



Conception de l'organisation des circulations et des flux dans l'entreprise

Préconisations pour la prévention
des risques professionnels

L'Institut national de recherche et de sécurité

L'Institut national de recherche et de sécurité (INRS) est une association déclarée sans but lucratif (loi du 1^{er} juillet 1901), constituée sous l'égide de la Caisse nationale de l'assurance maladie. Il est placé sous la tutelle des pouvoirs publics et le contrôle financier de l'État. Son conseil d'administration est composé en nombre égal de représentants du Mouvement des entreprises de France et des organisations syndicales de salariés.

L'INRS apporte son concours aux services ministériels, à la Caisse nationale de l'assurance maladie, aux Caisses régionales d'assurance maladie, aux comités d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail, aux entreprises, enfin à toute personne, employeur ou salarié, qui s'intéresse à la prévention. L'INRS recueille, élabore et diffuse toute documentation intéressant l'hygiène et la sécurité du travail : brochures, dépliants, affiches, films, renseignements bibliographiques... Il forme des techniciens de la prévention et procède en son centre de recherche de Nancy aux études permettant d'améliorer les conditions de sécurité et l'hygiène de travail.

Les publications de l'INRS sont distribuées par les Caisses régionales d'assurance maladie. Pour les obtenir, adressez-vous au service prévention de la Caisse régionale de votre circonscription, dont vous trouverez l'adresse en fin de brochure.

Les Caisses régionales d'assurance maladie

Les Caisses régionales d'assurance maladie disposent, pour diminuer les risques professionnels dans leur région, d'un service prévention composé d'ingénieurs-conseils et de contrôleurs de sécurité. Par les contacts fréquents que ces derniers ont avec les entreprises, ils sont à même non seulement de déceler les risques professionnels particuliers à chacune d'elles, mais également de préconiser les mesures préventives les mieux adaptées aux différents postes dangereux et d'apporter, par leurs conseils, par la diffusion de la documentation éditée par l'Institut national de recherche et de sécurité, une aide particulièrement efficace à l'action des comités d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail.

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 deux ans et d'une amende de 150 000 euros (article L. 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle).

© INRS, 2007. Conception graphique et réalisation Stéphane Soubrié.
Illustration de couverture Brigitte Laude. Schémas Atelier F. Causse.

Conception de l'organisation des circulations et des flux dans l'entreprise

Préconisations pour la prévention
des risques professionnels

Christian Terrier, INRS

ED 6002

Avril 2007

Sommaire

	Page
Introduction	5
1. Enjeux de la circulation et des flux dans l'entreprise	6
2. Cadre général	7
2.1 Les flux et moyens de transport-manutention concernés	7
2.2 Cas d'application de la méthode	7
2.3 Méthodes d'analyse	8
3. Démarche de conception	9
4. Méthode	10
4.1 Choix des moyens de transport-manutention	10
4.2 Définition des mouvements matières, des proximités et des éloignements entre les secteurs	12
4.3 Détermination des circulations et des implantations	14
4.4 Validation et amélioration du projet selon un processus itératif	18
Annexe	21
A. Description de l'exemple	21
B. Exemple de calcul des mouvements matières	22
C. Exemple de détermination « manuelle » de la circulation intérieure aux bâtiments	24

Introduction

L'organisation des circulations et des flux dans l'entreprise implique différents facteurs tels que :

- les fonctions de l'entreprise : réception, expédition, stockages, distribution matières, production, services supports ;
- les véhicules de transport : poids lourds, véhicules utilitaires légers, véhicules légers du personnel ;
- les moyens de manutention : engins (chariots automoteurs, transpalettes...), moyens de manutention continue (convoyeurs, tapis...), autres moyens de manutention (pont roulant, palan...) ;
- les catégories de personnel : manutentionnaires, caristes, personnel de production, l'ensemble du personnel de l'entreprise accédant sur le site et amené à se déplacer pour les besoins de service ; etc.

L'objet de ce document est de présenter une démarche pour la conception des circulations et des flux matières (véhicules, engins et personnel) prenant en compte les risques professionnels, tout en contribuant à assurer la performance industrielle de l'entreprise.

Cette aide méthodologique doit être utilisée le plus en amont possible dans le déroulement du projet, c'est-à-dire dès les phases de définition du cahier des charges (phase programmation) et d'avant projet sommaire (APS). En effet, une mauvaise organisation des circulations et des flux est difficilement modifiable ultérieurement (en phase exploitation) car elle est très dépendante du choix des moyens de transport-manutention et des implantations ; ces deux éléments étant difficile à remettre en cause dans des conditions économiques acceptables.

Elle est surtout destinée à apporter une aide, tout au long du projet, pour les petites et moyennes entreprises amenées à se réimplanter sur un nouveau site ou à réaménager les circulations et les flux sur un site existant.

Les résultats recherchés sont :

- le plan de circulation à l'extérieur des bâtiments mais restant à l'intérieur du site de l'entreprise (véhicules et piétons) ;
- les circuits des engins de transport-manutention (flux matières) et les circuits piétonniers à l'intérieur des locaux ;
- une esquisse d'implantation générale des locaux (ateliers, bureaux...) et aires diverses.

Structure du document

Le chapitre 1 montre les enjeux liés aux circulations et aux manutentions en relation avec la productivité et les risques professionnels.

Le chapitre 2 présente le cadre général de la circulation dans l'entreprise, les différents cas d'application de la méthode et les acteurs concernés.

Le chapitre 3 expose la démarche et sa mise en œuvre ainsi que la synthèse de la méthode.

Le chapitre 4 présente la méthode proprement dite :

- choix des moyens de transport-manutention ;
- définition des mouvements matières, des proximités et des éloignements entre les secteurs de l'entreprise (intérieurs et extérieurs aux bâtiments) ;
- détermination des circulations (véhicules, engins, piétons) et des implantations ;
- validation et amélioration du projet selon un processus itératif et participatif.

En annexe figurent :

- la description de l'exemple retenu dans le document ;
- un exemple de calcul des mouvements matières ;
- une détermination « manuelle » de la circulation intérieure aux locaux.

Enjeux de la circulation et des flux dans l'entreprise

1

BIBLIOGRAPHIE

[1] La circulation en entreprise.
INRS, ED 975, 2006.

Les opérations de transport-manutention sont réalisées par des personnes spécialisées pour ces tâches (personnel pour le déchargement et le chargement des camions, pour le stockage et le déstockage en magasins, pour la distribution des matières dans les ateliers...) ou par des opérateurs de fabrication, en particulier si ces tâches peuvent être réalisées en temps masqué. Ces opérations sont en fait des opérations sans valeur ajoutée qu'il s'agit de rationaliser en choisissant au mieux les moyens de transport-manutention (minimisation des coûts d'investissement et d'exploitation) et en implantant les secteurs de fabrication et de stockage de façon à réduire les distances parcourues par les engins de manutention.

La circulation du personnel doit être également organisée de manière rationnelle de façon à éviter les déplacements trop longs, coûteux en temps, en pénibilité et en risques.

Ces éléments ont une influence directe sur les coûts de fabrication des produits et donc sur la rentabilité de l'entreprise.

À côté de l'aspect productivité, l'organisation des circulations et des flux a une influence directe sur la santé et la sécurité au travail. En effet, les risques d'accidents sont grands et les conséquences importantes sur les plans humain et financier.

D'après les résultats en 2003 de la CNAMTS (Caisse nationale d'assurance maladie des travailleurs salariés), environ 230 000 accidents de travail sont imputables aux circulations à l'intérieur du site de l'entreprise avec un coût de l'ordre de 980 millions d'euros (voir bibliographie [1]).

Les principaux types d'accidents sont les heurts des piétons avec les véhicules, les engins et avec des obstacles fixes, les chutes de plain-pied (glissades, dénivelés...).

Au coût direct des accidents de travail liés aux circulations internes, il faut ajouter les coûts de réparation des matériels, de désorganisation du fonctionnement des services, de dégradation de l'image de l'entreprise auprès de ses salariés et de ses clients.

Cadre général



2.1 Les flux et moyens de transport-manutention concernés

Les flux de circulation à l'extérieur des bâtiments dépendent du type d'activité de l'entreprise, mais on retrouve généralement :

- les flux entrants des véhicules des matières premières et diverses pièces achetées ou composants nécessaires à la fabrication des produits ;
- les flux entrants autres que les matières directement utilisées dans les produits : fluides, consommables et fournitures diverses ;
- les flux sortants des produits finis et de certains sous-ensembles, les déchets de toutes natures (rebuts de production, déchets industriels banals...) ;
- les flux du personnel entre les différents secteurs de l'entreprise (entrée et sortie du site, entre les bâtiments...) ;
- les autres flux : véhicules du personnel, des entreprises extérieures, des visiteurs...

Les flux de circulation à l'intérieur des locaux concernent généralement :

- les engins de manutention-transport circulant dans les allées et desservant les postes de travail (chariots automoteurs, transpalettes électriques...) ;
- les piétons avec des charges (transpalettes manuels, chariots à main...) ;
- les piétons sans charge.

À ces éléments s'ajoutent :

- les moyens de transport-manutention continue (convoyeurs aériens, convoyeurs à rouleaux, tapis...) ;
- les moyens de levage et de transport (pont roulant, poutre, palan...).

2.2 Cas d'application de la méthode

La méthode s'applique essentiellement pour les entreprises industrielles.

Cependant, elle est également applicable dans les cas suivants :

- pour les activités commerciales, comme les enseignes vendant des matériaux pour les entreprises, les artisans ou les particuliers dans les domaines du bâtiment et du bricolage.

