



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

معهد الصيانة والأمن الصناعي

Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Polycopié de cours

Sécurité de génie des procédés

2^{ème} année Master

Sécurité Industrielle et Environnement

Dr. SERAT Fatima Zohra

Année universitaire : 2022-2023

Avant-Propos

Ce document est un support pédagogique du cours de sécurité de génie des procédés de nature fondamentale destiné aux étudiants de la deuxième année Master spécialité Sécurité Industrielle et Environnement.

La complexité et la diversité des situations abordées obligent l'étudiant et l'intervenant à adopter une vision globale ; de comprendre les processus de déclenchement, de développement et d'amplification des risques dans les industries quelle que soit leur nature ; acquérir des réflexes opérationnels de gestion des dangers. D'initier aux processus industriels spécifiques à la gestion des risques et de s'initier à des méthodes d'intervention pour prévenir les dangers et réagir de façon adéquate à ce type de situation.

L'étudiant est censé d'avoir une base de données et d'information dans les domaines de la chimie, physique, mécanique, électricité, électronique ainsi que des généralités sur la sécurité. La structure de ce polycopie est conforme au programme officiel du canevas de l'offre de la formation Hygiène et Sécurité Industriel.

Oran , le 11 Octobre 2022.

Liste des abréviations

ACD : Agent Chimique Dangereux

Btp : Bâtiment et Travaux Publics

CIRC : Centre International de Recherche sur le Cancer

CE : Marquage de Conformité Européenne

Cem : Compatibilité Électromagnétique

CO : Monoxyde de Carbone

CO₂ : Dioxyde de Carbone

dB : Décibel

DDR : Dispositif Différentiel à courant Résiduel

EDD : Etude De Danger

EDTA : Acide Ethylène Diamine Tétracétique

EPI : Équipement de Protection Individuelle

GPL : Gaz de Pétrole Liquéfié

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

HCL : Acide Chlorhydrique

H₂S : Hydrogène Sulfuré

INRS : Institut National de Recherche et de Sécurité

IR : Infrarouge

LES : Limite Supérieure d'Explosivité

LIE : Limite Inférieure d'Explosivité

NH₃ : Ammoniaque

PPM : Partie Par Million

TMD : Transport de Matières Dangereuses

TMS : Trouble Musculo-Squelettiques

TP : Travaux Public

Glossaire

Affections ostéo-articulaires et musculaires : sont généralement caractérisées par des douleurs (souvent persistantes) et des limitations de la mobilité, de la dextérité et du niveau global de fonctionnement, et réduisent donc la possibilité de travailler

Cataracte : se caractérise par une perte progressive de la vision qui, le plus souvent, affecte d'abord la vision de loin. Cette opacification de la lentille située à l'intérieur de l'œil met en général plusieurs années à s'avérer gênante : la personne devient légèrement myope et les couleurs apparaissent plus ternes

Cobalt : peut être responsable d'une toxicité locale (métallose, réaction d'hypersensibilité, tumeur bénigne) ou systémique (cardiomyopathie, polycythémie, hypothyroïdie, troubles neurologiques)

Directive sur la Compatibilité Électromagnétique (CEM) : La directive 2014/30/UE a remplacé la directive 2004/108/CE le 20 avril 2016 et il s'agit de la directive relative à la compatibilité électromagnétique des appareils électroniques. C'est la 3ème directive car le 15-12-2004, la directive 2004/108/CE a remplacé la précédente directive CEM 89/336/CEE. La directive actuelle poursuit les mêmes objectifs : garantir la libre circulation des appareils et installations électroniques et la création d'un environnement électromagnétique acceptable sur le territoire de la Communauté Européenne. Elle définit essentiellement les exigences et les critères à satisfaire avant d'appliquer le marquage CE.

Fumées d'oxydes métalliques : sont par ailleurs allergisantes et peuvent être à l'origine de véritables asthmes professionnels, urticaire, œdème de Quincke. Émettrices de nombreuses particules métalliques : l'inhalation de ces métaux peut provoquer asthme, pneumoconiose fibrogène, et aussi cancer broncho-pulmonaire.

Indice d'octane : est un paramètre pour évaluer la résistance d'auto-inflammation /Une qualité qui retarde l'apparition du cliquetis moteur, désignant une combustion anormale qui provoque une résonance de l'explosion sur les parois du piston et de la chambre de combustion.

Ischémie: Irrigation sanguine insuffisante d'un tissu ou d'un organe à la suite d'une baisse du débit cardiaque ou, plus souvent, d'une insuffisance du réseau artériel d'alimentation. Quelquefois également, en dehors de toute baisse du débit sanguin, l'ischémie peut être provoquée par un déficit en hémoglobine

Pneumonie : est une inflammation des poumons habituellement causée par une infection, mais également par des produits irritants.

Lombosciatique correspond à l'association d'une lombalgie et d'une névralgie du nerf sciatique. Elle se traduit par une douleur se manifestant dans le bas du dos et irradiant dans le membre inférieur. La lombosciatique aiguë est le plus souvent provoquée par une hernie discale mais d'autres causes existent.

Œdème du poumon : est une insuffisance ventriculaire gauche aiguë et grave avec hypertension veineuse pulmonaire et inondation alvéolaire. Cliniquement on observe une dyspnée importante, une transpiration, et parfois une expectoration rosée et mousseuse.

Sidérose : est un groupe d'affections pulmonaires dues à l'inhalation prolongée de substances minérales. Qui atteint, en général, les travailleurs des mines d'extraction du fer et de l'industrie sidérurgique.

Silicose : est une maladie pulmonaire incurable, causée par l'inhalation de poussière qui contient de la silice cristalline libre.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Principaux risques liés aux produits	17
Tableau 2: Outils utilisés dans les chantiers btp	49
Tableau 3 : Effets du courant sur le corps humain	51

Liste des figures

Figure 1 : Le processus de danger	4
Figure 2 : Réacteur fermé avec différentes étapes.....	6
Figure 3 : Réacteurs continus avec des modèles idéaux d'écoulement.....	7
Figure 4 : Différents types de réacteurs avec l'évolution des concentrations.	8
Figure 5 : effets consécutifs à la perte de confinement d'un réacteur chimique	9
Figure 6 : processus pétrochimique.....	14
Figure 7 : Accident du travail Pétrochimie.	15
Figure 8 : Schéma simplifié de raffinage	17
Figure 9 : Classes d'instruments de mesures	56

Table des matières

Avant-propos

Liste des abréviations

Glossaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale.....	1
Chapitre 1 : Procèdes chimiques et pétrochimiques	5
1.1 Introduction	5
1.2 Procèdes chimiques	5
1.2.1 Eléments d'une unité de production chimique	5
1.2.2 Mode de fonctionnement du réacteur	5
1.2.3 Effets des phénomènes dangereux	8
1.2.4 Effets autour du réacteur chimique	8
1.2.5 Risques rencontrés dans les procèdes chimiques	10
1.3 Les procèdes pétrochimiques.....	14
1.3.1 Procédés de la pétrochimie.....	14
1.3.2 Statistiques accidents du travail	14
1.3.3 Risques inhérents aux lieux de travail.....	15
1.3.4 Risques inhérents aux tâches.....	15
1.3.5 Risques inhérents aux produits.....	16
1.4 Bibliographie	25
Chapitre2 : Risques relatifs aux procédés de sidérurgie et métallurgie	26
2.1 Introduction	26
2.2 Industrie métallurgie.....	26
2.2.1 Risques sur la sante des salariés	26
2.2.2 Déversement de métal en fusion	27
2.2.3 Risque chimique	27
2.2.4 Autres risques de la métallurgie	28
2.3 Industrie sidérurgie	28
2.3.1 Principaux risques	29
3.4 Bibliographie	35

Chapitre 3. Les risques relatifs aux Procédés de cimenterie et bâtiment	36
3.1 Introduction	36
3.2 Procédés de cimenterie	36
3.2.1 Impact sur l'environnement	36
3.2.2 Risques chimiques des cimentiers.....	37
3.2.3 Risques thermiques des cimentiers	38
3.2.4 Risques physiques des cimentiers	40
3.2.5 Risque mécanique	42
3.2.6 Risques liés aux engins et à la circulation sur le site	43
3.2.7 Risque électrique	43
3.3 Procédés des bâtiments.....	44
3.3.1 Risque de pollution.....	44
3.3.2 Chutes et hauteurs	45
3.3.3 Chute de plain-pied	46
3.3.4 Risques de manutention	47
3.3.5 Outillage dans les lieux de travail	48
3.3.6 Glissades et trébuchements	50
3.3.7 Bruit.....	50
3.3.8 Maladie des vibrations	50
3.3.9 Effondrements	50
3.3.10 Amiante	51
3.3.11 Electrocutions.....	51
3.3.12 Risque thermique.....	52
3.3.13 Risques liés aux opérations de transport sur le lieu de travail	52
3.4 Bibliographie	53
Chapitre 4. Les risques relatifs à la Sécurité des installations et des équipements de travail.....	54
4.1 Introduction	54
4.2 Installations industrielles	54
4.2.1 Définition de l'installation	54
4.3 Equipements industriels.....	55
4.3.1 Exemples d'équipements industriels.....	55
4.4 Machines.....	55
4.5 Instruments	55
4.5.1 Quelques recommandations sur l'utilisation des instruments	56

