement suffisant entre les bâtiments de façon à éviter la propagation d'un sinistre et faciliter les évolutions des engins de secours des sapeurs-pompiers.

L'implantation des bâtiments à risque d'incendie/explosion doit également respecter la réglementation relative aux établissements dits « classés ». 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 recommandé de contacter à cet effet votre Direction régionale de l'industrie et de la recherche (DRIRE).

Les choix d'aménagements intérieurs contribuent eux-mêmes à la diminution du risque.

- Chauffage : proscrire tout matériel présentant des points chauds (infrarouge, résistance électrique...) ou une flamme dans les locaux présentant un risque d'explosion.
- Électricité : limiter au maximum la présence d'installations électriques. Pour les zones à risque d'explosion, mettre en place un matériel électrique conforme à la réglementation relative aux matériels pour utilisation en atmosphère explosible.
- Électricité statique : mettre en place des solutions adaptées à l'activité concernée (par

exemple : humidification de l'atmosphère, réduction des frottements, interconnexion des masses, dispositifs permettant l'écoulement des charges).

- Ventilation : concevoir tout dispositif de ventilation mécanique pour éviter une propagation horizontale du feu. En cas de risque d'explosion, compartimentage au niveau des gaines (dispositifs d'isolement) et choix de matériaux conformes à la réglementation.

- Poussières : empêcher la formation de nuages et de dépôts de poussières susceptibles d'être dispersés par le choix de structures insensibles aux vibrations (parois lisses) en supprimant les surfaces de recueil horizontales ou à faibles pentes. Sinon, rendre ces surfaces accessibles pour le nettoyage périodique. Il y a intérêt à compartimenter également l'intérieur des bâtiments et, si besoin, à appliquer les prescriptions du Code du travail et les prescriptions techniques contenues dans les règles APSAD de la FFSA (Fédération française des sociétés d'assurance) diffusées par le CNPP (Centre national de prévention et de protection).

- Murs séparatifs coupe-feu : à prévoir dès la conception de la construction en raison des travaux de gros œuvre nécessaires.

- Murs séparatifs ordinaires.

- Compartiment à l'épreuve du feu : à prévoir pour des produits particulièrement inflammables. Les locaux situés au rez-de-chaussée ne doivent pas comporter de niveaux supérieurs et avoir au moins une paroi directement accessible de l'extérieur du bâtiment.

- Locaux spéciaux : construire des locaux spéciaux pour les produits particulièrement inflammables (dépôts liquides et gazeux, approvisionnement en gaz combustible...). Ces locaux situés au rez-de-chaussée ne comportent pas de niveaux supérieurs. Ils sont équipés de moyens spécifiques de lutte contre l'incendie.

Ces différents aménagements seront dotés de dispositifs d'obturation auto-coupe-feu (règle APSAD R. 16). La construction sera dotée en toiture de dispositifs de désenfumage (exutoires de chaleur et de fumées) (règle APSAD R. 17 et la note documentaire ND 2119).

## 6.1.2 Choix des matériaux

Le choix des matériaux doit permettre de limiter les possibilités d'extension d'un début d'incendie dans un bâtiment.

Le choix porte sur les caractéristiques au feu des matériaux (réaction au feu : classement Mo, M1, M2, M3, M4 ou Euroclasses incombustible A1, A2, B, C, D, E) et des éléments de construction (résistance au feu : stable au feu, pare-flamme, coupe-feu).

Le tableau 6.1 suivant donne quelques exemples de degrés de résistance au feu de matériaux de construction courants.

Tableau 6.1. Exemples de degrés de résistance au feu de matériaux de construction courants. [Il s'agit de valeurs indicatives. Pour plus de détails, se reporter aux répertoires de matériaux classés au feu édités par les organismes CSTB, SOCOTEC, etc.]

CF = COUPE-FEU – PF = PARE-FLAMMES – SF = STABLE AU FEU	
MATÉRIAU	DEGRÉ DE RÉSISTANCE AU FEU
<b>Voile en béton de 5 cm :</b> ■ sans enduit ■ avec enduit mortier de 1,5 cm sur face exposée ■ avec enduit plâtre de 1,5 cm sur face exposée ■ avec enduit plâtre de 1,5 cm sur les 2 faces	CF 1/2 heure CF 1 h CF 2 h CF 3 h
<b>Maçonnerie de parpaings creux :</b> ■ de 10 cm sans enduit ■ de 15 cm sans enduit ■ de 10 cm avec enduit mortier de 1 cm sur face exposée ■ de 15 cm avec enduit mortier de 1,5 cm sur face exposée ■ de 20 cm avec enduit plâtre de 1,5 cm sur face exposée	CF 1/2 h CF 3 h 15 min CF 1 h 20 min et PF 4 h CF 3 h 40 min et PF 6 h CF > 6 h
<b>Maçonnerie de parpaings pleins :</b> ■ de 10 cm sans enduit ■ de 15 cm sans enduit ■ de 20 cm sans enduit	CF 2 h CF 4 h 45 min CF 6 h
<b>Maçonnerie de briques creuses de 5 cm :</b> ■ sans enduit ■ avec enduit plâtre de 1 cm sur 2 faces	CF 1/2 h CF 1 h 45 min
<b>Maçonnerie de briques creuses de 15 cm :</b> ■ avec enduit plâtre de 1 cm sur face exposée ■ avec enduit plâtre de 1 cm sur 2 faces	CF 3 h 10 min CF 4 h 30 min
<b>Cloison de carreaux de plâtre pur plein :</b> ■ de 5 cm ■ de 7 cm	CF 2 h 30 min CF 3 h 30 min
<b>Poteau en béton armé de 15x15 cm haut de 230 cm sous charge de 10 tonnes :</b> ■ nu ■ avec enduit de plâtre de 1 cm sur grillage ■ avec enduit de plâtre de 2 cm sur grillage	SF 1 h 30 min SF 2 h 45 min SF 3 h 15 min
<b>Poteau métallique HEB 140 haut de 227 cm sous charge de 50 tonnes :</b> ■ avec enduit de plâtre de 2 cm sur lattis ■ avec enduit de plâtre de 3 cm sur lattis	SF 1 h 30 min SF 2 h
<b>Portes en menuiserie :</b> ■ de panneaux de particules de 4 cm ■ de chêne massif de 3,5 cm	CF 1/2 h CF 1/2 h

## 6.2 Incendie

### BIBLIOGRAPHIE

- Loi du 19 juillet 1976 modifiée protection de l'environnement (installations classées). Code permanent environnement et nuisances.
- Code du travail, articles R. 4216-1 à R. 4216-6.
- Décret n° 92-333 du 31 mars 1992, section IV, articles R. 4227- à R. 4227.21.
- Arrêté du 25 juin 1980 - Établissements recevant du public.
- Arrêté du 5 août 1992 modifié - Prévention des incendies et désenfumage.
- Arrêté du 4 juillet 2007 modifiant le règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les ERP. Ministère de l'Intérieur et des Collectivités Territoriales.
- Arrêté du 21 novembre 2001 - Réaction au feu des produits de construction et d'aménagement.
- Prévention des incendies sur les lieux de travail. INRS, TJ 20, 2004.
- Incendie et lieux de travail. INRS, ED 990, 2007.
- Les extincteurs mobiles. INRS, ED 802, 2000.
- Consignes de sécurité en cas d'incendie. INRS, ED 929, 2004.
- Incendie et lieux de travail. Le point des connaissances sur... INRS, ED 5005, 2003.
- Sécurité incendie - Désenfumage - Choix des surfaces des exutoires. INRS, ND 2119, 1999.
- Les agents extincteurs gazeux utilisés dans les installations fixes d'extinction. INRS, ND 2191, 2003.
- L'évaluation du risque incendie dans l'entreprise. INRS, ED 970, 2005.

### 6.2.1 Limitation des dégâts

#### 6.2.1.1 Dimensions des bâtiments et accès

Les dimensions des bâtiments doivent tenir compte des possibilités d'intervention des sapeurs-pompiers.

Pour permettre une évacuation sûre et rapide du personnel, les bâtiments comporteront un nombre et un emplacement des issues de secours appropriés aux risques, des passages et des escaliers de largeur suffisante, des moyens d'évacuation complémentaires (échelles, marches, descendeurs) et des installations d'éclairage de sécurité (autonomie > 1 h) conformes à la réglementation.

Les maîtres d'ouvrage doivent tenir compte de ces données lors de la construction des lieux de travail ou lors de leurs modifications, extensions ou transformations. Le Code du travail définit le nombre et la largeur minimale des dégagements (portes, couloirs, circulation, escaliers, rampes)

permettant une évacuation rapide de tous les occupants en fonction de l'effectif de l'établissement (voir tableau 6.2).

#### 6.2.1.2 Désenfumage et moyens de détection rapide

Le désenfumage est à prévoir dès la conception des ouvrages, en fonction de la surface des locaux et dans les ascenseurs et escaliers encloués.

La détection automatique est obligatoire, notamment dans les établissements contenant des produits dangereux. Le type de détecteur est déterminé en fonction des produits, objets ou matériels entreposés (voir normes en vigueur). Les alarmes incendie sont à choisir en fonction de l'effectif concerné (types d'alarmes 1, 2, 3 ou 4). Les alarmes visuelles sont centralisées pour l'exploitation immédiate des informations et intervention si nécessaire, et les alarmes sonores doivent s'entendre de n'importe quel point du bâtiment.

Tableau 6.2. Nombre et largeur des dégagements (article R. 4216-8 du Code du travail).

EFFECTIF	NOMBRE DE DÉGAGEMENTS RÉGLEMENTAIRE	LARGEURS MINIMALES DES DÉGAGEMENTS
Moins de 20	1	0,90 m
20 à 50	1 + 1 dégagement accessoire (a)	0,90 m + (a)
	ou 1 (b)	1,40 m
51 à 100	2 ou 1 + 1 dégagement accessoire (a)	0,90 m et 0,90 m 1,40 m + (a)
101 à 200	2	0,90 m et 1,40 m
201 à 300	2	(0,90 m et 1,80 m) ou (1,40 m et 1,40 m)
301 à 400	2	(0,90 m et 2,40 m) ou (1,40 m et 1,80 m)
401 à 500	2	(0,90 m et 3,00 m) ou (1,40 m et 2,40 m) ou (1,80 m et 1,80 m)

(a) Dégagement accessoire (balcon, terrasse, échelle fixe ou circuit de circulation rapide) d'une largeur minimale de 0,60 m.

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

Concernant les locaux situés en sous-sol, 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.

## BIBLIOGRAPHIE

(suite)

■ Fédération nationale des sapeurs-pompiers de France : <http://pompiers.fr>

■ Règles APSAD (Assemblée plénière des sociétés d'assurances et dommages), diffusées par le CNPP.

- R 15 : Ouvrages séparatifs coupe-feu, 2000.

- R 16 : Fermetures coupe-feu, 2000.

- R 17 : Règles d'installation d'exutoires de fumées et de chaleur, 2000.

■ Dossier web « Incendie et lieux de travail » [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)

La détection automatique est aussi rendue obligatoire pour certains types d'établissements recevant du public.

Hormis les cas cités aux alinéas précédents, l'installation d'un système de détection rapide et d'alarme automatique peut également s'imposer, après évaluation des risques, dans les locaux où le risque d'incendie existe et n'est pas sous surveillance humaine directe et permanente, en prenant en considération les conséquences du délai d'intervention et le risque d'amplification et/ou de propagation du feu pendant ce délai.

### 6.2.2 Extinction incendie

Les moyens de lutte comportent :

- des extincteurs répartis à l'intérieur des locaux et à proximité des dégagements, bien visibles et toujours facilement accessibles ;
- des robinets d'incendie armés, répartis dans le local en fonction de ses dimensions et situés à proximité des issues ; ils sont disposés de telle sorte qu'un foyer puisse être attaqué simultanément par deux lances en directions opposées ; ils sont protégés du gel ;
- des réserves d'eau, si nécessaire (voir photos 6.1.a et 6.1.b) ;
- une installation d'extinction automatique à eau pulvérisée (si celle-ci n'est pas prohibée par la nature de l'activité ou des produits, par exemple l'eau dans une fonderie d'aluminium) lorsque les conditions d'entreposage présentent des risques particuliers liés à la nature des produits entreposés et au mode de stockage.

Si la hauteur d'entreposage dépasse 8 m, l'installation d'extinction automatique doit comporter des réseaux intermédiaires.

D'autres agents extincteurs peuvent être utilisés en extinction automatique (gaz inertes, gaz inhibiteurs) en fonction des matériaux à éteindre et du risque pour le personnel. Dans ce cas, l'installation de détection et d'extinction automatiques doit être associée à une alarme sonore d'évacuation du personnel, une temporisation retardant le gazage du local pendant le délai nécessaire à cette évacuation (voir la note documentaire ND 2191).

### 6.2.3 Organisation de la prévention incendie

Elle doit être prévue notamment par la consigne incendie, le plan d'évacuation et la formation d'équipes d'intervention (voir la brochure ED 929).

L'emplacement des moyens de premier secours, extincteurs et robinets d'incendie armés (RIA) doit être judicieusement choisi et leur type adapté au genre de feu qu'ils sont appelés à combattre compte tenu de cet emplacement. Les RIA sont branchés en permanence sur un réseau de distribution d'eau sous pression. Un réseau de bornes incendie hors gel est nécessaire pour les établissements mettant en œuvre des produits inflammables solides, liquides ou gazeux.

À noter que pour certains établissements dits à risques majeurs, l'organisation de la lutte contre l'incendie prévoit un plan d'organisation interne (POI) pris en application des directives dites Seveso.



Photo 6.1.a. Réserve d'eau incendie protégée par un grillage pour prévenir le risque de noyade.



Photo 6.1.b. Prise d'eau à l'extérieur de l'enceinte grillagée.

## 6.3 Explosion

Si les établissements industriels sont, pour la plupart, exposés à des risques d'incendie, certains sont, en outre, en raison 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 et/ou thermique, avec ou sans contact avec l'air ambiant ;
- celles qui sont dues à une atmosphère explosive.

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 ; s'appuyer le cas échéant sur les fiches toxicologiques publiées par l'INRS.

Les informations qui suivent traitent essentiellement du cas des atmosphères explosives accidentelles.

Une atmosphère explosive résulte d'un mélange d'air et de substances inflammables sous forme de gaz, brouillards ou poussières dans lequel, après inflammation, la combustion se propage à l'ensemble du mélange non brûlé.

Une explosion est une combustion qui se caractérise par sa violence et sa soudaineté. Il s'agit d'une transformation rapide d'un système matériel donnant lieu à une forte émission de gaz et de flammes avec 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 6.1.

L'inflammation d'un produit dépend de sa concentration dans l'air. Elle peut se produire dans une fourchette comprenant deux limites :

- la limite inférieure d'inflammabilité ou d'explosivité (LIE) d'une substance combustible dans l'air (gaz, vapeurs, poussières) est la concentration minimale dans le mélange au-dessus de laquelle il peut être enflammé ;
- la limite supérieure d'inflammabilité ou d'explosivité (LSE) d'une substance combustible dans l'air (gaz, vapeurs, poussières) est la concentration dans le mélange au-dessous de laquelle il peut être enflammé.

Un gaz, une vapeur, une poussière n'étant combustible dans l'air que pour des teneurs situées entre les limites d'explosivité qui leur sont propres, on peut définir à partir de ces paramètres les zones où l'on risque de trouver une concentration dangereuse du produit donné.

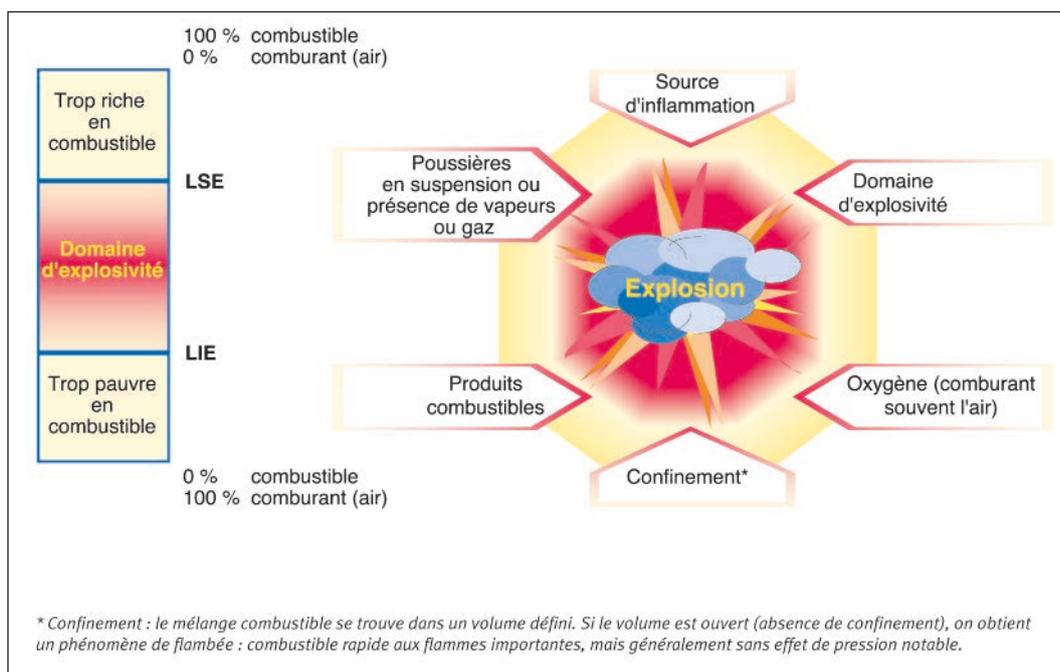


Figure 6.1. Les facteurs de l'explosion.

Pour l'évaluation des risques, il y a lieu de considérer pour une explosion ne laissant aucun délai d'évacuation aux personnes exposées que :

- la **gravité des conséquences de l'explosion** doit être prioritaire par rapport à la probabilité de survenance ;
- la **probabilité de défaillance des mesures de sécurité** doit être déterminante lors de la mise au point de ces mesures afin d'établir la certitude de la maîtrise du risque.

Les décrets n°2002-1553 et n°2002-1554 du 24 décembre 2002, transposition en droit français de la directive 1999/92/CE du 16 décembre 1999 (directive sociale dite « Directive ATEX », à savoir ATmosphère EXplosible) fixent respectivement les dispositions applicables aux chefs d'établissements et aux maîtres d'ouvrage pour la prévention des explosions. Ils sont introduits dans le Code du travail par les articles R. 4227-42 à R. 4227-54 et R. 4216-31 issus des décrets D. 2002-1553 et D. 2002-1554. Les modalités d'application sont définies en particulier par les arrêtés du 8 juillet 2003 et du 28 juillet 2003 relatifs à la protection des travailleurs susceptibles d'être exposés à une atmosphère explosive. Les paragraphes suivants tiennent compte de l'esprit de ces textes.

### 6.3.1 Classification et délimitation des zones à risque d'explosion

Tous les locaux où sont fabriqués, manipulés, stockés et transformés des produits combustibles sont prédisposés à contenir une atmosphère explosive.

En particulier, les emplacements où se rencontrent des poussières combustibles provenant de la production, des procédés, du remplissage, du stockage et du convoyage peuvent être le siège d'explosions. Même les couches, dépôts et tas de poussières combustibles doivent être traités comme toute autre source susceptible de former une atmosphère explosive (arrêté du 8 juillet 2003). 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 au chef d'entreprise, responsable de la sécurité dans ses unités, 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 (plans détaillés) dans le document dénommé « Document relatif à la protection contre les explosions » qui doit comporter l'ensemble des informations et des mesures prises et/ou à prendre à l'encontre de ce risque.

La délimitation des zones à risque d'explosion répond à un double objectif :

- limiter l'étendue de ces zones ;
- mettre en place un matériel adapté et des mesures de prévention appropriées (procédures, signalisation...).

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.

### 6.3.2 Principes de prévention

Les principes de prévention à mettre en œuvre pour tout type d'atmosphères explosives sont résumés ci-après. Ils sont assortis d'exemples de pistes de recherche pour la définition de mesures de prévention.

#### a) Faire une étude des dangers et d'évaluation des risques et délimiter les zones à risque :

- faire un recensement exhaustif d'identification 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 6.4 ;
- identifier et délimiter ces zones obligatoirement sur un plan sous la responsabilité du chef de l'entreprise exploitant les lieux.

#### b) Empêcher, en priorité, la formation d'atmosphères explosives, par exemple selon les modes d'action suivants :

##### b1) par action sur le procédé et/ou sur les produits mis en œuvre, comme par exemple :

- rechercher des produits de remplacement non ou moins inflammables ;
- définir des procédés supprimant ou maîtrisant le risque (exemple 1 : travail sous vase clos et inertage permanent contrôlé ; exemple 2 : travail sous vase clos et systèmes de régulation contrôlée de dosage des produits en des proportions non explosibles) ;
- rechercher des techniques empêchant la mise en suspension de poussières inflammables dans l'atmosphère ambiante d'un local (par exemple, travail sous voie humide ou en atmosphère humidifiée, capotages étanches avec captage à la source, réduction de la hauteur de chute de matières pulvérulentes) ;

**b2) par nettoyage de suppression périodique de poussières combustibles se déposant en couches sur le sol ou sur des structures ;**

**b3) par captage et ventilation contrôlée des atmosphères explosibles de façon à maintenir la concentration dans l'air d'un gaz, d'une vapeur ou d'un aérosol au plus à 10 % de la limite inférieure d'explosivité dans les atmosphères où des personnes sont amenées à travailler, et à 25% de cette LIE à l'intérieur des installations de captage et d'évacuation (hottes, gaines...);**

**b4) 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 simultanée des deux moyens impossible afin qu'en cas de défaillance de l'un, la sécurité reste assurée par l'autre.

#### c) Eviter l'inflammation d'atmosphères explosives dont la formation n'a pas pu être empêchée totalement :

- par utilisation d'équipements certifiés conformes à la réglementation applicable aux matériels pour utilisation en atmosphère explosive (voir § 6.3.3) ;
- d'une manière générale, par limitation de la température des surfaces chaudes, par suppression des sources d'étincelles d'origine mécanique, électrique ou électrostatique.

#### d) Réduire les effets nuisibles d'une explosion et limiter les dégâts, par exemple selon les modes d'action suivants :

**d1) par protection des enceintes de confinement** (appareils, gaines, cuve, silo...) contre les effets d'explosions internes au moyen, selon les cas :

Tableau 6.4. Classification des appareils du groupe II utilisables en atmosphère explosive en fonction des zones.

POUR LES GAZ, VAPEURS, BROUILLARDS COMBUSTIBLES	CATÉGORIE DE NIVEAU DE PROTECTION DES APPAREILS
Zone 0	1 G
Zone 1	1 G ou 2 G
Zone 2	1 G ou 2 G ou 3 G
<i>avec G comme Gaz</i>	
POUR LES POUSSIÈRES COMBUSTIBLES	CATÉGORIE DE NIVEAU DE PROTECTION DES APPAREILS
Zone 20	1 D
Zone 21	1 D ou 2 D
Zone 22	1 D ou 2 D ou 3 D
<i>avec D comme Dust (poussière)</i>	

## BIBLIOGRAPHIE

■ Décret n° 96-1010 du 19 novembre 1996 relatif aux appareils et aux systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphère explosible.

■ Décret n° 2002-1553 du 24 décembre 2002 relatif aux dispositions concernant la prévention des explosions applicables aux lieux de travail.

■ Décret n° 2002-1554 du 24 décembre 2002 relatif aux dispositions concernant la prévention des explosions que doivent observer les maîtres d'ouvrage lors de la construction des lieux de travail.

■ Arrêté du 29 juillet 1998 et circulaire du même jour relatifs aux silos et aux installations de stockage de tous produits organiques dégageant des poussières inflammables. Code permanent environnement et nuisances.

■ Arrêté du 8 juillet 2003 complétant l'arrêté du 4 novembre 1993 relatif à la signalisation de sécurité et de santé au travail.

■ Arrêté du 8 juillet 2003 relatif à la protection des travailleurs susceptibles d'être exposés à une atmosphère explosive.

■ Arrêté du 28 juillet 2003 relatif aux conditions d'installation des matériels électriques dans les emplacements où des atmosphères explosives peuvent se présenter.

■ Circulaire DRT n°11 du 6 août 2003 commentant l'arrêté du 28 juillet 2003 relatif aux conditions d'installation des matériels électriques dans les emplacements où des atmosphères explosives peuvent se présenter.

■ Norme NF EN 1127-1 – Atmosphères explosives. Prévention et protection contre l'explosion. Partie 1 : Concepts de base et méthodologie. AFNOR, 2008.

- 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),
- de coupe-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 inoccupées par des personnes,
- de vannes à fermeture rapide d'isolation d'explosion,
- d'une combinaison de ces moyens et/ou d'une redondance de ces moyens ;

**d2) par division** de la puissance potentielle d'une explosion (par exemple, remplacement d'une grosse enceinte de confinement par deux de volume moitié) ;

**d3) par implantation et dispositions** (éloignement, murs, talus) *séparatives*, pour empêcher la propagation du front de flammes d'une explosion à d'autres zones à risque d'incendie/explosion et/ou réduire l'importance de la surpression de l'onde de choc en direction des autres zones ;

**d4) 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 formant exutoire de souffle en partie haute.

**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 explosible par un gaz ou une vapeur, mettre en place des dispositifs de détection à seuil(s) de pré-alarme et/ou d'alarme. Cette obligation réglementaire n'est toutefois pas encore réalisable, en l'état actuel des techniques, dans le cas d'atmosphères de poussières.

**f) Faire une étude fonctionnelle du système générant l'atmosphère explosible et des systèmes de protection pour déceler tout événement** (par exemple, coupure d'énergie involontaire ou volontaire, dérive d'un système automatisé, autres défaillances...) **pouvant engendrer un danger supplémentaire :** 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 de fonctionner en toute sécurité le temps de rendre l'atmo-

sphère non explosible, procédure et moyens de mise à l'arrêt et de mise en sécurité pour le cas de dérive d'un automatisme).

**g) Signaliser les accès des zones ou des locaux à atmosphère explosible** par panneau triangulaire jaune bordé de noir portant les lettres EX avec la mention *Emplacement où une atmosphère explosive est susceptible de se produire*.



Emplacement où une atmosphère explosive est susceptible de se produire.

**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 :** les informations devant figurer dans ce document sont détaillées par les articles R. 4227-52 à R. 4227-54 du Code du travail.

**J) Faire procéder, avant la première utilisation du lieu à atmosphère explosible, à la vérification de la sécurité,** eu égard au risque d'explosion, de l'ensemble de l'installation par une personne compétente et expérimentée dans le domaine de la protection contre les explosions.

### 6.3.3 Choix de matériels ou d'appareils, électriques ou non, pour utilisation en atmosphère explosive

L'identification du type de zone (zones 0, 1, 2 à zones 20, 21, 22) et des températures d'auto-inflammation de l'atmosphère des gaz ou des poussières en nuage et en couche 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. Ensuite, lors de l'acquisition de tels matériels, leur fournisseur devra remettre à l'acquéreur soit la déclaration CE de conformité correspondante s'il s'agit d'un appareil, soit l'attestation écrite de conformité s'il s'agit d'un composant (voir figure 6.2).

## BIBLIOGRAPHIE

- Norme NF EN 13463 - Matériels non électriques pour utilisation en atmosphère explosible. AFNOR, 2002.
- Guide de bonne pratique pour la mise en œuvre de la Directive 1999/92/CE visant la protection des travailleurs contre le risque d'atmosphères explosives. Commission Européenne, 2003.
- Emploi des matériaux pulvérulents. Guide pratique de ventilation n°17. INRS, ED 767, 2003.
- Les mélanges explosifs. Partie 2 : Poussières combustibles. INRS, ED 944, 2006.
- ATEX. Mise en œuvre de la réglementation relative aux atmosphères explosives. Guide méthodologique. INRS, ED 945, 2005.
- Électricité statique. INRS, ED 874, 2004.
- Les mélanges explosifs. Partie 1 : Gaz et vapeurs. INRS, ED 911, 2004.
- Explosion et lieu de travail. Le point des connaissances sur... INRS, ED 5001, 2003.
- Manutention pneumatique des poussières inflammables. Recommandation CNAM R 234. INRS, 1984.

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.

Pour les poussières, le degré de protection de l'enveloppe de l'appareil devra être d'au moins :

- IP 6x pour les zones 20 et 21 et pour les poussières conductrices en zone 22 ;
- IP 5x pour les poussières non conductrices pour la zone 22.

Le marquage issu des Directives est complété par un marquage en rapport avec les normes auxquelles l'appareil répond et par un marquage de traçabilité en rapport avec la procédure de certification (marquages non représentés sur la figure 6.2).

Pour un appareil dégageant de la chaleur, le marquage est suivi sur la même ligne, soit par la température maximale de surface en °C, soit par le symbole indiquant la classe de cette température (de T1 = 450°C à T6 = 85 °C).

### Température maximale de surface de l'appareil/Température d'auto-inflammation du polluant

Ne sont utilisables en atmosphère explosive que les appareils dont la température maximale de surface est inférieure à la plus faible des valeurs suivantes, soit :

- aux 2/3 de la température d'auto-inflammation de l'atmosphère explosive ;
- à la température d'auto-inflammation d'une couche de poussières (épaisse de 5 mm) diminuée de 75 °C.

La connaissance de la température d'auto-inflammation est donc un facteur déterminant tant lors d'une évaluation de risques que lors du choix d'un équipement.