En effet, il existe des flux importants entre les entrées de produits volumineux en quantités significatives et les nombreuses sorties « au détail » en petites quantités avec des opérations nombreuses de stockage et de déstockage. Les différents flux

font intervenir des camions, des engins de manutention, des chariots et des piétons ;

- pour les activités tertiaires de type « bureaux ». Dans ce cas, les flux matières ne sont généralement pas pris en compte et les flux concernent surtout la circulation du personnel qui doit être organisée par rapport :

- aux nécessités d'échanges et de communication pour les travaux interservices ;
- aux entrées et sorties du site de l'entreprise ;
- aux mouvements des personnes liés aux activités sociales.

Dans ce cas, la partie du document traitant des mouvements matières n'est pas applicable.

2.3 Méthodes d'analyse

Deux méthodes sont possibles.

Première méthode en deux étapes

On définit d'abord les circulations à l'extérieur des bâtiments puis, dans une deuxième étape, les circulations et les flux à l'intérieur des locaux.

■ **1^{re} étape** : elle consiste à rester à un niveau global incluant surtout les circulations extérieures aux bâtiments et tenant compte de quelques secteurs situés à l'intérieur des bâtiments qui sont les « interfaces » avec les zones extérieures. Par exemple, le secteur intérieur « Réception » est en interface avec la circulation extérieure aux bâtiments.

On prend également en compte des secteurs extérieurs non liés directement aux circulations.

Cette étape globale conduit à définir une implantation générale (plan de masse) des principales entités de l'entreprise (secteurs) incluant le plan de circulation générale extérieure aux bâtiments.

■ **2^e étape** : plus détaillée, elle consiste à définir les circulations et les implantations à l'intérieur du bâtiment. On considère alors tous les secteurs intérieurs participant aux flux des matières et aux circulations en y incluant les secteurs « intérieurs » définis dans la première étape comme étant les interfaces avec l'extérieur des bâtiments.

De même, on prend en compte les secteurs non liés directement aux mouvements matières (services supports à la fabrication, services administratifs...).

Deuxième méthode en une seule étape

La méthode traite en une seule étape les deux types de circulation intérieure et extérieure, les mouvements matières ainsi que les implantations.

Dans la suite du document, il est présenté cette **seconde méthode** sachant que l'application de la première méthode peut s'y référer au niveau de la méthodologie et des outils utilisés.

Démarche de conception

3

La démarche consiste à prendre en compte tout au long du projet de conception la prévention des risques professionnels en même temps que l'organisation de la production et des circulations afin de rechercher la performance globale de l'entreprise (productivité, qualité, santé et sécurité).

La méthode appliquée dès la phase de définition du cahier des charges du projet est basée sur une approche participative regroupant diverses disciplines ou compétences :

- internes à l'entreprise (production, logistique, santé et sécurité, CHSCT...);
- externes à l'entreprise (ergonomie, ingénierie logistique, préventeurs...).

L'approche est globale et différents critères sont à prendre en compte simultanément :

- critère de productivité en organisant la circulation et les flux des matières de manière à minimiser les coûts des opérations de transport-manutention sans véritable valeur ajoutée ;
- critère de qualité par une implantation de la fabrication réduisant les manutentions des produits et évitant de dégrader la qualité à cause, par exemple, de secteurs de fabrication polluants ;
- critère de santé et de sécurité de façon à réduire la pénibilité des opérations de transport-manutention (choix des moyens matériels) et éviter les risques pour le personnel liés aux ambiances physiques (bruit, thermique...), chimiques (pollutions spécifiques) ou autres.

Cette approche multicritère menée avec les différents acteurs aux compétences variées conduit à évaluer les avantages et les inconvénients de diverses solutions.

Ce processus itératif de recherche d'une « bonne solution » permet de valider les choix effectués, de communiquer entre toutes les parties prenantes et de faire en sorte que le projet soit accepté et compris par les futurs utilisateurs.

Synthèse de la méthode

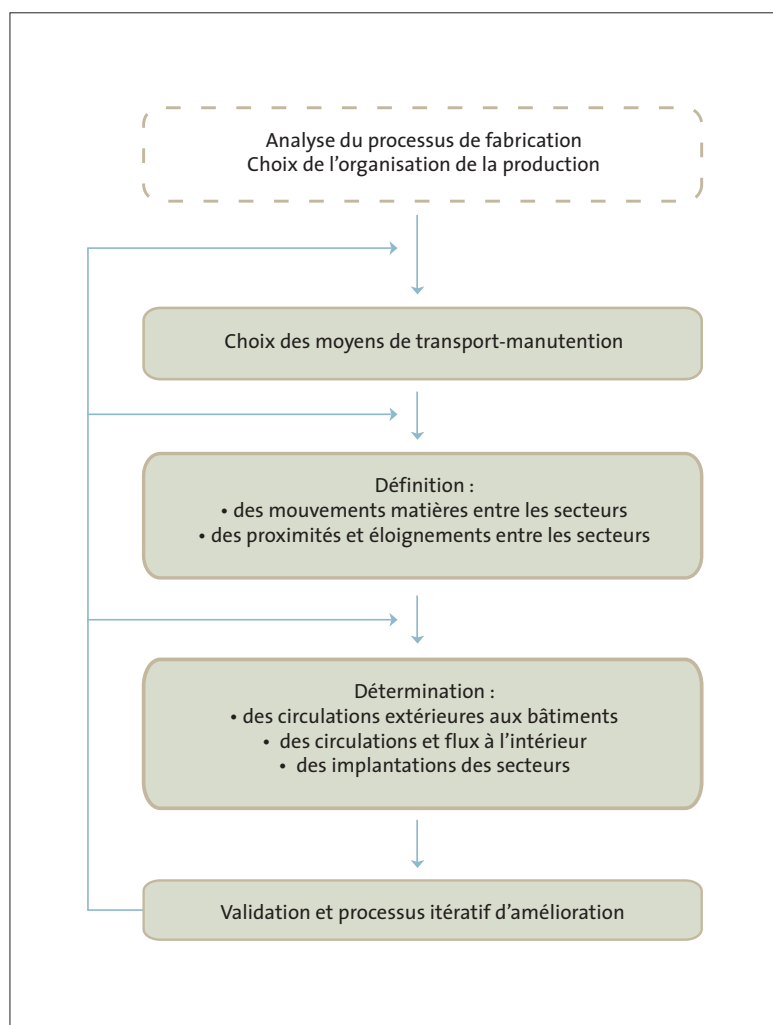


Figure 3.1

Le choix du processus de fabrication et de l'organisation de la production est supposé avoir été défini au préalable avant d'aborder le projet proprement dit de l'organisation des circulations, des flux et des implantations.

Cette phase symbolisée par la zone en pointillés de la figure 3.1 n'est donc pas présentée dans ce document.

4.1 Choix des moyens de transport-manutention

BIBLIOGRAPHIE

[1] Les chariots automoteurs de manutention. Critères pour le choix et l'utilisation. INRS, ED 812, 2002.

Le choix des moyens de transport-manutention dépend de plusieurs critères :

- de la nature (masse, volume...) des charges transportées (palettes, conteneurs, paquets, bacs, vrac...) ;
- des opérations réalisées : déchargement, chargement de camions, transport des matières au cours du processus de fabrication, type de stockage... ;
- de la fréquence des mouvements effectués sur une période donnée ;
- des estimations des distances à parcourir ;
- de la hauteur de prise ou de dépose de la charge (par exemple, pour le stockage en hauteur) ;
- du critère économique : coût du moyen de transport (coût de cycle de vie : investissement initial, amortissement, maintenance, exploitation...), coût de l'opérateur/conducteur (voir bibliographie [1]).

Pour prendre en compte ces critères, il est nécessaire de définir les secteurs (postes de charge, postes de travail, machines, stockages...) impliqués dans les mouvements matières.

En fonction des critères précédents comme le type d'organisation de la fabrication, les estimations des fréquences des mouvements matières entre les secteurs, les coûts, les risques professionnels..., on choisit les moyens de transport-manutention satisfaisant au mieux ces critères.

À ce stade, les moyens de transport choisis sont les plus rationnels par rapport à des critères techniques, économiques et ceux concernant la santé et sécurité au travail (SST). La capacité (le nombre) de chaque type de moyens de transport-manutention est supposée suffisante.

Après l'implantation des secteurs et la détermination des circulations, on peut calculer les distances réelles à parcourir par les moyens de transport-manutention et donc la charge de travail correspondante. On en déduit alors les besoins réels de chaque type de transport.

Compte tenu de contraintes, économiques par exemple, on pourra être amené à modifier le choix initial de ces moyens de transport.

Lors du choix, il est tenu compte également de la flexibilité des moyens de transport par rapport aux évolutions possibles de la production (par exemple, dans le cas d'une extension). À titre d'exemple, on peut dire qu'un convoyeur au sol est moins flexible que des chariots automoteurs.

Les représentations graphiques des figures 4.1 et 4.2 peuvent aider au choix des moyens de transport-manutention. Elles sont basées sur les fréquences, les quantités à transporter par période (généralement l'année à venir), l'encombrement ou le volume des produits, le type d'organisation de la production.

- Pour le déchargement ou le chargement des camions vers la zone de réception ou d'expédition, on choisit des transpalettes électriques à conducteur à pied.
- Pour le stockage et le déstockage des matières et des produits finis et la distribution vers les postes de travail, on choisit des chariots élévateurs à conducteur assis.
- Pour le transport des matières et sous-ensembles tout au long du processus de fabrication, on choisit des transpalettes électriques à conducteur porté.

Ultérieurement, une fois que l'implantation des secteurs sera réalisée, on vérifiera que certains éléments sont bien respectés par rapport aux risques SST, tels que :

- les trajets à parcourir par les opérateurs à pied sont inférieurs à 30 m si l'opérateur effectue plusieurs heures de manutention par jour (voir bibliographie [1]) ;
- la co-activité est autant que possible évitée entre les transpalettes électriques et les chariots élévateurs.