4.5.2	Capteurs.....	56
4.5.3	Effets physiques les plus rencontrés en instrumentation.....	57
4.5.4	Détecteurs.....	57
4.6	Fonction des appareils de mesures et de contrôle.....	58
4.6.1	Appareils de contrôle et sécurité électrique	58
4.6.2	Sécurité des appareils de mesure :.....	58
4.7	Tuyauterie industrielle.....	58
4.7.1	Fonctions principales d'une tuyauterie	59
4.7.2	Différents organes distingués sur une tuyauterie:	59
4.8	Sécurité des installations industrielles.....	59
4.8.1	Mesures administratives	59
4.9	Sécurité des machines et protection contre les autres dangers	62
4.9.1	Erreurs de montage.....	62
4.9.2	Températures extrêmes	62
4.9.3	Incendie ou explosion.....	62
4.9.4	Bruit.....	63
4.9.5	Vibrations	63
4.9.6	Rayonnements ionisants et non ionisants émis par les machines.....	64
4.9.7	Emissions de matières et de substances dangereuses.....	64
4.9.8	Foudre.....	64
4.9.9	Séparation de la machine de ses sources d'énergie.....	64
4.9.10	Nettoyage des parties internes.....	64
4.10	Protecteurs :	64
4.10.1	Protecteur fixe	64
4.10.2	Protecteur verrouillé ou inter verrouillé	65
4.11	Informations et marquage	65
4.11.1	Informations et dispositifs d'information.....	65
4.11.2	Dispositifs d'alerte	65
4.11.3	Marquage des machines	65
4.12	Bibliographie.....	66
	Conclusion Générale	67
	Annexes	68
	Annexe 1 : Réglementation Algérienne concernant les substances chimiques.....	68
	Annexe 2 : Recueil des textes relatifs aux hydrocarbures.....	70

Exercices.....	73
Exercice 1	73
Exercice 2 :	73
Exercice 3 :	74

« *L'homme et sa sécurité doivent constituer la première préoccupation de toute aventure technologique. N'oubliez jamais cela quand vous vous plongez dans vos croquis et vos équations* » Albert Einstein

1 Introduction générale

La culture de la sécurité influence ce que les personnes voient, entendent, ressentent et expriment. Elle influe sur les décisions et actions (comportements) des personnes dans une organisation. Ces comportements déterminent les résultats et le rendement en matière de sécurité. La culture de la sécurité étant une œuvre organisationnelle, le cadre de travail vise les sociétés réglementées, auxquelles revient l'ultime responsabilité de gérer les risques associés à leurs opérations et activités. Une culture solide de la sécurité repose sur les principes suivants :

- le personnel d'encadrement doit montrer que la sécurité est pour lui une priorité et une valeur primordiale;
- tout le monde doit connaître les risques courants et rester vigilant vis-à-vis de menaces qui se profilent;
- tout employé doit se sentir apte à prendre des décisions appropriées et doit être reconnu en conséquence;
- les employés doivent se sentir encouragés à faire état de risques pour la sécurité, y compris lorsqu'ils ont eux-mêmes commis une erreur à l'origine d'une menace;
- même les employés subalternes ne doivent pas hésiter à prendre des mesures face à un problème de sécurité sans craindre les mesures disciplinaires ou les sanctions;
- les travailleurs ne font jamais fi de la sécurité, même si personne ne les observe;
- une organisation doit constamment apprendre de l'expérience de ses propres employés ou de tiers dans le but d'améliorer la sécurité.

Dans notre société industrielle développée, nous nous trouvons confrontés à des risques créés par les installations industrielles qui nous apportent la satisfaction des besoins inhérents à notre mode de vie. Ces risques sont le revers de la médaille : d'un côté les bienfaits réels ou supposés du développement des technologies, de l'autre le risque engendré par celles-ci. Chaque activité nouvelle, chaque progrès technologique, apporte sa part de risques nouveaux. Il nous appartient de faire la balance entre l'accroissement du danger auquel nous exposons l'environnement et le bénéfice qu'en retirera réellement la population, pour juger ainsi de l'intérêt de ces pratiques et déterminer les efforts à consentir pour rendre ce risque acceptable (avec tout le subjectif qu'englobe ce terme "acceptable").

Le risque industriel est défini comme un évènement accidentel se produisant sur un site industriel et entraînant des conséquences immédiates pour le personnel, les populations avoisinantes, les biens et/ou l'environnement. Ce risque résulte essentiellement des activités de l'industrie chimique - fabrication de produits pour l'agroalimentaire (engrais, etc.), pour

l'industrie pharmaceutique ou encore pour la consommation courante (eau de javel, etc.) - et de l'industrie pétrochimique.

Notons que l'appellation risque technologique est un peu plus large puisqu'elle s'étend au-delà des sites industriels pour englober d'autres activités humaines comme la manipulation, le transport ou le stockage de matières dangereuses pour la santé et/ou pour l'environnement. Elle intègre ainsi le risque industriel comme le risque nucléaire ou le risque biologique, par exemple.

Rappelons également que le terme risque renvoie à l'exposition d'une cible à un danger. Un danger qui résulte lui des propriétés intrinsèques des produits ou des équipements impliqués et qui peut entraîner un dommage. Ainsi une personne qui manipule un produit chimique volatil est exposée à un risque par inhalation. Conséquences négatives possibles : une irritation des voies aériennes.

Il existe 6 grandes familles :

- les risques naturels : avalanche, feu de forêt, inondation, mouvement de terrain, cyclone, tempête, séisme et éruption volcanique ;
- les risques technologiques : regroupent les risques industriels, nucléaires, biologiques, rupture de barrage...
- les risques de transports collectifs (personnes, matières dangereuses) sont des risques technologiques.
- les risques de la vie quotidienne (accidents domestiques, accidents de la route...)
- les risques liés aux conflits.
- les risques professionnels liés à la sécurité et à la protection de la santé des travailleurs

Dans ce qui suit, nous ciblons les risques technologiques industriels, les risques qui sont liés aux activités industrielles.

Démarche de la maîtrise des risques

Les étapes de la maîtrise des risques sont :

- identifier les dangers
- évaluer les risques
- rechercher l'élimination ou la réduction des dangers et des risques associés
- définir les moyens de conduite et de contrôle pour assurer le fonctionnement normal
- définir les moyens de corrections en cas de dérives
- définir les moyens d'intervention en cas de situation anormale, d'incident ou d'accident

L'approche stratégique de la démarche doit comporter les éléments de prévention, de protection, de réduction et de mitigation des risques. Les principes d'aides à la décision à la maîtrise des risques sont :

- identification : identifier les dangers du produit, des procédés techniques...
- réduction : réduire si possible les volumes et flux des produits dangereux

- substitution : il existe plusieurs façons de fabriquer un produit de synthèse, la substitution consiste d'échanger une ou plusieurs étapes d'un procédé de fabrication pour réduire les risques et avoir une fabrication plus sûr.
- Atténuation : analyse des examens de pression, de température, de concentration... pour lesquelles les dangers liés aux substances mises en œuvre et les risques seront réduits.
- Simplification : le principe de simplification permet de rechercher «les conditions opératoires du procédé aisées à maîtriser dans la conduite en marche stable et dans les phases transitoires, le nombre minimal d'appareils, d'équipements et de circuits annexes, la/les technologie(s) éprouvée(s) pour les équipements et la configuration simple des systèmes de conduite et de sécurité »
- conception tolérante : une installation est acceptée aux sollicitations et aux erreurs si plusieurs événements initiaux sont nécessaires pour avoir un événement redouté.
- protection multiples
- redondance : multiplication des éléments et composants pour que le système accomplisse ses fonctions.
- gestion des modes communs : gérer les événements qui ont la même cause commune
- confinement : essayer de supprimer la diffusion de flux (matière et/ou d'énergie) vers l'extérieur en le captant ou en le retenant.
- Mitigation : après un accident atténuer les conséquences.
- Protection : réduire l'ampleur des dommages en protégeant les éléments vulnérables des cibles lors d'un accident.

Pour gérer le risque il existe le principe de précaution, c'est une réponse à un risque susceptible de se réaliser ou pas (incertitude scientifique). Le principe de précaution est une approche de la gestion du risque quand il existe une incertitude scientifique qui exprime une action face à un risque susceptible d'arriver sans attendre les résultats scientifiques.

L'application des méthodes pour gérer le risque est difficile pour être mise en place suite aux réticences des industries pour cause d'innovation industrielle (pression des délais, coût d'un projet...)

Processus de danger : pour avoir la garantie d'un bon fonctionnement des procédés, les étapes suivantes doivent être présentes:

- fiabilité: est l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise dans des conditions données pendant une durée donnée.
- disponibilité: est l'aptitude d'une entité à être en état d'accomplir une fonction requise dans les données et à un instant donné.
- maintenabilité: est l'aptitude d'une entité à être maintenue ou réparée ou rétablie dans un état dans lequel elle peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans ces conditions données avec des procédures et des moyens prescrits
- sécurité: est l'aptitude d'une entité à éviter de faire apparaître, dans des conditions données, des événements critiques ou catastrophiques.