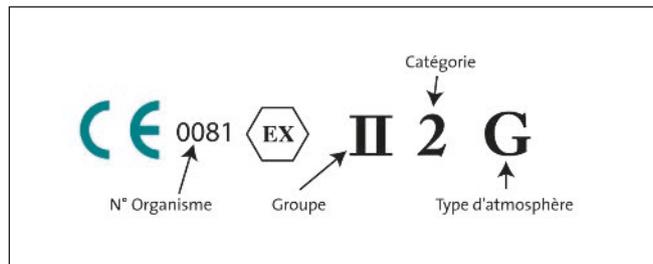


Figure 6.2. Exemple de marquage pour appareil utilisable en atmosphère explosive.

## 7.1 Toitures

Il est à rappeler que les accidents par chute de hauteur sont souvent graves ou mortels. Leur prévention requiert d'étudier tout particulièrement les types d'intervention en toiture et l'éclairage zénithal.

### Les interventions en toiture

Elles sont effectuées notamment sur les toitures des locaux industriels, commerciaux ou bâtiments d'habitat collectif. Elles peuvent être régulières lorsqu'elles concernent les travaux de maintenance des équipements techniques situés en toiture tels les conduits, ventilations, filtres, climatiseurs, nettoyage des parties vitrées, systèmes d'éclairage nocturne, enseignes lumineuses...

Des interventions en toiture moins régulières concernent les travaux d'étanchéité, l'écoulement des eaux pluviales, la mise en place des systèmes de suspension pour intervenir en façade...

Toutes les dispositions prises pour les interventions en toiture doivent figurer dans le dossier de maintenance de l'ouvrage (articles R. 4211-3 à R. 4211-5 du Code du travail) ou le dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (articles R. 4532-95 à R. 4532-96 du Code du travail).



Photo 7.1. Minished.

### L'éclairage zénithal

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 7.1). En revanche, l'éclairage zénithal est à proscrire pour les bureaux et les locaux de petite dimension pour lesquels la hauteur sous plafond est faible (inférieure à 3 m).

### 7.1.1 Surfaces vitrées ou translucides

Les nouveaux locaux sont le plus généralement conçus pour permettre la pénétration de la lumière naturelle (Code du travail, articles R. 4213-1 à R. 4213-4). Pour éviter tout risque de chute à travers ces surfaces tout en limitant l'apport thermique dû au rayonnement solaire, il convient de mettre en œuvre les principes suivants.

- Les matériaux seront de classe 1200 Joules (voir tableau 7.1). À défaut, une protection permanente associée à un matériau de résistance insuffisante sera mise en place. Une mise en garde particulière concerne l'évolution défavorable avec le temps, par action des UV, de certains matériaux composites ou dérivés plastiques.

- Le choix entre les trois types de surfaces vitrées ou translucides les plus courantes (polycarbonate, polyester armé, verre feuilleté) relève d'une même exigence ; les autres éléments à prendre en compte concernent la facilité d'accès, de nettoyage, les possibilités de ventilation naturelle, la répartition homogène de l'éclairage (éviter un seul lanterneau central), la protection contre l'éblouissement.

- Dans le cas d'un établissement classé pour la protection de l'environnement, se reporter à l'arrêté-type correspondant pour vérifier que la surface de vitrage ou de translucides dédiés à l'éclairage naturel au travers du toit n'excède pas les valeurs limites éventuellement fixées par cette réglementation.

- Pour éviter le rayonnement solaire direct, des pare-soleils intégrés à la structure peuvent être mis en place (par exemple, grilles) et avoir plusieurs fonctions : protection contre les chutes de personnes et d'objets ou contre les effractions, passerelles d'accès pour la maintenance.

Le nettoyage des surfaces vitrées doit être prévu dès la conception. Pour la surface extérieure, des moyens à mettre en œuvre sont décrits dans les autres paragraphes (matériaux intrinsèquement résistants, protection périphérique...).

Pour la sous-face, on peut citer les solutions suivantes : chemin d'appui d'une passerelle intégrée à la structure porteuse (voir figure 7.1), cheminement au sol dégagé de tout équipement fixe (voir figure 7.2).

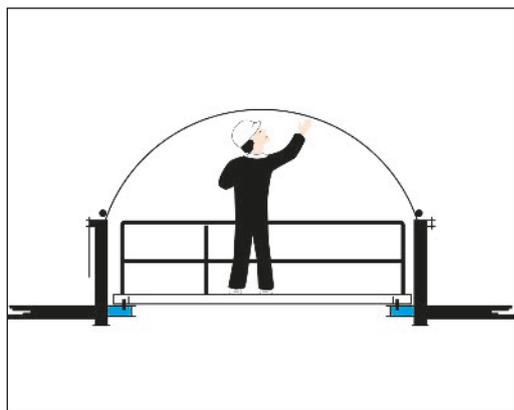


Figure 7.1. Protection intégrée avec passerelle roulante.

**Remarques concernant la résistance des matériaux**  
 Pour être considéré de résistance satisfaisante, un matériau doit être certifié par son fournisseur, doit assurer la résistance au choc de classe 1200 Joules et être éprouvé selon le protocole d'essai cité par le tableau 7.1.

La résistance effective, fonction des épaisseurs et des portées, doit être définie par les essais les plus représentatifs possibles. Il est impératif de respecter les conditions de pose préconisées par le fabricant.

### 7.1.2 Surfaces non translucides

Les matériaux seront intrinsèquement résistants (par exemple, bacs acier, bacs alu, supports à isolation thermique intégrée). À défaut, une protection permanente sera associée (voir tableau 7.1). Ces exigences de résistance des matériaux en toiture sont d'autant plus importantes que les installations nécessitant des interventions sont fréquemment mises en place sur la toiture : exutoires de fumée, aérateurs pour la ventilation de locaux et l'extraction des fumées, locaux techniques des ascenseurs et monte-charge, installations liées directement au process (étuve de séchage d'une chaîne de peinture par exemple). Tous ces dispositifs et équipements seront protégés, de même que les cheminements permettant d'y accéder.

### 7.1.3 Ouvrants en élévation ou en toiture

Les ouvrants en élévation ou en toiture ne doivent pas, en position d'ouverture, constituer un danger pour les travailleurs (article R. 4214-5 du Code du travail). Les chutes de hauteur à travers les ouvrants de désenfumage (coupoles, lanterneaux, trappes) devront être empêchées par des grilles de protection intérieurement résistantes (voir



Figure 7.2. Exemple de schéma d'implantation.

photo 7.2) permettant également, lorsque la partie ouvrante est ramenée en position fermée, de pallier la fragilité éventuelle de cette dernière. De façon générale, il y a lieu de considérer, selon la norme NF EN 811, 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. 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 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 ce travail en hauteur.



Photo 7.2. Lanterneau ouvrant équipé de grilles de protection en sous-face.

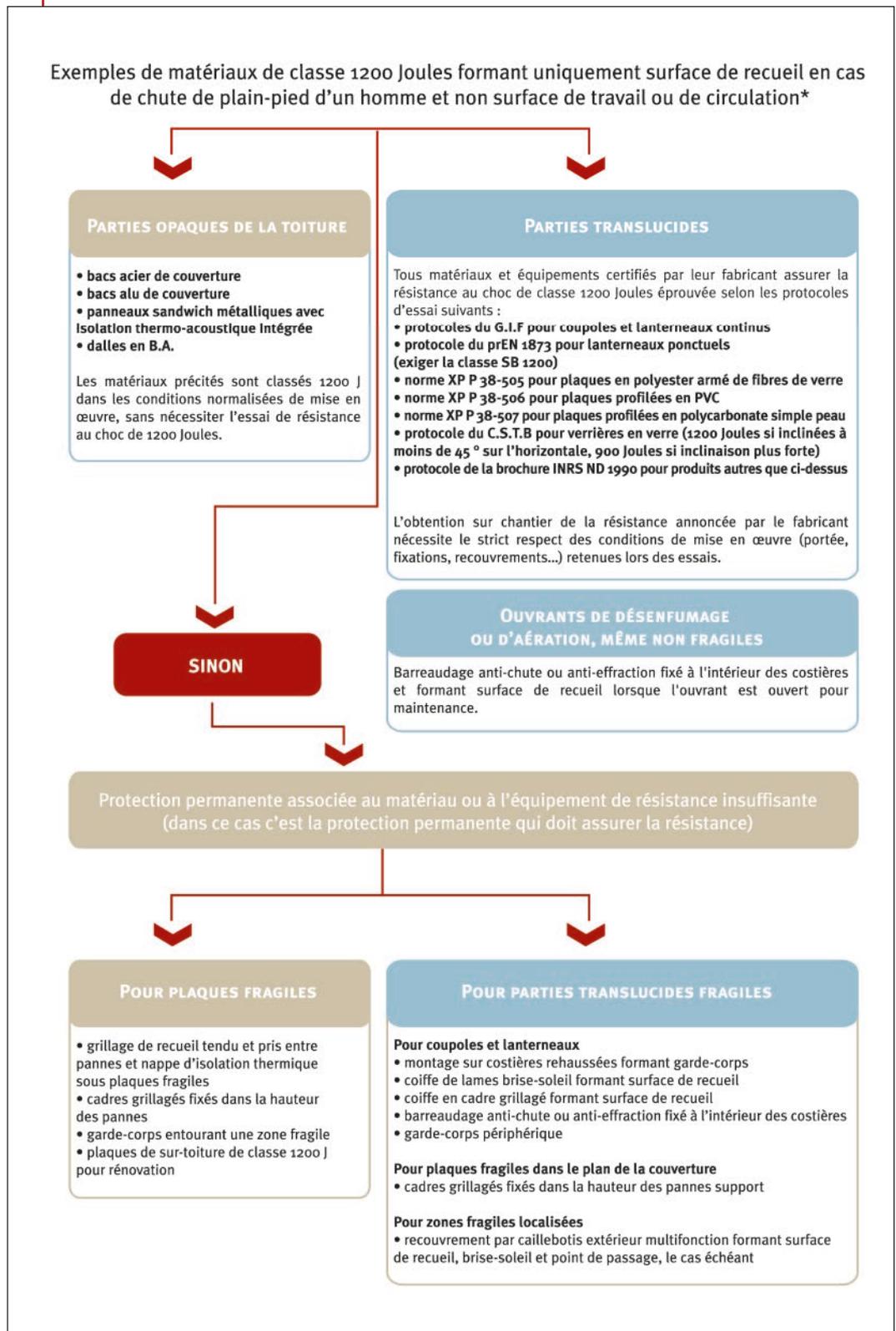
### 7.1.4 Accès et circulation en toiture

#### Accès en toiture

Les modes d'accès en toiture sont du type édicules de sortie en toiture-terrasse, fenêtre ou trappes de toiture, accès par l'extérieur du bâtiment.

- *Édicule de sortie en toiture-terrasse* : c'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.
- *Fenêtre ou trappe de toiture* : ce type d'accès est à proscrire.

Tableau 7.1. Aide aux choix des matériaux pour toitures.



\* 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 (sac normalisé M50) 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 ou bien à proximité de lanternaux ou de sheds 1200 J. Par contre, il 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.

## BIBLIOGRAPHIE

- Code du travail, articles R. 4211-3 à R. 4211-5 : Dossier de maintenance ; articles R. 4532-95 et R. 4532-96 : Dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage ; article R. 4214-2 : Nettoyage des surfaces vitrées en toiture.
- Norme XP P38-505 - Plaques profilées translucides en polyester renforcé de fibres de verre - Résistance à la traversée d'un corps mou de grandes dimensions. Essai et spécification. AFNOR, 1998.
- Norme XP P38-506 - Plaques profilées translucides en polychlorure de vinyle (PVC) - Résistance à la traversée d'un corps mou de grandes dimensions. Essai et spécification. AFNOR, 1999.
- Norme XP P38-507 - Plaques profilées translucides simple paroi en polycarbonate (PC) - Résistance à la traversée d'un corps mou de grandes dimensions. Essai et spécification. AFNOR, 2000.
- Norme NF EN ISO 14122-2 - Plates-formes de travail et passerelles. AFNOR, 2007.
- Norme NF EN ISO 14122-3 - Escaliers, échelles à marches, garde-corps. AFNOR, 2007.
- NF EN 1873 - Lanterneaux ponctuels en matière plastique avec costières. AFNOR, 2006.
- L'éclairage naturel. INRS, ED 82, 1999.
- Les toitures fragiles. Travail et sécurité, INRS, février 1987.
- Méthode d'essai de chocs sur verrières. Fascicule 3228. CSTB.
- Documents techniques unifiés (DTU). CSTB ([www.boutique.cstb.fr](http://www.boutique.cstb.fr)) :
- Mise en œuvre des toitures en tôle d'acier nervuré avec revêtement d'étanchéité. DTU n°20-12.
- Gros œuvre en maçonnerie des toitures destinées à recevoir un traitement d'étanchéité. DTU n°43-3.3

• **Accès par l'extérieur du bâtiment** : des moyens d'accès permanent sont à prévoir tels des escaliers et échelles à marches pour les accès fréquents, des échelles à crinoline pour les accès peu fréquents. Indépendamment de la fréquence d'accès, les escaliers s'imposent dès que l'on doit monter de l'outillage et/ou des matériels. Une condamnation est à prévoir, notamment pour pouvoir mettre en œuvre une procédure d'accès.

Pour une toiture comportant des équipements en sous-face du plafond (traitements acoustiques et thermiques, installations d'extinction automatique, éclairage artificiel), plates-formes, galeries aériennes ou galeries techniques sont à prévoir.

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 moyen(s) permettant d'assurer ces besoins. Par exemple, installation d'une potence pour monter les outils et les matériaux en toiture.

### Protection en rive de toiture et autour des trémies

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 peut fort bien intégrer des acrotères, rambarde ou écrans servant de garde-corps.

- Acrotère élevé à 1,10 m au-dessus du niveau fini de la terrasse.
- Garde-corps permanent ne nécessitant que peu d'entretien, hauteur = 1,10 m au-dessus du niveau fini de la terrasse (voir figures 7.3, 7.4 et photo 7.3).

Ces protections assurent une sécurité optimale dès la phase de construction, tout en rendant la maintenance et les interventions ultérieures plus sûres.

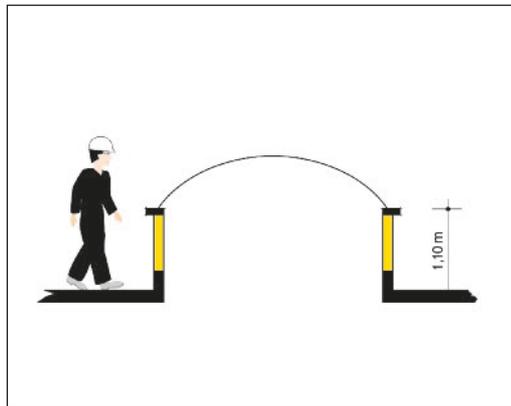


Figure 7.3. Châssis de lanterneau surélevé.

L'installation d'ancrages définitifs pour la pose de garde-corps amovibles n'est envisageable qu'en prévision de travaux non répétitifs dont la durée d'exécution est supérieure au double du temps requis pour acheminer et installer ces garde-corps. Des protections complémentaires doivent être mises en œuvre le temps d'installer ces garde-corps temporaires. En conséquence, le principal avantage de l'installation d'ancrages définitifs est de permettre ultérieurement la pose de garde-corps définitifs.

### Circulation en toiture-terrasse

Sur les toitures-terrasses, prévoir un cheminement principal sans obstacle (conduites, gaines, édicules bas...) à enjamber et permettant au moins le roulement d'équipements légers.

Une zone périphérique libre de tout obstacle, de 1,5 m minimum, permettra une circulation liée à l'entretien des façades (positionnement de portiques, supports d'échafaudage volant...).

Lors du franchissement de parties de toiture présentant des risques de chute, des passerelles permanentes peuvent être mises en place (voir photo 7.3).



Photo 7.3. Passerelle permanente d'accès pour l'entretien d'installations sur toiture.

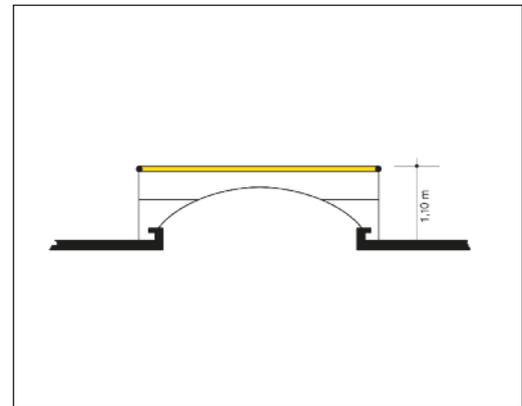


Figure 7.4. Lanterneau équipé d'un garde-corps périphérique.

## BIBLIOGRAPHIE

■ Rapport d'essai de résistance au choc 1200 joules.  
www.skydome.eu

### 7.1.5 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 recours possible concerne les bâtiments existants où des mesures de protection collective ne peuvent techniquement pas être mises en œuvre (voir figure 7.5).

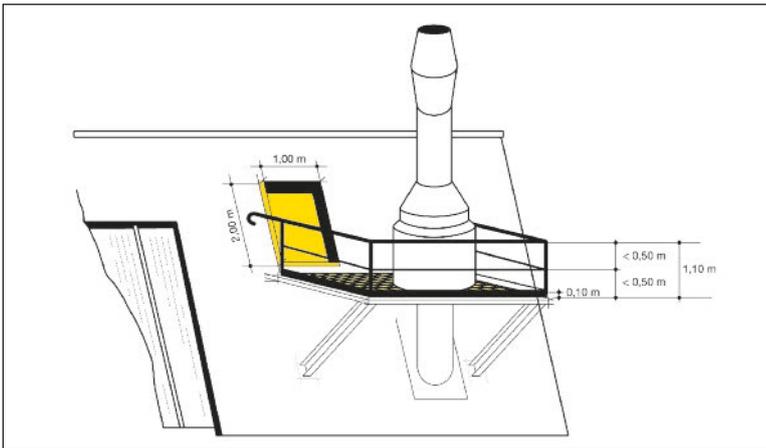


Figure 7.5. Plate-forme de travail techniquement réalisable en lieu et place de points d'ancrage.

### 7.1.6 Autres éléments à prendre en compte

Il s'agit principalement :

- *du 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) ;
- *de la réverbération du bruit* : étudier la forme de

la toiture et les caractéristiques phoniques des matériaux utilisés en sous-face (Code du travail, article R. 4213-5) ;

■ *des intoxications lors des interventions* : choisir des points de rejet en dehors des zones d'intervention et positionner les entrées à l'opposé des rejets (notion de vents dominants, hauteur de cheminée) ;

■ *de l'isolation thermique* : en tenir compte dans le choix des matériaux de couverture.

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 soucis architecturaux et les règles d'urbanisme. En effet, un tel garde-corps se trouve entièrement à l'intérieur du gabarit constructible même si l'acrotère est situé à la hauteur maximale du gabarit constructible formé par cette hauteur et le plan tangent à ce bord et incliné de 45° vers l'intérieur de l'ouvrage (voir photo 7.4).



Photo 7.4. Dispositif de garde-corps évitant les chutes en périphérie de toiture.

## 7.2 Façades

Sont présentés dans cette section les points suivants :

- les vitrages permettant la vue sur l'extérieur ;
- le nettoyage ;
- les protections contre l'éblouissement et le rayonnement solaire ;
- les matériaux et appareillages à utiliser en façade ;
- l'accès aux façades pour les interventions d'entretien et de maintenance.

### 7.2.1 Vitrages en façade

Les vitrages en façade assurent deux fonctions :

- 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*

vers l'extérieur, sauf en de rares cas d'incompatibilité avec la nature des activités envisagées (article R. 4213-3 du Code du travail).

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 7.6.a). Elle est distincte de celle concernant l'éclairage naturel, un éclairage zénithal apportant la lumière naturelle sans offrir de vue sur l'extérieur.

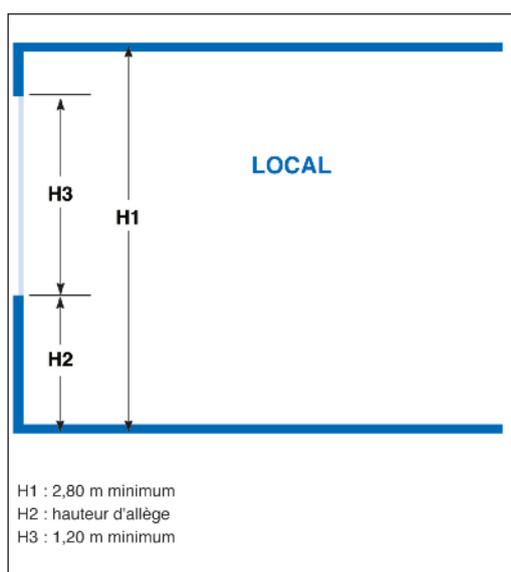


Figure 7.6.a.  
Positionnement du vitrage en façade.

Pour permettre la vision directe sur l'extérieur, la hauteur d'allège doit être de 1,10 m 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 7.5).



Photo 7.5. Éclairage de la situation de travail par des baies vitrées latérales offrant la vue sur l'extérieur.

L'aménagement de la situation de travail doit éviter les obstacles (meublier, rangement...) de hauteur supérieure à 1 m susceptible 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 les surfaces en dessous de 3 m de hauteur (circulaire du 11 avril 1984).

#### Exemple d'application

Configuration de vitrages à hauteur des yeux respectant la réglementation pour un local de 40 m de long et 15 m de large, sans cloisons intérieures, donnant sur l'extérieur sur les deux côtés de 40 m.

Le calcul des surfaces minimales recommandées est le suivant :

- superficie de la plus grande paroi du local donnant sur l'extérieur (en ne considérant que les surfaces en dessous de 3 m) :  $40 \times 3 \text{ m} = 120 \text{ m}^2$ ,
- surfaces vitrées nécessaires :  $120 \text{ m}^2 \times 1/4 = 30 \text{ m}^2$ .

#### 7.2.1.2 Fonction « éclairage naturel »

Lorsque la distance entre la façade vitrée et les postes de travail est supérieure à  $L = 6 \text{ m}$ , l'éclairage naturel de ces derniers n'est plus assuré. En d'autres termes, les postes de travail situés à plus de 6 mètres d'un vitrage permettant la vue sur l'extérieur doivent être considérés comme des « postes aveugles » en ce qui concerne leur niveau d'éclairage par la lumière du jour (selon la norme NF X 35-102, 1998).

#### 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 7.6.b). Tous les périphériques aux vitrages (volets, appuis de fenêtres, jardinières, convecteurs, stores, etc.) 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 doit être réalisé à plus de 3 m au-dessus du sol (voir tableau 7.2).

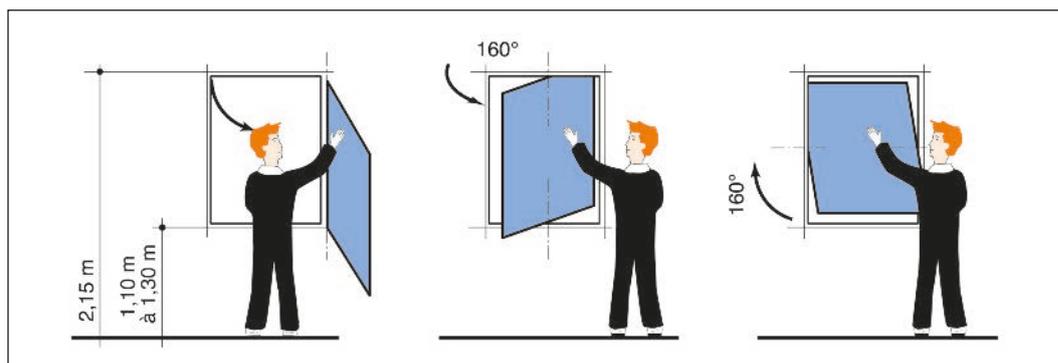


Figure 7.6.b. Types de fenêtres permettant le nettoyage des ouvrants en toute sécurité.

### 7.2.3 Protection contre l'éblouissement et le rayonnement solaire

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. Des vitrages réfléchissants peuvent donner également de bons résultats. Pour plus de détails, se reporter au § 5.2.3.2 *Prises de jour en façade ou latérales*.

### 7.2.4 Matériaux et appareillages à utiliser en façade

Les matériaux doivent être choisis en fonction de plusieurs critères dont les principaux sont :

- l'isolation thermique (par exemple, par panneaux sandwichs) correspondant aux normes actuelles en ce domaine ;
- l'isolation phonique : l'isolation phonique est une obligation légale fixée au maître d'ouvrage dès que le niveau de bruit prévisible à l'intérieur du local est supérieur à 85 dBA (article R. 4213-5 du Code du travail et arrêté d'août 1990) ; du fait de la réglementation relative au niveau de bruit à respecter en limite de voisinage (décrets du 5 mai 1988), un bâtiment industriel bruyant devra donc avoir des parois présentant un bon isolement et une bonne absorption du son ;
- la résistance 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.

Le coût des matériaux ne doit pas être le critère économique 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.

Pour les appareillages, il faut également prévoir, dès la conception, l'entretien ultérieur des dispositifs retenus afin de minimiser la fréquence et la durée des interventions et éviter qu'elles ne se fassent par l'extérieur. Par exemple, on pourra prévoir la maintenance des luminaires par accès direct au bloc projecteur, des enseignes à partir du toit, des coffres de volets roulants intérieurs.

### 7.2.5 Accès aux façades

Lorsqu'il n'existe pas d'accès de plain-pied fixe (passerelles, balcons), peuvent être utilisés des accès par élévation (PEMP ou, éventuellement si les hauteurs le permettent, échafaudage roulant) ou des accès par suspension (nacelle à demeure).

Les moyens d'arrimage et de stabilisation à intégrer pour des moyens d'accès tels que les PEMP, les échafaudages roulants, de pied fixe, les plates-formes roulantes, élévatrices sur un ou deux mâts requièrent des voies de circulation en périphérie des bâtiments. Ces voies doivent être stabilisées et roulables pour résister aux efforts de poinçonnement des équipements employés. La largeur des voies doit être adaptée aux équipements utilisés.

Le tableau 7.2 page suivante permet de définir les moyens d'accès formant poste de travail pour les interventions en façade et intégrer dans les ouvrages les moyens permanents requis pour leur arrimage et leur stabilisation.

Tableau 7.2. 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 personnels (PEMP) dite « nacelle élévatrice »	<b>Bande de terrain en bas de façade</b> , libre, nivelée, résistante au roulement et au poinçonnement et suffisamment large pour l'utilisation des stabilisateurs.
Échafaudage roulant (hauteur d'utilisation limitée par la normalisation à 8 m en extérieur)	<b>Bande de terrain</b> dito ci-dessus et de largeur au moins égale à la hauteur de l'échafaudage divisée par 3,5.
Échafaudage de pied fixe	<b>Bande de terrain</b> dito ci-dessus et de largeur au moins égale à 2 m. <b>Points d'ancrage</b> en façade.
Plate-forme individuelle roulante (hauteur de plate-forme limitée à 2,50 m par la normalisation)	<b>Bande de terrain</b> dito ci-dessus et de largeur suffisante pour l'utilisation des stabilisateurs.
Plate-forme élévatrice sur un ou deux mâts fixe(s)	<b>Bande de terrain</b> dito ci-dessus et de largeur au moins égale à 2 m. <b>Points d'ancrage</b> en façade à partir de la hauteur précisée par le fabricant de la plate-forme.
Nacelle suspendue à demeure	<b>Voie</b> horizontale de roulement en sommet de façade <b>et rails</b> verticaux de guidage en façade.
Échelle verticale porte-nacelle suspendue à demeure	<b>Rail</b> horizontal de roulement en sommet de façade <b>et bande</b> horizontale d'appui et de roulement en partie basse ou rail, selon la hauteur.

Le choix parmi les moyens précédents doit tenir compte des particularités (auvents, zones de façade en retrait, etc.) pouvant s'opposer à l'utilisation de l'un ou l'autre de ces moyens.

L'accès aux façades par nacelle électromécanique à demeure est la solution à privilégier.

Les principales dispositions constructives sont les suivantes.

#### ■ Pour les accès par élévation

- **Nacelles élévatrices** : prévoir une voie de circulation stabilisée à moins de 6 m de la façade, avec des pentes modérées et sans ressauts. 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.

- **Échafaudages** : prévoir l'accessibilité du pied de l'immeuble sur une largeur de 2 m (façades verticales planes) ou à déterminer en fonction de la géométrie (surplombs et débords).

#### ■ Pour les accès par nacelles suspendues

Ces accès ne conviennent pas pour atteindre des parties de façades situées sous des surplombs supérieurs à 0,5 m. Les nacelles suspendues nécessitent l'installation d'un chemin de roulement en terrasse, des rails de guidage en façade et une accessibilité maîtrisant les risques de chute de hauteur. Leur dimensionnement devra prendre en compte les surcharges d'exploitation.

Rappelons que tous les matériels d'élévation de personnels sont soumis à vérifications (mise en service, vérification périodique).

## 7.3 Portes et portails

Les portes et portails constituent une zone à risque de par les flux traversants auxquels s'ajoutent les risques spécifiques à l'équipement (mécanique, asservissement...).

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 du confort (protection contre les intempéries, isolation acoustique).

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 élargie aux autres chapitres de cette brochure.

### 7.3.1 Mesures communes

#### 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 devoir en franchir l'orifice, en tenant compte, le cas échéant, du besoin d'une circulation à double voie.