Si certains de ces critères ne sont pas respectés, on pourra être amené à revoir les choix initiaux (voir § 4.4.1).

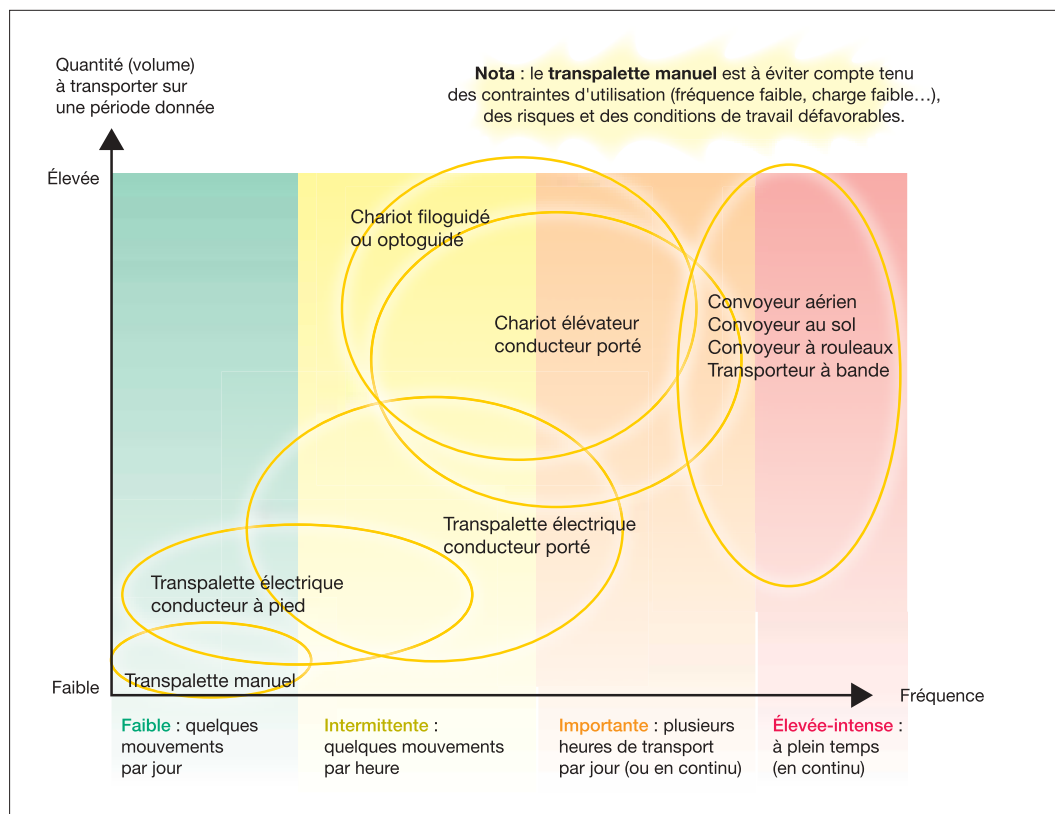


Figure 4.1

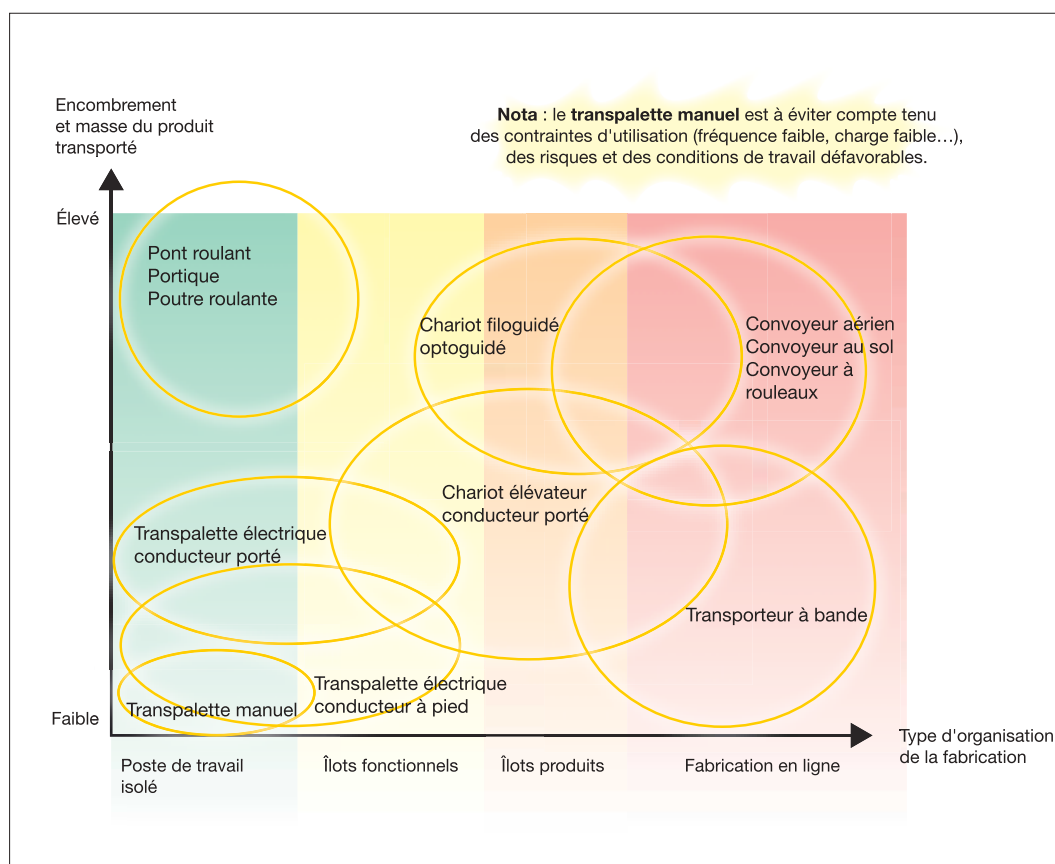


Figure 4.2

4.2 Définition des mouvements matières, des proximités et des éloignements entre les secteurs

4.2.1 Calcul des mouvements matières

Le calcul s'effectue sur une période de temps, généralement l'année à venir, et trois méthodes sont possibles

1^{re} méthode : calcul réalisé à partir du système de gestion de production de l'entreprise en se basant sur :

- le programme prévisionnel de production des familles de produits finis ;
- la nomenclature des produits et les gammes de fabrication faisant intervenir les secteurs ;
- les moyens de transport-manutention retenus à l'étape précédente (voir § 4.1).

Comme résultats, on obtient les nombres de mouvements matières entre les secteurs sur une période donnée en tenant compte des moyens de transport-manutention choisis précédemment.

2^e méthode : méthode de calcul des mouvements matières en utilisant un tableur (voir annexe B).

3^e méthode : elle est moins précise et repose sur une estimation des flux par comparaison au flux le plus grand existant entre deux secteurs. Ce flux est pris pour base 100 et tous les autres flux sont évalués (ou « estimés ») en pourcentage par rapport à cette base 100.

Les mouvements matières ainsi calculés (ou estimés) selon une des trois méthodes concernent essentiellement les flux liés au processus de fabrication à l'intérieur des locaux de l'entreprise.

Pour les mouvements extérieurs aux bâtiments, tels que les mouvements des camions approvisionnant les matières ou évacuant les produits finis, on prendra ceux-ci en compte en choisissant plutôt des degrés de proximité entre les secteurs proportionnels à l'importance des flux entre ces secteurs (voir § 4.2.2). Par exemple, on définit une proximité « absolument nécessaire » pour les flux très importants entre deux secteurs (classe A de la méthode A, B, C ou de Pareto), une proximité « très importante » pour les flux « moyens » (classe B) et enfin une proximité « importante » pour les derniers flux (classe C).

4.2.2 Définition des proximités et des éloignements entre les secteurs de l'entreprise

Indépendamment de la possibilité de prendre en compte les flux matières des secteurs « extérieurs » de manière qualitative grâce aux proximités (voir § 4.2.1), il est défini les proximités ou les éloignements souhaités entre les secteurs tenant compte de critères comme les risques liés à la circulation ou aux ambiances physiques et chimiques.

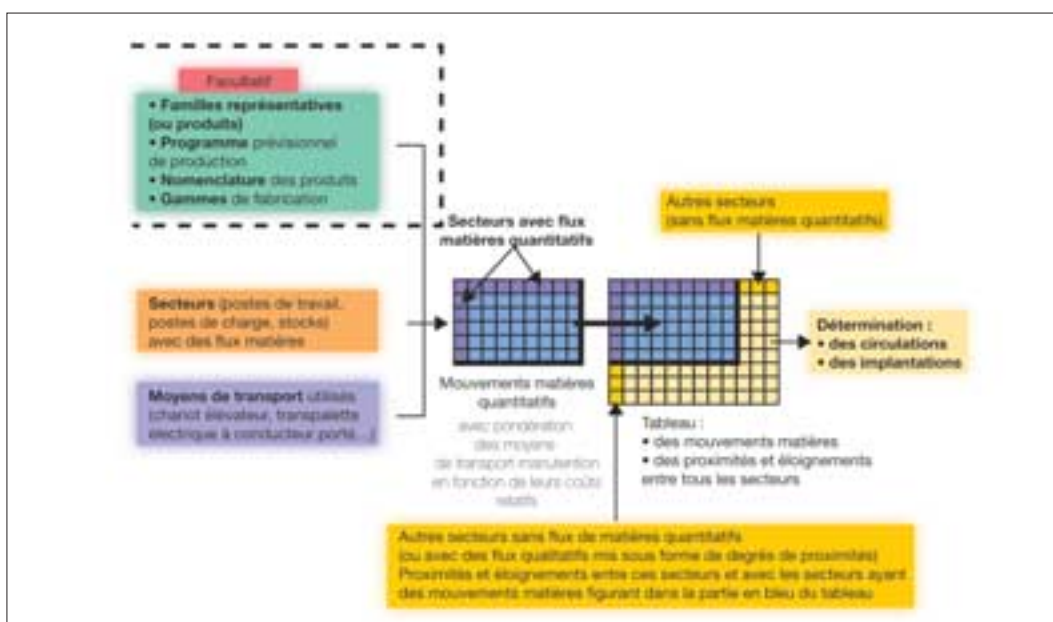


Figure 4.3

Par exemple :

- deux secteurs tels que le secteur « cabine de peinture » et le secteur « traitement des effluents » seront en proximité « très importante » pour des raisons de flux des produits concernés ;

- deux secteurs tels que le secteur « stockage des produits chimiques » et le secteur « montage », celui-ci ayant beaucoup d'opérateurs, seront en éloignement « absolument nécessaire » à cause des risques chimiques et d'incendie/explosion.