Le processus de danger est relié aux processus qui peuvent être affectés (cibles). Ce lien est un flux de danger qui peut être représenté par une matière, une énergie ou une information, ce flux se fait du sens processus de danger vers la cible.

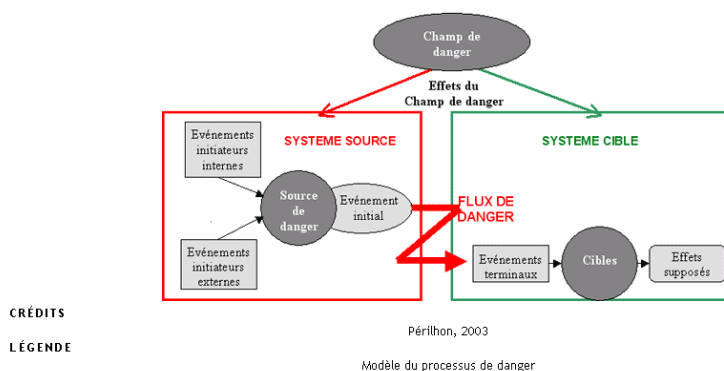


Figure 1 : Le processus de danger (Périlhon, 2003)

-Reason, J. Managing the risks of organizational accidents. Burlington (Vermont), Ashgate Publishing Company (1997).

- Lesbats C. Thèse de doctorat en Droit privé. Sous la direction de Raymond Le Guidec. Soutenue en 1999. à Nantes.

- Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail. Fiches d'information Réponses SST. 1997-2022.

2 Chapitre 1 : Procédés chimiques et pétrochimiques

2.1 Introduction

L'industrie chimique, secteur industriel dont l'activité consiste à fabriquer des produits par synthèse chimique contrôlée, regroupe entre autres la pétrochimie, la chimie phytosanitaire, l'industrie pharmaceutique, la fabrication de polymères, de peintures et l'oléo chimie. Cette industrie est de type processus. L'industrie chimique fabrique à la fois des produits chimiques de base, des produits chimiques intermédiaires et des produits finis.

L'industrie chimique est amenée à utiliser des matières qui peuvent se présenter sous forme gazeuse, liquide ou solide. Certaines sont toxiques, explosives, inflammables et peuvent générer des dangers pour l'environnement, les travailleurs de l'industrie, les populations, si elles venaient à se répandre à l'extérieur des installations où on les utilise.

2.2 Procédés chimiques

2.2.1 *Eléments d'une unité de production chimique*

Les éléments d'une unité de production chimique pouvant être le siège des phénomènes dangereux sont :

- le réacteur,
- les équipements connexes : canalisations, condenseur...
- le stockage de produits chimiques en amont ou en aval du réacteur,
- l'atelier de production.

Un réacteur industriel est un appareil permettant d'accomplir une transformation chimique ou biochimique pour convertir des constituants moléculaires en d'autres constituants. Seulement, cette notion est limitée aux cas où la transformation est effectuée dans l'objectif de produire une ou plusieurs espèces chimiques prédéfinies. Dans une installation industrielle un "réacteur chimique" est généralement associé à un ensemble de composants industriels (exemple: des pompes, des vannes, des réservoirs, des échangeurs de chaleur, des chaudières, etc.), ces composants placés en amont et en aval, permettent les traitements physiques des réactifs et des produits des réactions en cours.

2.2.2 *Mode de fonctionnement du réacteur*

Ce critère dépend de la construction interne du réacteur et de l'écoulement du mélange réactionnel. En effet, ce sont les exigences pratiques de l'exploitation de l'installation qui déterminent le choix du mode de fonctionnement pour accomplir un processus désigné. Ainsi, on a le choix entre différents modes de fonctionnement, toutefois on a deux cas de réacteurs:

1^{er} cas : on se base beaucoup plus sur un critère de classification liée à la construction interne du réacteur, par exemple on a : réacteurs à lit fluidisé; réacteurs à lit fixe; réacteurs fluidisés ;.....etc. Ces réacteurs sont dans l'ensemble des réacteurs hétérogènes.

2^{ème} cas : on se base sur un critère de classification lié au mode d'écoulement du mélange réactionnel, on distingue alors : les réacteurs fermés; les réacteurs semi continus; les réacteurs continus; etc.

- **Réacteurs fermés** : Pour ce type de réacteurs la spécificité est que les constituants réactifs sont chargés au début de l'opération dans la cuve du réacteur. Une fois la transformation chimique accomplie, le mélange est soutiré ensuite vers l'extérieur.

Pendant le temps que la réaction se déroule il n'y a pas de flux de matière entrant ou sortant du réacteur.

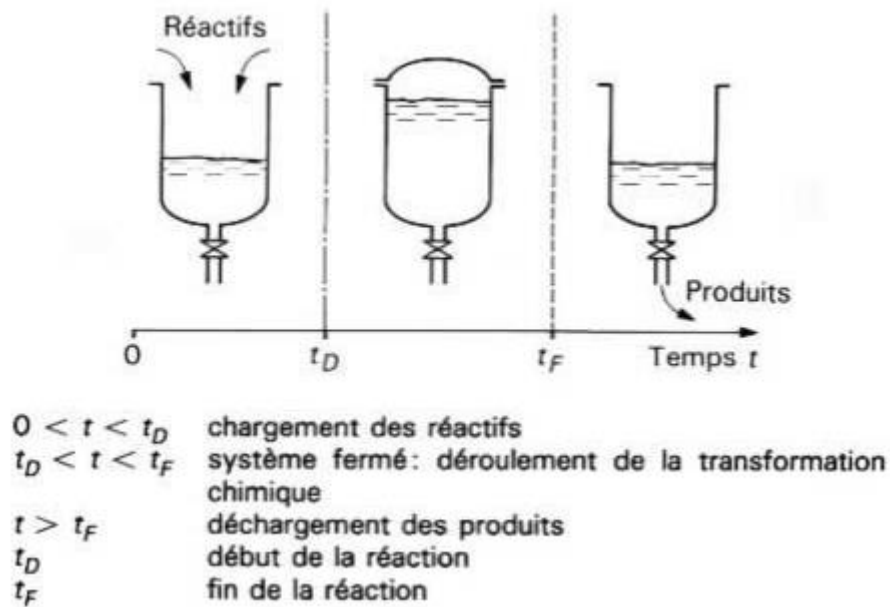


Figure 2 : Réacteur fermé avec différentes étapes

- **Réacteurs semi continus** : à l'instar des réacteurs fermés, pour ce type de réacteurs le déchargement des produits se fait là encore à la fin de l'opération. Seulement, les constituants réactifs sont introduits tout au long de la transformation chimique.
- **Réacteurs continus** : concernant les réacteurs continus considérés comme des systèmes ouverts, et à la différence des réacteurs fermés et semi continus, le chargement des constituants réactifs et le déchargement du mélange se font en parallèle durant la transformation chimique.

Pour ce type de réacteurs se manifeste un écoulement interne sous diverses formes, qui dépendent de la structure interne du réacteur et des propriétés physiques du mélange réactionnel. Dans ce sens, il est donc indispensable de définir les types d'écoulements pour définir et classer les cas rencontrés, d'où l'intérêt de faire la différence entre ces modes d'écoulements pour attribuer à chaque type de réacteurs continus ces caractéristiques qui le différencient par rapport aux autres. A cet effet, on a deux principaux types de réacteurs continus à l'image des deux modes d'écoulements idéaux (figure2).

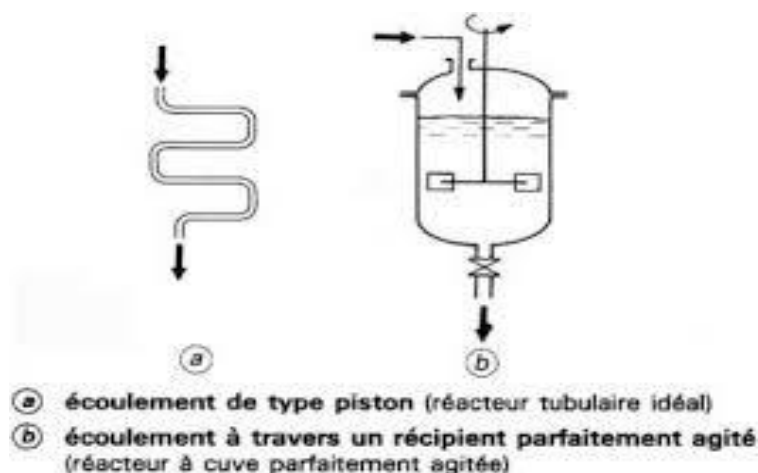


Figure 3 : Réacteurs continus avec des modèles idéaux d'écoulement.