Se reporter selon les besoins :

- au tableau 4.1.b pour les largeurs recommandées pour le passage de véhicules ou d'engins ;
- au tableau 4.4 pour les largeurs minimales des portes permettant l'accessibilité pour personnes à mobilité réduite ;
- au tableau 4.3 pour les largeurs minimales des portes piétonnes ayant fonction d'issue de secours.

#### Implantation

Planter les portes et portails 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 fig. 4.2) ;
- les allées de circulation pour véhicules longeant un mur soient si possible suffisamment écartées de ce mur en cas de présence d'un passage d'où peut déboucher un piéton ou un autre véhicule ;
- les portails d'entrée de véhicules sur le site soient implantés à distance de la voie publique

sur une longueur égalant au moins celle du véhicule le plus long amené à attendre l'ouverture du portail, afin de dégager la voie publique lorsque celle-ci ne comporte pas de voie de décélération.

#### Matériaux, signalisation, visibilité

Certaines portes doivent, en fonction des risques (notamment les portes en va-et-vient, voir article R. 4224-9 du Code du travail), être transparentes ou munies de panneaux transparents. Toute partie transparente ou translucide doit être constituée de matériaux de sécurité pour les personnes (par exemple, verre armé, polycarbonates, 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.

La signalisation des portes et portails semi-automatiques ou automatiques fait l'objet de mesures complémentaires précisées au § 7.3.5.

#### 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 leur chute, leur renversement ou leur retombée (par exemple, stabilisateurs sur double rail de guidage de portail de clôture coulissant sur sol, butées de fin de course, barre d'anti-déraillement sur portail coulissant suspendu, système parachute sur portails à effacement vertical d'un organe de suspension ou de compensation...).

#### Organes mobiles reliés aux portes

Les mécanismes de transmission d'énergie et les contrepoids doivent être protégés par éloignement ou par protecteurs de type fixe.

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.

#### Ouverture/fermeture, en l'absence d'énergie, des portes et portails motorisés même non automatiques

Toute porte ou portail doit pouvoir être ouvert ou fermé manuellement en cas de défaillance d'énergie.

## BIBLIOGRAPHIE

- Code du travail, articles R. 4224-9 et R. 4214-2 à R. 4214-8.
- Arrêté du 21 décembre 1993 relatif aux portes et portails automatiques sur les lieux de travail.
- Circulaire DRT n° 95-07 du 14 avril 1995 relative aux lieux de travail.
- NF EN 12453 - Portes équipant les locaux industriels, commerciaux et de garage. Sécurité à l'utilisation des portes motorisées. AFNOR, 2001.
- NF EN 12604 - Portes industrielles, commerciales et de garage. Aspects mécaniques. Exigences. AFNOR, 2001.
- Portes industrielles, commerciales et de garage : le référentiel normatif européen (norme de produit NF EN 13241-1). SNFPSA.

### 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 (NF EN 12604) ;
- la fréquence des manœuvres.

Ce type de portail doit 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, avec vue directe et en dehors de la zone de débattement de la porte.

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 par jour est faible.

### 7.3.4 Portes et portails automatiques et semi-automatiques

Ces portes 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 NF EN 13241-1).

Cette obligation exclut le principe 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.

### 7.3.5 Portes et portails automatiques et semi-automatiques destinés au passage de véhicules

En complément des mesures citées aux paragraphes 7.3.1 et 7.3.4 :

- De façon générale, les dispositifs de sécurité cités au § 7.3.4 sont des détecteurs de présence. 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 être sous 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 signalisés 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 au site), 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.

Concernant les portes, il est à noter qu'il est possible de se référer à la norme EN 13241-1 avec marquage CE.

### 7.3.6 Portes automatiques pour piétons

En complément des mesures citées aux paragraphes 7.3.1 et 7.3.4, sur les portes battantes et tournantes :

■ si la force statique de poussée est inférieure à 15 daN, il n'existe pas d'exigence de sécurité particulière ;

■ si la force statique de poussée est supérieure ou égale à 15 daN, il faut un dispositif de sécurité qui arrête ou inverse le mouvement (exemple : système de détection de présence ou de contact à sécurité positive).

Sur les portes coulissantes :

■ si la force statique de poussée est inférieure à 15 daN, il faut un dispositif de détection de présence placé à 0,50 m du sol ;

■ si la force statique de poussée 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.

### 7.3.7 Aménagements de protection

#### Contre le risque de collision piéton/véhicule ou véhicule/véhicule

Devant les portes ou portails débouchant perpendiculairement et directement dans une allée de circulation de véhicules interne ou externe au bâtiment, prévoir :

- 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 piétons et d’une largeur au moins égale à celle qui sépare les yeux d’un conducteur de véhicule de l’avant de son véhicule débouchant dans cette allée (voir fig. 4.2).

#### **Les 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. 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 d’eaux de pluie, leur préférer systématiquement des raccordements par rampes de pente limitée aux valeurs précisées dans le chapitre 8 (voir figure 8.2).

#### **Les pré-gabarits limiteurs de hauteur et de largeur face aux portails**

Ils sont utiles en aval et/ou en amont du portail, notamment en cas de circulation de chariots élévateurs ou de tout engin à envergure variable, pour protéger contre les chocs d’engins.

#### **Les sas de protection**

Envisager la création de sas qui peuvent, selon les besoins, assurer des fonctions de protection très diverses tout en contribuant à l’hygiène, la sécurité et le confort au travail, par exemple :

- amélioration de l’ambiance thermique dans les zones proches de portes de façade fréquemment ouvertes ;
- suppression de toute communication directe entre cuisine de restauration et locaux contigus ;
- renforcement de l’isolation entre une zone à

risque et une zone protégée, soit pour des raisons fonctionnelles (par exemple, sas anti-poussières pour la protection d’une zone propre), soit de sécurité (par exemple, sas entre atelier d’entretien et local de fabrication de denrées alimentaires, sas de décontamination en sortie de laboratoire à risque de contamination, sas d’isolement entre salle de compresseurs d’ammoniac et locaux de travail ou dégagement adjacent...).

#### **Les rideaux d’air chaud au droit de portails**

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.

#### **Pour les interventions de maintenance**

Prévoir un moyen d’accès pour les interventions en hauteur, en particulier dans le cas de portails situés au droit de fosses.

### **7.3.8 Dossier de maintenance**

En application de l’article R. 4211-3 du Code du travail, le maître d’ouvrage doit élaborer et transmettre à l’utilisateur un dossier de maintenance des portes et portails qui doit préciser :

- 1) les caractéristiques principales des portes et portails ;
- 2) les informations permettant d’entretenir et de vérifier le fonctionnement et notamment la périodicité des opérations d’entretien et de vérification en fonction de la nature des portes et portails et de leur utilisation et les éléments à entretenir et à vérifier.

## 7.4 Sols intérieurs

### BIBLIOGRAPHIE

- Code du travail, article R. 4214-3.
- Dossier « Sols industriels ». Travail et sécurité. INRS, TAP n° 629, mai 2003.
- Liste des revêtements de sol dans les locaux de fabrication de produits alimentaires. CNAMTS, 2008.

### 7.4.1 Critères principaux

Les critères principaux à prendre en compte sont :

- 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), résistance chimique à certains produits (acides, solvants, détergents...), facilité de nettoyage (voir photo 7.6) ;
- les caractéristiques phoniques (et celles liées aux vibrations) : réverbération des sons, bruits d'impact, massifs de désolidarisation de certaines machines.

Le sol participe également par ses coloris à l'ambiance des lieux de travail et, par la nature du revêtement, à l'empoussièrisme des locaux.



Photo 7.6. Allées de circulation intérieure, balisées et identifiées ; les sols carrelés facilitent l'entretien.

### 7.4.2 Choix entre les revêtements de sols intérieurs

Pour limiter les chutes par glissades, il n'est pas suffisant de choisir un revêtement de sol dont le coefficient de frottement dynamique est maximal. Des facteurs supplémentaires sont à considérer : l'uniformité des qualités antidérapantes du revêtement, la couleur du sol et son aptitude à changer d'aspect en présence de liquides lubrifiants ou de déchets.

Le choix entre les différents revêtements industriels dépend essentiellement du type d'activité concernée.

- Revêtements en béton : un renforcement de la couche en surface (béton de fibres d'acier, ciment avec agrégats durs) et un traitement anti-poussières de la surface sont conseillés.
- Revêtements en résine à charge de quartz : pour les sols où les risques de glissade sont élevés, les résines à charge de quartz 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, à des locaux du type sanitaire. Les grès cérames anti-glissants sont conseillés : ils permettent d'atteindre des coefficients de frottement élevés (supérieurs à 0,30 et proches de 0,50 pour les carrelages les plus performants, ce qui correspond à un degré d'anti-dérapance de sol classé R12 ou R13 donné par les fabricants). 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.
- 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).
- Revêtements bitumineux, sols bois, moquettes...

### 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 au minimum. Les plinthes devront être en matière hydrophobe et munies de gorges.

### 7.4.4 Locaux de fabrication de produits alimentaires

Pour le choix d'un revêtement destiné à un local de fabrication de produits alimentaires, s'aider du *Guide des revêtements* édité par la CNAM. Le guide est accompagné d'une liste approuvée par le Centre national d'études vétérinaires et alimentaires (CNEVA).

### 7.4.5 Conditions de pose

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 sols).

Éviter dans la mesure du possible le découpage « en pointes de diamant » difficile à réaliser et faire en sorte que le trafic des matériels roulants (en particulier à traction humaine) reste possible sans efforts excessifs.

Les joints constituent toujours un élément important et même indispensable : sans eux les dilata-tions risqueraient de provoquer des épaufrures (éclat d'un bord de parement) aux angles des surfaces. Des siphons de sol, grilles et autres points de recette des écoulements de surface étant définis, les raccordements au revêtement sont aussi un élément essentiel de l'étanchéité.

Les siphons de sol et les grilles seront implantés en dehors des aires et allées de circulation des transpalettes, des chariots automoteurs, de manière à éviter les à-coups générateurs d'autres risques.

### 7.4.6 Nettoyage des sols

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 sera posé, condition primordiale pour éviter un vieillissement prématuré ;
- étanche et exempt d'anfractuosités inaccessible au nettoyage.

Le choix des procédés de nettoyage doit être conduit en même temps que le choix du revêtement. Ce dernier gagne à 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 tachants).

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.

## 7.5 Aires de transbordement

Les aires de transbordement sont des zones aménagées pour assurer le chargement et le déchargement des véhicules routiers, portuaires ou ferroviaires. Seuls sont abordés dans ce chapitre les quais de transbordement pour véhicules et engins de manutention. Les principaux risques sont les collisions véhicules/piétons, les écrasements contre les quais et les chutes de personnes et d'engins depuis les quais.

### 7.5.1 Construction, forme et emplacement du quai

On s'orientera 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. Lorsqu'une rampe d'accès aux bâtiments est nécessaire, elle doit avoir une pente inférieure ou égale à 5 % et être dotée de protections latérales et d'un revêtement anti-dérapant. Cette préconisation vaut pour tout type d'engin de manutention, motorisé ou non (elle va au-delà de la norme NF EN ISO 14122-1 qui admet 12 % pour les chariots motorisés et 5 % pour les non motorisés, par exemple les transpalettes manuels.

La conception de quais ouverts (avancée extérieure au bâtiment et de plain-pied avec ce dernier) est 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.

Préférer un quai droit (voir photo 7.7) à un quai en épi. Le quai en épi, fermé et muni de guides-roues évitant les risques d'écrasement latéral et inscrit dans un plan de circulation à main gauche peut, dans certains cas, être une solution de repli ; mais il complique l'implantation, la construction, et s'avère au final d'un coût plus important qu'un quai droit. Le quai droit sera construit au ras de la structure du bâtiment et intégrera les poteaux et piliers éventuels de la structure dans les murs. Le quai peut aussi être intégré dans un tunnel de transbordement.

Le sol intérieur devra être non glissant (par exemple, béton non lissé « à l'hélicoptère »).

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 (article R. 4214-20 du Code du travail). Cette obligation ne dispense pas du respect des dispositions spécifiques propres aux issues de secours en cas d'incendie et explosion et à la réglementation des installations classées.

### 7.5.2 Hauteur du quai

À titre indicatif, la hauteur recommandée pour le cas courant d'un quai destiné aux semi-remorques et/ou aux camions de 19 tonnes et plus est de 1,10 m pour les semi-remorques de type bâché et de 1,20 m pour les véhicules frigorifiques.

Dans tous les cas, il y a lieu de vérifier si le parc des camions devant accoster au même quai ne comporte pas des modèles dont la hauteur du plateau s'écarterait de trop de celle du quai, de manière à fixer la hauteur du quai à la valeur égale à la moyenne des hauteurs des plateaux à mi-charge. Pour les cas particuliers, il y a lieu de construire un second quai.

Une rampe ajustable correctement dimensionnée (voir § 7.5.4.1 *Rampes ajustables*) devra assurer la liaison de transbordement.

Dans le cas particulier des fourgonnettes et des camions surbaissés, un quai spécial intérieur ou extérieur doit nécessairement être prévu.

### 7.5.3 Butoirs de quai

Il est impératif d'installer des butoirs, non seulement pour préserver le matériel, mais pour éviter l'écrasement d'un opérateur entre la baie du quai et le camion. À cet effet, les butoirs seront conçus et positionnés de sorte qu'il subsiste un écartement d'anti-écrasement horizontal minimal de 500 mm (NF EN 349 *Écartements minimaux contre les risques d'écrasement*) mesuré entre la face de contact « camion/butoir » d'une part, le mur du quai et la rampe ajustable en position de repli, d'autre part (voir figure 7.7 et photo 7.8). L'utilisation de ce format de butoir implique :

- l'absence de toute partie rigide dans la zone située verticalement au-dessus du butoir, sur 1,80 m de haut, et horizontalement entre l'encadrement de la baie du quai et les montants arrière de la caisse du camion. Choisir, en particulier, des soufflets d'étanchéité suspendus dépourvus de cadre rigide dans cette zone ;
- une rampe ajustable à lèvres mobile d'une longueur supérieure à 800 mm (voir figure 7.7). Les 800 mm correspondent à 500 mm d'écartement anti-écrasement, 150 mm d'appui sur le plateau arrière du véhicule et 150 mm de jeu comprenant l'épaisseur des tampons des camions et le positionnement occasionnel du véhicule en léger retrait des butoirs. De plus, le cumul des deux espaces latéraux X et Y existant entre la rampe et



Photo 7.7. Quai aménagé avec guide-roues, rampe ajustable sur quai, butoirs assurant un espace de 500 mm, niche à hayon, prises électriques pour groupe frigorifique avec passage pour le hayon en partie inférieure.



Photo 7.8. Vue sur butoirs assurant un espace de 500 mm devant le mur du quai et devant la rampe ajustable en position de repli.

le plateau du camion est au maximum de 250 mm (soit une largeur standard du niveleur de 2 200 mm pour une largeur standard intérieure du plateau du camion de 2 450 mm).

■ des guide-roues positionnant le véhicule face à la rampe.

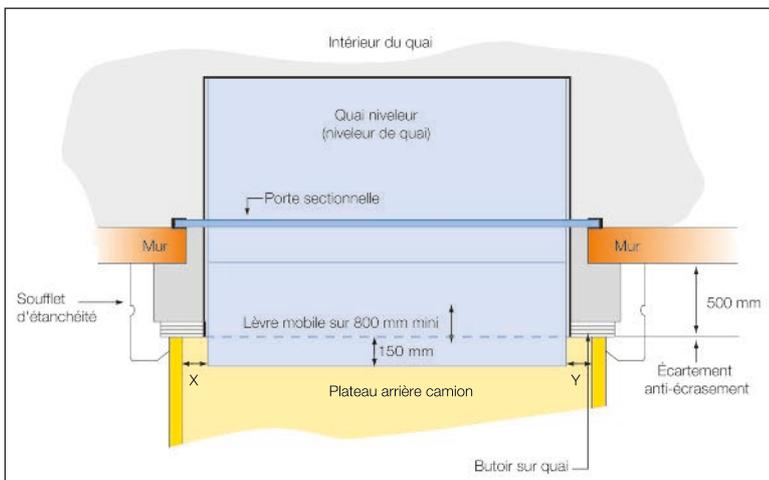


Figure 7.7. Principe d'implantation de la mise à quai et du niveleur de quai.

L'ensemble formé par les butoirs, les guide-roues (voir figure 7.7 et photos 7.7 et 7.8) et la réalisation d'une aire de stationnement en double pente descendante (figure 7.8.b) constituent la protection statique de base. Cet aménagement permet de garder le plancher de la remorque à l'horizontale et, ainsi, d'en faciliter le chargement/déchargement avec un transpalette manuel.

Il est recommandé de compléter cet ensemble par l'installation d'un dispositif asservissant l'autorisation d'ouvrir/fermer la porte du quai à l'absence/présence d'un camion (cales, cellule de détection...).

#### 7-5-4 Appareils de liaison et de mise à niveau

Les quais doivent impérativement être équipés d'appareils de liaison et de mise à niveau. Ces appareils sont destinés à enjamber l'espace entre le quai et le véhicule ainsi qu'à rattraper les différences de niveaux. À cet effet, la mise en place de rampes ajustables, de préférence motorisées, est préconisée.

Il est rappelé que le hayon élévateur du véhicule ne peut pas être considéré comme un appareil de liaison. L'utilisation de plaques mobiles de jonction est également à proscrire.

##### 7-5-4.1 Rampes ajustables

Les rampes ajustables doivent être adaptées aux besoins d'utilisation tout en restant conformes à la norme NF EN 1398.

À cet effet, le cahier des charges spécifiera notamment :

- une largeur de rampe adaptée à celle du plateau des véhicules (voir figure 7.7) ;
- la prise en compte du poids maximal en charge de l'engin de manutention utilisé ;
- le choix d'une rampe avec lèvre mobile de 800 mm minimum ;
- une longueur de rampe choisie de manière à ce que leur pente en position de travail n'excède pas :
  - 4 % pour les transbordements au moyen d'équipements à traction manuelle ;
  - 8 % pour les transbordements au moyen de transpalettes automoteurs à conducteur accompagnant ;
  - 10 % pour les transbordements au moyen de chariots automoteurs à conducteur porté.

Le choix de pente de la rampe ajustable ne doit pas être confondu avec la pente de la rampe d'accès au quai évoquée au § 7.5.1 et fixée à 5 % maximum quel que soit le type d'engin (motorisé ou non), dans la mesure où il s'agit ici d'un franchissement sur la faible distance de la rampe ajustable.

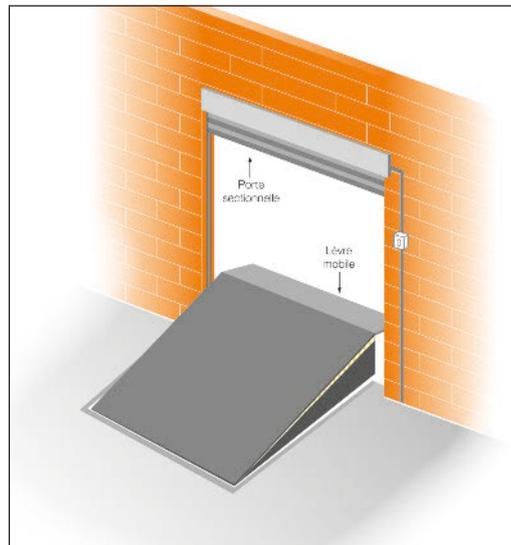


Figure 7.8.a. Rampe ajustable.

Il peut être tenu compte de la possibilité d'ajustement complémentaire offerte par le dispositif « monte et baisse » des camions sur suspensions pneumatiques, sous réserve que la hauteur des plateaux des camions non équipés et devant accoster au même quai reste comprise dans les limites de réglage de la rampe ajustable.

#### 7.5.4.2 Tables élévatrices

Les tables élévatrices sont visées par la norme NF EN 1570. Le recours à ces dispositifs doit être exceptionnel. Dans ce cas, il convient de munir les tables élévatrices et les postes de transbordement associés de dispositifs de sécurité adaptés (garde-corps normalisés, accès sécurisés pour les chariots de manutention, barres sensibles anti-écrasement, surface de roulement antidérapante...).

Pour éviter les ruptures de charge, on privilégiera la mise en œuvre d'une rampe de liaison entre la cour et le quai plutôt qu'une table élévatrice.

### 7.5.5 Dispositifs de protection

#### Dispositif d'asservissement d'ouverture des portes de quai

A minima, installer à environ 1 m devant le quai et 2 m au-dessus du sol et, de part et d'autre du tablier du pont de liaison, une cellule de détection

de véhicule et, à l'intérieur du quai, un bouton poussoir (voir figures 7.8.a et 7.8.b) de façon à ce que :

1) lors de l'arrivée d'un véhicule, l'occultation du faisceau de la cellule de détection déclenche :

- une signalisation rouge visible pour le chauffeur lui indiquant qu'il approche des butoirs ;
- la signalisation de l'arrivée du véhicule au personnel situé dans la zone de réception ;
- l'autorisation d'ouverture de la porte puis de déploiement de la rampe ajustable par action maintenue sur un bouton poussoir ;

2) une signalisation verte visible pour le chauffeur autorise le départ du camion après la remise en position de repli de la rampe ajustable et de la fermeture de la porte (mouvements commandés chacun de l'intérieur du quai, par action maintenue sur un bouton poussoir).

Les feux de signalisation peuvent être utilement encastrés dans le sol avec une vision directe depuis la cabine du camion.

La protection contre le départ accidentel du camion par défaillance de freinage et contre les mouvements longitudinaux de sa caisse suspendue est assurée par une aire de stationnement en double pente descendante de part et d'autre du caniveau. Un calage statique ou dynamique permet d'assurer une sécurisation supplémentaire.

#### Guidage et calage statique

Des guide-roues sont installés devant le quai pour faciliter la manœuvre de mise à quai et préserver les équipements de quai. À cette fin, ils doivent avoir une longueur de 2,40 m minimum, une hauteur de 30 cm et être installés au minimum à 2,40 m de l'aplomb des butoirs. Leur profil est conçu pour préserver les flancs des pneumatiques et les joues de roues. Ils sont prolongés par un marquage au sol sur toute la longueur du camion. L'écartement intérieur des guide-roues est de 2,60 m.

L'espace entre les portes de quai relevables côté intérieur doit être de 2 mètres (voir la fiche pratique de sécurité ED 94, INRS) pour permettre l'entreposage d'une palette (1,20 m) et l'implantation d'un poste de travail (0,80 m).

L'entre-axes entre deux portes de quai est au minimum de 3,70 m pour assurer un espacement de 1,10 m nécessaire à l'ouverture complète d'une porte de cabine de camion. Cet entre-axes est porté à 4,60 m pour aménager l'espace préconisé de 2 m entre portes à l'intérieur de l'entrepôt.

Le meilleur compromis, tant pour les porteurs que les semi-remorques, consiste à implanter le caniveau d'évacuation des eaux pluviales (EP) à

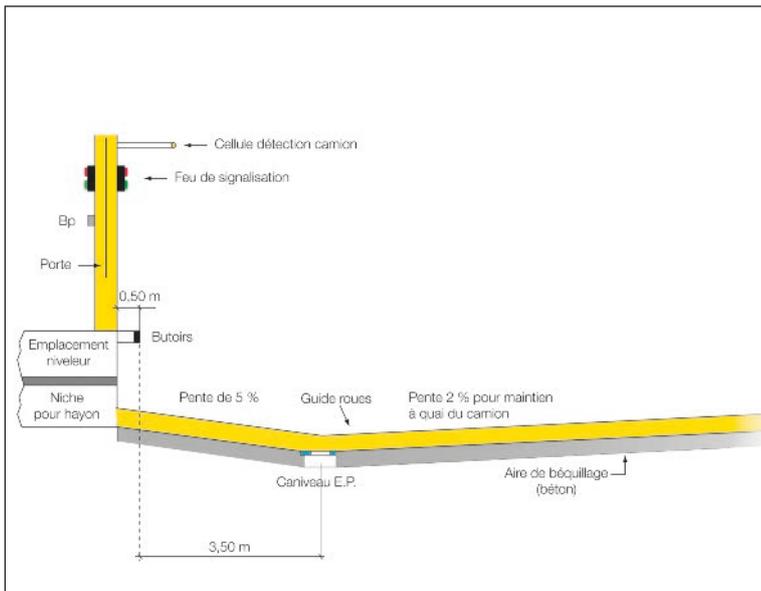


Figure 7.8.b. Coupe sur quai et cour à camions avec aménagements.

3,50 m des butoirs du quai en association avec une contre-pente de 5 % descendant du quai vers le caniveau et la pente de maintien à quai de 2 % descendant depuis le côté opposé vers le caniveau sur une longueur minimale de 12,5 m. Cette configuration assure les fonctions de sécurité et de confort, en particulier :

1. Le plancher et le toit de ces camions se trouvent ramenés en position quasi horizontale facilitant les manutentions de transpalettes ce qui évite par temps de pluie l'écoulement de l'eau du toit sur les opérateurs travaillant sur le quai.
2. La dissymétrie de ces pentes entraîne un report des charges sur l'essieu situé le plus en arrière, ce qui a pour conséquence une réduction notable de l'amplitude des variations d'inclinaison du plancher du camion et de la rampe de transbordement lors du chargement.

La dissymétrie du profil en long permet au camion de rester plaqué contre les butoirs en cas de défaillance de freinage ou de frein peu serré, y compris dans le cas de camions ou de remorques plus courts qu'un semi.

### Calage dynamique

Pour empêcher le départ inopiné en marche avant du camion et sécuriser la mise à quai, un dispositif de calage intégré dans le génie civil devant le quai et interverrouillé aux mouvements d'ouverture/fermeture de la porte de quai optimise la prévention des risques.

Cet interverrouillage doit :

- n'autoriser l'ouverture de la porte qu'à partir de l'instant où les cales sont verrouillées dans la position d'immobilisation du camion accosté,

- empêcher le déverrouillage des cales et le départ du camion tant que la porte n'est pas refermée (voir photo 7.9)

En outre, l'enfoncement de l'une des cales peut être utilisé pour détecter l'arrivée d'un camion et actionner une signalisation rouge visible pour le chauffeur lui indiquant qu'il approche des butoirs du quai, de même qu'une signalisation prévenant de son arrivée au personnel situé à l'intérieur du quai, sous réserve de spécifier ceci à la commande. Des dispositions constructives complémentaires évitent le blocage des cales dû, par exemple, à l'accumulation progressive de déchets ou à l'emprise du gel.

À défaut de calage automatique, une cale avec dispositif d'asservissement peut être posée manuellement sous la roue. Si la cale doit être ôtée avant la fermeture de la porte, un avertisseur sonore et visuel en informe le chauffeur et le personnel de quai.



Photo 7.9. Dispositif de calage dynamique.

### 7.5.6 Éclairage

Le choix et l'emplacement des luminaires sont effectués de façon à limiter les risques d'éblouissement (y compris dans les rétroviseurs) et à assurer les niveaux minima d'éclairage suivants :

- zone de transbordement et de transfert extérieur : 75 lux ;
- aire de stationnement à quai : 100 lux ;
- zone de transbordement intérieur : 200 lux ;
- plateau de chargement du véhicule : 100 lux.

Les appareils prévus pour l'éclairage intérieur du plateau de chargement sont implantés de manière à :

- ne pas éblouir le conducteur du chariot de manutention ;
- ne pas constituer un point chaud susceptible de générer un départ d'incendie ;
- ne pas être heurtés par les chariots.

## 7.5.7 Portes de quai

L'ouverture et la fermeture des portes doivent être motorisées afin de limiter les manutentions manuelles et de permettre leur asservissement au dispositif de calage.

La vision sur l'extérieur depuis la zone de préparation des expéditions ou de contrôle des réceptions (lorsque cette zone est située derrière la façade occupée par les quais) est indispensable. À cet effet doivent être installés :

- des portails de quai munis de panneaux transparents à hauteur des yeux de 2 m<sup>2</sup> minimum par porte,
- ou des baies transparentes de 2 m<sup>2</sup> situées de part et d'autre des portails, lesquels seront munis d'oculus.

La vision sur l'extérieur est nécessaire pour garder les portails fermés, leur ouverture n'étant autorisée qu'en présence du camion à quai par un système d'interverrouillage (voir § 7.5.5).

Rappelons que l'espace entre portails relevables côté intérieur devra être de 2 mètres (voir fiche pratique de sécurité ED 94, INRS) pour permettre l'entreposage d'une palette (1,20 m) et l'implantation d'un poste de travail (0,80 m).

## 7.5.8 Cour

### 7.5.8.1 Dimensions – manœuvres

Le sens de circulation doit, sauf cas d'impossibilité technique, se faire en sens inverse des aiguilles

d'une montre afin que la mise à quai puisse être réalisée à main gauche (voir figure 7.9).

Afin de faciliter les manœuvres, la cour doit avoir une largeur face au quai d'au moins 32 m. Cette distance peut être réduite à 30 m si l'espace entre deux portes de quai est au minimum de 2 m.

L'entre-axes entre deux portes est au minimum de 3,70 m pour assurer un espacement de 1,10 m nécessaire à l'ouverture complète d'une porte de cabine. Cet entre-axes gagne à être porté à 4,60 m pour aménager un espacement de 2 m entre deux portes de quai. Cet espace vise à constituer un moyen de stockage intermédiaire de palettes pour faciliter les opérations de chargement.