La figure 4.3 donne une synthèse du tableau des données de flux, de proximité et d'éloignement entre tous les secteurs représentatifs de l'entreprise.

4.2.3 Exemple utilisé pour une description de la méthode

La méthode est décrite dans la suite du document à l'aide de l'exemple ci-dessous.

L'entreprise comprend 33 secteurs :

- 12 secteurs avec des mouvements matières ;
- 5 secteurs « intérieurs » sans mouvements matières ;
- 16 secteurs « extérieurs » au bâtiment.

Les 12 secteurs avec des mouvements matières sont les suivants :

- 6 secteurs de fabrication « postes de charges » : PC1, PC2, PC3, PC4, PC5, PC6 ;

- 2 secteurs « réception » (RÉCEP.) et « expédition » (EXPÉD.) ;

- 4 secteurs de stockage : matières premières (SMP), semi-finis (SSF), composants (SC), produits finis (SPF).

Les 5 secteurs « intérieurs » au bâtiment et sans flux matières sont : le local de stockage des produits chimiques, le local de charge des batteries des chariots automoteurs, le local technique, l'atelier outillage et le stock des outils.

Les 16 secteurs « extérieurs » comprennent : l'administration, les locaux sociaux, les vestiaires, l'accueil des chauffeurs, le poste d'entrée sur le site, les quais de déchargement, les quais de chargement, les bennes à déchets, l'entrée-sortie des véhicules légers (VL) et des piétons, le parking des VL, l'entrée des poids lourds (PL), le parking des PL, le pont bascule des PL en entrée, le pont bascule des PL en sortie, la sortie des PL et la route d'accès.

Secteurs	Surface en m2	PC1	PC2	PC4	PC5	PC6	SC	SPF	EXPÉD.	PC3	RÉCEP.	SMP	SSF	Batteries	Local chimique	Outillage	Local technique	Stock outils	Quai réception	Quai expédition	Entrée	...	Administration
PC1	200				1 275																		
PC2	300	600			1 200																		
PC4	250				300				900														
PC5	400	600			300							780											
PC6	200								300			780											
SC	200		195						195														
SPF	150							1 560															
EXPÉD.	100																						
PC3	250	600			300	1 560																	
RÉCEP.	100					390					2 730												
SMP	200	585	780	1 170					195														
SSF	200			780	780				780														
Charge batteries	50	ETI							EAN					EAN									
Local chimique	80		ETI						EAN														
Atelier outillage	100															PTI	PAN						
Local technique	150			PTI	PAN																		
Stock outils	150					PTI				PAN													
Quai réception	100										PAN												
Quai expédition	100								PAN														
Poste entrée	10																						
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Administration	300													ETI	ETI								

PAN = Proximité absolument nécessaire

PTI = Proximité très importante

PI = Proximité importante

EAN = Éloignement absolument nécessaire

ETI = Éloignement très important

Figure 4.4

Les mouvements matières, les proximités et les éloignements entre les secteurs sont donnés dans le tableau de la figure 4.4 (extrait du tableau complet des données de l'exemple).

Le tableau se lit en ligne : par exemple, le nombre de mouvements matières de PC2 vers PC5 est égal à 1 200 et le nombre de mouvements matières de PC5 vers PC2 est égal à 600 (existence d'un flux dans les deux sens entre ces deux secteurs). Autre exemple : entre le « stock outils » et le secteur PC3 (atelier mécanique) où sont montés ces outils, on lit « proximité absolument nécessaire » (PAN).

4.2.4 Évaluation des besoins en surfaces des secteurs

L'évaluation des besoins en surfaces des secteurs tient compte des allées secondaires à l'intérieur du secteur mais pas des allées principales de circulation qui seront positionnées ultérieurement, une fois définie l'implantation des secteurs encore inconnue à ce stade du projet.

La surface d'un secteur comprend la surface de la ou des machines, la surface de travail du ou des opérateurs en position fixe, la surface d'évolution ou de déplacement de l'opérateur et les allées secondaires, le stock en amont de la machine, le stock en aval de la machine, les zones pour les accès maintenance.

À titre d'exemple, la figure 4.5 montre les éléments constitutifs de la surface du secteur « S1 » comprenant trois machines conduites par trois opérateurs.

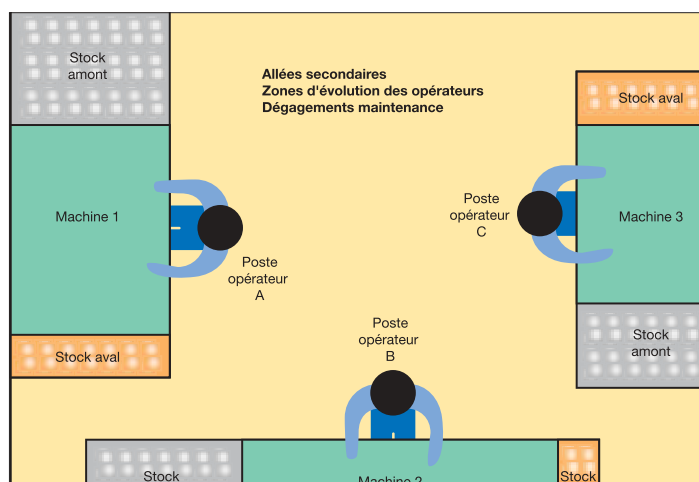


Figure 4.5

4.3 Détermination des circulations et des implantations

4.3.1 Minimisation des coûts des mouvements matières et optimisation des proximités et éloignements

À partir du tableau des données des mouvements matières, des proximités/éloignements et des besoins en surfaces des secteurs (figure 4.4), on définit une organisation de la circulation et des mouvements matières, ainsi qu'une esquisse d'implantation cherchant à minimiser les coûts de transport-manutention et satisfaisant « au mieux » les critères de proximité et d'éloignement entre les secteurs.

On peut utiliser pour cette détermination l'outil logiciel Mecoltra-Implantation ou une méthode manuelle utilisant les outils bureautique « tableau et PowerPoint » (voir annexe C).

Le logiciel Mecoltra et la documentation seront disponibles sur CD-ROM courant 2007 (pour son utilisation, contacter le service Prévention de la CRAM de votre région).

Lors de l'utilisation de ces outils, on tient compte également :

- des préconisations figurant dans la brochure *La circulation en entreprise*, INRS, ED 975 ;
- des contraintes particulières relatives à l'environnement du site de l'entreprise.

À titre d'exemple, on peut citer :

- les accès routiers, les contraintes par rapport à l'environnement et l'orientation géographique du bâtiment en relation avec l'éclairage naturel et les effets thermiques solaires ;
- la circulation des camions en sens unique anti-horaire avec mise à quai à main gauche ;
- l'accès des véhicules de lutte contre l'incendie sur la périphérie des installations ;
- la séparation autant que possible entre les entrées/sorties (E/S) des PL, les E/S des VL et les E/S des piétons (et même la séparation entre l'entrée et la sortie pour les PL ou les VL) ;
- les ponts bascules en entrée et en sortie ; etc.

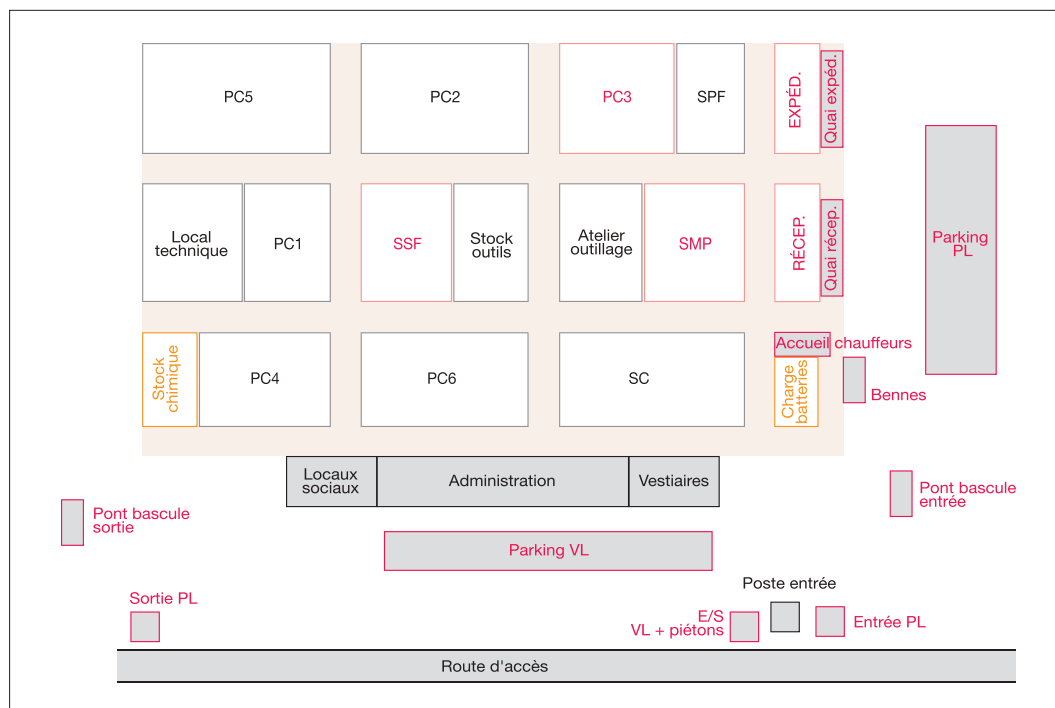


Figure 4.6

À titre d'exemple, on obtient un schéma du type de celui de la figure 4.6

Le schéma est à l'échelle pour les surfaces des secteurs « intérieurs » et « extérieurs », mais pas pour la position des secteurs « extérieurs », de façon à avoir un graphique de taille réduite. Cette remarque est valable par la suite pour tous les schémas d'implantation.