1- Réacteurs continus parfaitement agités : l'écoulement du mélange réactionnel se fait dans une cuve où le mélange réactionnel est considéré parfaitement agité. Ainsi, les concentrations des constituants réactifs entrant sont différentes de celles du milieu réactionnel qui a une composition identique à celle du flux sortant du réacteur. Ceci dit, à l'entrée du réacteur on a donc une discontinuité des concentrations des constituants réactifs dans le flux entrant, alors que dans l'ensemble du milieu réactionnel les concentrations des divers constituants sont uniformes. Ces réacteurs sont désignés en anglais par l'appellation CSTR (Continuous Stirred Tank Reactor).

2- Réacteurs tubulaires : l'écoulement est de type piston (régime laminaire) avec un flux de matière qui se déplace avec une vitesse désignée dans un tube. Dans ce cas, les constituants progressent se transformant progressivement. C'est ainsi que ce type de réacteur est parfois qualifié de réacteur à gradient de concentrations. Ainsi, les concentrations de chaque espèce chimique (réactifs, produits) dépendent du temps et de l'espace.

Dans ces réacteurs continus, l'écoulement du mélange se déroule d'une façon plus complexe, ceci dit il existe un temps de séjour du mélange qui représente le temps de rétention d'une molécule entre son entrée et sa sortie. Ainsi, les modèles des réacteurs continus déjà cités sont à vrai dire idéaux, car on n'a pas tenu compte de ce paramètre. En bond graph, la prise en considération de ce temps de séjour relève de la problématique de la modélisation des systèmes à retard pur, un problème qu'on ne va pas aborder (Le retard pur étant un temps pendant lequel le système n'échange pas de puissance). Dans ce sens, on va utiliser par la suite les modèles idéaux cités avant, qui sont largement employés par la communauté des automaticiens pour la commande des procédés.

Pour illustrer la différence au niveau de l'évolution des concentrations pour les divers types de réacteurs homogènes figure3, il est présenté l'exemple d'un réacteur monophasique avec différents types de mode de fonctionnement, et dont la réaction de transformation est définie par : $n_1 + n_2 \rightarrow n_3$

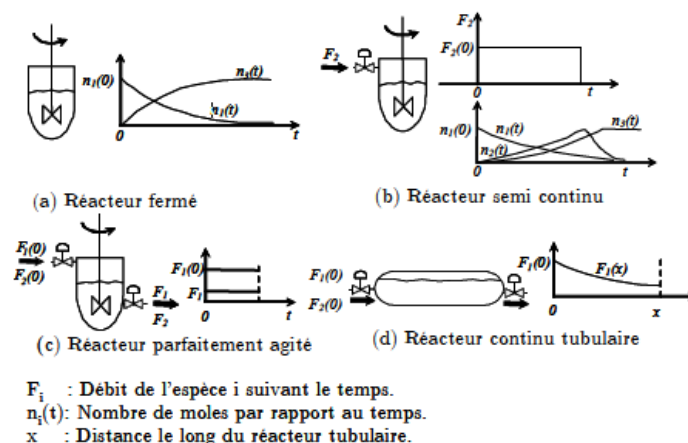


Figure 4 : Différents types de réacteurs avec l'évolution des concentrations.

2.2.3 Effets des phénomènes dangereux

Les phénomènes dangereux incontournables des procédés chimiques sont à l'origine des trois types d'effets suivants :

2.2.3.1 Effets thermiques

Ces effets sont liés au rayonnement de chaleur émis soit par la combustion plus ou moins rapide d'une substance inflammable, soit par la mise en œuvre d'une ou de plusieurs réactions exothermiques qui ne sont pas des combustions.

2.2.3.2 Effets de surpression et de projection

Ils résultent d'une rupture mécanique d'un élément (par exemple l'éclatement d'un réacteur) et de la génération d'une onde de pression consécutive à cette rupture. L'onde se propage dans l'air en s'atténuant progressivement. Les débris éventuellement issus de la rupture mécanique et divers objets non arrimés (outils...), peuvent se transformer en projectiles (effets de projection ou «effets missiles») sous l'effet de l'onde et causer des dégâts importants.

2.2.3.3 Effets toxiques

Ils résultent de l'inhalation, de l'ingestion ou de la pénétration par voie cutanée d'une substance ou préparation toxique. Le contact avec le toxique peut découler d'une fuite sur une installation, ou d'un dégagement provenant d'un incendie ou d'une réaction.

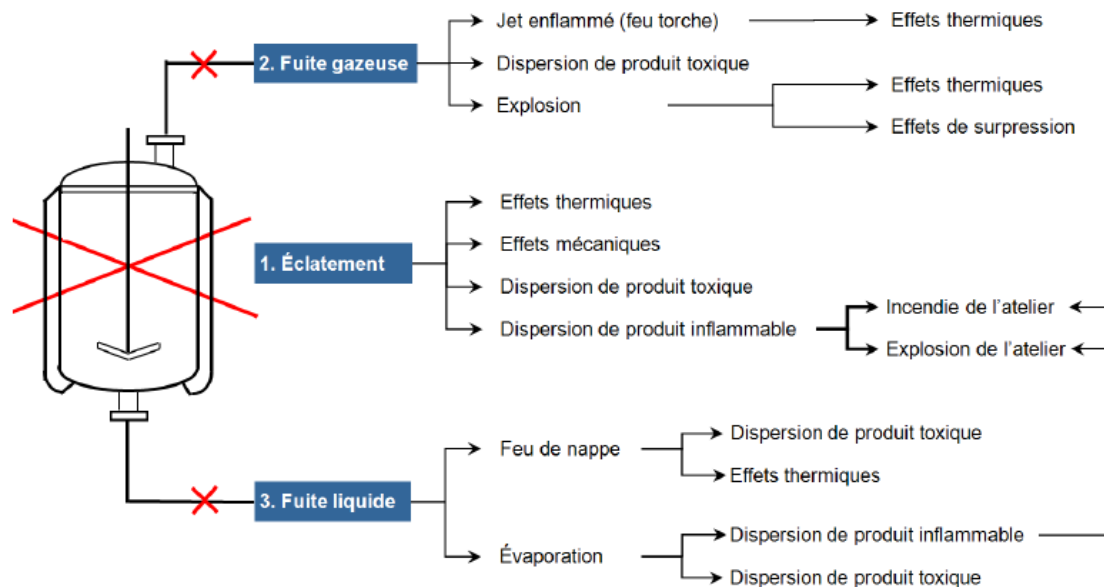
2.2.4 Effets autour du réacteur chimique

2.2.4.1 Perte de l'intégrité du réacteur

Le réacteur constitue le cœur du procédé chimique. Parmi les événements redoutés sur une installation chimique, la perte d'intégrité du réacteur est donc l'un des plus importants. Lors d'une EDD autour d'un réacteur, il convient de se poser au moins les trois questions suivantes:

- 1- Que se passe-t-il si le réacteur éclate ? L'éclatement du réacteur se produit suite à une Montée en pression excessive. Cette montée en pression peut être due à une cause interne (ex : emballement de réaction) ou à une cause externe (ex : réacteur pris dans un incendie)
- 2 - Que se passe-t-il si le réacteur n'éclate pas mais que son contenu est dispersé à l'atmosphère ? Rejet en partie haute (gaz/aérosol) par rupture de canalisation ou par ouverture du disque de rupture.
- 3 - Que se passe-t-il si le réacteur n'éclate pas mais que son contenu se vide ? Rejet en partie basse (liquide) par rupture de canalisation, ouverture de vanne ou fuite directe du réacteur.

Selon la nature des produits contenus dans le réacteur (introduits, synthétisés ou issus d'une réaction non désirée), les phénomènes dangereux peuvent conduire aux trois types d'effets énoncés précédemment : thermiques, de surpression et toxiques. La figure ci-dessous expose schématiquement les trois scénarios de perte de confinement d'un réacteur discontinu de quelques m³, situé dans un atelier, ainsi que les effets associés.



Effets consécutifs à la perte de confinement d'un réacteur chimique

Figure 5 : effets consécutifs à la perte de confinement d'un réacteur chimique (INRS 2004)

2.2.4.2 Emballement de réaction

L'éclatement du réacteur se produit suite à une montée en pression excessive. Cette montée en pression peut être due à une cause interne (ex : emballement de réaction) ou à une cause externe (ex : réacteur pris dans un incendie)

Les emballements de réactions constituent une source importante d'accidents dans l'industrie. Ils sont dus principalement à la perte de la maîtrise du procédé et touchent de nombreux domaines : chimie, pétrochimie, agroalimentaire, fabrication de plastiques et caoutchoucs, travail des métaux... Les procédés en cause sont eux aussi variés : réaction chimique, polymérisation, distillation, etc

L'emballement ou une explosion thermique peut se produire suite au déclenchement adiabatique d'une réaction ou d'une série de réactions. Cela se produit lorsque la chaleur produite par une réaction exothermique s'accumule, entraînant une hausse de la température dans le mélange de réaction. La vitesse de réaction augmente alors, entraînant une accélération de la production de chaleur. La hausse de température peut alors déclencher des réactions secondaires, comme une décomposition de la masse réactionnelle, des intermédiaires ou du produit final, entraînant un emballement thermique.