Pour gérer cette circulation et éviter la co-activité, une signalisation par panneau(x) situé(s) à l'approche de l'aire de manœuvre imposera à un camion pénétrant dans la cour de « céder la priorité à tout camion en cours de manœuvre ».

À l'inverse, dans le cas particulier d'un site sur lequel le besoin de co-activité nécessiterait d'autoriser simultanément la circulation des camions sur une voie longeant la cour pendant que des manœuvres de camion s'effectuent dans la cour, cette voie de circulation devra être séparée de la zone des 30 m minimum et située au-delà.

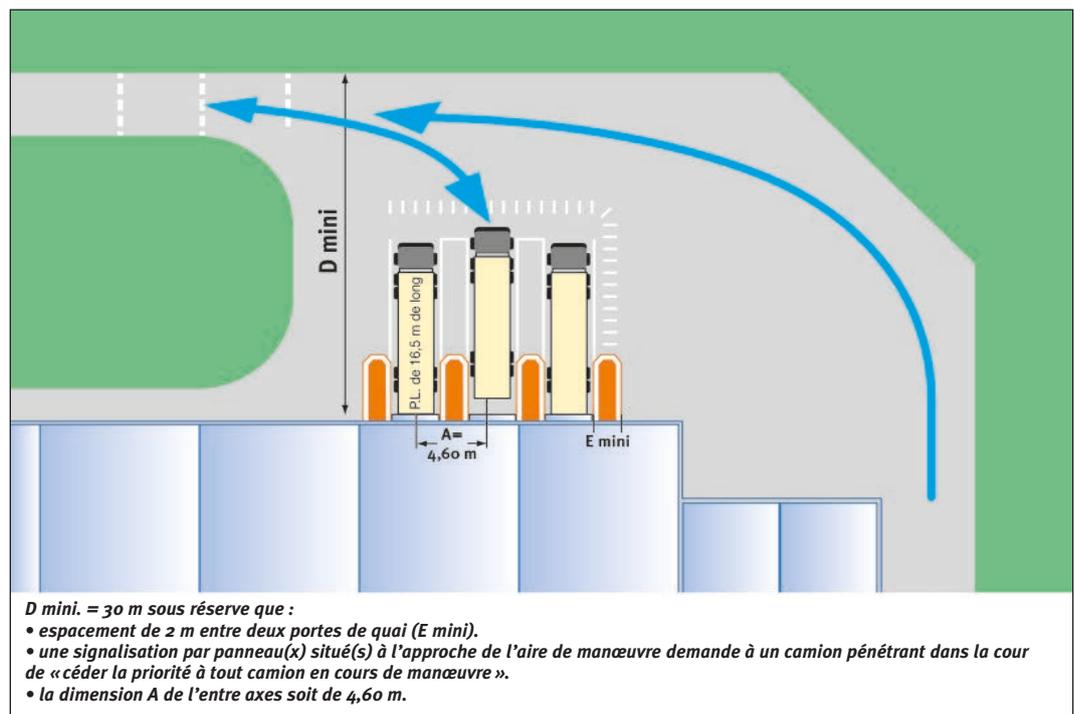


Figure 7.9. Aménagement d'une cour PL permettant la manœuvre de mise à quai à main gauche.

## BIBLIOGRAPHIE

- Code du travail, articles R. 4214-20 et R. 4214-21.
- Arrêté du 26 avril 1996 relatif aux opérations de chargement/déchargement en cas d'accueil de camions d'entreprises extérieures.
- NF EN 1398 - Rampes ajustables. AFNOR, 1997.
- NF EN 1570 - Prescriptions de sécurité des tables élévatoires. AFNOR, 1998.
- NF EN ISO 14122-1. Choix d'un moyen d'accès fixe entre deux niveaux. AFNOR, 2007.
- NF EN 349 + A1. Écartements minimaux pour prévenir les risques d'écrasement. AFNOR, 2008.
- Créer ou aménager une plate-forme logistique. INRS, ED 94, 2001.
- La circulation en entreprise. INRS, ED 975, 2006.
- Conception et rénovation des quais pour l'accostage, le chargement et le déchargement en sécurité des poids lourds. INRS, ED 6059, 2009.

La cour doit, en outre, offrir une bonne visibilité dans les différents sens de circulation ; circulation distincte des engins, des véhicules et des piétons, zones distinctes de circulation et de stationnement des véhicules, signalisation matérielle claire et visible même de nuit et par balisage, vitesse de circulation des véhicules et des engins limitée à 15 km/h dans la cour.

Dans le cas où des stockages extérieurs temporaires ou non s'avèreraient nécessaires (palettes, par exemple), une zone spécifique devra être prévue avec les aménagements de sécurité correspondants.

Le marquage au sol du cheminement des conducteurs à pied devra être distant d'au moins 2 m de l'avant des camions accostés (pour placer le piéton dans le champ de vision d'un conducteur sur le point de démarrer) et aboutir jusqu'au lieu prévu pour la réception.

Prévoir en tant que de besoin une ou plusieurs aires de stockage et d'entretien des chandelles et, selon le cas, des cales.

### 7.5.8.2 Sol

Les zones de circulation et de stationnement seront réalisées avec un revêtement de sol type chaussée lourde.

Les zones de béquillage et de positionnement des chandelles (ainsi que les zones où les remorques dételées peuvent stationner) seront constituées d'une dalle en béton armé dimensionnée et implantée pour résister au poinçonnement et pour supporter tout type de remorques et de porte-conteneurs.

En lien avec le plan de circulation des piétons, prévoir en amont de la zone de mise à quai une zone de stationnement pour l'ouverture des portes arrière du camion ou de la remorque.

Il convient d'assurer l'évacuation des eaux de pluie par un dispositif de recueil en bas de pentes et un réseau d'évacuation. À cet effet et comme déjà dit, il est indispensable d'implanter un caniveau dans la zone de stationnement devant le quai, à environ 3,50 m de celui-ci, à la jonction des pentes (voir figure 7.8.b).

## 7.5.9 Dispositions pour l'accueil

### 7.5.9.1 Accès au service réception/expédition

Afin d'éviter les accidents de circulation dans l'aire d'évolution des camions, créer pour les conducteurs un cheminement piéton sécurisé, aussi direct

que possible, depuis la cour des quais 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...).

Si le contrat de transport exige la présence du conducteur à l'intérieur du quai à proximité de la porte où des chariots automoteurs effectuent les transbordements, prévoir dans l'intervalle de 2 m libre entre chaque porte de quai (voir § 7.5.8) une zone refuge d'au moins 1 m<sup>2</sup> protégée par un garde-corps.

### 7.5.9.2 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.

Le local d'accueil comprendra un coin repos, un ensemble sanitaires et douches pour hommes et femmes, éventuellement une cabine téléphonique.

Le coin repos avec vue sur l'extérieur sera d'une surface minimale de 6 m<sup>2</sup>, majorée d'un m<sup>2</sup> par personne supplémentaire au-delà de deux, équipé de table(s), chaises et distributeur de boissons.



Photo 7.10. Emplacement du local d'accueil des conducteurs.

### 7.5.9.3 Protocole de chargement / déchargement

Il est rappelé qu'en cas d'accueil de camions d'entreprises extérieures, il doit être établi au préalable un protocole de chargement/déchargement (articles R. 4515-4 à R. 4515-11 du Code du travail).

## 7.6 Escaliers

De manière générale, il est préférable d'envisager une architecture de plain-pied des bâtiments permettant de s'affranchir de la mise en place d'escaliers :

- Les escaliers sont à l'origine d'un nombre élevé d'accidents du travail (5% des accidents graves).
- Ils constituent de fait une entrave lors d'une évacuation en cas d'incendie ou pour l'accessibilité des personnes à mobilité réduite.
- Ils engendrent de la fatigue physique lors d'un usage fréquent.

Néanmoins, en pratique, les escaliers sont le plus souvent incontournables, ne serait-ce que pour accéder aux installations fixes (voir § 8.2.). Ainsi, un soin particulier doit être apporté à leur conception et à leur aménagement.

### Nombre d'escaliers et largeurs de passage à respecter

Les tableaux 4.2 et 4.3 au chapitre 4 définissent 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.

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.

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 (arrêté du 27 juin 1994).

De manière à pouvoir évacuer une personne couchée sur un brancard, il est nécessaire que cer-

tains escaliers soient dimensionnés en conséquence (voir figure 7.10).

### Implantation des escaliers

Leur emplacement doit correspondre aux données sur le flux de circulation (voir chapitre 4) et permettre de remplir les conditions 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 de l'escalier doit être situé à moins de 20 m d'une sortie sur l'extérieur.

À noter que les escaliers ne doivent pas empiéter ou déboucher directement sur des allées où circulent des engins de manutention.

### Type d'escalier - Choix entre escalier droit, à courbe balancée ou hélicoïdal

Le choix dépend de nombreux facteurs, dont l'espace disponible. Du point de vue de la prévention :

- L'escalier droit sur plan rectangulaire (voir figure 7.11) 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).
- L'escalier à volée courbe balancée est acceptable.
- L'escalier hélicoïdal est à éviter, surtout lorsque la fréquence de passage ainsi que les charges transportées sont élevées. Ce type d'escalier ne peut être utilisé pour le passage d'un brancard (compte tenu des tolérances dimensionnelles) que si le noyau central a un diamètre supérieur à 82 cm (voir figure 7.10).

### Marches

- Les tolérances dimensionnelles à respecter sont présentées dans le tableau 7.5. 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.

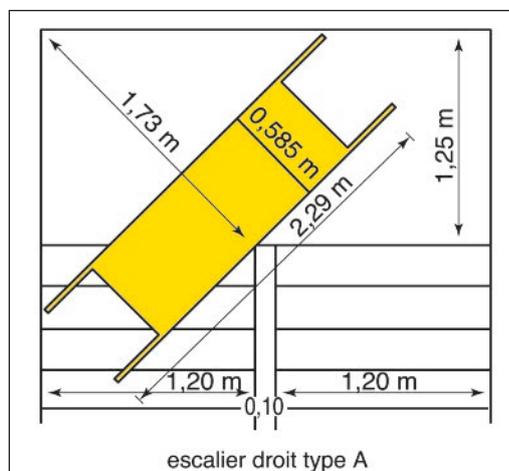


Figure 7.10. Dimensions des escaliers pour évacuer une personne couchée sur un brancard.

Tableau 7.5. Tolérances dimensionnelles recommandées pour les escaliers.

TOLÉRANCES DIMENSIONNELLES		
13 cm	H	17 cm
28 cm	G	36 cm
60 cm	2H + G	66 cm

H : Hauteur de marche  
G : Giron

## BIBLIOGRAPHIE

- Code du travail, articles R. 4214-26 et R. 4214-27.
- Code du travail, articles R. 4216-5 à R. 4216-12.
- NF P 01-011 - Escaliers droits en maçonnerie. AFNOR, 1945.
- Les escaliers. Conception, dimensionnement, exécution. CSTB, 2008.
- NF EN ISO 14122-3 - Escaliers et garde-corps. AFNOR, 2007.
- Règlements spécifiques applicables aux établissements recevant du public et aux immeubles de grande hauteur. Journaux officiels.
- Maintenance et prévention des risques professionnels dans les projets de bâtiment. INRS, ED 829, 2004.
- Concevoir un espace public accessible à tous. CSTB, 2002.
- Louis-Pierre Grobois - Handicaps et construction. Le Moniteur, 2008.
- Dossier web « Incendie et lieux de travail » [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)

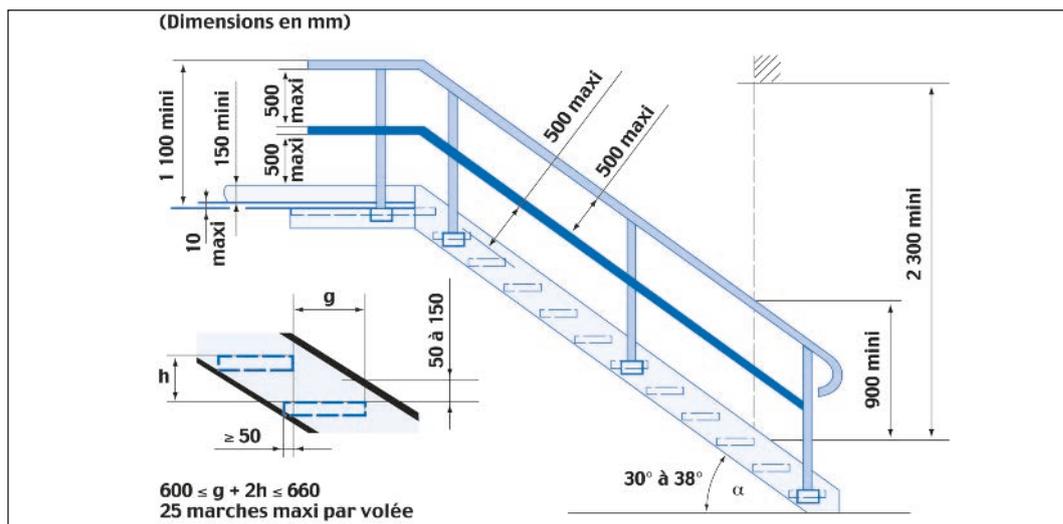


Figure 7.11. Garde-corps et escalier pour accès permanent aux machines (selon norme EN ISO 14122-3, 2007).

Note : Dans le cas de lieux recevant du public, les garde-corps des escaliers et passerelles devront être conçus selon la norme NF P 01-012 (par exemple avec barreaux verticaux espacés d'au plus 11 cm).

- Ne pas dépasser vingt-cinq marches par volée.
- Pour les escaliers hélicoïdaux, ces tolérances sont à respecter sur la ligne de foulée, située à 60 cm du noyau central, le giron extérieur devant être inférieur ou égal à 42 cm. Toutefois, dans le cas d'un escalier destiné à l'usage par une personne à mobilité réduite, la hauteur des marches ne doit pas dépasser 16 cm, le giron devant être d'au moins 28 cm.
- En l'absence de contremarche, les marches successives doivent se recouvrir de 5 cm.
- Le revêtement des marches doit être antidérapant ; le choix des nez de marche est particulièrement important : éviter les revêtements collés (surépaisseur dangereuse si décollement), le nez de marche doit être bien visible (couleur différente du reste de la marche).

### Rampe, garde-corps en rive, main courante

Les escaliers non encloués doivent comporter un garde-corps de chaque côté. Les escaliers encloués de largeur égale ou supérieure à 1,50 m, de même que tout escalier de trois marches ou plus destiné à l'usage d'une personne à mobilité réduite (large d'1,40 m), doivent être munis d'une main courante préhensible de chaque côté. Les dimensions proposées par la norme EN

ISO 14122-3 sont dans cet ouvrage considérées comme d'application générale. Ainsi, la hauteur de la rampe ou de la main courante doit être d'au moins 90 cm sur une volée d'escalier et d'au moins 110 cm sur palier (voir figure 7.11). La main courante ne doit présenter aucune interruption.

### Éclairage de l'escalier

L'éclairage naturel est conseillé. L'emplacement et le type de vitrage doivent permettre d'éviter l'éblouissement par vision directe du soleil. 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 à préserver). Les luminaires seront installés en plafonnier ou en applique, non visibles lors de la descente. Le luminaire en plafonnier peut être installé dans l'axe de symétrie de l'escalier avec, dans ce cas, une luminance  $< 2\ 000\ \text{cd/m}^2$  (voir figure 7.12).

### Ventilation - désenfumage

Si l'escalier est encloué (cas le plus fréquent), le désenfumage est réalisé par la mise en pression de la cage d'escalier ou son balayage (par de l'air ventilé). S'il n'est pas encloué, les règles à appliquer sont celles des grands volumes.

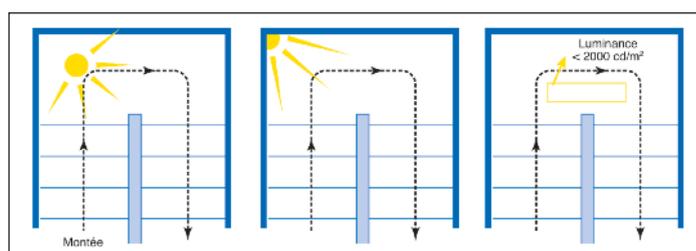


Figure 7.12. Emplacements possibles pour les luminaires.

# Installations techniques, stockages

## 8.1 Les installations électriques

### BIBLIOGRAPHIE

- DNF C 13-100 - Postes de livraison établis à l'intérieur du bâtiment.
- NF C 13-200 - Installations électriques à haute tension.
- NF C 15-100 - Installations électriques à basse tension.
- NF C 17-200 - Installations d'éclairage extérieur.

### 8.1.1 Généralités

Le risque électrique se présente sous plusieurs formes :

- électrisation par contact direct avec des pièces nues sous tension ou par contact indirect avec des masses mises accidentellement sous tension ;
- incendie et explosion ;
- fonctionnement intempestif de mécanismes ou de machines suite à des défaillances du système électrique de commande.

Un autre aspect des installations électriques concerne l'éclairage artificiel qui joue un rôle dans la genèse des accidents et dans le confort visuel (voir § 5.2.2).

Toutes opérations réalisées sur les installations électriques ou dans leur voisinage doivent être effectuées par des travailleurs habilités. La réglementation et la normalisation étant très fournies dans ce domaine complexe, il est conseillé de s'adresser à un bureau d'études spécialisé (partie conception) et à un installateur compétent.

### 8.1.2 Conception

Les installations électriques doivent être conçues et réalisées conformément aux prescriptions contenues dans les articles R. 4215-3 à R. 4215-17 du Code du travail. Elles doivent être adaptées à l'usage de chaque local, compte tenu des risques spécifiques d'incendie, d'explosion et d'électrocution s'il s'agit de locaux mouillés, humides ou conducteurs.

Les liaisons électriques de haute tension se feront de préférence en lignes souterraines. Les prises de terre seront implantées selon la technique dite « ceinturage à fond de fouille ».

Des coffrets électriques équipés notamment de prises seront installés au plus près des équipements pour les interventions (maintenance, commande de proximité, consignation,

nettoyage...).

Lors de la conception de l'installation électrique, il convient de respecter certaines règles de l'art propres à la compatibilité électromagnétique, telles que :

- veiller à la bonne qualité du câblage et des connexions, en évitant les grandes longueurs de câbles et les boucles éventuelles, ceci amplifiant l'effet d'antenne ;
- séparer les câbles de transport d'énergie, dits de puissance, des câbles de commande/communication, dits bas niveaux ;
- blinder les câbles pouvant être sensibles ;
- filtrer l'alimentation électrique dans le cas d'implantation d'équipements perturbateurs ;
- équiper de parasurtenseurs les installations à risque,
- etc.

### 8.1.3 Schéma des liaisons à la terre

L'objectif est de choisir le schéma en fonction des caractéristiques d'exploitation et de la nécessité de pouvoir intervenir en toute sécurité, y compris pour localiser aisément un défaut.

• Schéma TT (neutre directement relié à la terre) : schéma 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. 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.

• Schéma IT avec neutre isolé ou impédant : 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. Ce schéma nécessite l'installation du CPI (contrôleur permanent d'isolement). La protection contre les surintensités de défaut peut être assurée par :

- disjoncteur ;
- fusible ;
- association disjoncteur + fusible.

L'interconnexion des masses accessibles est nécessaire pour assurer la protection des personnes contre les risques de contact indirect.

- Schéma TNS (conducteurs du neutre et conducteurs de protection séparés) et TNC (conducteurs du neutre et de protection confondus) : utilisables pour des installations alimentées à partir d'un poste de transformation privé et dont l'exploitation est compatible avec une coupure au premier défaut.

Le schéma TNC est incompatible avec toute protection par dispositifs différentiels.

Pour les locaux à risque d'incendie ou d'explo-

sion, 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.

Du point de vue économique, le schéma TN est plus 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.

De plus, il permet l'économie d'un conducteur et d'un pôle dans les appareillages. Ce schéma est à préférer car il permet aussi d'éliminer les parasites conduits près de leur source et de fiabiliser le fonctionnement des installations à courant faible (alarmes, téléphones, réseaux

## 8.2 Accès aux installations fixes

Les installations fixes 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, aérocondenseurs...).

L'accès à ces installations fixes doit être pensé en même temps que leur conception pour éviter l'utilisation d'échelles qui sont à l'origine d'accidents, notamment de chutes de hauteur.



Photo 8.1. Accès en toiture.

Les escaliers, notamment métalliques (voir photo 8.1), sont le moyen le plus sûr d'accès aux installations fixes. Ils permettent de limiter la fatigue et de transporter des charges courantes (par exemple, outillage d'entretien) avec un minimum de risques. Pour les spécifications techniques, se reporter au § 7.6.

Dans le cas particulier des échelles métalliques fixes, dites à crinoline, la figure 8.1 donne des exemples de construction de ce type d'échelle. Un portillon à fermeture automatique doit être installé – de préférence latéralement – lorsque le palier sert de plate-forme.

Dans le cas de lieux recevant du public, la conception des garde-corps pour les escaliers, passerelles et plates-formes devra être réalisée avec un espacement de barreaudage inférieur à 11 cm (selon la norme NF P 01-012).

À noter que les moyens d'accès ne doivent pas empiéter ou déboucher directement sur des allées où circulent des engins de manutention.

Les plates-formes et passerelles de circulation seront munies de garde-corps en bordure du vide (selon la norme EN 14122-3). La hauteur des plates-formes et passerelles sera définie de manière à situer les points d'intervention entre 400 mm et 1 400 mm pour permettre de travailler en bonne posture.

## BIBLIOGRAPHIE

- Code du travail, articles R. 4224-5 et R. 4224-6.
- NF E 85-012 - Protection condamnant l'accès bas aux échelles. AFNOR, 1991.
- NF EN ISO 14122, 1-4 - Moyens permanents d'accès, plates-formes, passerelles, escaliers, garde-corps et échelles fixes. AFNOR, 2007.
- NF P 01-012 - Dimensions des garde-corps et rampes d'escaliers pour ERP et autres. AFNOR, 1988.

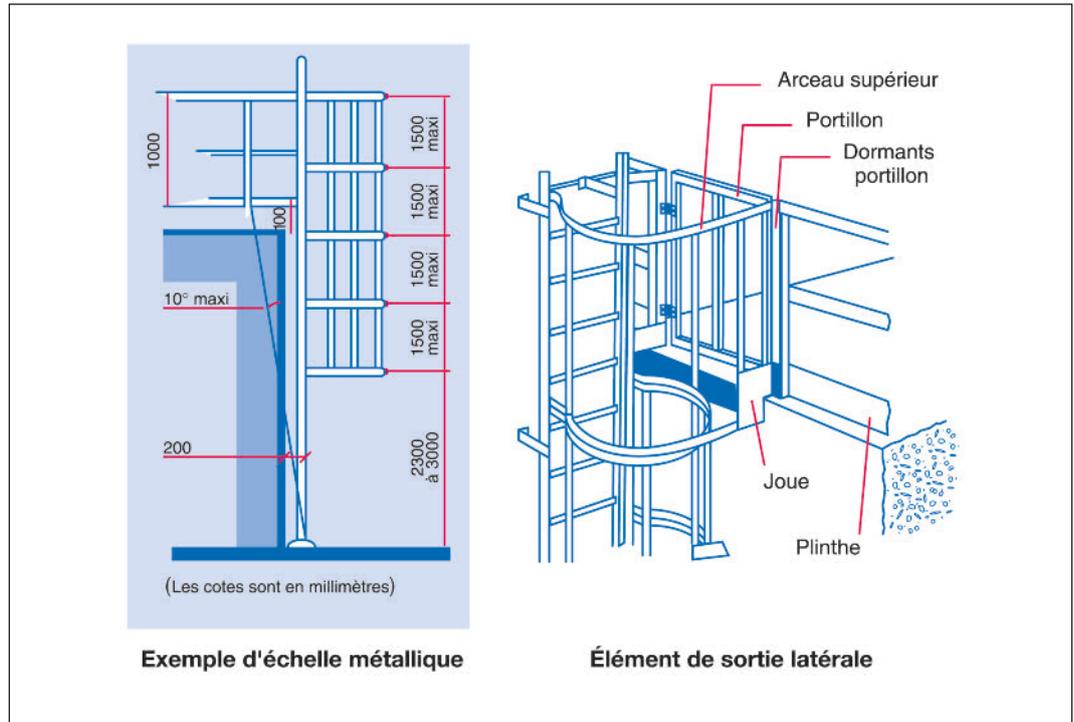


Figure 8.1. Exemples de construction d'une échelle métallique à crinoline.

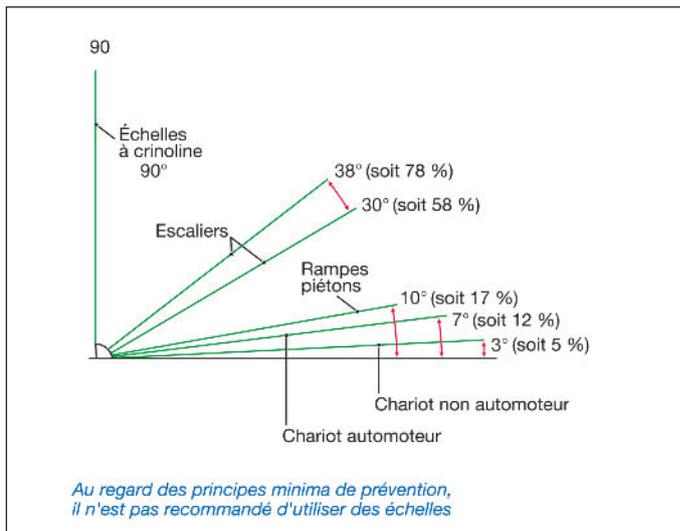


Figure 8.2. Exemples d'inclinaisons recommandées pour les moyens d'accès en hauteur.

La figure 8.2 donne quelques exemples d'inclinaisons recommandées pour les moyens d'accès en hauteur.

Le transfert de charges entre deux niveaux de plates-formes nécessite l'installation de barrières écluses (voir figure 8.3). Dans ce cas, la mise en place d'un garde-corps amovible ou l'aménagement d'un ouvrant (de type portillon) est à exclure.

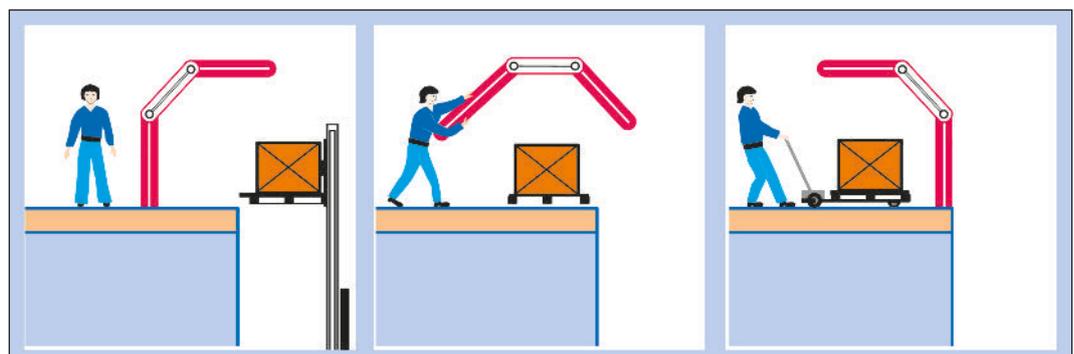


Figure 8.3. Principe de fonctionnement d'une barrière écluse.

## 8.3 Moyens de manutention

La manutention est la cause la plus importante d'accidents du travail. Chaque année, le tiers des accidents avec arrêt a pour origine, soit le transport manuel, soit les manipulations d'objets, soit la manutention (levage, manutention continue, manutention par chariot, manutention automatisée).

Les risques les plus couramment rencontrés sont les heurts, chutes et lombalgies. Pour les limiter, il convient d'anticiper les risques nouveaux en mettant en œuvre les moyens utiles d'analyse a priori des activités de travail (réelles et futures). C'est sur la base des résultats de ce type d'analyse que seront conçus les cahiers des charges des équipements, notamment ceux concernant les équipements mécaniques permettant d'éviter

et/ou réduire les manutentions manuelles comportant un risque résiduel d'atteinte à la santé.

### 8.3.1 Moyens de manutention

Les moyens de manutention doivent être définis en relation avec les besoins réels des opérateurs et en même temps que le processus de fabrication. Quelques indications seront à cet effet données sur les appareils de levage, les matériels de manutention continue, les chariots de manutention, la manutention automatisée à l'exclusion du transport de produits.

Le tableau 8.1 présente les grandes familles de matériel de manutention. Il donne une liste non exhaustive des matériels existants sur le marché.

Tableau 8.1. Principales familles de matériels de manutention.