Sur le schéma d'implantation, on peut tracer les mouvements matières du tableau de la figure 4.4 avec des épaisseurs de trait proportionnelles à ces mouvements et différenciés suivant le mode de transport-manutention utilisé ; on obtient alors le schéma de la figure 4.7. Au vu de ces mouvements, la position de certains secteurs peut être modifiée à cause, par exemple, de croisements de flux trop importants.

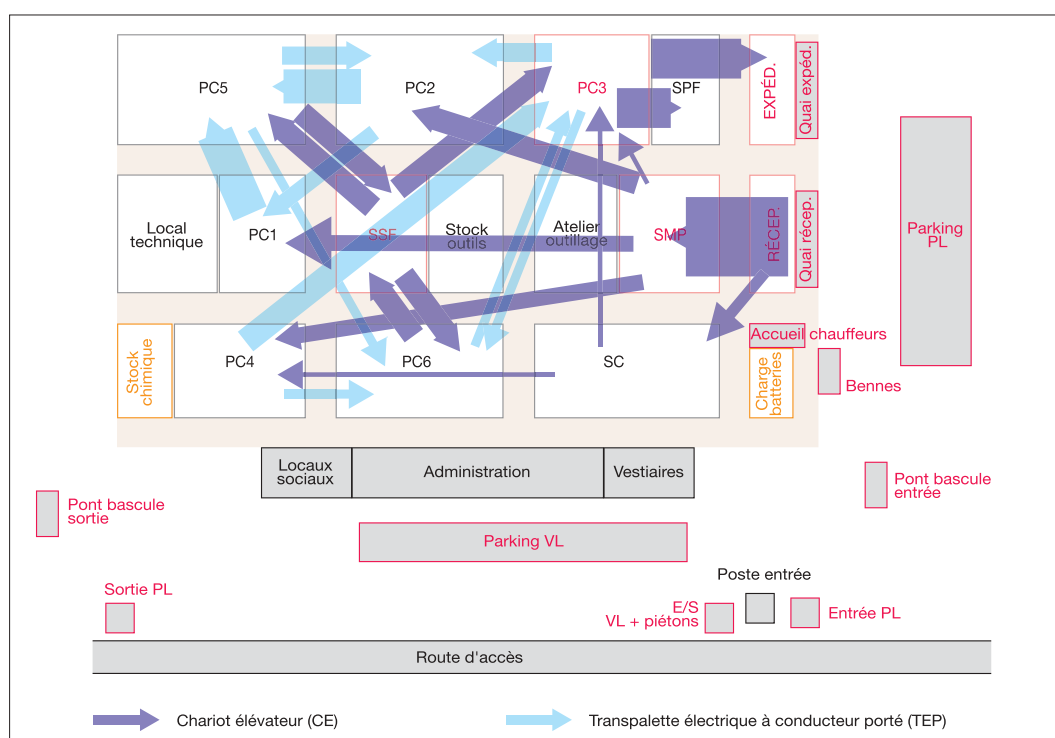


Figure 4.7

Tableau 1

	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 deux engins ou largeur des deux 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 m pour faire un demi-tour continu	6,50 m en ligne droite

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

4.3.2 Implantation des allées principales de circulation à l'intérieur du bâtiment

Les allées principales de circulation à l'intérieur du bâtiment sont positionnées en respectant les contraintes de largeur suivant les types de moyens de transport-manutention utilisés (voir tableau 1). D'autre part, les allées tiennent compte de la nécessité de définir les portes d'entrée et de sortie du

bâtiment. Ces éléments conduisent éventuellement à modifier des secteurs (position ou/et les rapports X/Y caractérisant les surfaces) (voir figure 4.8). On veillera à ce que le rapport entre les longueurs (X) (en horizontal sur la figure) et les largeurs (Y) (en vertical sur la figure) de la surface du secteur respecte une limite (par exemple, un rapport X/Y ou Y/X de 1 à 8 au maximum) de façon à ne pas avoir des secteurs tout en longueur ou tout en largeur.

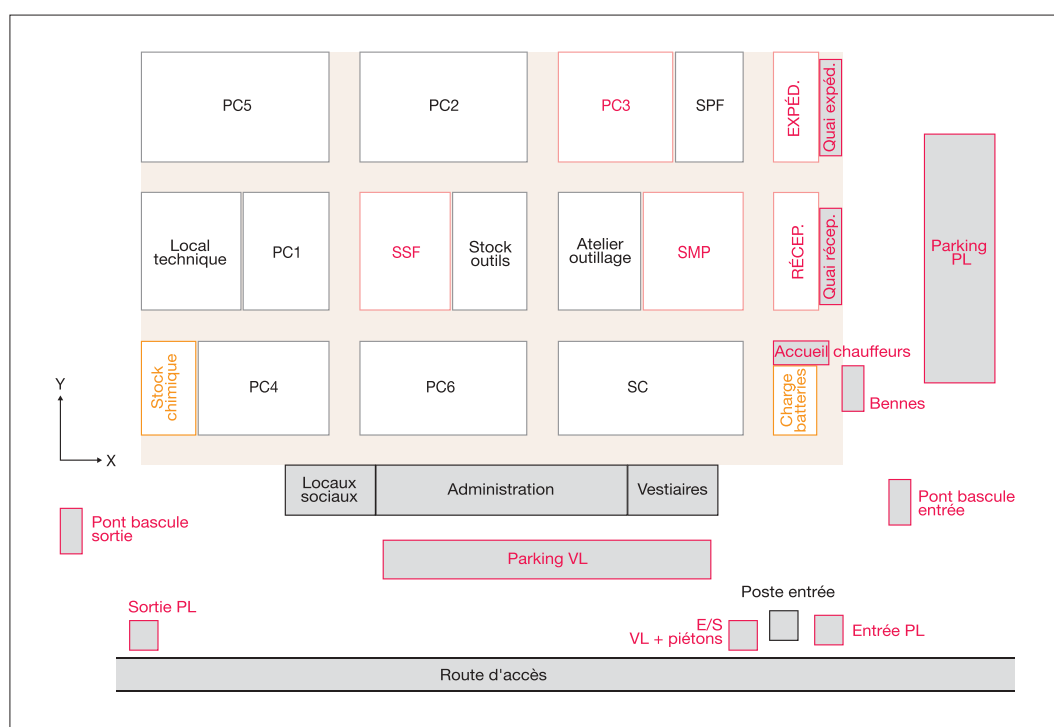


Figure 4.8

4.3.3 Optimisation de l'organisation de la circulation à l'extérieur des bâtiments

Le schéma de la figure 4.8 est complété en précisant les éléments de circulation extérieure aux bâtiments comme des aires suffisantes pour les manœuvres des camions, les rayons de giration, les surfaces des parkings... À titre d'exemple, la figure 4.9 donne les dimensions pour les aires de stationnement des PL (voir les préconisations de l'ouvrage ED 975).

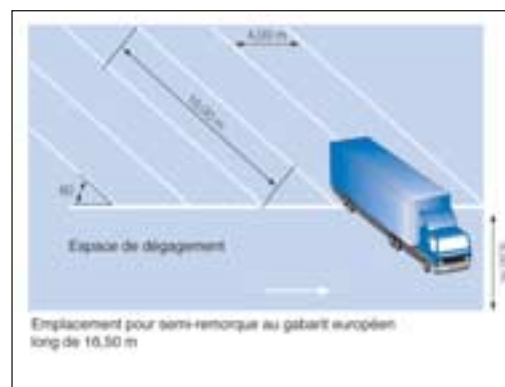


Figure 4.9

La figure 4.10 présente un premier projet d'organisation des circulations et des flux aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur des bâtiments.