2.2.4.3 Réactions chimiques dangereuses

Enfin, le mélange d'agents chimiques incompatibles, l'échauffement de produits, la dégradation thermique, les frottements ou encore les chocs peuvent provoquer des émissions massives de vapeurs toxiques, des phénomènes exothermiques se traduisant par une déflagration, une détonation, des projections de matières ou une inflammation.

2.2.5 Risques rencontrés dans les procédés chimiques

2.2.5.1 Danger de toxicité

Le danger présenté par certains composés peut provenir de leur "toxicité", c'est-à-dire leur action néfaste sur l'organisme si on les respire, si on les ingère ou même parfois s'ils touchent simplement la peau.

Les modes de pénétration principales dans l'organisme des produits toxiques sont la respiration, la digestion, inhalation, et le contact cutané. En effet, lors de la plupart des accidents chimiques, le produit se répand sous forme gazeuse, créant un nuage toxique. Si l'on séjourne dans un tel nuage, les produits toxiques agissent en général suivant trois modes d'action :

- l'irritation de la peau ou des tissus pulmonaires,
- la corrosion, détruisant les tissus,
- la suffocation créant une asphyxie.

2.2.5.2 Brûlures chimiques (lésion)

Une lésion chimique est la conséquence locale de la réaction de produits chimiques corrosifs ou irritants qui réagissent avec les tissus biologiques. C'est la blessure externe provoquée sur le corps par le produit chimique.

La lésion chimique se caractérise par la destruction partielle ou totale des tissus biologiques. Le produit chimique réagit avec un composé biochimique du tissu (une molécule, une cellule, une protéine...). Cette réaction détruit l'équilibre biologique du tissu. La modification du tissu va provoquer la lésion macroscopique observée. Plus la destruction du tissu sera importante, plus la lésion sera grave : la gravité de la lésion chimique est essentiellement liée au type de produit à la nature du tissu atteint et à la surface touchée. La peau, l'œil, les voies digestives ou respiratoires sont en contact direct avec l'extérieur du corps. Ce sont donc les premières cibles des produits chimiques. On parle de lésions

chimiques pour les blessures infligées par le contact des produits chimiques sur ces tissus particuliers. La lésion chimique peut être également associée à d'autres symptômes généraux.

Le mécanisme de formation de la brûlure peut être décomposé en trois phases.

- Le **contact** entre le produit chimique et le tissu
- La **pénétration** du produit chimique dans le tissu
- La **réaction chimique** entre le produit et un composé biologique du tissu

Le contact cutané ou oculaire est effectué lorsque le produit chimique est projeté sur la peau ou dans l'œil. Le contact avec les voies digestives (bouche, œsophage, estomac...) a lieu quand le produit chimique est avalé. Pour les voies respiratoires, il a lieu lorsque des vapeurs du produit chimiques sont respirées.

Une fois le produit en contact avec le tissu, il peut pénétrer à l'intérieur du tissu, malgré les barrières biologiques. Les caractéristiques du produit chimique définissent son potentiel et sa vitesse de pénétration à travers le tissu.

2.2.5.3 Danger d'inflammabilité, explosion, et de l'incendie

Ce danger peut aussi provenir du fait qu'ils sont inflammables, voire explosifs, l'incendie ou l'explosion provoquant destruction, détérioration, dommages aux habitations, aux ouvrages, aux cultures, au bétail, ainsi que blessures voire décès, parmi les travailleurs et la population environnante.

Enfin, l'accident peut conduire à une pollution brutale ou différée de l'air, des eaux superficielles ou souterraines (nappe phréatique) avec risque d'atteinte de la flore, des fruits, des légumes, de la faune puis des hommes en bout de chaîne alimentaire.

2.2.5.4 Danger des transports des produits dangereux

Chaque année sont transportées des millions de tonnes de matières dangereuses (hydrocarbures, produits chimiques, gaz liquéfiés), [par route, par rail, par voie fluviale et aérienne].

Ces transports constituent un risque potentiel important, que ce soit d'incendie, d'explosion, de toxicité, de pollution de l'environnement, de corrosion.

Le transport de matières dangereuses (TMD) ne concerne pas que les produits hautement toxiques, explosifs ou polluants. Il concerne également tous les produits dont nous avons régulièrement besoin comme les carburants, le gaz, les engrais (solides ou liquides), et qui, en cas d'événement, peuvent présenter des risques pour les populations ou l'environnement. Plusieurs facteurs contribuent à rendre difficile l'évaluation du risque lié au transport de matières dangereuses, notamment la diversité des:

- Dangers : les substances transportées sont multiples ; elles peuvent être inflammables, toxiques, explosives, corrosives ou radioactives ;

- Lieux d'accidents probables : autoroutes, routes départementales, voies communales, dans ou hors agglomération (75 % des accidents sur route ont lieu en rase campagne) ;
- Causes : défaillance du mode de transport, du confinement, erreur humaine, etc.

On s'accorde à classer et identifier, le risque TMD selon trois types :

- Risque TMD rapproché : lorsque ce risque est à proximité d'une installation soumise à un plan particulier d'intervention (c'est cette installation qui est génératrice de l'essentiel du flux de TMD) ;
- Risque TMD diffus : le risque se répartit sur l'ensemble du réseau routier, ferroviaire et fluvial ;
- Risque TMD canalisation : c'est le risque le plus facilement identifiable, dès lors qu'il est répertorié dans différents documents et localisé. Afin de gérer au mieux ce risque, une réglementation sévère est en place depuis de nombreuses années. Elle permet la mise en œuvre d'actions de protection et de prévention.

Par ailleurs, les industriels échangent entre eux ce type de produit ainsi que d'autres produits chimiques plus élaborés qui sont transportés par route ou par rail mais aussi parfois par canalisations.

Le risque présenté par ce type de transport est bien évidemment la rupture d'une de ces canalisations laissant échapper le produit véhiculé qui, s'il est gazeux, se dilue dans l'atmosphère produisant un nuage pouvant s'enflammer ou provoquer une explosion ; les dégâts peuvent alors être considérables sur une zone étendue. Si le produit est liquide, la fuite peut polluer gravement le sol, les rivières, les nappes phréatiques et être à l'origine d'émanations toxiques.

2.2.5.5 Risques engendrés par le stockage des produits dangereux

2.2.5.5.1 Risque d'incendie ou d'explosion

La présence d'un stockage de produits chimiques rend les incendies plus dangereux et difficiles à maîtriser. D'autre part, les fuites sur un récipient ou lors d'un transfert peuvent favoriser le départ ou la propagation d'un incendie ou d'une explosion.

2.2.5.5.2 Risques de chute de récipients mobiles

Ces incidents peuvent survenir lors d'une intervention humaine ou en son absence. Ils peuvent avoir pour origine un encombrement excessif, un empilage hasardeux, un mauvais rangement des produits ou des défauts de conception du local de stockage (dénivellation, éclairage insuffisant). Il peut aussi se produire des ruptures ou chutes des supports fragilisés par la corrosion par exemple. Ces incidents peuvent entraîner des atteintes physiques (contusion, plaies), des brûlures chimiques et des intoxications, principalement par inhalation. L'évaporation d'un produit inflammable répandu hors de son emballage peut également rendre l'atmosphère du local explosive.

2.2.5.5.3 Fragilisation des emballages et des cuves

Des procédures de stockage non adaptées peuvent entraîner une fragilisation des

emballages à l'origine de fuite ou de rupture totale. Les matériaux des récipients mobiles ou des cuves, même lorsqu'ils sont compatibles avec le contenu, sont susceptibles de se dégrader:

- sous l'effet du froid (perte d'élasticité et moindre résistance des plastiques, rupture des récipients en verre contenant des solutions aqueuses, fragilisation des métaux...),
- sous l'effet de la chaleur (fluage des plastiques, sensibilité accrue au pouvoir solvant du produit contenu),
- sous l'effet de la lumière (UV) (fragilisation des plastiques),
- sous l'effet de la pollution de l'atmosphère (corrosion des emballages métalliques, fragilisation par absorption des vapeurs),
- sous l'effet d'une surpression interne.

2.2.5.5.4 Augmentation des dangers liés aux produits

Un stockage mal adapté aux caractéristiques physico-chimiques d'un produit peut induire une modification ou une dégradation du produit le rendant plus dangereux lors du stockage ou de son utilisation ultérieure. Certains produits craignent :

- l'humidité (produits hygroscopiques, prenant en masse, hydrolysables, dégageant des gaz inflammables au contact de l'eau),
- la chaleur (produits sublimables, peroxydables, polymérisables...),
- le froid (produits cristallisables, gélifiables, émulsions...),
- la lumière (UV) (produits peroxydables, polymérisables...),
- le contact avec l'oxygène de l'air (produits oxydables, peroxydables, poudres métalliques).

Une durée excessive de stockage peut également provoquer une dégradation du produit entraînant une différence entre le contenu de l'emballage et les indications de l'étiquette. Les risques liés au stockage sont donc multiples et il conviendra d'étudier, outre les produits, les volumes à stocker, les fréquences d'entrées et sorties des produits, la taille de la surface dévolue au stockage et son implantation.