APPAREILS DE LEVAGE	MATÉRIELS DE MANUTENTION CONTINUE	CHARIOTS DE MANUTENTION	MANUTENTIONS AUTOMATISÉES
<b>GÉNIE CIVIL</b>			
	<b>Matériels de manutention continue pour produits en vrac</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• transports</li> <li>• distributeurs</li> <li>• convoyeurs</li> <li>• élévateurs</li> </ul>		<b>Appareils de stockage</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• transstockeurs</li> <li>• ponts roulants gerbeurs</li> </ul>
<b>STRUCTURES DES BÂTIMENTS</b>			
<b>Ponts roulants</b> <b>Portiques</b> <b>Palans à moteur</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• électriques</li> <li>• pneumatiques</li> <li>• hydrauliques</li> </ul> <b>Matériels de mise à niveau</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• tables élévatrices</li> <li>• hayons</li> <li>• rampes ajustables</li> </ul>	<b>Matériels de manutention pneumatique pour produits en vrac</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• système continu par aspiration et/ou refoulement</li> <li>• système discontinu</li> <li>• aéroglissière</li> </ul> <b>Matériels de manutention continue pour charges isolées</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• transporteurs</li> <li>• carrousels</li> <li>• convoyeurs</li> <li>• monorails</li> </ul>	<b>Chariots automoteurs</b> <b>Chariots élévateurs</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• en porte-à-faux</li> <li>• non en porte-à-faux</li> <li>• mixtes</li> </ul>	<b>Minitransstockeurs</b> <b>Systèmes automatiques à chariot sans conducteur</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• chariots élévateurs</li> <li>• chariots porteurs</li> <li>• chariots d'assemblages</li> <li>• chariots tracteurs</li> </ul> <b>Manipulateurs et robots</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• manipulateurs</li> <li>• robots</li> <li>• dispositifs de chargement et déchargement de machines</li> </ul>
<b>MOYENS AUTONOMES</b>			
<b>Appareils de levage à bras</b> <b>Équipements</b> <b>Accessoires de levage et d'arrimage</b> <b>Treuil</b> <b>Élévateurs de personnel</b>	<b>Matériels de manutention Pneumatique pour documents et charges isolés</b>	<b>Gerbeurs à déplacement manuel</b> <b>Gerbeurs autonomes</b> <b>Transpalettes</b> <b>Tracteurs</b> <b>Remorques</b> <b>Chariots porteurs</b> <b>Chariots à bras</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• chariots</li> <li>• diables</li> <li>• brouettes</li> <li>• remorques</li> </ul>	<b>Palettiseurs et dépalettiseurs</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• monoposition</li> <li>• multiposition</li> </ul> <b>Empileurs et distributeurs des palettes</b>

## BIBLIOGRAPHIE

- Manutention manuelle. Aide-mémoire juridique. INRS, TJ 18, 2003.
- Encyclopédie de la manutention. AFNOR-SOMIA, 5 vol.
- La lettre du CISMA, 2008.

Les différents moyens sont répartis en trois catégories suivant leurs incidences sur le projet :

- intégration au moment du génie civil ;
- intégration à la structure des bâtiments ;
- moyens autonomes.

### 8.3.2 Choix entre ces moyens

Dans le cadre de l'organisation générale de l'entreprise, il convient d'étudier simultanément la manutention et la circulation des produits, d'éliminer ou de réduire le plus possible les manutentions et de substituer la manutention mécanique aux manutentions manuelles. Il est utile à cet effet 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.

C'est sur cette base que pourra s'effectuer le choix entre moyens de manutention automatisée, manutention motorisée, manutention assistée et manutention manuelle.

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 charge.

### 8.3.3 Manutention continue

La manutention continue est réalisée sous forme mécanique lorsqu'il s'agit de produits en vrac ou de charges isolées (transporteurs à bande, transporteurs et élévateurs à vis, convoyeurs aériens...) ou sous forme pneumatique pour les produits en vrac (par aspiration et/ou refoulement).

Des espaces doivent être prévus autour des moyens de manutention continue pour des raisons de sécurité et pour faciliter les interventions des personnels.

#### Espace autour des moyens de manutention

Lors de l'implantation, prévoir un espace suffisant entre les parties fixes et mobiles des installations afin d'éviter tout risque de cisaillement. Lorsqu'un transporteur à bande traverse une allée piétonne, sa hauteur par rapport au sol doit permettre, selon le cas, ou le passage en dessous (hauteur minimale) ou le passage au-dessus (passerelle) en prenant en compte les protections.

#### Facilitation des interventions

Il faut également faciliter les interventions (vérifications, entretien, réparations) en prévoyant une zone de circulation pour le personnel d'intervention, des accès aisés, des dégagements pour les

opérations de montage et de démontage. On reportera les interventions indispensables hors des zones dangereuses ; par exemple, on disposera les graisseurs hors des protections fixes et on permettra le réglage des tambours en éloignant les vis de réglage vers l'extérieur des tambours.

### 8.3.4 Manutention automatisée

Les systèmes de manutention actuels sont de plus en plus automatisés et complexes. Ils présentent des risques souvent très graves compte tenu de leur automaticité et de la présence de diverses sources d'énergie.

L'établissement d'un cahier des charges est la pièce maîtresse d'un projet de manutention automatisée. 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.

La mise en place de transstockeurs et de robots de manutention pose des problèmes spécifiques qui sont traités dans des documents spécialisés.



Photo 8.2. Exemple de dispositif de manutention (rail suspendu continu) intégré dans la conception des locaux et adapté au type de camion amené à accoster au quai pour assurer la continuité des manutentions à l'interface de transbordement.

## 8.4 Appareils de levage

Les ponts roulants, tables élévatoires, palans, potences et autres portiques – les ascenseurs et monte-charge sont présentés au § 8.5 – génèrent de nombreux risques liés notamment au(x) :

- chutes de charge ;
- cisaillement ou coincement du personnel se trouvant sur ou à proximité de l'appareil en mouvement ;
- chutes d'objets ou de parties amovibles de l'appareil ;
- chutes de personnes ;
- risques mécaniques présentés par les organes en mouvement ;
- risque électrique.

Les appareils de levage font partie des équipements de travail et sont soumis lors de leur conception aux règles techniques définies aux articles R. 4312-1 et R. 4312-2 du Code du travail, règles conduisant notamment au marquage CE de l'appareil et à l'établissement de la déclaration CE de conformité délivrée à l'acheteur de l'appareil.

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 définies par l'arrêté du 1<sup>er</sup> mars 2004. Les appareils de levage sont également soumis à une vérification périodique.

### 8.4.1 Ponts roulants ou portiques

Avant de décider de l'installation d'un pont roulant, il convient de procéder à l'analyse des manutentions sur la base d'une description préalable des flux de matières, des moyens de stockage et de l'encombrement des charges manutentionnées. Les risques résiduels inhérents aux différentes solutions envisageables (voir figure 8.4) seront évalués en partant du point de vue des opérateurs, c'est-à-dire sur la base d'une analyse des modes opératoires et de l'expression des besoins réels.

Pour déterminer l'appareil le mieux adapté et en complément de l'analyse des contraintes opératoires, il est nécessaire de prendre en compte, sur le plan technique :

- les incidences du choix de l'appareil sur la structure du bâtiment, les circulations et implantations ;
- les incidences éventuelles des conditions atmosphériques et des risques d'aggravation particuliers (par exemple, atmosphère corrosive ou poussiéreuse) ;
- la capacité du pont et le type de sollicitation (classe d'utilisation et spectre de charge tels que définis par la Fédération Européenne de Manutention (FEM)).

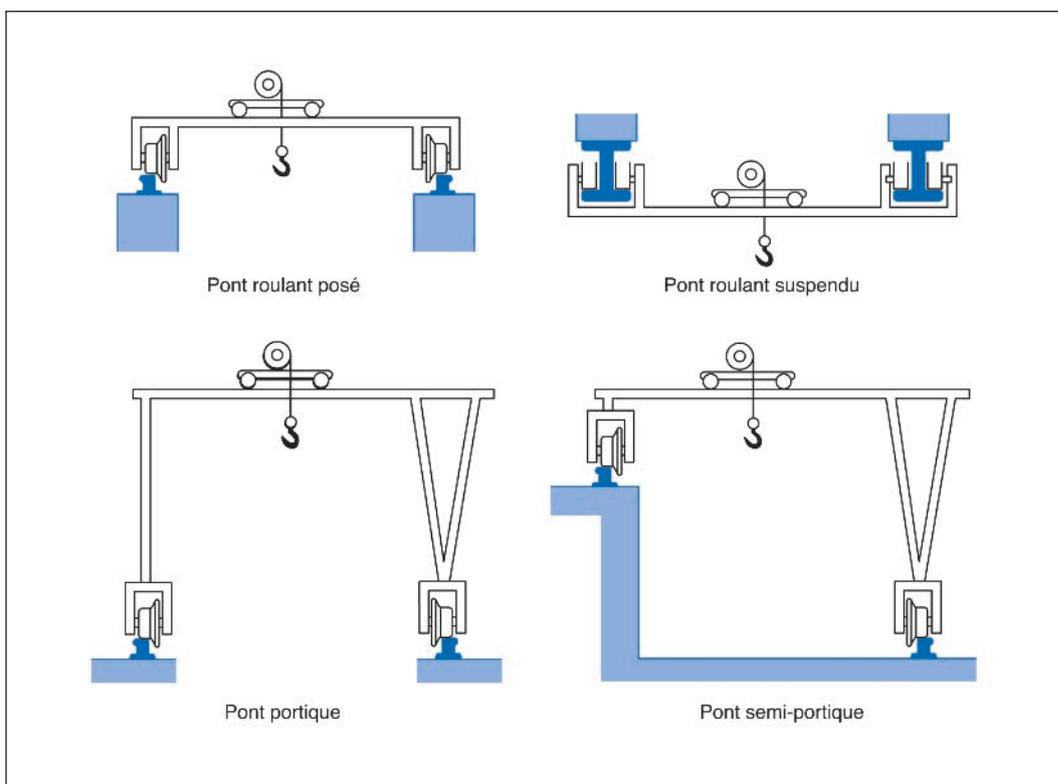


Figure 8.4. Différents types de ponts roulants (d'après la norme NF E 52-120).

## BIBLIOGRAPHIE

- Code du travail, articles R. 4312-1 à R. 4312-22 - Règles techniques et procédures de certification relatives à la conception des machines.
- Arrêté du 1<sup>er</sup> mars 2004 - Vérifications des appareils de levage.
- Pont roulant, portique et semi-portique. Recommandation R 318. INRS, 1990.
- Ponts roulants. INRS, ED 716, 2007.
- NF EN 1570 + A1 - Prescriptions de sécurité des tables élévatoires. AFNOR, 2005.



Figure 8.5. Exemples d'utilisation de tables élévatoires.

Le cahier des charges « pont roulant », outre les spécifications réglementaires, précisera les points suivants :

- en armoire de commande, installer un dispositif permettant de contrôler la classe d'utilisation et le spectre de charge, dans le but de vérifier les sollicitations du pont et sa conformité aux règles FEM de conception ;
- un dispositif permettant de limiter le pianotage ;
- un dispositif d'éclairage et/ou de signalisation embarqué pour éclairer la zone d'évolution et signaler l'approche du pont ;
- un accès en sécurité au poste de conduite ;
- les accès en sûreté aux points d'entretien et de vérification de l'appareil, y compris les chemins de roulement et les galets.

On demandera au constructeur la fourniture de la notice d'instructions comprenant :

- un descriptif technique et la note de calcul du pont ;
- les consignes particulières ;
- la copie de la déclaration CE de conformité ;
- le type et l'emplacement des dispositifs auxiliaires de manutention prévus pour les travaux de réparation (par exemple, cric pour remplacement de galets, potence dépose d'un moteur vers une passerelle de maintenance ou point d'ancrage pour suspension d'un palan lors d'un tel remplacement) ;
- le type, l'emplacement et les instructions d'entretien et de contrôle des systèmes de graissage, des composants et des pièces d'usure du pont (par exemple, garniture de freins, roulements, galets, rails) et des divers dispositifs de sécurité.

### 8.4.2 Tables élévatoires

Les tables élévatoires sont des dispositifs permettant d'élever verticalement un plateau par un système de poussée placé sous ce plateau.

Les tables élévatoires sont des dispositifs essentiellement destinés à élever des charges, mais qui

peuvent aussi être utilisés pour élever des personnes et des charges. Ces appareils présentent ainsi des avantages du point de vue ergonomique : charge physique moindre, diminution des postures anormales et fatigantes (voir figure 8.5). Les règles de conception de ces appareils sont définies aux articles R. 4312-1 et R. 4312-2 du Code du travail.

Se référer à la norme harmonisée NE EN 1570 *Prescriptions de sécurité pour les tables élévatoires* qui permet de respecter les règles de conception. La norme définit en particulier les prescriptions de sécurité relatives aux tables élévatoires destinées à élever et/ou descendre des charges et/ou des personnes associées au déplacement des charges transportées par les tables élévatoires, avec une course ne dépassant pas 3 mètres.

Pour permettre un fonctionnement en sécurité, on choisira un appareil robuste répondant aux contraintes auxquelles il sera soumis et aux conditions particulières d'environnement (poussières, ambiance corrosive).

Le cas échéant, l'aménagement d'une fosse accessible facilitera les opérations d'entretien et de maintenance de l'appareil.

### 8.4.3 Palans électriques et potences

Pour réduire les risques à la source, les points suivants devront être examinés :

- choisir un appareil adapté aux charges manutentionnées ;
- étudier soigneusement l'implantation des situations de travail à desservir avant toute installation de palan motorisé ;
- équiper les chariots porte-palans de dispositifs permettant d'éviter la chute des chariots ;
- choisir un type de motorisation compatible avec le milieu dans lequel ces engins évoluent (notamment en raison du risque d'explosion).

## 8.5 Ascenseurs, monte-charge

### BIBLIOGRAPHIE

- Décret n°2008-1325 du 15 décembre 2008 relatif à la sécurité des ascenseurs, monte-charge et équipements assimilés sur les lieux de travail et la sécurité des travailleurs intervenant sur ces équipements.
- Arrêté du 27 juin 1994 relatif à l'accessibilité des lieux de travail aux personnes handicapées.
- Décret n° 2000-810 du 27 août 2000 relatif des ascenseurs.
- Circulaire UHC/QC/12 n°9936 du 28 mai 1999 relative à l'installation des ascenseurs neufs.
- Norme NF EN 81-1 - Règles de sécurité, ascenseurs électriques. AFNOR, 1998.
- Norme NF EN 81-2 - Règle de sécurité, ascenseurs hydrauliques. AFNOR, 1998.
- Norme NF EN 627 - Règles pour l'enregistrement de données et la surveillance des ascenseurs. AFNOR, 1995.
- Concevoir un espace public accessible à tous. CSTB, 2009.

### 8.5.1 Implantation de l'ascenseur ou du monte-charge

L'accès à un ascenseur ou à un monte-charge doit pouvoir se faire à l'écart du flux des matières ou des véhicules.

Les accès seront dégagés pour permettre l'attente et la sortie des personnes ou du matériel correspondant à la capacité maximale de la cabine.

### 8.5.2 Ascenseur praticable pour personne à mobilité réduite en fauteuil roulant

Les exigences applicables à ce type d'ascenseur sont spécifiées par l'arrêté du 27 juin 1994 pour les établissements soumis au Code du travail.

Un ascenseur praticable par les personnes à mobilité réduite circulant en fauteuil roulant doit avoir :

- une porte d'entrée avec un passage large d'au moins 0,80 m ;
- des dimensions intérieures minimales entre parois intérieures de la cabine de 1 m parallèlement à la porte, sur 1,30 m perpendiculairement à la porte (voir figure 8.6) ; ces deux dimensions doivent être portées à 1,30 m lorsque l'ascenseur comporte plusieurs faces de service ;

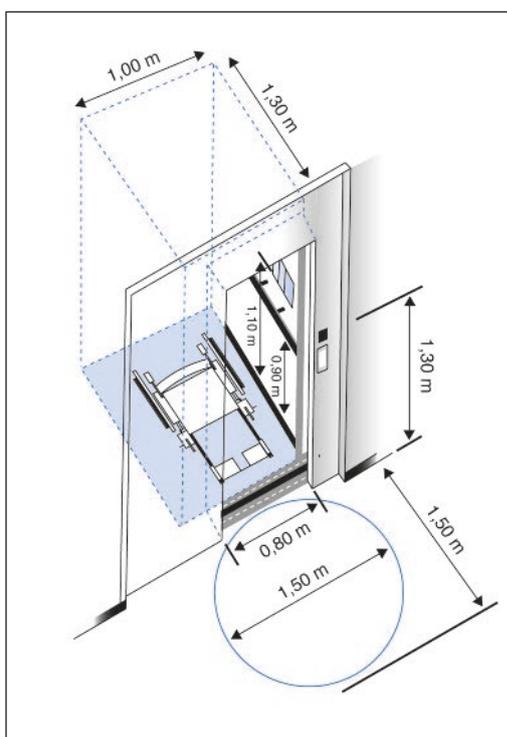


Figure 8.6

- les commandes à une hauteur maximale de 1,30 m situées sur le côté de la cabine.

Il est souhaitable que les systèmes d'alarme en cabine soient équipés d'une suppléance visuelle pour les personnes sourdes ou malentendantes. Les portes sont obligatoirement coulissantes. La précision d'arrêt de la cabine doit être de  $\pm 2$  cm au maximum.

Dans le cas d'un ascenseur qui doit être installé dans un bâtiment dont le plancher bas du dernier niveau est à plus de 8 m, des dispositions complémentaires sont précisées à l'article 3-II de l'arrêté du 27 juin 1994 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... (arrêté pris en application de l'article R. 4214-29 du Code du travail).

### 8.5.3 Aménagements pour la sécurité du personnel d'entretien

Les ascenseurs et monte-charge 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.

À la différence de l'ascenseur, le monte-charge comporte une cabine inaccessible aux personnes de par ses dimensions et son aménagement intérieur.

#### Réserve supérieure au-dessus du toit de la cabine

Il convient de prévoir, en partie supérieure, une hauteur libre réservée à la maintenance d'au moins 2 m au-dessus de la cabine en butée arrêtée à 0,80 m maximum au-dessus du seuil du dernier palier.

Le toit de la cabine sera muni d'un dispositif d'arrêt, d'une prise de courant et d'un dispositif de commande ou de manœuvre d'inspection.

#### Volume de sécurité en fond de cuvette

Il convient de prévoir une cuvette profonde de 2,50 m accessible par un escalier muni d'une porte de 2 m de haut et large de 0,80 m équipée d'un dispositif anti-panique et associée à un dispositif d'interverrouillage à transfert de clef qui empêche le fonctionnement de l'ascenseur.

### Aménagement du local machinerie

Prévoir une hauteur sous plafond telle qu'il subsiste au moins 2 m entre le plafond et les massifs des moteurs, et au moins 0,30 m entre le sommet des parties tournantes et le plafond.

Il faut prévoir pour ce local un accès facile et sûr,

un éclairage d'ambiance et un éclairage de sécurité, des prises de courant, une ventilation (naturelle ou forcée) et des possibilités de manutention des équipements. L'emplacement du local ou son isolation phonique sera choisi de manière à réduire les nuisances sonores.

## 8.6 Locaux techniques

L'emplacement des locaux techniques et leurs caractéristiques, souvent traités trop sommairement lors de la conception des lieux de travail, 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.

Seront successivement présentés les locaux compresseurs, les chaufferies, les locaux de charge de batteries d'accumulateurs et les ateliers d'entretien.

D'autres locaux posent des problèmes spécifiques, tels les locaux pour les contrôles non destructifs (qui contiennent généralement des sources ionisantes), les salles de générateurs électriques de secours, les chambres froides... Ils ne sont pas traités dans cet ouvrage.

### 8.6.1 Accessibilité aux locaux techniques

Les locaux techniques font l'objet d'interventions de maintenance parfois lourdes qui réclament une implantation en rez-de-chaussée avec au moins un accès direct sur l'extérieur.

Les locaux techniques seront dimensionnés pour faciliter l'accès des moyens de manutention utilisés et permettre le remplacement de sous-ensembles. Des dégagements horizontaux et verticaux suffisants sont nécessaires pour les opérations d'entretien des pompes, le démontage de faisceaux de tubes d'échangeurs, par exemple, et la manutention des pièces et leur évacuation. Ainsi, dans le cas le plus défavorable, la hauteur minimale libre sous réseaux ne devra pas être inférieure à 2,50 m.

Les réseaux (fluides, électricité haute et basse tension, énergie, VMC...) doivent être implantés

de telle manière que chacun d'entre eux puisse être séparément et directement accessible.

### Cas particulier d'accès aux gaines techniques, galeries techniques et vides sanitaires

Les gaines techniques doivent être conçues pour permettre un accès direct 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...). De cette façon, les organes précédents seront accessibles en position debout.

Les trappes de visite murale prévues pour un contrôle visuel hors intervention de maintenance/entretien seront situées entre 0,60 m et 2 m à partir du plancher d'accès (voir figure 8.7). Les accès (portes, trappes de visite...) doivent être dégagés de tout équipement fixe (par exemple, équipements dans les cuisines collectives).

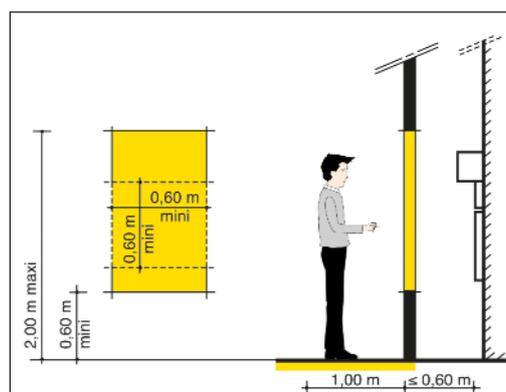


Figure 8.7. Gabarit et positionnement des trappes de visite.

Pour les interventions nécessitant de se déplacer au-dessus des faux plafonds, des cheminements spécifiques porteurs et protégés contre les chutes devront être aménagés.

Les galeries techniques doivent dans tous les cas être privilégiées par rapport aux vides sanitaires. Dans le cas d'un recours à un vide technique (parfois improprement appelé vide sanitaire), la hauteur minimale de passage sera de 2,20 m.

Dans tous les cas, les accès doivent se faire par escalier et doivent permettre le transport des matériels et le passage d'un brancard normalisé (voir § 7.6 et la figure 7.10).

Dans les petites entreprises, pour un voire pour deux postes de charge, prévoir un éclairage permanent et une installation électrique répondant aux exigences de l'environnement (locaux humides, enceintes conductrices...).

Les sols des zones de circulation doivent être stabilisés et bétonnés. Ils seront, si nécessaire, équipés de caniveaux.

Dans les vides techniques, le cas échéant, protéger le personnel contre les risques de contact électrique en utilisant l'une des dispositions suivantes :

- utilisation d'appareils portatifs ou éclairage à alimentation par piles ou batterie ;
- emploi de matériel très basse tension (TBTS ou TBTP) 25 volts alimenté par l'intermédiaire d'un transformateur de sécurité conforme à la norme CEI 60-742/A1 et implanté à l'abri à l'extérieur du vide sanitaire ;
- emploi de matériel de classe II (dit à double isolement) alimenté par un transformateur de séparation de circuits conforme à la norme NF CEI 60-742/A1 implanté à l'abri à l'extérieur du local et n'alimentant qu'un seul récepteur.

### 8.6.2 Locaux pour les activités de mise en propreté

Selon l'étendue du site et du nombre d'étages, prévoir un ou plusieurs locaux adaptés aux besoins des personnels de services et tenant compte, selon les cas, des aspects suivants :

- dimensionner les locaux en fonction des surfaces à nettoyer (voir *Les entreprises de propreté*, INRS, ED 963, § 1.3.3.2 *Surfaces minimales*) ;
- prévoir des vestiaires spécifiques pour le personnel de mise en propreté ;
- prévoir à proximité, dans des locaux distincts, le stockage et le rangement des produits et matériels d'entretien ;
- limiter le taux d'humidité dû à la fonction séchage en installant une ventilation mécanique efficace ;
- pour le séchage des vêtements mouillés, prévoir un sèche serviette mural électrique ;
- revêtir les sols et les murs de matériaux imperméables et lisses ;

- aménager au sol une évacuation des eaux usées pour la vidange des seaux ou des aspirateurs à eau ;
- implanter les points de remplissage en eau des seaux à une hauteur convenable permettant ce remplissage ;
- pour la charge des batteries (des machines auto-laveuses), se reporter au § 8.6.3.

### 8.6.3 Locaux de charge de batteries d'accumulateurs

Compte tenu du risque d'explosion lors des interventions sur batteries d'accumulateurs (dégagement d'hydrogène produit lors des opérations de charge), les locaux de charge de batteries d'accumulateurs doivent être :

- implantés dans des zones éloignées de toute flamme et étincelle ;
- dimensionnés pour permettre des interventions aisées et limiter la concentration de l'hydrogène dans l'air à moins de 0,40 % (soit 10 % de la LIE, conformément à la circulaire du 9 mai 1985. INRS, TJ 5) ;
- ventilés mécaniquement si nécessaire pour limiter la concentration de l'hydrogène dans l'air à moins de 0,40 % en prévoyant l'introduction d'air neuf en partie basse et, du côté opposé, l'évacuation des gaz en partie haute.

Pour le calcul de la concentration en hydrogène, le volume total d'hydrogène (V en litres) dégagé lors de la charge d'une batterie de tension nominale U (en volts) et de capacité C (en Ampères-heures pour la tension nominale) peut être évalué par la formule :  $V = k.C.U.$  dans laquelle  $k = 0,21$  pour une batterie de plomb, et  $k = 0,30$  pour une batterie alcaline (voir recommandation R 215, CNAMTS et norme NF 50272-3).

La mise sous tension de tout chargeur devra provoquer la mise en marche de la ventilation et l'arrêt du chargeur ne devra provoquer l'arrêt de la ventilation qu'après une temporisation de 2 heures utiles à l'évacuation de l'hydrogène qui continue à se dégager après l'arrêt de la charge. L'interruption de la ventilation devra provoquer l'arrêt de l'opération de charge et, le cas échéant, le déclenchement d'une alarme.

N'utiliser que des chargeurs alimentés par une installation électrique de type fixe dont le circuit externe de courant continu (câbles de charge) comporte des socles et des prises de courant à broche pilote, dont l'embrochage/débrochage provoque la mise hors charge du circuit sans production d'arc.

Les locaux doivent en outre être construits en matériaux incombustibles ; le sol devra être imperméable et conçu d'une manière telle qu'il permette une récu-

pération facile des électrolytes en cas d'épandage accidentel. Les allées sur une largeur d'environ 0,60 m seront garnies de caillebotis isolants.

Les locaux de charge seront équipés de supports de batteries, d'un lave œil fixe, d'un dispositif de manutention (palans, par exemple) de sécurité en atmosphère explosive, de câbles de charge à poste fixe près de la batterie à recharger. Seront définies les zones à risque d'explosion (voir décret n°2002-1553 du 24 décembre 2002) et, dans chaque zone, le matériel électrique sera conforme au décret n° 96-1010 du 19 novembre 1996.

La création d'un local spécifique réservé exclusivement à la charge de batteries peut être facultative dans un atelier ou un entrepôt où les conditions suivantes sont simultanément assurées :

- le volume de l'atelier est égal ou supérieur à 250 fois le volume total d'hydrogène dégagé lors de chaque opération de charge, ce qui limite la concentration en hydrogène à 0,4 % sous réserve que la partie haute de l'atelier ne comporte aucune zone pouvant former une poche d'accumulation d'hydrogène et que l'atelier ne comporte pas une autre source génératrice d'atmosphère explosive ;
- l'air de l'atelier est entièrement renouvelé au minimum une fois entre deux opérations de charge consécutives, soit par des dispositifs statiques d'aération naturelle, soit par des dispositifs mécaniques de ventilation générale ;
- l'emplacement de charge est situé dans une zone protégée de l'atelier et aménagée à cet effet (sol anti-acide, évacuation des eaux, lave œil...), à

l'abri des risques liés aux activités voisines (heurts par circulation d'engins, manutentions...).

### 8.6.4 Chaufferies

Il s'agit de locaux dans lesquels sont installés les appareils de production de chaleur par combustion directe.

En ce qui concerne l'implantation et la construction du local de chaufferie, on distingue les différents types d'installation suivants :

- à eau surchauffée à basse température : température inférieure à 110 °C ;
- à eau surchauffée à haute température : température pouvant excéder 110 °C ;
- par vapeur basse pression : vapeur saturée inférieure à 0,5 bar ;
- par vapeur haute pression : vapeur saturée pouvant excéder 0,5 bar.

De plus, les installations à haute pression ou à haute température sont classées en 3 catégories en fonction de l'importance du produit caractéristique =  $V \times (T^0-1)$  où V est le volume de fluide de l'installation en m et T°, sa température en degrés Celsius :

- 1<sup>re</sup> catégorie si ce produit caractéristique est supérieur à 200 ;
- 2<sup>e</sup> catégorie si ce produit caractéristique est supérieur à 50 ;
- 3<sup>e</sup> catégorie si ce produit caractéristique est supérieur à 50.

Ces chaufferies doivent être implantées selon les

Tableau 8.2. Implantation des chaufferies suivant le type d'installation et la puissance utile.

TYPE D'IMPLANTATION	INSTALLATIONS BASSE PRESSION OU BASSE TEMPÉRATURE		INSTALLATIONS HAUTE PRESSION OU HAUTE TEMPÉRATURE			
	Pu ≤ 2000 kW	Pu > 2000 kW	3 <sup>e</sup> catégorie		2 <sup>e</sup> catégorie	1 <sup>re</sup> catégorie
			Pu ≤ 2000 kW	Pu > 2000 kW		
En sous-sol	Oui	Non	Oui	Non	Non	Non
En rez-de-chaussée	Oui	Non	Oui	Non	Non	Non
En terrasse*	Oui	Oui**	Oui	Non	Non	Non
À l'extérieur	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui*

\* Cette chaufferie doit être distante d'au moins 10 m des logements, bureaux ou zones accessibles au public.

\*\* Ce seuil est porté à 5000 kW si la puissance unitaire des générateurs est inférieure à 2000 kW.