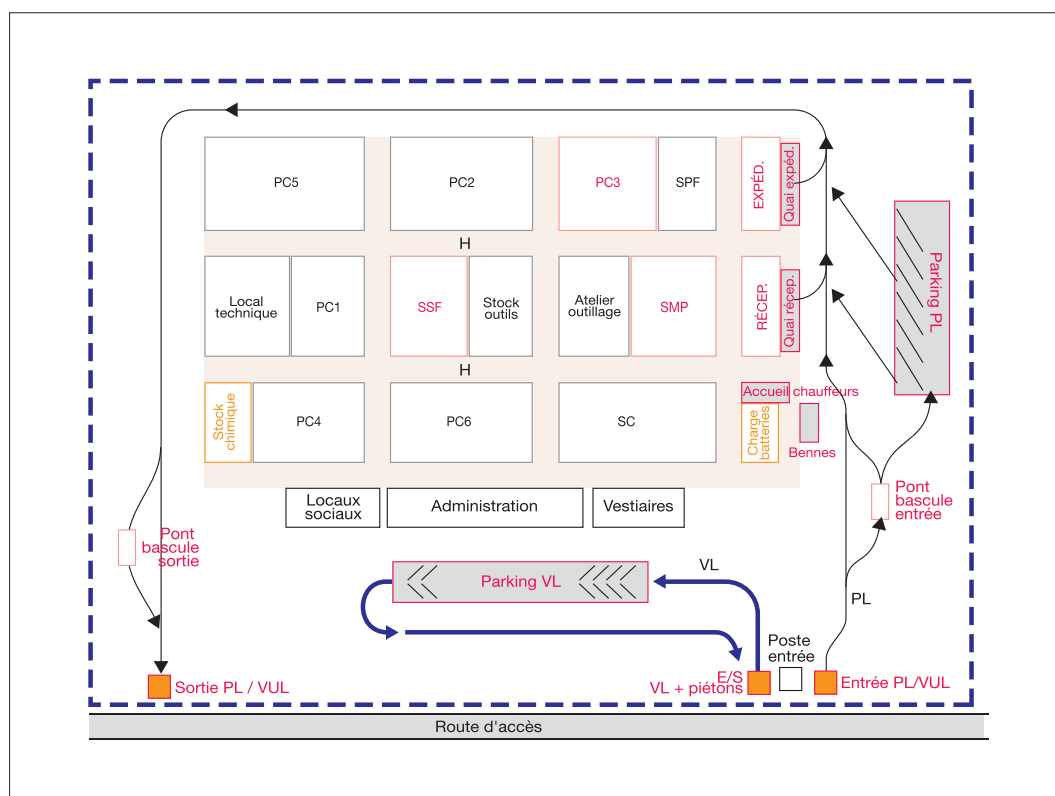


Figure 4.10

4.4 Validation et amélioration du projet selon un processus itératif

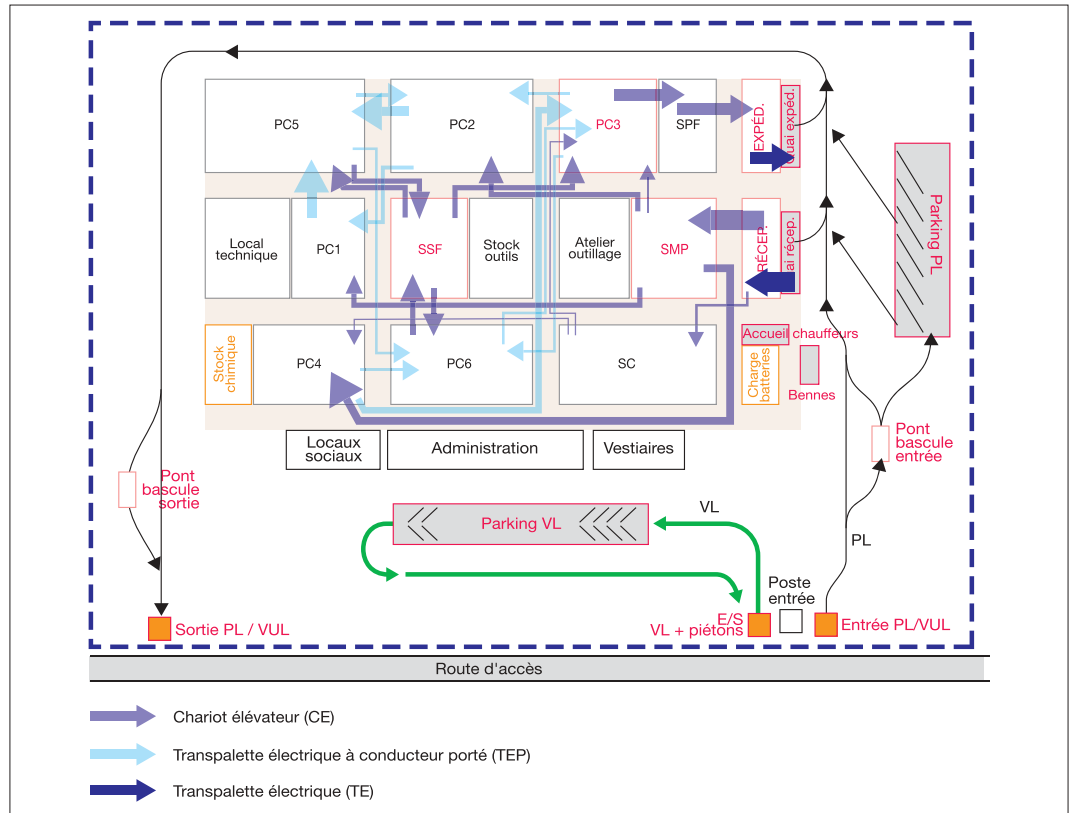


Figure 4.11

Les allées principales de circulation étant positionnées, on peut tracer les mouvements réels des matières avec les différents types de moyens de transport-manutention empruntant les allées (voir figure 4.11). On vérifie alors que les risques dus à la circulation, aux ambiances physiques (bruit...) et chimiques sont pris en compte. L'examen graphique des mouvements dans les allées avec les différents moyens de transport-manutention et l'intensité de ces mouvements peut donc conduire à revoir le choix de certains moyens de transport ou l'implantation de certains secteurs.

4.4.1 Validation par rapport aux choix des moyens de transport-manutention

Dans l'exemple de la figure 4.11, on constate une co-activité et un nombre de croisements importants, créant des risques entre les chariots élévateurs et les transpalettes électriques à conducteur porté. En conséquence, on décide de conserver des chariots élévateurs pour le stockage et le déstockage dans les quatre stocks (SMP, SC, SSF, SPF), mais

de ne pas effectuer la distribution vers les postes de travail (PC1 à PC6) avec ces chariots.

On choisit de réaliser la distribution vers les postes de travail avec des transpalettes électriques (TEP) ainsi que les entrées en stocks à partir des postes de travail.

Le calcul de charge montre qu'un seul chariot élévateur est suffisant pour le stockage ou le déstockage dans le stock semi-finis (SSF). Ce chariot élévateur est donc affecté à ce stock. La palette est déstockée par le chariot élévateur, déposée sur une zone et reprise par le TEP pour approvisionner les postes.

De la même façon, les palettes entrantes en stock sont mises sur une zone de dépose par les TEP et reprises ensuite par le chariot élévateur pour être stockées en hauteur.

Les deux autres chariots élévateurs banalisés sont affectés au stock matières premières (SMP), au stock composants (SC) et au stock produits finis (SPF).

Avec cette modification dans le choix des moyens de transport-manutention, on obtient un nouveau schéma (voir figure 4.12).

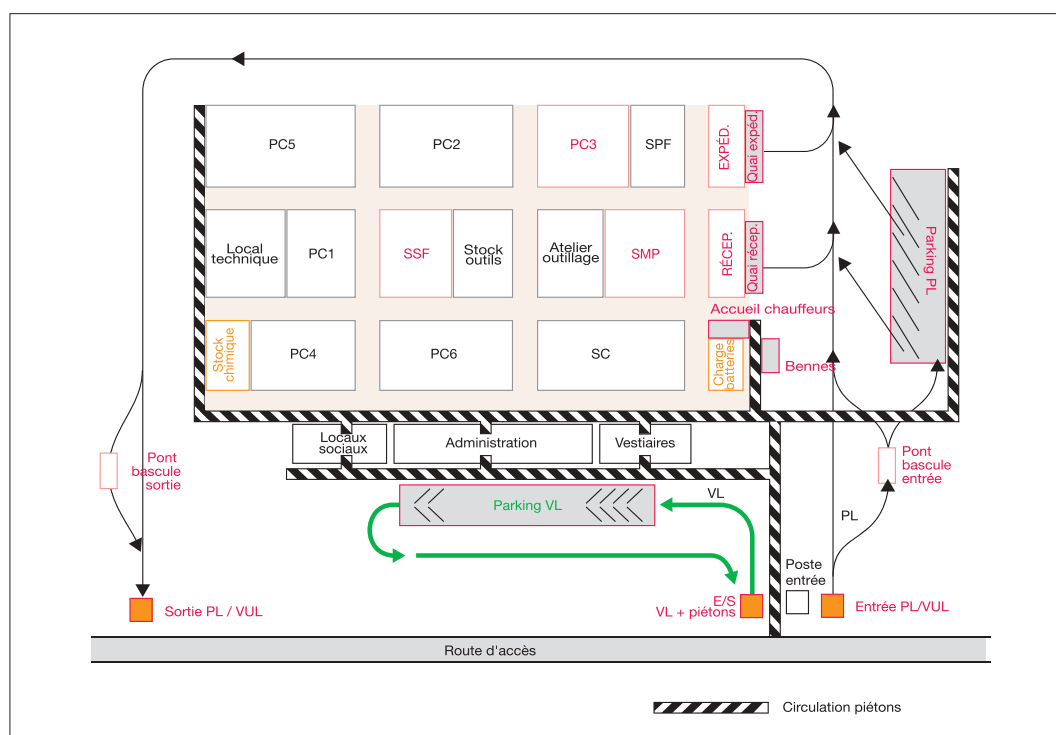


Figure 4.13

Lorsque des risques résiduels sont mis en évidence après une évaluation des risques, un arbitrage peut être réalisé par un travail de groupe pour trouver des solutions satisfaisantes dans le cadre, par exemple, d'une analyse « coût – bénéfice » de ces différentes solutions.

De manière plus large, il est indispensable de communiquer et de faire participer les futurs utilisateurs tout au long du projet sur les différentes solutions d'organisation possibles (implantation, voies de circulation...) et d'obtenir ainsi leurs remarques sur les avantages et les inconvénients de telle ou telle solution ainsi que leurs propositions d'amélioration.

Une manière de procéder est de créer des groupes de travail et de proposition sur des points précis du projet (groupe sur la circulation des camions et véhicules, groupe sur la circulation des piétons à l'intérieur...).