2.2.5.6 Cas particulier du transfert

Les risques exposés dans les paragraphes ci-dessus peuvent être accrus pendant les transferts en circuit fermé (tuyauteries et pompes) compte tenu de la vitesse et de la pression du fluide dans les tuyauteries. Dans ce cas, les accidents potentiels sont :

- fuites et projections violentes de produit,
- accumulation d'électricité statique due à la vitesse du produit et à son frottement sur les parois et risque consécutif d'incendie/explosion,
- contact direct avec le produit lors de la déconnexion des flexibles de transfert.

PS : Le transvasement manuel de produit dangereux d'un récipient à un autre doit être évité. En effet, le contact direct avec le produit est, le plus souvent, inévitable ainsi que l'exposition des voies respiratoires de l'opérateur.

2.3 Les procédés pétrochimiques

La pétrochimie représente un secteur clé de l'industrie moderne. À partir de ressources fossiles ou de biomasse, elle fournit des matières intermédiaires qui servent de base à la fabrication de nombreux objets du quotidien. Plastiques, fibres textiles, adhésifs, détergents, cosmétiques, médicaments, emballages alimentaires, tuyaux, flacons... Tous ces objets du quotidien proviennent de la pétrochimie .

Le secteur est aussi un maillon indispensable de l'industrie, dans de nombreux domaines d'activité :

- automobile : pour les équipements intérieurs ou les pneumatiques ;
- construction : pour les matériaux isolants ;
- informatique et électroménager : composants d'ordinateurs, de radios, télévisions...
- santé : équipements de précision, matériel hospitalier...

2.3.1 Procédés de la pétrochimie

L'industrie pétrochimique élabore des « intermédiaires » grâce à deux procédés :

- le vapocraquage : à haute température et en présence de vapeur d'eau, les longues molécules contenues dans le naphta sont rompues en chaînes plus petites. On obtient des hydrocarbures plus légers, les oléfines (éthylène , propylène , butène , butadiène).
- le reformage catalytique : à plus de 500 °C, dans une tour de distillation, le naphta donne des molécules aromatiques comme le benzène ou le toluène , deux solvants très utilisés par l'industrie chimique, ainsi que les xylènes. Oléfines et molécules aromatiques subissent ensuite de nouvelles réactions pour conduire aux produits finis.

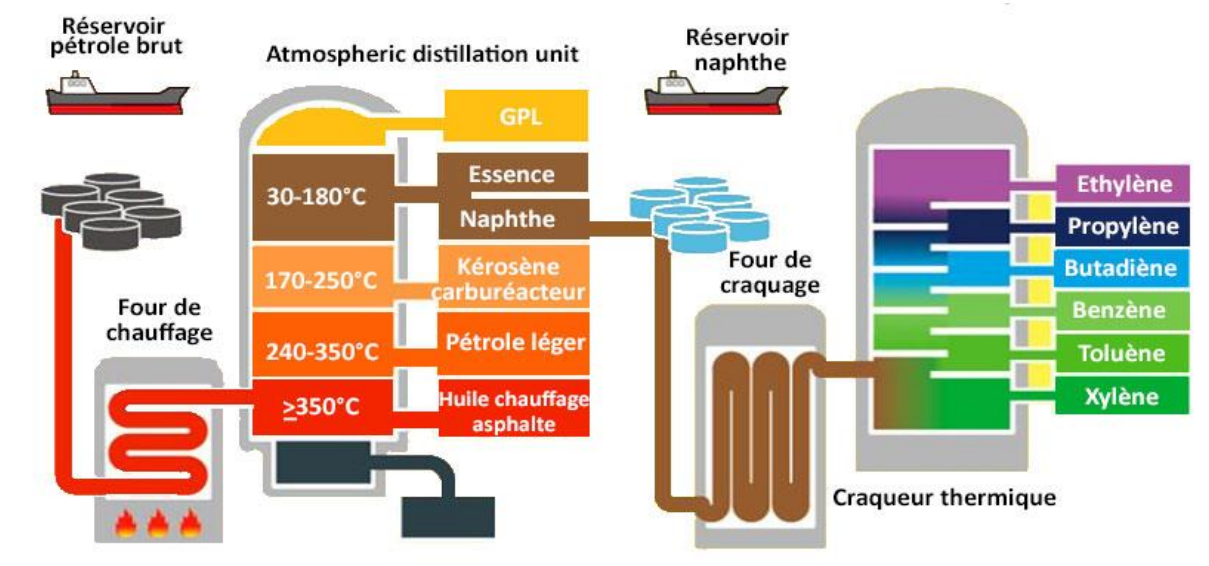


Figure 6 : processus pétrochimique (fuji-electric 2022)

2.3.2 Statistiques accidents du travail

La majorité est constituée d'accidents de chute plain-pied et de chutes avec dénivelation (37,4%). La deuxième cause provient des accidents de manutention manuelle ou

avec des masses en mouvements (30,6%). La troisième cause vient des appareils avec produits chauds (10,7%). Les véhicules (sauf chariot de manutention) pour 7,3% arrivent en quatrième position. Les outils individuels à main pour 5,9% et les appareils de levage 4% viennent ensuite.

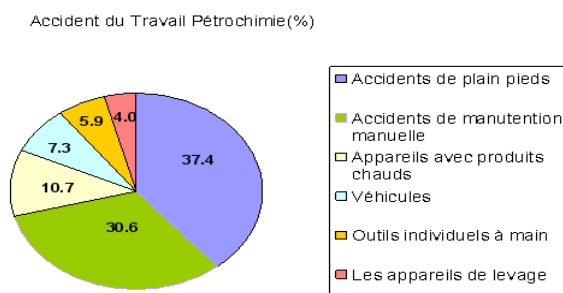


Figure 7 : Accident du travail Pétrochimie (legifrance 2008).

2.3.3 Risques inhérents aux lieux de travail

Ce sont de grandes zones de travail où il y a nécessité de circuler en véhicule. Il existe donc un risque lié à la circulation véhicules avec ou sans présence de piétons dans ces lieux. L'importance des canalisations en taille et en étendue nécessite une bonne connaissance des lieux pour évoluer en toute sécurité dans ce contexte.

Le stockage et la fabrication de produits dangereux de grandes tailles nécessitent une formation aux risques chimiques et aux risques liés aux produits inflammable pour pouvoir pénétrer dans ces zones (pénétration en zone ATEX). Sinon, l'accompagnement par une personne qualifiée et formée est nécessaire.

2.3.4 Risques inhérents aux tâches

Les opérations de production sont continues en général (fonctionnement 24/24 toute l'année sauf arrêt programmé) et sont généralement pilotés à distance par l'intermédiaire de salle de contrôle. Le travail dit de quart est un facteur à risque : fatigue lié aux changements d'horaires de travail, passage de consignes mal passées, rythme social en décalage....etc. Le travail dans les salles de contrôle peut aussi provoquer des risques liés au travail sur écran, parfois lié à la monotonie des tâches ou parfois au contraire lié à la charge mentale importante (pilotage de plusieurs alarmes en même temps...).

Les opérations de maintenance sont la plupart du temps à la charge d'entreprises sous-traitantes avec une présence de plus en plus importante d'une main d'œuvre étrangère. Le risque est souvent mal maîtrisé à cause premièrement d'une information insuffisante de l'entreprise utilisatrice envers les entreprises intervenantes et/ou deuxièmement par une sous qualification des intervenants extérieurs. Ce constat constitue l'évolution actuelle du déplacement des risques de la raffinerie vers les entreprises extérieures.

2.3.5 Risques inhérents aux produits

2.3.5.1 Aspects généraux :

2.3.5.1.1 Risque incendie ou d'explosion

De part de la nature des produits fabriqués comme les gaz liquéfiés par exemple le gaz de pétrole liquéfié (appelé communément GPL) et aussi des carburants comme l'essence, le principal danger est le risque d'incendie ou d'explosion. Du fait de leur grande volatilité et de leur inflammabilité élevée, les produits à faible point d'ébullition s'évaporent facilement dans l'air et forment des vapeurs inflammables. C'est un risque reconnu qui exige des précautions particulières en matière de stockage, de confinement et de manutention, et des mesures de sécurité permettant de maîtriser les risques de dégagement de vapeurs et les sources d'inflammation.

Les produits moins volatils comme le kérosène et le carburant diesel devraient aussi être manipulés avec précaution pour prévenir tout déversement et inflammation éventuels, car leurs vapeurs sont elles aussi combustibles lorsqu'elles se mélangent à l'air à des concentrations se situant dans la plage d'inflammabilité (entre la limite inférieure d'inflammabilité et supérieure d'inflammabilité).

2.3.5.1.2 Risque pour la santé des salariés :

L'autre risque est l'effet à court ou long terme des produits fabriqués sur la santé des salariés. En effet, malgré la concentration de vapeurs d'essence dans l'air soit généralement limitée pour des raisons de sécurité à 10% au plus de la LIE (limite inférieure d'explosivité), cette valeur reste très supérieure aux limites d'exposition à respecter pour des considérations de santé. Ainsi, l'inhalation de petites quantités de vapeurs d'essence présentes dans l'air peuvent causer une irritation, des maux de tête et des étourdissements, tandis qu'une inhalation de produits à des concentrations plus élevées peut entraîner une perte de connaissance et éventuellement la mort.