Des exigences plus contraignantes que celles de ce tableau peuvent parfois s'appliquer dans le cas de certains établissements classés ou d'établissements recevant du public pour lesquels on se reportera aux réglementations spécifiques.

## BIBLIOGRAPHIE

■ Décret n°96-1010 du 19 novembre 1996 relatif aux appareils et aux systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphère explosible.

■ Décret n° 2002-1553 du 24 décembre 2002 relatif aux dispositions concernant la prévention des explosions applicables aux lieux de travail.

■ CEI 60-742/A1 – Transformateurs de séparation des circuits et transformateurs de sécurité. AFNOR, 1992.

■ Les activités de mise en propreté - Prévention des risques.

INRS, ED 963, 2005.

■ Aération et assainissement des lieux de travail.

INRS, Tj 5, 2007.

■ NF 50272-3 – Règle de sécurité pour les batteries et installations de batteries. Partie 3 : Batteries de traction. AFNOR, 2003.

■ Batteries d'accumulateurs au plomb. Prévention des risques d'explosion. INRS (à paraître).

■ Batteries d'accumulateurs. Prévention des risques d'explosion. Recommandation CNAMTS R 215.

Tableau 8.3. Réaction et tenue au feu des parois des chaufferies en fonction de l'implantation.

IMPLANTATION DE LA CHAUFFERIE				
	Sous-sol et rez-de-chaussée	Terrasse	Extérieure	
			d < 10 m	d > 10 m
Plancher bas Plancher haut ou couverture Murs latéraux	MO - CF 2 h MO - CF 2 h MO - CF 2 h	MO - CF 2 h MO MO	MO MO - CF 2 h MO - CF 2 h	MO MO MO

MO = Matériaux d'euroclasse A1

Des exigences plus contraignantes que ce tableau peuvent, le cas échéant, s'appliquer dans le cas de certains établissements classés ou d'établissements recevant du public pour lesquels on se reportera à ces réglementations spécifiques.

règles précisées dans le tableau 8.2 en fonction du type d'installation et de la puissance utile.

Les accès aux chaufferies doivent être particulièrement étudiés : nombre d'accès, degré coupe-feu des portes (voir les règles de l'art et les tableaux 8.3 et 6.1), largeur et hauteur de passages dimensionnés en fonction des équipements et des matériels susceptibles d'y transiter, moyens de manutention fixes (poutre, pont roulant...), passage des seuils, dégagement autour des équipements pour les contrôles périodiques, les opérations d'entretien et de maintenance, les emplacements pour extensions futures...

Prévoir les dispositifs d'évacuation de la vapeur en cas de fuite sur l'installation.

On mettra en place un réseau basse tension 24 volts (baladeuse...).

Les chaufferies à mazout (local chaufferie, local de stockage) posent des problèmes spécifiques qui ne sont pas traités ici.

### 8.6.5 Ateliers d'entretien

Les ateliers d'entretien doivent être conçus à partir des mêmes principes que les bâtiments de fabrication : éclairage, assainissement et chauffage, protection contre l'incendie et le bruit, état des sols. Une attention particulière sera prêtée 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. Par exemple :

#### Secteur mécanique et/ou chaudronnerie

Dispositions visant à supprimer les risques liés au bruit, au soudage, aux produits chimiques, aux

machines et aux manutentions lourdes :

- traitement acoustique (absorption et isolation phonique) ;
- séparation des emplacements des soudeurs, des postes de dégraissage, de la forge ;
- espacement autour des machines ;
- captage à la source des gaz, vapeurs, fumées, avec rejet à l'extérieur et épuration si nécessaire ; etc.

#### Secteur menuiserie

Dispositions visant à supprimer les risques d'incendie, d'explosion ainsi que ceux liés à la toxicité des produits utilisés et manipulés :

- espacement autour des machines ;
- captage à la source des copeaux et poussières de bois, avec rejet de l'air à l'extérieur des locaux ;
- installation électrique et moteurs étanches aux poussières ; etc.

#### Secteur d'application des peintures et vernis

Dispositions visant à supprimer les risques d'incendie, d'explosion ainsi que ceux liés à la toxicité des produits utilisés et manipulés :

- installation de cabines ventilées pour l'application de peintures par pulvérisation ;
- captage des vapeurs (préparation des peintures, désolvatation...) ;
- équipement électrique et éclairage de préférence reportés à l'extérieur ou utilisables en atmosphère explosible ; etc.

### 8.6.6 Locaux pour compresseurs et groupes électrogènes

#### Prévention du bruit et des vibrations

Les compresseurs et autres groupes électrogènes sont souvent générateurs de bruit et de vibrations. Pour réduire ces nuisances (pour les travailleurs ou pour l'environnement), il convient de

choisir les matériels les moins bruyants, de les implanter sur des dispositifs anti-vibratiles, d'étudier des solutions d'encoffrement chaque fois que possible, de faire appel, pour les parois du local et les ouvrants, à des matériaux massifs et jointifs, de traiter si nécessaire les murs et plafond du local avec des matériaux absorbants et d'installer des pièges à sons pour les entrées et sorties d'air.

Pour s'assurer de l'efficacité et de la pertinence des dispositions retenues, les temps d'exposition des opérateurs doivent être pris en compte. Aucun poste de travail, permanent ou semi-permanent, ne doit être aménagé dans ce type de local.

Une étude acoustique prévisionnelle permettra de valider la solution à mettre en place (voir chapitre 5.1).

#### **Prévention des incendies et explosions**

Les locaux seront construits en matériaux incombustibles (de type A1) et les éléments de construction résistants au feu (voir § 6.1). Le sol sera imperméable afin de recueillir les fuites d'huile accidentelles. Les locaux seront équipés de dispositifs facilitant l'aération (évacuation de la chaleur) et de prises de terre sur lesquelles seront interconnectées les masses. Les stockages de carburant et l'alimentation en énergie seront conformes à la réglementation.

## 8.7 Stockages

Les installations de stockage peuvent, selon leurs caractéristiques et celles des équipements utilisés, parfois aussi 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).

L'évaluation des risques devra ainsi considérer les risques liés à la mise en œuvre des activités réelles de travail, qu'il s'agisse d'activités individuelles ou de l'activité du collectif de travail. En cas de stockage d'agents chimiques dangereux, l'évaluation devra se référer au décret du 23 décembre 2003 (articles R. 4412-7 à R. 4412-37 du Code du travail) et, en cas de stockage de matières à risque d'incendie et explosion, au chapitre 6 de la présente brochure.

Par ailleurs, quelques principes généraux sont rappelés ci-dessous.

#### **Implantation des aires et des voies de circulation**

Il s'agit essentiellement de séparer et de diviser les risques en prévoyant le plus en amont possible du projet 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. Il faut prévoir également les surfaces nécessaires aux locaux et installations annexes (station de pompage, stockages spécifiques sous clé, sous douane...).

#### **Accès pour les interventions**

L'accès aux endroits nécessitant des interventions doit être analysé : 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. Les sols doivent être antidérapants et de préférence à l'abri des intempéries.

En outre, il convient de prévoir la mise en place de la signalisation de santé-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, etc.).

#### **Distances de séparation des risques**

Se reporter à la législation relative aux établissements classés en fonction de la nature, des quantités, de la hauteur de stockage et des risques associés.

#### **Résistance du sol**

La résistance des sols sera calculée en fonction des caractéristiques des stockages envisagés (voir § 7.4).

#### **Protection anti-chocs des structures de stockage 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 chocs appliqués accidentellement par des engins mobiles.

### Aménagements complémentaires de sécurité

Prévoir et mettre en place, en fonction de la nature des risques recensés, des systèmes d'alarme, des lave œil, des douches de sécurité, des systèmes de détection-extinction automatiques en cas d'incendie, etc.

Sur la base de ces principes généraux, des indications supplémentaires peuvent être données concernant le stockage en rayonnage, le stockage en vrac des solides, le stockage en citernes et réservoirs, le stockage en silos et trémies et le stockage en bouteilles de gaz.

### 8.7.1 Stockage en rayonnage

Le choix de ces matériels de stockage doit se faire 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).

Le sol sera conçu en fonction, d'une part des contraintes apportées par l'ensemble de la 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 indépendants de la structure des rayonnages et solidement fixés au sol (voir photo 8.3).

Les appareils d'éclairage seront installés au droit des allées de circulation, à hauteur suffisante (voir photo 8.4).



Photo 8.3. Exemple de racks aménagés sur le plan de la sécurité : plancher de positionnement et butées de pied d'échelle.



Photo 8.4. Éclairage naturel dans l'axe des allées.

### 8.7.2 Stockage des solides en vrac

Les points à examiner en priorité lors de la conception sont les suivants.

#### Surface

Réserver une surface importante pour diminuer les hauteurs de stockage et éloigner les postes de stockage et de reprises sur stock. Il faut prévoir également des allées de circulation et des accès pour la prise d'échantillons.

#### Stabilité

La stabilité sera assurée par la limitation des hauteurs de stockage en tenant compte de la densité du matériau : pour les produits finis, le stockage en silos et trémies est préférable.

#### Circulation

Prévoir les allées de circulation et des accès pour la prise d'échantillons.

### 8.7.3 Stockage en citernes et réservoirs

Les cuves, réservoirs et autres volumes creux peuvent présenter, selon la nature des produits stockés, des risques d'incendie, d'explosion, d'intoxication et d'asphyxie.

Lors de leur conception, il est possible de limiter la transmission des risques en installant des murs de protection, des cuvettes de rétention et des

## BIBLIOGRAPHIE

- Code du travail, articles R. 4412-1 à R. 4412-37.
- Stockage et transfert des produits chimiques dangereux. INRS, ED 753, 2003.
- Les rayonnages métalliques. INRS, ED 771, 2001.
- Entrepôts, magasins et parcs de stockage. Recommandation CNAM R 308. INRS, 1988.
- Chargement, déchargement et transport des matières dangereuses par route. Recommandation CNAM R 368. INRS, 1993.

enceintes de type double enveloppe. Dans ce dernier cas, il est nécessaire de prévoir un dispositif de détection de fuite sur la première enveloppe.

La jauge de niveau ne doit pas utiliser comme indicateur le produit stocké dans la cuve lorsque ce dernier est dangereux, de manière à ne pas exposer les opérateurs à des risques de projections.

La circulation au-dessus des réservoirs doit être conçue pour permettre des interventions en sécurité (caillebotis avec garde-corps).

### Capacité des ouvrages de rétention

En règle générale, lorsqu'un même produit est contenu en un ou plusieurs réservoirs associés, la capacité de rétention doit être au moins égale à la plus grande des valeurs suivantes :

- 100 % de la capacité du plus grand réservoir ;
- 50 % de la capacité globale des réservoirs associés.

### 8.7.4 Stockage en silos et trémies

On peut réduire la survenue de risques liés aux interventions à l'intérieur des silos et des trémies (notamment risques d'enlèvement) en prévoyant dès la conception un moyen de vidage du silo ou de la trémie et les dispositifs associés (vibreux, canon à air...).

On installera des équipements fixes correctement protégés (plates-formes, passerelles, cellules...) pour accéder aux points d'interventions précédents (voir photo 8.5).

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.

Dans le cas de points d'ancrage permanents, ces derniers devront être accessibles en toute sécurité. Dans le cas d'utilisation d'une nacelle, les points d'ancrage devront être doublés, l'un pour le câble porteur de la nacelle, l'autre pour le câble de sécurité.

### 8.7.5 Stockage de bouteilles de gaz

Les accidents liés à la manutention et au stockage des bouteilles sous pression représentent 20 % des accidents causés par les appareils à pression.

Les bouteilles seront placées à l'extérieur des bâtiments, de préférence dans une enceinte, voire dans un local de stockage spécifique.

Le sol plan bétonné permettra de faciliter la manutention et le stockage des bouteilles.

Le local de stockage sera couvert par une toiture légère (pour éviter le rayonnement solaire direct et limiter les conséquences d'une explosion), largement aéré ou ventilé, non situé en sous-sol.

Les différents groupes de gaz seront séparés, de préférence selon les catégories suivantes : acétylène et hydrogène, autres gaz combustibles, gaz toxiques incombustibles, gaz neutres.

Il est à rappeler que, en ce qui concerne le risque d'explosion, le local de stockage est classé en zone 2 (voir chapitre 6).



Photo 8.5. Accès et protection collective sur un silo.

## 8.8 Déchets

### BIBLIOGRAPHIE

- Affections respiratoires professionnelles non infectieuses dues aux agents biologiques – Secteur des déchets : collecte, tri et valorisation. INRS, TR 39, 2007.
- Déchets dangereux dans l'entreprise : Pensez sécurité. INRS, ED 824, 2006.
- Conception des centres de tri des déchets. INRS, ED 914, 2009.
- Dossier web « Déchets et risques professionnels », [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)

Il convient de procéder à un inventaire qualitatif (nature, risques associés) et quantitatif des déchets, afin de déterminer les bases d'une étude de définition des besoins de collecte à la source, de transfert, de traitement, de stockage temporaire dans l'entreprise et de collecte d'évacuation hors de l'entreprise.

### 8.8.1 Collecte à la source

Collecter les déchets aux points de production par aménagement des équipements de travail, de manière à éviter les opérations de reprise (par exemple, réceptacles de collecte, bacs de réception...) et à limiter les glissades et l'encombrement des sols.

### 8.8.2 Transferts internes à l'entreprise

Assurer le transfert des déchets depuis les points de collecte vers le lieu de traitement ou de stockage temporaire interne à l'entreprise par un mode de transfert approprié. Ce dernier pourra être, selon les besoins, les quantités et la nature des déchets, discontinu (transfert par unités de manutention) ou continu (transfert par réseaux aériens ou en caniveaux).

### 8.8.3 Traitement

Selon la nature des déchets, leur traitement peut être requis soit :

- pour répondre à des besoins fonctionnels (par exemple, broyage et/ou compactage pour en réduire l'encombrement, traitement pour recyclage) ;
- pour satisfaire à des exigences de sécurité ou de santé au travail (par exemple, conditionnement évitant le contact manuel dangereux : risques de coupure ou de piqûre, matières irritantes pour la peau, cerclage ou housage pour assurer la cohésion des charges à manutentionner...)

■ pour respecter les exigences de protection de l'environnement (par exemple, épuration des eaux polluées, déshuilage de copeaux métalliques...). Sur ce sujet, il est possible de se renseigner auprès de la Direction régionale de la recherche et de l'environnement (DRIRE).

### 8.8.4 Stockage temporaire interne à l'entreprise

- Définir la capacité de stockage en fonction de la capacité de production des déchets et de la périodicité de la collecte d'évacuation hors entreprise.
- Majorer la capacité de stockage d'une valeur à déterminer en prévision de la variabilité des données de base du calcul (par exemple, application d'un coefficient de 30 % pour tenir compte de l'annulation d'une tournée de collecte).
- Définir les moyens de stockage les plus appropriés à la nature des déchets (par exemple, bennes, containers, réservoirs fixes ou amovibles...) et au mode de collecte.
- Implanter les moyens de stockage à des emplacements où les manœuvres et les opérations de manutention ou de remplissage des moyens de ramassage seront facilitées.

### 8.8.5 Collecte d'évacuation hors de l'entreprise

Il est rappelé que certains déchets et en particulier les déchets dits dangereux pour l'homme ou pour l'environnement (solvants, huiles, sources radioactives...) ne peuvent être confiés qu'à des sociétés spécialisées agréées pour les collecter et/ou les traiter en vue d'un recyclage ou d'une élimination.

## 8.9 Signalisation et signalétique de sécurité

La signalétique couvre un domaine très vaste englobant la signalisation de santé et de sécurité réglementaire et la signalétique fonctionnelle.

### 8.9.1 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 acoustique.

Les obligations de signalisation qui incombent au chef d'établissement et au maître d'ouvrage sont présentées dans la brochure *Signalisation de santé et de sécurité au travail* (INRS, ED 777, 2005) à laquelle on se reportera dans le cadre d'un projet 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 ; caractéristiques à intégrer dans le cahier des charges concerné (par exemple, cahier des charges « canalisations »).

Tableau 8.4. Signification des couleurs de sécurité (adapté de la norme NF EN 60073 : 2003).

COULEUR	SIGNIFICATION		
	Sécurité des personnes ou de l'environnement	Conditions du procédé	État des matériels
Rouge	Danger	Urgence	Défaillance
Jaune	Avertissement/Attention	Anomalie	Anomalie
Vert	Sécurité	Normal	Normal
Bleu	Signification d'obligation		
Blanc Gris Noir	Pas de signification spécifique attribuée		



Photo 8.6. Fluides. Système de couleur pour le repérage des circuits des différents fluides.

La brochure ED 777 est complétée par le dépliant INRS ED 885 qui reprend les 61 panneaux et signaux (formes, couleurs, logos) spécifiques à la signalisation de santé et de sécurité au travail en vigueur au 8 juillet 2003.

Une attention particulière doit être prêtée à la signification des couleurs et des formes utilisées pour l'interface homme-machine, le marquage et l'identification. Les principes de codage correspondants utilisés pour les indicateurs et les organes de service sont donnés dans les tableaux 8.4 et 8.5 (adaptés de la norme NF EN 60073).

Pour les codages par alternance, il est à noter que les fréquences de clignotement admises sont de :

- f1 : clignotement lent, de 28 à 48 éclats par minute ;
- f2 : clignotement normal, de 84 à 168 éclats par minute.

Lorsqu'une seule fréquence de clignotement est utilisée, ce doit être la fréquence f2 (voir la norme EN 60073 : 2003).

## BIBLIOGRAPHIE

- NF X 08-100 - Couleurs - Tuyauteries rigides - Identification des fluides. AFNOR, 1986.
- NF X 08-104 - Couleurs de repérage des fluides circulant dans les tuyauteries d'usines sidérurgiques. AFNOR, 1987.
- NF X 08-105 - Couleurs de repérage des fluides circulant dans les tuyauteries d'usines chimiques. AFNOR, 1986.
- EN 60073 - Principes fondamentaux de sécurité pour l'interface homme-machine, le marquage et l'identification - Principes de codage pour les indicateurs et les organes de commande. AFNOR, 2003.
- EN 894-4 - Spécifications ergonomiques pour la conception des dispositifs de signalisation et des organes de service. Partie 4 : Emplacement et agencement des dispositifs de signalisation et des organes de service. AFNOR, 2009.
- NF ISO 3864-3 - Couleurs et signaux de sécurité - Partie 3 : principes de conception des symboles graphiques utilisés dans les signaux de sécurité. AFNOR, 2004.
- Signalisation de santé et de sécurité au travail. Réglementation. INRS, ED 777, 2005.
- La signalisation de santé et de sécurité au travail. Les panneaux de signalisation. INRS, ED 885, 2003.
- Concevoir un espace public accessible à tous. CSTB, 2007.

Tableau 8.5. Signification des formes (adapté de la norme NF EN 60073 : 2003).

FORME	SIGNIFICATION		
	Sécurité des personnes ou de l'environnement	Conditions du procédé	État des matériels
1) 	Danger	Urgence	Défaillance
1) 	Avertissement/Attention	Anomalie	Anomalie
1) 	Sécurité	Normal	Normal
	Signification d'obligation		
	Pas de signification spécifique attribuée		

1) Seuls les contours des formes pour les applications liées à la sécurité doivent être en traits larges.

Il est à 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).

### 8.9.2 Signalétique fonctionnelle

La signalétique fonctionnelle à caractère non obligatoire, dont l'objectif est de faciliter la vie au travail, concourt également à la prévention. À titre d'exemples :

- 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 ;

- à l'intérieur de l'entreprise, la numérotation des équipements (par exemple, portes, portails, machines, etc.) 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 ;

- une combinaison adéquate des symboles colorés et de leur fond permet de mieux discriminer l'information (voir tableau 8.6) ; il est à noter, à cet égard, que la couleur de contraste de surface doit être conforme à la norme NF ISO 3864-3.

Tableau 8.6. Niveaux d'adéquation de la couleur du fond et de la couleur des symboles (adapté de la norme EN 894-4).

Couleur des symboles \ Couleur de fond	BLANC	JAUNE	ORANGE	ROUGE, POURPRE, VIOLET, BLEU, CYAN, VERT, GRIS <sup>a</sup>	NOIR
BLANC		∅	#	+	++
JAUNE	∅		∅	#	+
ORANGE	#			∅	+
ROUGE, POURPRE, VIOLET, BLEU, CYAN, VERT, GRIS <sup>a</sup>	+	#	∅	¶	∅
NOIR	++	+	+	∅	

#### Légende

<sup>a</sup> Couleurs regroupées dans une même cellule parce que présentant des valeurs de réflectance similaires.

#### Niveau d'adéquation

++ très approprié

+ approprié

∅ non approprié

¶ Le rouge et le bleu franc sont à éviter car les yeux peuvent éprouver des difficultés à accommoder sur ces couleurs pour des raisons d'aberration chromatique. L'utilisation de couleurs saturées peut faciliter la discrimination.

# Acceptable avec de fortes différences de saturation.

# Locaux sociaux

# 9

Sont concernés dans ce chapitre :

- les installations sanitaires ;
- les lieux de restauration collective ;
- les locaux pour services médicaux du travail ;
- le local de premiers soins ;

- les locaux de détente ;
- les salles de réunion.

La prise en compte des conditions d'accessibilité des locaux aux personnes à mobilité réduite est primordiale.

## 9.1 Installations sanitaires

Les installations sanitaires doivent répondre à des prescriptions d'hygiène particulières énoncées aux articles R. 4228-1 à R. 4228-18 du Code du travail.

Afin de mettre en place une organisation rationnelle composée d'installations complètes, perfectionnées, économiques et faciles à entretenir, il est recommandé de réunir en un seul bloc les lavabos, les douches, les cabinets d'aisance et les vestiaires.

Les installations sanitaires doivent être en nombre suffisant (articles R. 4228-10 à R. 4228-15 du Code du travail). Elles doivent être réparties dans l'usine, isolées des ateliers mais situées à leur proximité sur le passage de la sortie des travailleurs.

Le personnel des entreprises extérieures doit être pris en compte et des locaux sanitaires doivent être mis à leur disposition (articles R. 4513-8 et R. 4513-10 du Code du travail).

Dans le cas d'établissements occupant un personnel mixte, les locaux doivent être distincts et adaptés au personnel masculin et féminin.

Les travailleurs handicapés doivent pouvoir disposer d'installations sanitaires appropriées (article R. 4225-7).

### Ventilation

Chaque local constitutif des installations sanitaires doit être correctement ventilé (ventilation générale par VMC de 25 m<sup>3</sup> d'air par heure et par occupant : article R. 4222-6), éclairé (120 lux minimum : articles R. 4223-4 et R. 4223-5) et convenablement chauffé (article R. 4223-14 du Code du travail).

### Évacuation des eaux

Les sanitaires seront munis d'un ou plusieurs postes d'eau et d'un ou plusieurs siphons de sols incluant un panier de récupération des déchets solides. La répartition recommandée est d'un siphon tous les 25 m<sup>2</sup> environ.

### Vestiaires

La surface des vestiaires est d'au moins 1 m<sup>2</sup> par salarié.

Les vestiaires 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'activité salissante et afin de tenir compte des conditions difficiles d'hygiène dues par exemple à la nature des produits traités, prévoir pour les salariés d'exploitation ou de maintenance :

a) des locaux séparés contenant respectivement :

- des armoires vestiaires pour vêtements de ville,
- des armoires vestiaires pour vêtements de travail,
- ainsi qu'une salle de douches située entre les locaux ci-dessus (respect du principe de la « marche en avant ») de façon que chaque salarié prenne une douche à la fin de chaque poste de travail ;

b) des robinets de lavabos qui n'aient pas à être manipulés à la main (par exemple, commande par le pied ou le genou). Prévoir le même type de robinet pour les vestiaires et lavabos destinés aux entreprises extérieures dont les salariés effectuent des travaux sur le site.



Photo 9.1. Exemple de vestiaires.

Ces dispositions s'imposent d'autant plus que l'activité est particulièrement salissante ou à risque toxique élevé.

### Cabines de déshabillage et vestiaires pour personne en fauteuil roulant

Lorsqu'il y a lieu à déshabillage en cabine, au moins une cabine par sexe doit être accessible par un cheminement praticable.

Dimensions intérieures minimales de la cabine : voir figure 9.1.

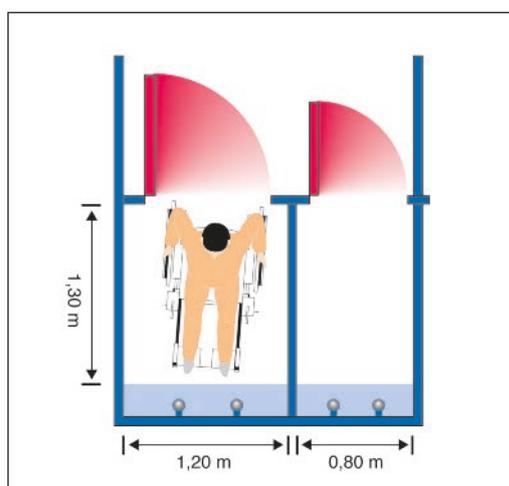


Figure 9.1.

La tringle des cintres doit être située à 1,50 m maximum du sol et les patères doivent être situées à 1,30 m maximum du sol (voir figure 9.2).

### Armoires, casiers et commandes pour personne en fauteuil roulant

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 zone d'atteinte des casiers est située entre 0,40 m et 1,30 m. Les commandes (serrures, poignées de portes, commandes électriques, pointeuses, téléphones...) doivent être situées entre 0,40 m et 1,30 m (voir figure 9.2).

### Cabinets d'aisance - cas général

Il existe au moins (articles R. 4228-10 à R. 4228-15 du Code du travail) :

- un cabinet et un urinoir pour vingt hommes ;
- deux cabinets pour vingt femmes.

Les cabinets d'aisance 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

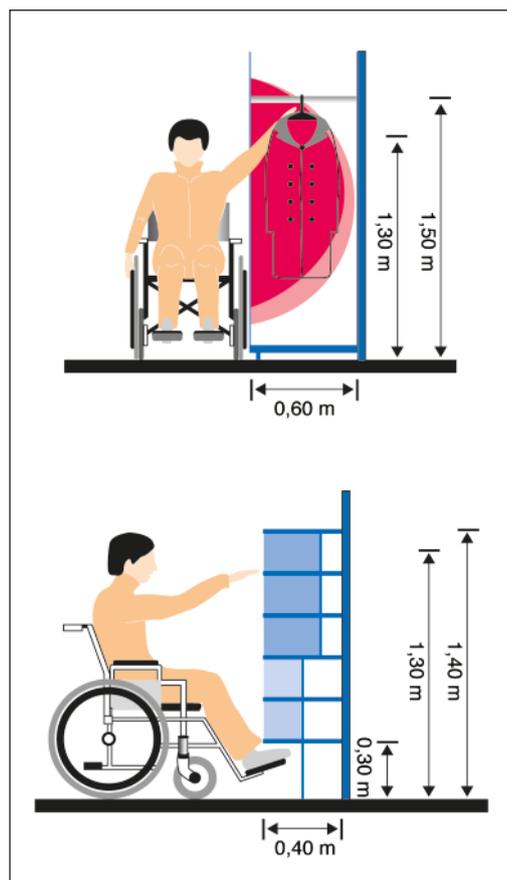


Figure 9.2.

équipés de chasse d'eau et de distributeur de papier hygiénique. Un cabinet au moins doit comporter un poste d'eau.

Le sol et les murs sont en matériaux imperméables pour un nettoyage efficace.

Le bas des portes des WC, écarté du sol d'environ 15 cm (voir figure 9.3), facilite le nettoyage.

La porte doit comporter un dispositif de fermeture par l'intérieur d'un type permettant également de l'ouvrir de l'extérieur en cas d'incident.

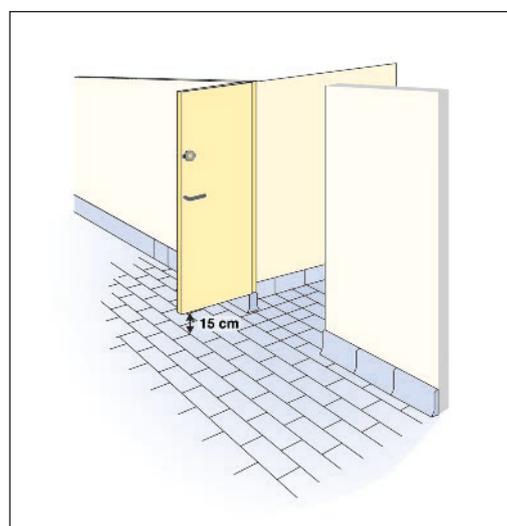


Figure 9.3.

### Cabinets d'aisance pour personne en fauteuil roulant

Au moins un cabinet d'aisance sur dix doit être aménagé (article R. 4217-2 du Code du travail) pour en permettre l'accès et l'usage autonome par les personnes circulant en fauteuil roulant. Il doit comporter un espace d'accès, à côté de la cuvette, de 0,80 m x 1,30 m, libre de tout obstacle et hors débattement de porte (voir figure 9.4).

La hauteur de la cuvette est comprise entre 0,46 m et 0,50 m.

Une barre d'appui latérale, située à côté de la cuvette et entre 0,70 m et 0,80 m de haut, doit faciliter le transfert entre le fauteuil roulant et la cuvette. La commande de chasse d'eau doit être facile à atteindre et à manœuvrer par une personne ayant des difficultés de préhension.