En effet, il est indispensable de tenir compte de l'expérience des personnes de terrain qui intègrent des éléments difficilement quantifiables ou difficiles à connaître par des personnes non directement impliquées dans les activités quotidiennes liées au transport et à la manutention.

Cette démarche participative est d'autant plus importante que le processus même de construction d'une « bonne » solution est itératif.

Plutôt que de rechercher une solution qui serait « optimale » par rapport à différents critères, ceci seulement sur une période d'une à deux années, on recherche une « bonne » solution que l'on améliore pas à pas et qui soit acceptable sur les plans :

- de la performance de l'entreprise (productivité, qualité) ;
- de la maîtrise des risques professionnels.

Cette solution étant comprise et acceptée du fait de la participation et de la contribution des futurs utilisateurs.

Remarque

La méthode exposée dans ce document est utilisée pour les phases de définition du cahier des charges (programmation) et pour l'avant-projet sommaire (APS).

Pour la phase ultérieure de l'avant-projet définitif (APD), on se reportera aux préconisations détaillées figurant dans la brochure *La circulation en entreprise*, INRS, ED 975.

Annexe A. Description de l'exemple

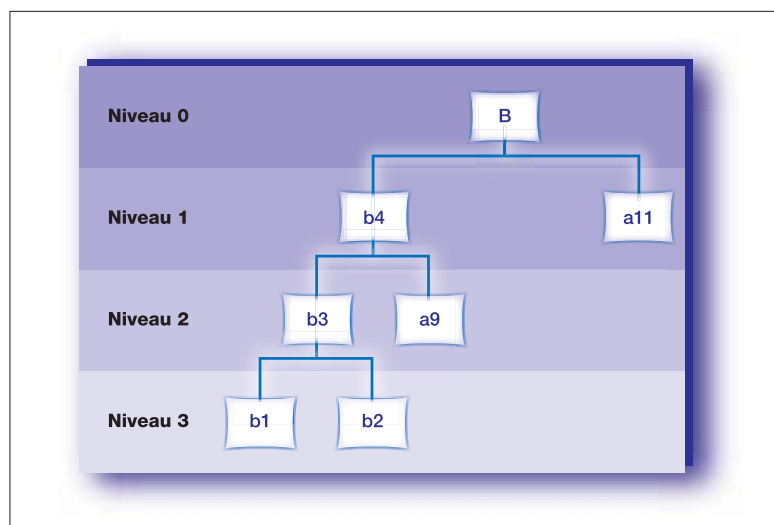


Figure A.1

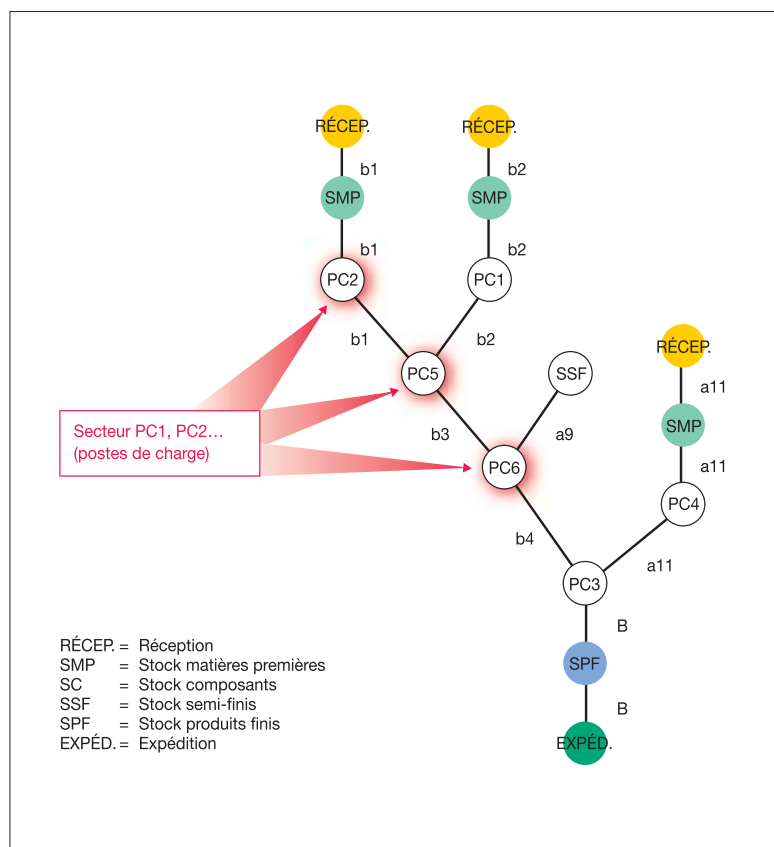


Figure A.2

La production comporte deux familles de produits A et B.

Les matières, composants (pièces achetées) et en-cours de fabrication entrant dans la constitution des produits des familles A et B, sont fournis par la structure arborescente des familles (nomenclature produits).

La figure A1 décrit graphiquement la structure des produits de la famille B.

La nomenclature de fabrication (gammes) des familles de produits indique le cheminement des produits lors de leur élaboration sur les différents secteurs (postes de charge).

La figure A2 montre un schéma de principe de l'enchaînement des opérations de fabrication des produits de la famille B.

On trouve la succession des opérations réalisées sur les différents secteurs (PC1, PC2, PC3, PC4, PC5, PC6) avec les désignations des matières, des composants et des en-cours concernés par ces opérations. De même, le schéma montre les mouvements matières entre les différents secteurs (postes de charge, stockages...).

Annexe B. Exemple de calcul des mouvements matières

Le calcul des mouvements matières est réalisé généralement grâce au système de gestion de production de l'entreprise. Il est réalisé à partir du programme prévisionnel de production, de la nomenclature produits, des gammes de fabrication et du choix des moyens de transport-manutention utilisés (voir annexe A et § 4.2.1).

La figure B1, donnée à titre d'exemple, explicite le principe de calcul des mouvements matières en utilisant un tableau.

La colonne 6 indique le moyen de transport-manutention utilisé pour réaliser le transport du produit du secteur « origines » (colonne 4) au secteur « destinataires » (colonne 5).

La colonne 7 donne le nombre de produits transportés lors de chaque mouvement.

La colonne 8 est un résultat de calcul et représente le nombre réel de mouvements matières.

La colonne 9 représente le nombre relatif de mouvements matières en choisissant pour base le coût d'un des moyens de transport.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Désignation produit	Programme production	Désignation composants/ sous-ensemble	Secteur ou poste (charge) origines	Secteur ou poste (charge) destinaires	Moyen manutention	Quantité manutention	Nombre réel mouvements matières (calcul)	Nombre relatif mouvements matières (calcul)
Produit A	15 000	a1	RÉCEP.	SMP	CE	100	150	195
		a1	SMP	PC1	CE	100	150	195
		a2	PC1	PC5	TEP	50	300	300
		b1	RÉCEP.	SMP	CE	50	300	390
		...	...	...	...	...	...	...
		i1	RÉCEP.	SMP	CE	50	300	390
		i1	SMP	PC4	CE	50	300	390
		i2	PC4	PC3	TEP	25	600	600
		A	PC3	SPF	CE	25	600	780
		A	SPF	EXPÉD.	CE	25	600	780
Produit B	30 000	b1	RÉCEP.	SMP	CE	100	300	390
		b1	SMP	PC2	CE	100	300	390
		...	...	...	...	...	...	...
		a11	PC4	PC3	TEP	100	300	300
		B	PC3	SPF	CE	50	600	780
		B	SPF	EXPÉD.	CE	50	600	780
Sous-ensemble g	15 000	x1	RÉCEP.	SC	CE	100	150	195
		x1	SC	PC4	CE	100	150	195
		x2	PC4	PC6	TEP	50	300	300
		y1	RÉCEP.	SC	CE	100	150	195
		y1	SC	PC3	CE	100	150	195
		y2	PC3	PC6	TEP	50	300	300
		g	PC6	SSF	CE	25	600	780
							7 200	8 820

Figure B.1

Dans l'exemple, le coût du transpalette électrique à conducteur porté (TEP) a été pris pour base. Le coût du chariot élévateur (CE) est alors exprimé par rapport au coût du transpalette électrique. Dans l'exemple, on a estimé que le coût du chariot élévateur est 1,3 fois plus coûteux (30 %) que le coût du transpalette électrique à conducteur porté, ceci par unité de longueur et en tenant compte de tous les coûts : investissement initial et amortissement, exploitation, conducteur, durée de vie du matériel, maintenance...

(Les mêmes tâches ne peuvent être réalisées par le chariot élévateur ou le transpalette, par exemple le stockage en hauteur, d'où des choix spécifiques suivant les tâches à réaliser et les risques inhérents aux différents moyens de transport).

La méthode de détermination des circulations repose sur plusieurs critères dont celui du critère de minimisation des coûts de transport-manutention. Il faut également prendre en compte les risques

professionnels que l'on cherche à minimiser par l'intermédiaire du choix des moyens de manutention, des proximités et des éloignements entre les secteurs.

Une façon simple de minimiser les coûts des mouvements matières avec des moyens de transport de coûts différents est de les exprimer en fonction du coût d'un moyen de transport unique pris pour base. La minimisation des coûts revient alors à minimiser les distances parcourues par les moyens de transport-manutention.

Les résultats de la figure B1 (colonnes 4, 5, 6, 9) sont triés et regroupés en fonction des secteurs « origines » et « destinataires » des mouvements matières.

Ces valeurs de mouvements matières sont reportées dans le tableau des données de la figure 4.4 avec les proximités et les éloignements.

Annexe C. Exemple de détermination « manuelle » de la circulation intérieure aux bâtiments

Pour simplifier l'exemple, on ne prend en compte que les secteurs à l'intérieur du bâtiment, ces secteurs ayant des mouvements matières, des proximités et des éloignements. Le principe est le même pour la détermination de l'ensemble des circulations intérieures et extérieures. Cette détermination est réalisée en utilisant des outils bureautique (tableur et PowerPoint).