Il peut aussi y avoir des effets à long terme sur la santé. L'essence contient, par exemple, du benzène, un composé cancérigène connu pour lequel la valeur moyenne d'exposition n'est que de 1 ppm.

Les fractions gazeuses tirées du pétrole et les combustibles les plus volatils ont un effet légèrement anesthésique. L'inhalation de combustibles liquides à faible point d'ébullition, comme l'essence et le kérosène, peut provoquer une grave pneumonie de type chimique.

Les gaz et les vapeurs peuvent aussi être présents en concentrations suffisamment élevées pour faire tomber la concentration d'oxygène dans l'air au-dessous du seuil nécessaire à la respiration. L'exposition de l'essence, du kérosène et des fiouls légers peut aussi provoquer une dermatite, car ces substances ont tendance à détruire les graisses de la peau.

2.3.5.2 Risques par famille de produits fabriqués :

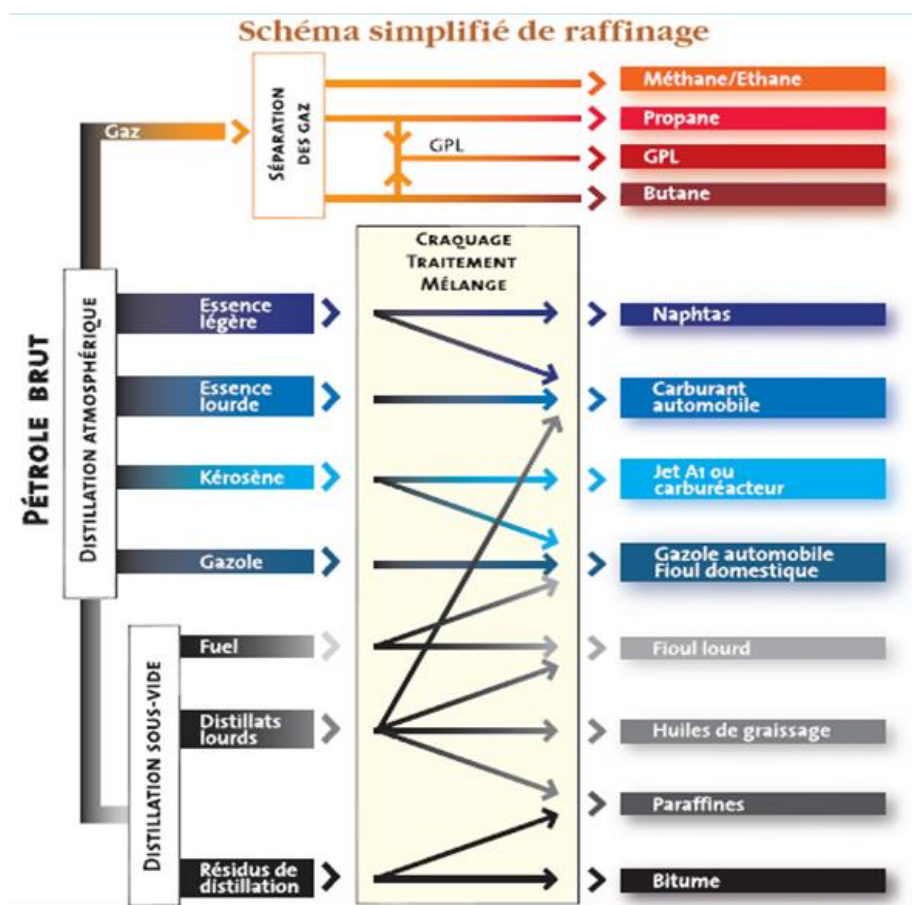


Figure 8 : Schéma simplifié de raffinage (IFP 2008).

Tableau 1 : Principaux risques liés aux produits (IFP 2008).

Produits	Risques	
Solvants pétroliers : (Benzène, Toluène, Xylène Hexane et Heptane)	Inflammable pour la plupart = point d'éclair < 55°C. Les aromatiques (benzène, toluène, xylène) sont généralement plus toxiques (CMR entre autre) que les non aromatiques (hexane, heptane) plutôt ayant des propriétés neurotoxiques.	
Oléfines :(L'éthylène, propylène, butylène, butadiène 1,3...)	Extrêmement Inflammable ; Le butadiène 1.3 est cancérigène catégorie 1	
Combustibles et carburants :	1) Gaz de pétrole liquéfiés (GPL)= mélanges d'hydrocarbures paraffiniques et oléfiniques Ex : propane et butane	Extrêmement inflammable Les vapeurs en mélange avec l'air peuvent créer un mélange explosif. Dans une enceinte fermée, les vapeurs prennent la place de l'oxygène d'où le risque d'asphyxie.
	2) Essence	Extrêmement inflammable. Présence de benzène (Cancérigène cat. 1, mutagène cat. 2 et Toxique) à environ 1% dans le mélange.

	3) Carburéacteurs et kérosènes	Produits Inflammables. Produits nocifs : peut provoquer une atteinte des poumons en cas d'ingestion Produits irritants pour la peau
	4) Fiouls légers = gazole et fioul domestique	Combustible mais pas classé inflammable car point d'éclair > 60°C. Produit cancérigène de cat 3 : effet cancérogène suspecté
	5) Fiouls Lourds et combustibles résiduels	Combustible mais pas classé inflammable car point d'éclair >70°C. Produits cancérigène cat 2
Huiles de procédé		Combustible mais pas classé inflammable car point d'éclair >121°C. Riches en HAP. Présence de produits cancérigènes.
Lubrifiants et graisses		Combustible mais pas classé inflammable car point d'éclair très élevé. Les additifs des huiles lubrifiantes peuvent engendrer des risques : présence de certains HAP (cancérigènes) et de certaines nitrosamines (cancérigènes)
Produits spéciaux	1) Paraffine	
	2) Le coke	Combustible mais pas classé inflammable car point d'éclair très élevé
	3) Le bitume	Combustible mais pas classé inflammable car point d'éclair très élevé. Chauffé, il peut dégager des HAP (certains sont cancérigènes)
	4) Le soufre	Facilement inflammable
Le sulfure d'hydrogène		Extrêmement inflammable. Très Toxique par inhalation
L'eau acide		Au moins irritant. A voir selon PH
L'acide sulfurique et l'acide fluorhydrique		Corrosif : provoque de graves brûlures. Toxique pour l'acide fluorhydrique.
Les catalyseurs solides		Les sels de cobalt sont classés cancérigènes. Les sels de nickel sont allergisants en général. Présence de HAP cancérogènes dans certains catalyseurs

2.3.5.2.1.1 Risques inhérents aux procédés

Les différents procédés au sein d'une raffinerie qui peuvent se classer en cinq catégories :

2.3.5.3 Procédé et Risques

2.3.5.3.1 Prétraitement du pétrole

2.3.5.3.1.1 Dessalage

La première étape du raffinage consiste à éliminer les contaminants (l'eau, des sels inorganiques, des solides en suspension et des traces de métaux solubles dans l'eau) *par dessalage* (déshydratation) pour réduire la corrosion, le colmatage et l'encrassement des installations et empêcher l'empoisonnement des catalyseurs dans les unités de production.

Le dessalage est un procédé en circuit fermé, il y a peu de risque d'exposition à du pétrole brut ou à des produits, sauf en cas de fuite ou de rejet.

Un incendie peut se déclarer par suite d'une fuite dans les réchauffeurs, entraînant le rejet des constituants volatils du pétrole brut. Il peut y avoir exposition à de l'ammoniac, à des dés émulsifiants chimiques secs ainsi qu'à des bases ou des acides durant le dessalage. Il y a présence de sulfure d'hydrogène lorsqu'on procède au dessalage de pétroles bruts acides à des températures élevées.

Selon la matière première brute et les produits de traitement utilisés, les eaux usées contiendront diverses quantités de chlorures, de sulfures, de bicarbonates, d'ammoniac, d'hydrocarbures, de phénols et de solides en suspension. Si l'on procède à la filtration sur de la terre à diatomées, il faut limiter ou contrôler les expositions, car ce milieu de filtration peut contenir de très fines particules de silice qui sont dangereuses pour les voies respiratoires.

2.3.5.3.2 Procédés de séparation du pétrole brut

2.3.5.3.2.1 Distillation atmosphérique

La première phase du raffinage est *le* fractionnement du pétrole brut dans des tours de distillation atmosphérique et sous vide.

2.3.5.3.2.2 Distillation sous vide

Le brut peut contenir d'importante quantité d'eau en suspension qui se sépare au moment de la distillation. L'eau peut s'échauffer jusqu'à ébullition et provoquer une explosion, par vaporisation instantanée au contact des hydrocarbures.

Lors du traitement de bruts acides (riches en soufre), il y a un risque d'exposition au sulfure d'hydrogène dans l'échangeur et le four de préchauffage, dans la zone de détente et dans le circuit de tête de la tour, dans le four et la tour de distillation sous vide et dans l'échangeur des résidus de distillation.