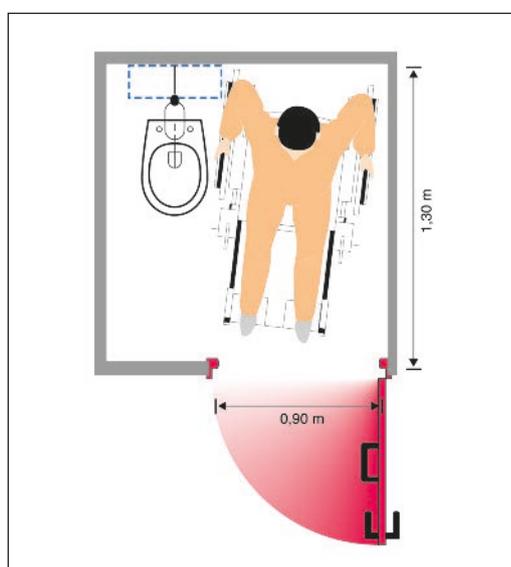


Figure 9.4.

### Lavabos - cas général

Les lavabos doivent être (article R. 4228-7 du Code du travail) :

- disposés à raison d'un lavabo pour dix personnes au plus. 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 à l'extérieur ;
- alimentés en eau potable à température réglable ;
- munis des moyens de nettoyage, d'essuyage et de séchage appropriés.

### Lavabos et accessoires pour personne en fauteuil roulant

Au moins un lavabo permettant un usage autonome doit être placé à proximité de tout cabinet d'aisance praticable par une personne en fauteuil roulant (article R. 4217-2 du Code du travail).

Le lavabo doit être fixé sur console, le dessous à 0,65 m du sol, le dessus à 0,83 m, avec une profondeur de 0,60 m et une robinetterie préhensible à 0,38/0,40 m d'atteinte pleine paume du bord extérieur de la cuvette (voir figure 9.5).

Les patères, les distributeurs de papiers, sacs hygiéniques, savons, etc., les fentes de boîtes à déchets, les sèche-mains doivent être situés entre 0,40 m et 1,30 m du sol.

Les miroirs doivent descendre à 1,05 m du sol au moins.

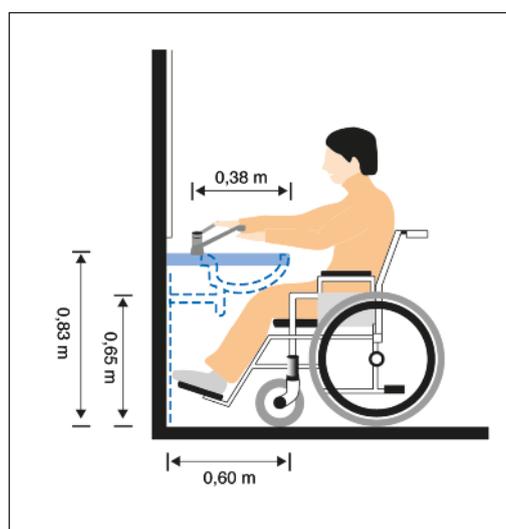


Figure 9.5.

### Équipements

Les équipements suspendus tels que cuvettes de WC (point bas à 20 cm du sol), lavabos et urinoirs (figures 9.6.a et 9.6.b) facilitent l'entretien et améliorent l'hygiène.

Un autre système de cuvette de WC est adapté au nettoyage : il consiste en un habillage descendant jusqu'au sol sur tout le pourtour du WC. Les appareils de nettoyage peuvent ainsi le contourner.

Les surfaces au sol seront dégagées, de préférence en installant des mobiliers suspendus et en distribuant le courant électrique à partir des plafonds.

Les revêtements de sol devront être de nature homogène pour permettre l'application d'une même méthode d'entretien.

### Douches - cas général

Les douches seront installées dans des cabines individuelles comportant deux cellules dont une réservée à l'habillage, de surface minimale chacune de 1 m<sup>2</sup> et à raison d'une douche pour huit personnes devant utiliser cet équipement (tra-

## BIBLIOGRAPHIE

- Installations sanitaires des entreprises. INRS, TJ 11, 1999.
- NF D 65-760-1 - Armoires, vestiaires - Partie 1 : Dimensions. AFNOR, 2007.
- NF D 65-760-2 - Armoires, vestiaires - Partie 2 : Exigences de sécurité. AFNOR, 2007.
- Louis-Pierre Grosbois - Handicaps et construction. Le Moniteur, 2008.

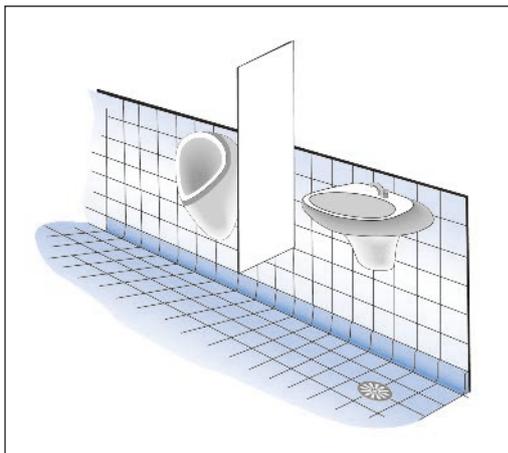


Figure 9.6.a.

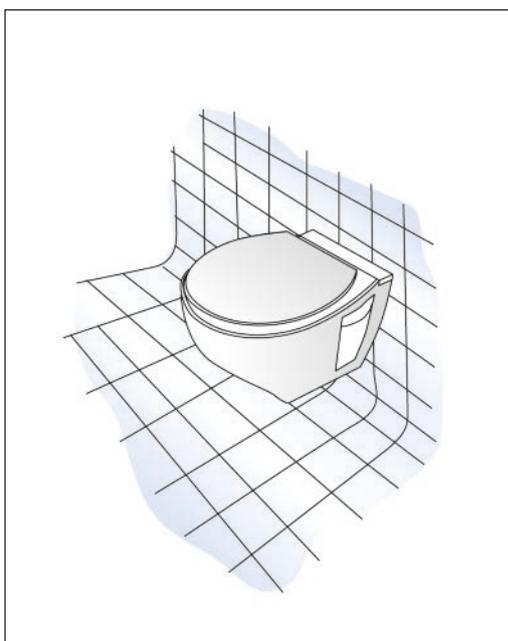


Figure 9.6.b.

vaux insalubres ou salissants). Les douches communiqueront avec les vestiaires.

Le sol et les murs seront imperméables et d'entretien facile.

La température de l'eau doit être réglable.

### Douches pour personne en fauteuil roulant

Au moins une douche par sexe doit être accessible et utilisable par une personne circulant en fauteuil roulant.

Les commandes de la douche doivent être faciles à manœuvrer pour une personne ayant des difficultés de préhension et situées entre 0,40 m et 1,30 m.

Une telle douche doit être équipée d'un siège (voir figure 9.7).

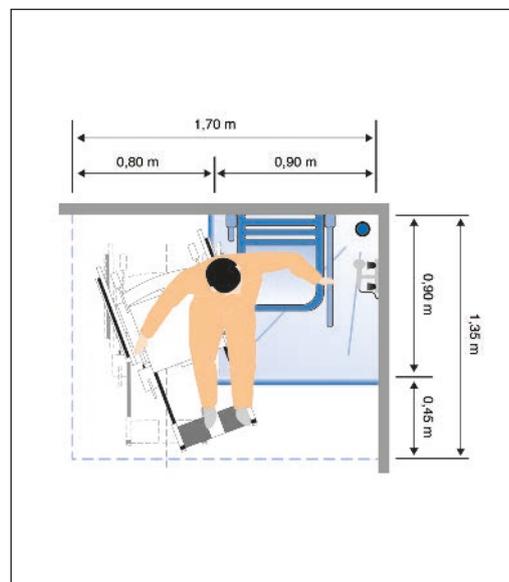


Figure 9.7.

## 9.2 Lieux de restauration collective

Selon l'effectif de l'entreprise et l'organisation du travail, les lieux de restauration collective doivent être constitués (articles R. 4228-22 à R. 4228-24 du Code du travail) soit d'un réfectoire ou d'une cantine, soit d'un restaurant d'entreprise lorsque le nombre de travailleurs désirant prendre habituellement leur repas sur les lieux de travail est au moins égal à 25. Lorsque leur nombre est inférieur à 25, l'employeur est tenu de mettre à leur disposition un emplacement leur permettant de se restaurer dans de bonnes conditions d'hygiène et de sécurité et favorisant la détente et le repos.

Le lieu de restauration (réfectoire, cantine ou restaurant) doit être :

- ventilé par introduction d'un débit minimal d'air neuf de 30 m<sup>3</sup> par heure et par occupant ;
- conçu pour assurer toutes garanties de salubrité ;
- séparé des installations sanitaires.

Il est fortement recommandé que ce lieu comporte des baies transparentes offrant la vue sur l'extérieur.

La norme générale de surface est de 1,30 m<sup>2</sup> par place assise dans la salle à manger.

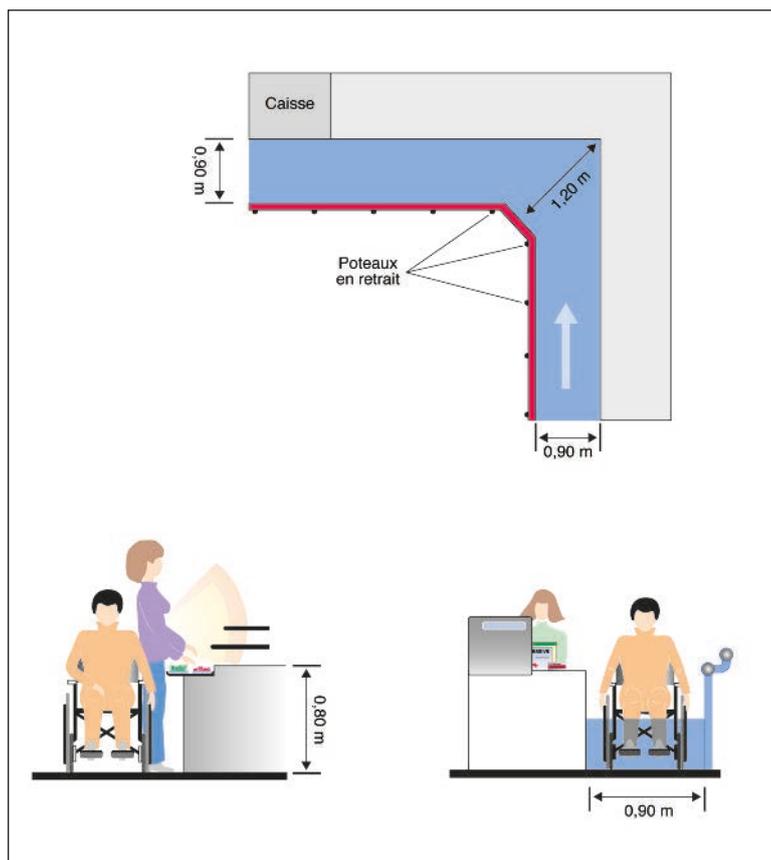


Figure 9.8.

#### BIBLIOGRAPHIE

- Code du travail, articles R. 4228-1 à R. 4228-18, R. 4228-22 à R. 4228-24, R. 4217-1 et R. 4217-2 - Sanitaires.
- Code du travail, articles R. 4214-26 à R. 4214-29 et R. 4217-2, arrêté du 27 juin 1994 et circulaire du 14 avril 1995, relatifs aux dispositions devant rendre accessibles les lieux de travail aux personnes handicapées.
- Arrêté du 23 juillet 1947 modifié - Liste des travaux insalubres ou salissants - Douches.
- Arrêté du 12 janvier 1984 (JO du 21 janvier 1984) - Locaux et équipements des services médicaux du travail.
- Arrêté du 29 septembre 1997 (JO du 23 octobre 1997) - Restauration collective d'entreprises ou d'administrations.
- Arrêté du 29 septembre 1997 (JO du 23 octobre 1997) - Restauration collective d'entreprises ou

### Réfectoire ou cantine

Un local de restauration collective doit être prévu dans tout établissement où le nombre de travailleurs désirent prendre habituellement leur repas est au moins égal à 25.

Il doit comporter :

- des sièges et des tables en nombre suffisant ;
- un robinet d'eau potable fraîche et chaude pour dix salariés ;
- un moyen de conservation ou de réfrigération des aliments et des boissons ;
- une installation permettant le réchauffage des repas.

Les sols et murs doivent être en matériaux imperméables, d'un entretien facile.

S'il est envisagé de faire appel aux services d'un traiteur, prévoir de l'espace ou un local attenant pour le déploiement des équipements.

### Restaurant d'entreprise

L'exploitation d'un restaurant est soumise à une déclaration auprès de la direction départementale des services vétérinaires du lieu d'implantation par le responsable de l'établissement.

Le restaurant et sa cuisine doivent satisfaire aux conditions d'hygiène définies par l'arrêté du 29 septembre 1997.

### Caractéristiques d'accessibilité pour personne en fauteuil roulant

#### Restauration en libre-service

La largeur de passage devant les présentoirs doit être d'au moins 0,90 m en ligne droite et de 1,20 m en virage à 90° (voir figure 9.8).

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.

#### Caisse

Une largeur de passage entre les caisses doit être de 0,90 m au moins (voir figure 9.8).

#### Salle de restauration

La salle doit comporter un nombre suffisant d'emplacements accessibles aux personnes handicapées ou qui peuvent être dégagés lors de leur arrivée.

L'accès aux tables doit être libre de tout obstacle.

#### Tables

La hauteur de la face supérieure d'une table utilisable par une personne en fauteuil roulant doit être inférieure à 0,80 m et son bord inférieur doit être au moins à 0,70 m du sol.

### Cuisines

Elles doivent assurer toutes garanties de salubrité. Ces secteurs sont particulièrement touchés par les problèmes d'hygiène qui concernent le personnel de cuisine et de service ainsi que les denrées alimentaires et leur préparation. Le principal risque est celui de toxicologie infectieuse alimentaire collective (TIAC). À l'encontre de ce risque, l'industrie agroalimentaire a développé une démarche spécifique dite HACCP visant à préserver l'hygiène des aliments jusqu'au consommateur. Il est recommandé d'appliquer cette démarche dans la restauration collective car elle permet également d'identifier les risques hygiéniques, de les évaluer et d'établir les mesures préventives pour les maîtriser.

Toutes les dispositions doivent ainsi être prises pour assurer la conservation, la préparation, la distribution des denrées alimentaires et des préparations cuisinées.

De même, la conception générale doit être de type « marche en avant » : circuit distinct entre denrées ou aliments et déchets ou ordures.

Les normes générales de surface admises sont :

- pour 100 à 199 couverts : 150 m<sup>2</sup> dont 75 m<sup>2</sup> pour les réserves ;
- pour 200 à 399 couverts : 250 m<sup>2</sup> dont 125 m<sup>2</sup> pour les réserves ;

## BIBLIOGRAPHIE

- Conception des lieux de travail - Obligations des maîtres d'ouvrage - Réglementation. INRS, ED 773, 2009.
- La circulation en entreprise. INRS, ED 975, 2006.
- Les entreprises de propreté. INRS, ED 963, 2005.
- Restauration d'entreprise. Aide-mémoire juridique. INRS, TJ 10, 2003.
- Les installations sanitaires des entreprises. Aide-mémoire juridique. INRS, TJ 11, 2000.
- Concevoir un espace public accessible à tous. CSTB, 2009.
- Conception des cuisines de restauration collective, INRS, ED 6007, 2007.

■ pour 400 à 800 couverts : 340 m<sup>2</sup> dont 150 m<sup>2</sup> pour les réserves.

Les zones des réserves seront implantées aussi près que possible des cuisines et du lieu d'approvisionnement des denrées alimentaires et seront d'accès facile et sûr pour les manutentions.

La hauteur sous plafond doit être de 2,50 m minimum.

Les matériaux constituant les sols, murs et cloisons doivent être résistants aux chocs, imperméables, imputrescibles et de nettoyage facile. Les sols doivent être antidérapants.

Le local des déchets doit être implanté en dehors des cuisines, des locaux de conservation des denrées alimentaires et de la salle à manger, à peu de distance et d'accès facile et sûr pour les manutentions.

Les cuisines doivent être ventilées ; le débit minimal d'air neuf de la ventilation générale (règlement sanitaire département type) doit être :

- office-relais : 15 m<sup>3</sup>/h/repas ;
- moins de 150 repas servis simultanément : 25 m<sup>3</sup>/h/repas ;
- de 151 à 500 repas servis simultanément : 20 m<sup>3</sup>/h/repas avec un minimum de 3 750 m<sup>3</sup> /h ;
- de 501 à 1 500 repas servis simultanément : 15 m<sup>3</sup>/h/repas avec un minimum de 10 000 m<sup>3</sup>/h ;
- plus de 1 500 repas servis simultanément : 10 m<sup>3</sup>/h/repas avec un minimum de 22 500 m<sup>3</sup>/h.

Ces débits sont indépendants de ceux des dispositifs de captation des polluants émis dans les cuisines tels que les hottes sur fourneaux. Ces locaux doivent être correctement éclairés (300 à 500 lux). Leur niveau sonore ambiant ne doit pas excéder 45 dB(A).

Ces locaux doivent être séparés des installations sanitaires conformément aux dispositions réglementaires en vigueur.

## 9.3 Locaux pour services médicaux du travail

### BIBLIOGRAPHIE

- Arrêté du 12 janvier 1984 relatif aux locaux et équipements des services médicaux du travail (JO - NC du 21 janvier 1984).

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 l'effectif et/ou de l'éloignement géographique du centre médical interentreprises le plus proche.

Les locaux qui constituent le bloc médical doivent être implantés dans une zone hors danger et à l'abri de toute nuisance, au plus près du centre géographique de l'usine et d'accès facile, notamment pour les ambulances, les blessés transportés sur brancard ou les personnes à mobilité réduite.

Des dispositions réglementaires (arrêté du 12 janvier 1984 et son annexe technique) régissent le nombre des locaux, leurs caractéristiques, leur aménagement et leurs équipements.

Les locaux doivent être correctement aérés, éclairés et chauffés.

Le bloc médical doit comprendre pour un effectif inférieur à 500 salariés :

- un cabinet médical réservé au médecin d'une surface minimale de 16 m<sup>2</sup> ;

- un bureau d'infirmerie ou de salle de soins de 25 m<sup>2</sup> minimum de façon à pouvoir installer un coin repos ;
- une salle d'attente ;
- deux cabines de déshabillage desservant le cabinet médical ;
- un WC avec lavabo ;
- un local spécifique pour les examens de radiographie dans lequel les dispositions visant à prévenir le risque d'irradiation ont été prises en compte : isolation du local, délimitation et signalisation de la zone contrôlée.

Le cabinet médical doit être suffisamment insonorisé pour préserver le secret médical.

Pour un effectif supérieur à 500 salariés, se reporter à l'arrêté du 12 janvier 1984.

## 9.4 Locaux de premiers soins

Lorsque les conditions nécessitant la création de locaux pour services médicaux du travail (voir § 9.3) ne sont pas réunies, 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, eau froide). L'emplacement du local devra permettre le passage facile d'un brancard. Un téléphone devra permettre d'alerter la ou les personnes habilitées à dispenser les premiers soins.

## 9.5 Salles de détente



Photo 9.2. Salle de détente dans un atelier de fabrication.

Une salle de détente (ou aire de détente) est un local permettant au personnel de se détendre agréablement pendant les pauses ponctuant le temps de travail (voir photo 9.2).

### Implantation

En périphérie des bâtiments, de manière à permettre à la fois une vue sur le lieu de travail et une vue agréable sur l'extérieur et dans un rayon de 100 m par rapport aux postes de travail, à moins de 30 m des sanitaires.

### Capacité

Pour accueillir environ 10 % de l'effectif (20 personnes maximum). Pour un effectif > 200, prévoir plusieurs salles. Ratio de surface : 2 m<sup>2</sup> par personne.

### Vitrages, cloisons

Bande vitrée en façade de 1,50 m de haut minimum sur allège de 0,50 m. Prévoir des ouvrants pour une partie des châssis et des pare-soleil pour les expositions sud, est et ouest. La salle sera ouverte vers le lieu de travail sans porte ni cloison, si le niveau de bruit est inférieur à 65 dB(A) et si l'air n'est pas pollué. Dans le cas

contraire, cloisons et vitrages devront assurer une séparation suffisante.

### Éclairage artificiel

Assurer 120 lux minimum.

### Sol

Sol carrelé. Pente à 2 % vers un siphon.

### Aménagements particuliers

Au moins un distributeur de boissons chaudes et froides et une fontaine d'eau fraîche. Séparation géographique entre deux zones : une zone animée près de l'entrée autour des appareils à boissons et une zone plus calme tournée vers l'extérieur avec sièges. Prévoir des poubelles.

Un emplacement de dimensions minimales de 0,80 x 1,30 m, libre de tout obstacle, situé à côté du distributeur de boissons, doit être accessible pour un cheminement praticable en fauteuil roulant.

Les commandes, fentes de monnaie, retour monnaie, boutons, casiers et tiroirs doivent être situés entre 0,40 m et 1,30 m de hauteur.

### Sièges

Fauteuils confortables en matériaux robustes (par exemple, bois et coussins amovibles) permettant de se réunir autour de tables basses (pour 5 % de l'effectif), tabourets hauts et petites tables hautes (pour 5 % de l'effectif).

### Esthétique

Décoration soignée : choix de matériaux de qualité et non salissants pour les murs, couleurs chaudes pour le sol et le plafond, éclairage au-dessus de chaque table, bacs pour plantes vertes.

### Téléphone

Téléphone permettant les communications vers l'extérieur, installé dans une cabine attenante à la salle de détente.

## 9.6 Salles de réunion

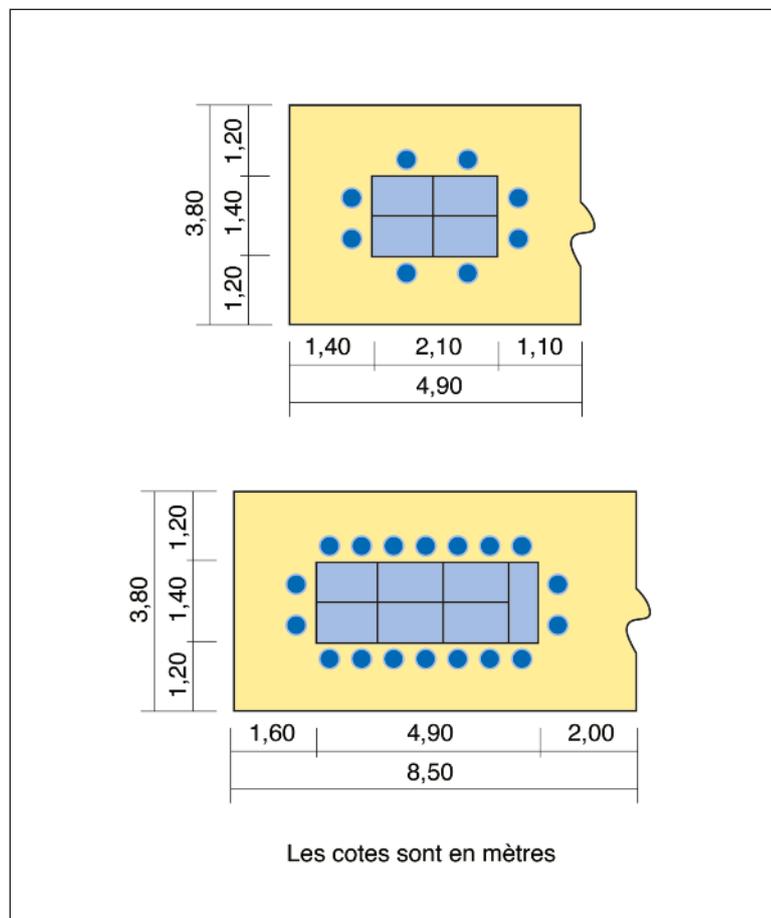


Figure 9.9. Exemples de dimensions pour une salle de réunion.

La surface et l'aménagement des salles de réunion doivent tenir compte du nombre et de la surface utile des plans de travail, du dégagement nécessaire à l'arrière de chaque position et d'une largeur suffisante de l'allée en périphérie (voir figure 9.9).

# Réalisation, mise en service, maintenance

# 10

## 10.1 Réalisation des travaux

Lors de la réalisation des travaux, deux thèmes de prévention doivent être gérés en parallèle :

- la sécurité et la santé des travailleurs intervenant sur le chantier (§ 10.1.1) ;
- tous les aspects en rapport avec l'usage de destination de l'ouvrage (§ 10.1.2 et suivants).

### 10.1.1 Sécurité et santé des personnels intervenant sur le chantier

L'organisation de la prévention concernant les problèmes de sécurité et de santé des travailleurs amenés à intervenir sur le chantier doit être préparée en amont du chantier. À cet effet, le maître d'ouvrage doit désigner le coordonnateur SPS (sécurité protection de la santé) chargé du suivi de la phase de réalisation au plus tard avant le lancement de la phase de consultation des entreprises. Le plan général de coordination (PGC) est à transmettre au coordonnateur SPS « réalisation » par le coordonnateur SPS « conception ». Le suivi du chantier pour les problèmes concernant la sécurité et la santé des travailleurs intervenant sur le chantier est ensuite assuré par le coordonnateur SPS « réalisation ».

### 10.1.2 Suivi, en phase de chantier, des aspects en rapport avec l'usage de destination de l'ouvrage

Le coordonnateur SPS « réalisation » complète le DIUO (voir § 10.3.1) au fur et à mesure de l'avancement 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 donner ou refuser leur accord. Les conséquences des 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 indispensable que le chef de projet du maître d'ouvrage participe à toutes les réunions de chantier et procède à des inspections pour déceler à temps toute anomalie conditionnant l'usage de destination de l'ouvrage et de ses équipements. Ce suivi de chantier ne dispense pas d'organiser des réceptions provisoires, par exemple un mois avant la fin du chantier, pour déceler et faire réparer toutes les anomalies résiduelles tant que le personnel de chantier est encore présent sur le site.

La phase de chantier est également une bonne occasion pour organiser des visites du chantier avec les personnels d'exploitation et autres utilisateurs des lieux pour les familiariser avec leur futur environnement de travail.

## 10.2 Processus de validation des choix jusqu'à la mise en service

Le processus de vérification et d'évaluation consiste à s'assurer tout au long du projet et sur la base du résultat des analyses préalables des activités de travail et des risques, que le projet répond à diffé-

rents critères et, ainsi, que les objectifs de santé au travail et de production pourront être atteints. Les critères sur lesquels s'appuie le processus de vérification et d'évaluation visent tour à tour à

## BIBLIOGRAPHIE

- NF EN ISO 11064-7- Conception ergonomique des centres de commande. Partie 7 : Principes pour l'évaluation des centres de contrôle. AFNOR, 2006.

apprécier en quoi le système permet de consolider le capital de compétences en présence, propose une information facilement compréhensible par tous, permet d'anticiper, de contrôler la situation même dans un contexte de fonctionnement dégradé (sécurité, fiabilité), ne surcharge pas mentalement, favorise l'esprit d'équipe, l'intégration de nouveaux opérateurs, l'efficacité et la satisfaction au travail (voir ISO 11064-7). Ces critères doivent être appliqués à chaque étape du projet pour vérifier et valider les solutions techniques et organisationnelles proposées ou mises en place.

La démarche requiert la contribution active des personnels pour vérifier le respect du programme et des cahiers des charges et confronter la conception à l'usage de la nouvelle activité.

La démarche peut consister, par exemple, à vérifier et valider que :

- l'agencement général de la situation prend bien en compte les besoins humains et organisationnels au regard de contraintes concernant la variabilité inter-individuelle, les flux matières, les

moyens de manutention, le niveau des effectifs... et que la « logique des utilisateurs » est bien intégrée dans la « logique de conception » ;

- la disposition des dispositifs d'affichage et de commande est cohérente aux parties correspondantes de la machine et à leurs mouvements ;
- le système est « erreur-tolérant », en d'autres termes qu'il permet à l'opérateur 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, d'une part, permettent d'avoir le bon retour d'information au moment voulu et, d'autre part, s'effectuent dans des conditions d'ambiances physiques (éclairage, niveau de bruit, température...) confortables ;
- des aspects importants n'ont pas été omis, sachant qu'il est indispensable de poursuivre l'évaluation après le démarrage des installations pour apporter des corrections qui se révéleront encore nécessaires ;
- les activités de nettoyage, entretien, réparation et maintenance ont été bien définies.

## 10.3 La maintenance des lieux et des équipements de travail

**Un bâtiment difficile à entretenir se dégrade rapidement** et l'image de l'entreprise s'en trouve altérée. Un équipement de travail dont les opérations de maintenance et de réparation sont longues en raison des difficultés d'accès, par exemple un manque de place, occasionne des arrêts de production, un coût supplémentaire d'intervention et une disponibilité réduite. Des appareils d'éclairage inaccessibles vont être mal nettoyés et les ampoules grillées non remplacées. Cela entraîne une ambiance sombre et, par voie de conséquence, une fatigue des opérateurs, donc une perte d'efficacité.

Les équipements techniques, par exemple les installations générales de ventilation mécanique contrôlée (VMC), les installations de chauffage et de climatisation, les machineries de monte-charge et d'ascenseurs, les ponts roulants, les systèmes de stockage et de manutention (transstockeurs, convoyeurs)... sont très interdépendants de la conception de l'enveloppe, à savoir du bâtiment lui-même. Les contraintes particulières d'implantation, d'exploitation, de sécurité, de maintenance, voire de démantèlement doivent

être intégrées dès la conception du cadre bâti. Il en est de même des machines (voir § 10.3.2) qui relèvent des mêmes textes ou recommandations que les équipements techniques et pour lesquels, par ailleurs, sont prévues des notices d'instructions.