Détermination de l'ordre de priorité pour l'implantation des secteurs

À partir du tableau des données sur les mouvements matières, proximités et éloignements (figure 4.4), on calcule les valeurs « mixtes » pour prendre en compte simultanément des valeurs quantitatives (mouvements matières) et des valeurs qualitatives (proximités-éloignements). On classe ensuite les secteurs en fonction de l'importance de leurs liaisons avec les autres secteurs, puis on les implante suivant cet ordre de priorité.

(Voir *Implantation des espaces de travail* - Cahiers de notes documentaires n° 174. INRS, ND 2095, 1999. Téléchargeable sur le site www.inrs.fr)

Détermination de l'implantation fonctionnelle des secteurs

Les secteurs sont implantés sur un schéma en « nid d'abeille » (schéma hexagonal) en commençant par les secteurs avec des liaisons PAN (proximité absolument nécessaire), puis les secteurs PTI (proximité très importante), puis PI (proximité importante) (la structure en nid d'abeille est le masque de diapositive dans le logiciel de dessin PowerPoint).

Ces implantations tiennent compte autant que faire se peut des éloignements possibles entre ces secteurs.

Les secteurs restants avec des éloignements sont positionnés de façon à respecter les contraintes d'éloignement. Un exemple d'implantation fonctionnelle est donné figure C1. Plusieurs solutions sont possibles et, par itérations successives, on recherche une solution satisfaisante.

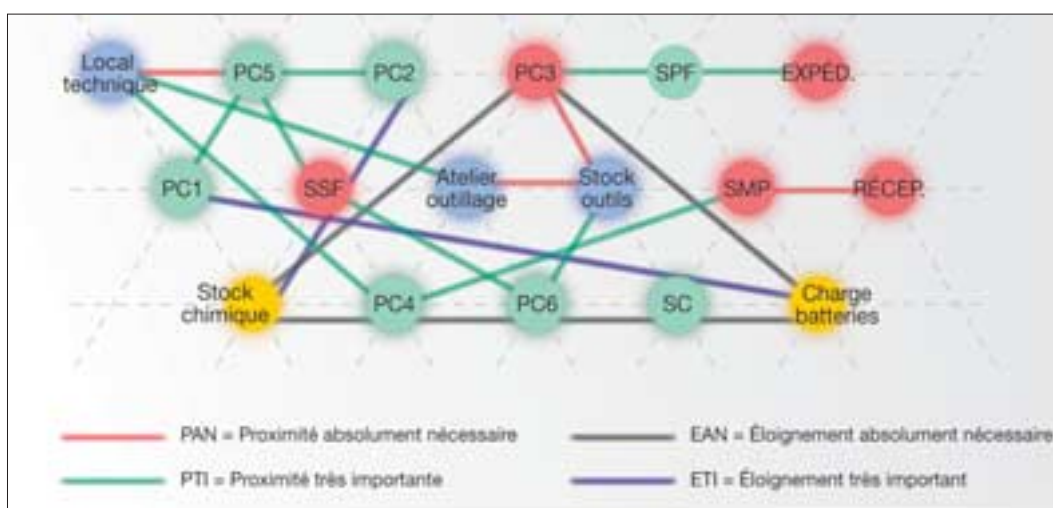


Figure C.1

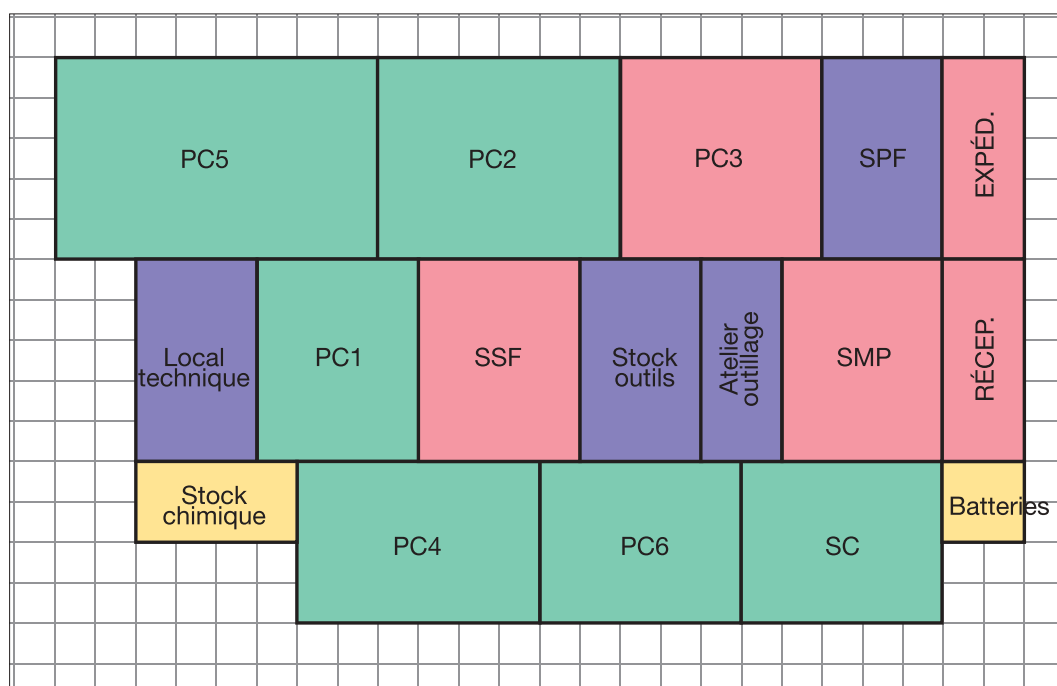


Figure C.2

Détermination de la circulation intérieure et de l'implantation des secteurs

Le schéma de la figure C1 est transcrit sur une grille dont la maille représente une surface élémentaire (par exemple 10 m²). Chaque secteur est représenté sur la grille proportionnellement à sa surface (la grille est le masque de la diapositive dans PowerPoint).

Les secteurs sont positionnés en lisant le schéma de la figure C1 soit horizontalement, soit selon les droites (en pointillés) inclinées à + 60° ou à - 60° car ces trois directions sont équivalentes dans une structure hexagonale (nid d'abeille).

Dans l'exemple, les secteurs sont positionnés en lisant horizontalement le schéma « fonctionnel ». La figure C2 est équivalente à la figure 4.6.

Cet exemple simplifié ne porte que sur les secteurs « intérieurs » du bâtiment, cependant la méthode est la même si l'on traite l'ensemble des secteurs (intérieurs et extérieurs) de l'entreprise.

Ainsi, après la réalisation de cette étape, on peut suivre la démarche présentée dans le paragraphe 4.3.1 :

- visualisation des mouvements matières et modifications éventuelles des implantations ;
- implantation des allées principales de circulation à l'intérieur du bâtiment ;
- optimisation de l'organisation de la circulation extérieure ;
- validation et amélioration du projet selon un processus itératif.

Pour commander les films (en prêt), les brochures et les affiches de l'INRS, adressez-vous au service prévention de votre CRAM ou CGSS.

Services prévention des CRAM

ALSACE-MOSELLE

(67 Bas-Rhin)
14 rue Adolphe-Seyboth
BP 10392
67010 Strasbourg cedex
tél. 03 88 14 33 00
fax 03 88 23 54 13
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 89 21 62 20
fax 03 89 21 62 21
www.cram-alsace-moselle.fr

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 00
fax 05 56 39 55 93
documentation.prevention@cramaquitaine.fr

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.cram@wanadoo.fr

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. 03 80 70 51 22
fax 03 80 70 51 73
prevention@cram-bfc.fr

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
www.cram-bretagne.fr

CENTRE

(18 Cher, 28 Eure-et-Loir, 36 Indre,
37 Indre-et-Loire, 41 Loir-et-Cher, 45 Loiret)
36 rue Xaintrailles
45033 Orléans cedex 1
tél. 02 38 81 50 00
fax 02 38 79 70 29
prev@cram-centre.fr

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 79 00 64
doc.tapr@cram-centreouest.fr

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

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@cram-lr.fr

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. 05 62 14 29 30
fax 05 62 14 26 92
doc.prev@cram-mp.fr

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@cram-nordest.fr

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 63 40
www.cram-nordpicardie.fr

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 21
fax 02 35 03 58 29
catherine.lefebvre@cram-normandie.fr
dominique.morice@cram-normandie.fr

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. 0821 100 110
fax 02 51 82 31 62
prevention@cram-pl.fr

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@cramra.fr

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@cram-sudest.fr

Services prévention des 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

GUYANE

Espace Turenne Radamonthe
Route de Raban, BP 7015
97307 Cayenne cedex
tél. 05 94 29 83 04
fax 05 94 29 83 01

LA RÉUNION

4 boulevard Doret
97405 Saint-Denis cedex
tél. 02 62 90 47 00
fax 02 62 90 47 01
prevention@cgss-reunion.fr

MARTINIQUE

Quartier Place-d'Armes
97210 Le Lamentin cedex 2
tél. 05 96 66 51 31
05 96 66 51 33
fax 05 96 51 81 54
prevention972@martinique.fr

L'organisation des circulations et des flux dans l'entreprise implique différents facteurs tels que le type de fonctions de l'entreprise, les véhicules de transport et moyens de manutention utilisés, les catégories de personnels concernés...

L'objet de ce document est de présenter une démarche pour la conception de ces circulations et flux matières prenant en compte les risques professionnels, tout en contribuant à assurer la performance industrielle de l'entreprise.



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 • e-mail : info@inrs.fr

Édition INRS ED 6002

1^{re} édition • avril 2007 • 5 000 ex • ISBN 978-2-7389-1458-3