Il est donc important, dès la conception, de réaliser un inventaire des différentes opérations d'entretien et de maintenance puis, pour chacune d'entre elles, d'évaluer les risques auxquels pourraient être exposés les opérateurs concernés, compte tenu de la périodicité des interventions, de leur durée, ainsi que des matériels et matériaux nécessaires afin de prendre le plus tôt possible des mesures de prévention adaptées.

Par mesures de prévention adaptées dès la conception pour la maintenance, on entend :

- en priorité toute mesure intégrée dans les bâtiments et les équipements immobiliers ;
- en second lieu, les mesures basées sur le transfert de connaissances entre concepteurs et utilisateurs via le dossier de maintenance présenté ci-après.

**Le dossier de maintenance de l'ouvrage et le dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage (DIUO)** ont pour objet de mémoriser concrètement et de transmettre au maître d'ouvrage et aux utilisateurs des lieux tous les documents (plans, notices, photos, procédures, instructions...) utiles pour leur permettre d'effectuer les opérations de maintenance et les interventions ultérieures sur l'ouvrage et les équipements immobiliers dans les meilleures conditions de sécurité (voir figure 10.1). Le DIUO est établi par le coordonnateur SPS (sécurité protection santé) sous la responsabilité

du maître d'ouvrage, tandis que les documents constitutifs du dossier de maintenance doivent être établis ou regroupés par le maître d'ouvrage.

Si l'ouvrage concerne un lieu de travail, le dossier de maintenance doit inclure des éléments spécifiques tels les niveaux d'éclairage à maintenir et les caractéristiques de ventilation (voir figure 10.1) que le maître d'ouvrage obtient des concepteurs de l'éclairage et de l'installation de ventilation pour les deux cas pris ici comme exemple.

## Annexe 2. Le dossier d'intervention ultérieure sur ouvrage (DIUO)



Figure 10.1. Squelette du DIUO.

### 10.3.1 Le dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage (DIUO)

La transposition en droit français des directives européennes « chantiers temporaires ou mobiles » a enrichi le Code du travail. La loi du 31 décembre 1991 vise ainsi l'amélioration de la sécurité et de la santé des travailleurs en soulignant notamment que les aspects de la conception concernant la maintenance de l'ouvrage par nature ou par destination (gros œuvre, second œuvre, équipements tels que fermetures, ascenseurs, ventilation, ponts roulants...) doivent être supervisés par le coordonnateur SPS sous la responsabilité du maître d'ouvrage.

Au fur et à mesure du déroulement des phases de conception et de réalisation, le coordonnateur SPS établit et complète ainsi un dossier rassemblant toutes les données de nature à faciliter la prévention des risques professionnels lors des interventions ultérieures sur les bâtiments et les parties assimilées aux bâtiments.

En dehors des rubriques générales liées à la maintenance, le DIUO doit notamment comporter les dispositions de sécurité concernant les points suivants.

#### **Nettoyage des surfaces vitrées en élévation ou en toiture (articles R. 4211-3 à R. 4211-5 du Code du travail)**

Plusieurs solutions intégrées ou rajoutées à la construction permettent de réaliser ces opérations dans de bonnes conditions de sécurité :

- châssis ouvrants traditionnels ou pivotants ;
- balcons, coursives, passerelles intégrées à la structure ;
- nacelles suspendues motorisées ou nacelles élévatrices à partir du sol aménagé à cet effet.

*Note : Les travaux de nettoyage étant par nature des travaux à caractère répétitif, le recours à des points d'ancrage pour arrimage d'équipements de protection individuelle (à réserver exclusivement pour des tâches occasionnelles de durée inférieure à un jour) n'est pas admis.*

#### **Interventions sur les toitures**

- Accès ;
- circulation en toiture ;
- protection périphérique des toitures.

#### **Entretien des façades**

Ces interventions s'inscrivent dans le cadre des opérations de réfection aussi bien que dans celui de l'entretien courant du bâtiment. Cependant, certaines installations peuvent être situées en façade et nécessiter un entretien fréquent (cas des enseignes notamment).

#### **Intervention dans les vides techniques et sanitaires**

Le personnel doit pouvoir se déplacer ou travailler dans de bonnes conditions (hauteur > 2,20 m) à l'intérieur de ces locaux, tant pour l'installation que pour l'entretien (pour plus de détails, voir § 8.6.1).

#### **Interventions sur les ascenseurs**

Il est important de prendre en compte dès la conception les conditions d'accès et les aménagements :

- des locaux techniques ;
- de la gaine des ascenseurs ;
- de la cuvette de l'ascenseur (voir § 8.5.3).

#### **Électricité**

Le maître d'ouvrage précise, dans un dossier technique qu'il transmet au chef d'entreprise, la description et les caractéristiques des installations électriques réalisées (éléments pour la vérification initiale, puis le dépannage et la maintenance).

#### **Éclairage**

Le maître d'ouvrage indique dans un document les niveaux minimum d'éclairage ainsi que les éléments d'information nécessaires à la détermination des règles d'entretien des matériels.

#### **Aération - assainissement**

Le maître d'ouvrage précise, dans une notice d'instructions, les dispositions prises pour la ventilation et l'assainissement des locaux et les informations permettant :

- d'entretenir les installations ;
- d'en contrôler l'efficacité ;
- d'établir la consigne d'utilisation.

#### **Désenfumage**

Une notice comportant les caractéristiques des installations de désenfumage et les informations permettant leur contrôle périodique et leur maintenance en sécurité doit être incluse dans le dossier de maintenance que le maître d'ouvrage doit transmettre aux utilisateurs des locaux (arrêté du 5 août 1992).

#### **Portes et portails automatiques et semi-automatiques**

Le maître d'ouvrage doit préciser dans le dossier de maintenance (arrêté du 21 décembre 1993) :

- les caractéristiques principales des portes et portails ;
- les informations permettant d'entretenir et de vérifier leur fonctionnement périodiquement en sécurité.

#### **Ponts roulants**

Le maître d'ouvrage précise les moyens d'accès aux chemins de roulement et la circulation le long de ces derniers.

## BIBLIOGRAPHIE

- Arrêté du 5 août 1992 modifié par l'arrêté du 22 septembre 1995 relatif aux dispositions applicables aux bâtiments dont le plancher bas du dernier niveau est à plus de 8 m. Désenfumage. Dispositions générales.
- Code du travail, articles L. 4531-1 à L. 4531-3, L. 4211-2, L. 4532-10 à L. 4532-18.
- NF EN ISO 12100 - Sécurité des machines. Notions fondamentales, principes de conception. Partie 1 : Terminologie. Partie 2 : Principes techniques. AFNOR, 2004.
- Maintenance et prévention des risques professionnels dans le projet de bâtiment. INRS, ED 829, 2004.

### 10.3.2 Les notices d'instructions et la maintenance des équipements

Il est rappelé que les textes qui prévoient l'intégration de la sécurité à la conception des machines et équipements de travail sont regroupés dans la bibliographie du § 3.2 *Le cahier des charges des équipements de travail*.

En conséquence, 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 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 constructeur ou de l'importateur) ;
- vérifier que l'équipement répond aux exigences particulières ayant, le cas échéant, été spécifiées par voie contractuelle dans un cahier des charges ;
- vérifier que les contrôles techniques ont été effectués et les réserves levées ;
- vérifier que la notice d'instructions, obligatoire, a été fournie, qu'elle est utilisable et complète, comme suit.

#### Vérification de la notice d'instructions d'un équipement de travail

La notice doit :

- être rédigée en français et être compréhensible ;

■ comporter, entre autres, toutes les instructions permettant d'effectuer toutes les opérations souhaitées durant la phase prévisible d'existence de l'équipement (opérations de mise en service, utilisation, manutention, installation, montage-démontage, réglage, maintenance, remplacement de pièces d'usure ou de consommables...) sans risque lorsque ces opérations sont effectuées dans les conditions prévues par cette notice d'instructions ; ceci vise également tout risque pouvant résulter de situations incidentelles toujours possibles ;

- informer les utilisateurs des risques résiduels dus, le cas échéant, à l'efficacité incomplète de mesures de prévention intégrées par conception ;
- signaler s'il est nécessaire d'utiliser un équipement de protection individuelle ;
- indiquer si une formation particulière est requise pour les utilisateurs.

#### Maintenance des équipements

La maintenance ayant pour objet de maintenir un équipement en état de conformité avec son état d'origine présumé sûr, il est rappelé que l'obligation de « maintien en état de conformité » par l'entreprise utilisatrice est fixée par l'article R. 4322-1 du Code du travail et que les opérations de maintenance doivent être effectuées dans les conditions prévues par la notice d'instructions du fabricant qui peut inclure l'exigence d'un programme de maintenance dont la mise en application est à organiser dès la mise en service.

## 10.4 Préparation de la mise en service

La préparation de la mise en service se situe avant le démarrage des unités de production. Elle vise à s'assurer que le matériel et le personnel sont aptes à remplir leur fonction. Il s'agit notamment de prévenir les incidents et accidents qui surviennent lors de la mise en service des installations et des lieux de production.

Cette préparation s'organise par :

- un constat d'achèvement des travaux (phase anciennement dénommée « réception provisoire ») effectué avant la fin du chantier (par exemple, 1 mois avant) et qui a pour objet de déceler les éventuelles anomalies tant que le personnel de chantier amené à y remédier est encore présent sur le site ;
- une « marche semi-industrielle » qui est une

phase d'appropriation des lieux par le personnel et de levée des réserves et anomalies.

Trois types d'actions sont à entreprendre : la vérification des installations, la mise en place des procédures et la formation du personnel.

### 10.4.1 Vérification des installations et matériels

Pour chaque installation ou matériel, la mise en service est précédée de contrôles, épreuves et essais spécifiques à chaque installation et tels qu'ils sont indiqués par le constructeur ; ces opérations étant effectuées par un personnel qualifié. En complément aux vérifications indiquées par les constructeurs, il y a lieu de faire procéder aux véri-

## BIBLIOGRAPHIE

- Loi 93-1418 du 31 décembre 1993 (DIUO).
- Fiches de poste : comment constituer des fiches de poste intégrant la sécurité ? INRS, ED 20, 2005.
- Principales vérifications périodiques. INRS, ED 828, 2006.
- Formation à la sécurité - Obligations réglementaires. INRS, ED 832, 2006.
- Évaluation des risques professionnels. INRS, ED 887, 2004.

fications préalables à la mise en service exigées par la réglementation (voir la brochure *Principales vérifications périodiques*, INRS, ED 828) et qui, selon les cas, peuvent comporter des épreuves. À ce stade, on organisera également les vérifications périodiques et la maintenance de ces installations et matériels. Les organismes de contrôle technique peuvent apporter leur contribution sur ces différents points.

### 10.4.2 Mise en place de documents et procédures

On distingue deux catégories de documents :

- les documents devant être fournis par un intervenant extérieur (par exemple, DIUO du coordinateur SPS, rapports de vérification de mise en service à fournir par les organismes de contrôle... ) ;
- différents documents à produire par l'entreprise utilisatrice.

Le document unique (décret n°2001-1016 du 5 novembre 2001 et circulaire n° 6 DRT 18 avril 2002) est élaboré à partir de l'analyse préliminaire des risques établie lors de la phase de conception sur la base de l'analyse de l'activité future probable. La phase de démarrage de l'exploitation (montée en charge) doit ainsi être le moment de confrontation des projections établies en phase de conception avec le résultat d'une première évaluation des situations de travail réelles pour, si besoin est et d'une part, faire émerger les réserves que le maître d'œuvre et les entreprises de travaux devront prendre en charge avant de se retirer du chantier et, d'autre part, planifier les corrections et modifications nécessaires (plan de prévention). L'établissement de fiches de poste comprenant la description du mode opératoire, les sources possibles de danger et la conduite à tenir en cas d'incidents est recommandé. Ces fiches, utilisées par l'agent de maîtrise pour former le personnel, sont affichées sur les zones de travail correspondantes.

Dans l'ensemble de l'entreprise, des informations et consignes seront rédigées concernant :

- le plan de circulation des piétons et véhicules ;
- les consignes en cas d'incendie (affichées dans chaque local) ;

- les procédures donnant lieu à la délivrance d'autorisation de travail (permis de travail, permis de feu...).

Ces documents seront également expliqués aux personnes extérieures ayant à intervenir sur le site.

D'autres points sont à vérifier ou à mettre en place avant la mise en service des locaux :

- signalisation et balisage des lieux de travail et des équipements (par exemple, emplacement des extincteurs) ;
- systèmes de communication et d'alerte, notamment entre le personnel isolé (rondiers, personnel de gardiennage) et les postes centraux.

### 10.4.3 Formation du personnel et vérification des aptitudes professionnelles

Il faut préalablement définir le rôle de chacun. La vérification des aptitudes professionnelles consiste à s'assurer que le titulaire d'un poste est capable d'assumer sans risque les tâches qui lui sont confiées : vérification de l'aptitude médicale et des compétences professionnelles.

La formation du personnel précédera son affectation dans une situation de travail.

Parmi les formations directement liées à la sécurité, on peut citer :

- l'utilisation des moyens de manutention (notamment pour les caristes, les utilisateurs de pont roulant... ) ;
- l'habilitation en électricité du personnel ;
- la manutention manuelle ;
- la lutte contre l'incendie : formation et entraînement des équipes de première et seconde interventions ;
- le sauvetage et secourisme : formation en entraînement des Sauveteurs secouristes du travail (SST) ;
- la formation des membres du Comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail (CHSCT), etc.

Pour plus de détails, voir la brochure *Formation à la sécurité - Obligations réglementaires*. INRS, ED 832, 2006.

# Index des mots-clés

Accès au local technique	8.6.1	Débit d'air	5.3.1.1 ; 5.4.1.1 à 5.4.2.4
Accès au poste de travail	3.1.1 à 3.1.3	Déchets	8.8
Accès aux façades	7.2.5	Démarche prévention pour les implantations	2 ; 4
Accès aux installations fixes	8.2	Désenfumage	6.2.1 ; 7.6
Accès en toiture	7.1.4	Dimension des bureaux	3.4
Accessibilité aux handicapés	4.1.5 ; 4.2.2.2 ; 9.1 ; 9.2	Dimension des locaux	3.1.1
Acoustique	5.1 à 5.1.6	Dimension des plans de travail	3.3.2 ; 3.4
Acoustique prévisionnelle	5.1.2 ; 5.1.3.4 ; 5.1.4	Dispositifs d'extinction	6.2.2
Acrotère	7.1.4	Données sur l'activité de l'entreprise	2.1
Aire de stockage	8.7	Données sur le processus de fabrication	2.1 ; 3.1
Aire de transbordement	7.5	Données sur les effectifs	2.1
Allées de circulation	4.1 à 4.2	Dossier de maintenance et DIUO	1.5 ; 10.1.2 ; 10.3
Ambiances physiques	5.1 à 5.5	Échelle	8.2
Ancrage	7.1.5 ; 7.2.5	Éclairage artificiel	5.2.2
Appareils de levage	8.4	Éclairage extérieur	5.2.5
Ascenseur	8.5	Éclairage de sécurité	5.2.4
Assainissement de l'air	5.4	Éclairage naturel	5.2.3
Atelier d'entretien	8.6.5	Éclairage par la façade	5.2.3.2
Atmosphère explosible (ATEX)	6.3	Éclairage par le toit	5.2.3.1 ; 7.1
Avant-projet détaillé (APD)	1.5 à 1.5.2	Éclairements	5.2.1.3
Avant-projet sommaire (APS)	1.5 à 1.5.2	Électricité	8.1
Bruit	5.1	Ergonomie	1.2 ; 3 ; 5
Bureaux	3.4	Escalier	7.6 ; 8.2
Butoirs de quai	7.5.3	Évacuation incendie	4.1.1 ; 4.2.2.3 ; 6.2.1
Cahier des charges des équipements	3.2	Explosion	6.1.1 ; 6.3
Captage des polluants	5.4	Façades	7.2
Chambre froide ou réfrigérée	5.3.3	Flux matières	2.2.3
Chauffage des ateliers	5.3	Garde-corps	7.6
Chaufferie	8.6.4	Glissade	7.4.2 ; 7.4.3
Chute de hauteur	7.1	Handicapés : accessibilité	4.1.5 ; 4.2.2.2 ; 9.1 ; 9.2
Chute de plain-pied	7.4	Implantation des machines	2.2
Circulation des engins de manutention	4.1.3 ; 4.2.2	Incendie	6.2
Circulation des piétons	4.1.4	Insonorisation	5.1.2 à 5.1.6
Circulation extérieure	4.1	Installations de chauffage	5.3.1
Circulation intérieure	4.2	Installation électrique	8.1
Circulation sur toiture	7.1.4	Isolation thermique	5.3.1.1
Climatisation	5.3.2	Issue de secours	4.2.2.3 ; 6.2.1
Compatibilité électromagnétique (CEM)	5.5 ; 8.1.2	Ligne de vie	7.1.5
Conduite de projet	1.1 à 1.5 ; 2	Local à pollution non spécifique	5.4.1
Confort d'été	5.3.2	Local à pollution spécifique	5.4.2
Confort d'hiver	5.3.1	Local compresseur	8.6.6
Coordonnateur SPS de conception	1.4 ; 1.5.2	Local d'accueil transporteurs	7.5.9
Couleurs d'ambiance	5.2.1.4	Local de premiers soins	9.4
Cour	7.5.8 ; 4.1		

Local de recharge des batteries	8.6.3	Programme - Programmation	1.2 ; 1.5
Local de repos	9.5	Protection solaire	5.2.3.1 ; 5.2.3.2 ; 5.3.2.4 ; 7.1 ; 7.2.3
Local de restauration	9.2	Quais de réception/expédition	7.5.1
Local groupe électrogène	8.6.6	Rampe (inclinaisons)	7.5.1 ; 7.5.5 ; 8.2
Local pour activités de nettoyage	8.6.2	Rampe ajustable de quai	7.5.2 à 7.5.4.1
Localisation de l'entreprise	2.1	Rejet des eaux usées	9.1
Locaux pour service médical du travail	9.3	Salle de détente	9.5
Locaux techniques	8.6	Salle de réunion	9.6
Maître d'ouvrage	1.1 ; 1.4 ; 1.5 ; 5.1.1	Sanitaires	9.1
Manutention automatisée	8.3.4	Service médical et infirmerie	9.3 ; 9.4
Manutention manuelle	3.3.2	Signalisation et signalétique de sécurité	8.9
Marches	7.6	Situations de travail	3.3
Matériaux pour toiture	7.1	Sols	7.4
Matériels/zones à risque d'explosion	6.3.3	Sortie de secours	4.2.2.3 ; 6.2.1
Méthode d'implantation	2.2	Stockage : principes de base	8.7
Mise en service	1.5.4 ; 10.4	Stockage de bouteilles de gaz	8.7.5
Monte-charge	8.5	Stockage des solides en vrac	8.7.2
Moyens de chauffage	5.3.1	Stockage des déchets	8.8
Moyens de manutention	8.3	Stockage en citernes et réservoirs	8.7.3
Moyens d'insonorisation	5.1.2 à 5.1.6	Stockage en rayonnage	8.7.1
Murs	6.1.1 ; 7.2.4	Stockage en silos et trémies	8.7.4
Nettoyage	7.2.2 ; 7.2.5 ; 7.4.6 ; 8.6.2	Table élévatrice	8.4.2
Parking PL	4.1	Tableau des proximités/éloignements	2.2.3
Parking VL et visiteurs	4.1	Toiture	7.1
Participation du personnel	1.1 ; 1.3 ; 1.5.1	Travail sur écran	3.4 ; 5.2.1.3
Pente	7.5.1 ; 7.5.4.1 ; 7.5.5 ; 8.2	Ventilation	5.4
Phases d'un projet	1.5	Vestiaires	9.1
Plan de circulation	2.2 ; 4.1	Vide sanitaire	8.6.1
Pont roulant	8.4.1	Vitrage	5.2.3.2 ; 7.2.2
Porte - Portail	7.3 ; 7.5.7	Vue sur l'extérieur	5.2.3 ; 7.2.1
Principes généraux de prévention	1.4	Zones à risque d'explosion	6.3.1



Pour commander les films (en prêt), les brochures et les affiches de l'INRS, adressez-vous au service prévention de votre CARSAT, CRAM ou CGSS.

## Services prévention des CARSAT et des CRAM

### CRAM ALSACE-MOSELLE

(67 Bas-Rhin)  
14 rue Adolphe-Seyboth  
CS 10392  
67010 Strasbourg cedex  
tél. 03 88 14 33 00  
fax 03 88 23 54 13  
prevention.documentation@cram-alsace-moselle.fr  
www.cram-alsace-moselle.fr

(57 Moselle)  
3 place du Roi-George  
BP 31062  
57036 Metz cedex 1  
tél. 03 87 66 86 22  
fax 03 87 55 98 65  
www.cram-alsace-moselle.fr

(68 Haut-Rhin)  
11 avenue De-Lattre-de-Tassigny  
BP 70488  
68018 Colmar cedex  
tél. 03 88 14 33 02  
fax 03 89 21 62 21  
www.cram-alsace-moselle.fr

### CARSAT AQUITAINE

(24 Dordogne, 33 Gironde, 40 Landes, 47 Lot-et-Garonne, 64 Pyrénées-Atlantiques)  
80 avenue de la Jallère  
33053 Bordeaux cedex  
tél. 05 56 11 64 36  
fax 05 57 57 70 04  
documentation.prevention@carsat-aquitaine.fr  
www.carsat-aquitaine.fr

### CARSAT AUVERGNE

(03 Allier, 15 Cantal, 43 Haute-Loire, 63 Puy-de-Dôme)  
48-50 boulevard Lafayette  
63058 Clermont-Ferrand cedex 1  
tél. 04 73 42 70 76  
fax 04 73 42 70 15  
preven.carsat@orange.fr  
www.carsat-auvergne.fr

### CARSAT BOURGOGNE et FRANCHE-COMTÉ

(21 Côte-d'Or, 25 Doubs, 39 Jura, 58 Nièvre, 70 Haute-Saône, 71 Saône-et-Loire, 89 Yonne, 90 Territoire de Belfort)  
ZAE Cap-Nord, 38 rue de Cracovie  
21044 Dijon cedex  
tél. 08 21 10 21 21  
fax 03 80 70 52 89  
prevention@carsat-bfc.fr  
www.carsat-bfc.fr

### CARSAT BRETAGNE

(22 Côtes-d'Armor, 29 Finistère, 35 Ille-et-Vilaine, 56 Morbihan)  
236 rue de Châteaugiron  
35030 Rennes cedex  
tél. 02 99 26 74 63  
fax 02 99 26 70 48  
drpcdi@carsat-bretagne.fr  
www.carsat-bretagne.fr

### CARSAT CENTRE

(18 Cher, 28 Eure-et-Loir, 36 Indre, 37 Indre-et-Loire, 41 Loir-et-Cher, 45 Loiret)  
36 rue Xaintraillles  
45033 Orléans cedex 1  
tél. 02 38 81 50 00  
fax 02 38 79 70 29  
prev@carsat-centre.fr  
www.carsat-centre.fr

### CARSAT CENTRE-OUEST

(16 Charente, 17 Charente-Maritime, 19 Corrèze, 23 Creuse, 79 Deux-Sèvres, 86 Vienne, 87 Haute-Vienne)  
4 rue de la Reynie  
87048 Limoges cedex  
tél. 05 55 45 39 04  
fax 05 55 45 71 45  
cirp@carsat-centreouest.fr  
www.carsat-centreouest.fr

### CRAM ÎLE-DE-FRANCE

(75 Paris, 77 Seine-et-Marne, 78 Yvelines, 91 Essonne, 92 Hauts-de-Seine, 93 Seine-Saint-Denis, 94 Val-de-Marne, 95 Val-d'Oise)  
17-19 place de l'Argonne  
75019 Paris  
tél. 01 40 05 32 64  
fax 01 40 05 38 84  
prevention.atmp@cramif.cnamts.fr  
www.cramif.fr

### CARSAT LANGUEDOC-ROUSSILLON

(11 Aude, 30 Gard, 34 Hérault, 48 Lozère, 66 Pyrénées-Orientales)  
29 cours Gambetta  
34068 Montpellier cedex 2  
tél. 04 67 12 95 55  
fax 04 67 12 95 56  
prevdoc@carsat-lr.fr - www.carsat-lr.fr

### CARSAT MIDI-PYRÉNÉES

(09 Ariège, 12 Aveyron, 31 Haute-Garonne, 32 Gers, 46 Lot, 65 Hautes-Pyrénées, 81 Tarn, 82 Tarn-et-Garonne)  
2 rue Georges-Vivent  
31065 Toulouse cedex 9  
tél. 0820 904 231 (0,118 €/min)  
fax 05 62 14 88 24  
doc.prev@carsat-mp.fr - www.carsat-mp.fr

### CARSAT NORD-EST

(08 Ardennes, 10 Aube, 51 Marne, 52 Haute-Marne, 54 Meurthe-et-Moselle, 55 Meuse, 88 Vosges)  
81 à 85 rue de Metz  
54073 Nancy cedex  
tél. 03 83 34 49 02  
fax 03 83 34 48 70  
service.prevention@carsat-nordest.fr  
www.carsat-nordest.fr

### CARSAT NORD-PICARDIE

(02 Aisne, 59 Nord, 60 Oise, 62 Pas-de-Calais, 80 Somme)  
11 allée Vauban  
59662 Villeneuve-d'Ascq cedex  
tél. 03 20 05 60 28  
fax 03 20 05 79 30  
bedprevention@carsat-nordpicardie.fr  
www.carsat-nordpicardie.fr

### CARSAT NORMANDIE

(14 Calvados, 27 Eure, 50 Manche, 61 Orne, 76 Seine-Maritime)  
Avenue du Grand-Cours, 2022 X  
76028 Rouen cedex  
tél. 02 35 03 58 22  
fax 02 35 03 60 76  
prevention@carsat-normandie.fr  
www.carsat-normandie.fr

### CARSAT PAYS DE LA LOIRE

(44 Loire-Atlantique, 49 Maine-et-Loire, 53 Mayenne, 72 Sarthe, 85 Vendée)  
2 place de Bretagne  
44932 Nantes cedex 9  
tél. 02 51 72 84 08  
fax 02 51 82 31 62  
documentation.rp@carsat-pl.fr - www.carsat-pl.fr

### CARSAT RHÔNE-ALPES

(01 Ain, 07 Ardèche, 26 Drôme, 38 Isère, 42 Loire, 69 Rhône, 73 Savoie, 74 Haute-Savoie)  
26 rue d'Aubigny  
69436 Lyon cedex 3  
tél. 04 72 91 96 96  
fax 04 72 91 97 09  
preventionrp@carsat-ra.fr - www.carsat-ra.fr

### CARSAT SUD-EST

(04 Alpes-de-Haute-Provence, 05 Hautes-Alpes, 06 Alpes-Maritimes, 13 Bouches-du-Rhône, 2A Corse Sud, 2B Haute-Corse, 83 Var, 84 Vaucluse)  
35 rue George  
13386 Marseille cedex 5  
tél. 04 91 85 85 36  
fax 04 91 85 75 66  
documentation.prevention@carsat-sudest.fr  
www.carsat-sudest.fr

## Services prévention des CGSS

### CGSS GUADELOUPE

Immeuble CGRR, Rue Paul-Lacavé, 97110 Pointe-à-Pitre  
tél. 05 90 21 46 00 - fax 05 90 21 46 13  
lina.palmont@cgss-guadeloupe.fr

### CGSS GUYANE

Espace Turenne Radamonthe, route de Raban,  
BP 7015, 97307 Cayenne cedex  
tél. 05 94 29 83 04 - fax 05 94 29 83 01

### CGSS LA RÉUNION

4 boulevard Doret, 97704 Saint-Denis Messag cedex 9  
tél. 02 62 90 47 00 - fax 02 62 90 47 01  
prevention@cgss-reunion.fr

### CGSS MARTINIQUE

Quartier Place-d'Armes, 97210 Le Lamentin cedex 2  
tél. 05 96 66 51 31 - 05 96 66 51 32 - fax 05 96 51 81 54  
prevention972@cgss-martinique.fr  
www.cgss-martinique.fr

La prévention des risques professionnels est toujours plus efficace et plus économique lorsqu'elle est intégrée en amont du processus de définition et de mise au point des projets de conception et d'implantation des bâtiments et équipements.

Cette brochure, réactualisée en profondeur par un groupe de travail composé d'ingénieurs de la CNAM, des CARSAT, des CRAM et d'experts de l'INRS, a pour objectif de mettre à la disposition des maîtres d'ouvrage et des personnes en contact avec les concepteurs les méthodes et connaissances utiles au déroulement d'un projet concernant les locaux et les situations de travail en matière de prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles.



Institut national de recherche et de sécurité  
pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles  
30, rue Olivier-Noyer 75680 Paris cedex 14 • Tél. 01 40 44 30 00  
Fax 01 40 44 30 99 • Internet : [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr) • e-mail : [info@inrs.fr](mailto:info@inrs.fr)

**Édition INRS ED 950**

3<sup>e</sup> édition • septembre 2011 • 8 000 ex • ISBN 978-2-7389-1946-5