Les pétroles bruts et les produits de distillation contiennent tous des composés aromatiques à point d'ébullition élevée, y compris des HAP qui sont cancérigènes.

L'exposition de courte durée à des vapeurs de naphta présentes en concentrations élevées peut provoquer des maux de tête, des nausées et des étourdissements, tandis que l'exposition de longue durée peut entraîner une perte de connaissance.

Pour les naphthas aromatiques contenant du benzène (cancérogène cat. .1), il est capital de limiter l'exposition à ces substances. Les produits de tête des déshexaniseurs peuvent contenir des quantités importantes d'hexane normal, substance qui peut agir sur le système nerveux des personnes exposées.

2.3.5.3.3 Procédés de conversion du pétrole brut

Les craquages thermiques, catalytiques, le reformage catalytique et l'isomérisation sont des procédés qui permettent de modifier les molécules d'hydrocarbures et d'obtenir ainsi des produits présentant des caractéristiques différentes.

2.3.5.3.3.1 Procédés de craquage thermique :

2.3.5.3.3.1.1 Viscoréduction

La viscoréduction est une forme de craquage thermique modéré de mélanges lourds qui permet de réduire le point d'écoulement des résidus cireux et de diminuer considérablement la viscosité du produit sans modifier sa plage d'ébullition.

2.3.5.3.3.1.2 Cokéfaction

La cokéfaction est un craquage thermique poussé permettant d'obtenir de l'essence de distillation directe (naphta de cokéfaction) et divers distillats moyens qui sont envoyés dans les unités de craquage catalytique.

Le sulfure d'hydrogène et les bruts acides favorisent la corrosion des installations. L'unité de cokéfaction peut exploser par contact avec de l'eau résiduelle et lorsqu'elle est rechargée avec du coke chaud.

Il y a risque de brûlure lors de la manipulation de coke chaud, par exposition à la vapeur en cas de fuite sur une conduite, ou encore par contact avec l'eau chaude, le coke chaud ou les produits pâteux chauds qui peuvent s'échapper lors de l'ouverture des fours de cokéfaction.

Il y a risque d'exposition à des naphthas aromatiques contenant du benzène, du sulfure d'hydrogène et du monoxyde de carbone à l'état gazeux, ainsi qu'à des traces de HAP cancérogènes produits lors des opérations de cokéfaction.

Lorsque le coke est retiré sous forme pâteuse, il peut y avoir diminution de la teneur en oxygène en milieu confiné, par exemple dans des silos de stockage.

2.3.5.3.3.2 Procédés de craquage catalytique

Le craquage catalytique permet d'obtenir des molécules plus simples par fragmentation d'hydrocarbures complexes, d'améliorer ainsi la qualité et d'augmenter la quantité de produits légers plus intéressants et de diminuer la quantité de résidus.

Il faut régulièrement prélever des échantillons et analyser la charge, les produits obtenus et les produits recyclés pour s'assurer que le procédé de craquage se déroule comme prévu et qu'aucun contaminant n'a pénétrés dans le circuit.

Lors du traitement de bruts acides, il peut y avoir corrosion si les températures sont inférieures à 482 °C. Il y a également risque de corrosion en présence simultanée de liquides et de vapeurs et aux endroits soumis à un refroidissement local, par exemple les supports de buses et les points d'appui d'une plateforme.

Lors du traitement de charges riches en substances azotées, la présence d'ammoniac et de cyanure pourrait entraîner la corrosion, la fissuration et le cloquage par l'hydrogène des équipements en acier inoxydable du circuit de tête.

La présence d'hydrocarbures liquides dans le catalyseur ou dans l'air de combustion chauffé peut provoquer des réactions exothermiques. Dans certains procédés, il faut s'assurer que les poussières de catalyseur n'atteignent pas des concentrations explosives durant le rechargement ou l'élimination. Il peut y avoir des feux de sulfure de fer durant le déchargement du catalyseur recouvert de coke.

Il y a des risques d'exposition à des liquides ou à des vapeurs d'hydrocarbures extrêmement chauds lors du prélèvement d'échantillons dans les circuits ou en cas de fuite ou de rejet. Durant le rejet de produits ou de vapeurs, on peut être exposé à des HAP cancérigènes, à du naphta aromatique contenant du benzène, à des gaz acides, à du sulfure d'hydrogène ou à du dioxyde de carbone. Il peut y avoir formation accidentelle de nickel carbonyle très toxique dans les procédés de craquage utilisant des catalyseurs au nickel.

La régénération du catalyseur comprend un stripage à la vapeur et un décokage qui peuvent présenter un risque d'exposition à des résidus liquides pouvant contenir diverses quantités d'eaux acides, d'hydrocarbures, de phénols, d'ammoniac, de sulfure d'hydrogène, de mercaptans et d'autres substances.

2.3.5.3.3.2.1 Hydrocraquage

L'hydrocraquage est un procédé en deux étapes combinant le craquage catalytique et l'hydrogénation, procédé au cours duquel les produits souhaités sont obtenus par craquage de fractions distillées en présence d'hydrogène et de catalyseurs spéciaux.

Il existe des pressions très élevées intervenant dans ce procédé. Ce procédé est soumis à de fortes corrosions de par les conditions de températures élevées et la nature des gaz (sulfure d'hydrogène,...). Compte tenu des pressions et des températures de fonctionnement très élevées des unités d'hydrocraquage, des incendies peuvent exister par le fait de fuites possibles d'hydrocarbures ni rejets d'hydrogène.

Comme il s'agit d'un procédé en circuit fermé, les risques d'exposition pour le personnel sont minimales en temps normal. Il y a surtout un risque d'exposition à du naphta aliphatique contenant du benzène, à des HAP cancérigènes, à des émissions de gaz et de vapeurs d'hydrocarbures, à des gaz riches en hydrogène et à du sulfure d'hydrogène, en cas de fuites dans les circuits haute pression. Il peut aussi y avoir des rejets de grandes quantités de monoxyde de carbone durant la régénération et le changement du catalyseur. Les poussières de catalyseur peuvent atteindre des concentrations explosives durant le rechargement. Des incendies peuvent être provoqués par le sulfure de fer qui recouvre le coke.

2.3.5.3.3.2.2 Polymérisation :

La polymérisation est un procédé permettant de combiner au moins deux molécules organiques non saturées (oléfines) en une seule molécule plus lourde dans laquelle les éléments de la molécule d'origine sont présents dans les mêmes proportions.

2.3.5.3.3.2.3 Reformage catalytique

Les procédés de reformage catalytique permettent de convertir les naphthas lourds à faible indice d'octane en hydrocarbures aromatiques pouvant servir de matières premières pour l'industrie pétrochimique et en constituants pour l'essence à indice d'octane élevé. Les produits obtenus sont appelés « reformat ».

Les reformats peuvent avoir des concentrations très élevées de toluène, de benzène, de xylène et d'autres constituants aromatiques utiles dans la préparation de l'essence et dans les procédés pétrochimiques.

2.3.5.3.3.2.4 Isomérisation :

L'isomérisation permet de convertir le *n*-butane, le *n*-pentane et le *n*-hexane en leurs isoparaffines respectives. Il peut y avoir formation d'acide si la charge n'est pas complètement sèche et désulfurée, ce qui altérerait le catalyseur et entraînerait la corrosion du métal.

Il y a risque d'exposition à l'isopentane, à des vapeurs et à des liquides de naphthas aliphatiques, à un gaz riche en hydrogène, à de l'acide chlorhydrique, à du chlorure d'hydrogène et à des poussières (lorsqu'on utilise un catalyseur solide).

2.3.5.3.4 Procédés de combinaison

2.3.5.3.4.1 Polymérisation

La polymérisation est un procédé permettant de combiner au moins deux molécules organiques non saturées (oléfines) en une seule molécule plus lourde dans laquelle les éléments de la molécule d'origine sont présents dans les mêmes proportions.

Le personnel peut être exposé aux solutions de lavage caustiques (hydroxyde de sodium), à l'acide phosphorique utilisé lors du procédé ou éliminé durant la révision complète de

l'installation, ainsi qu'aux poussières de catalyseur. Il y a aussi un risque de réaction exothermique incontrôlée en cas de perte d'eau de refroidissement.

2.3.5.3.4.2 Alkylation

L'alkylation combine les molécules d'oléfines obtenues par craquage catalytique avec des molécules d'isoparaffines et accroît ainsi le volume et l'indice d'octane des essences de base.

L'acide sulfurique et l'acide fluorhydrique sont des produits chimiques dangereux, et il faut prendre des précautions lors de leur livraison et de leur déchargement. La concentration de l'acide sulfurique devrait être maintenue entre 85 et 95% pour assurer la bonne marche du procédé et limiter la corrosion. Il se produit une certaine corrosion et un encrassement des unités d'alkylation à l'acide sulfurique en raison de la décomposition des esters sulfuriques ou de l'addition d'une substance caustique comme neutralisant.

Les fuites, déversements ou rejets d'acide fluorhydrique ou d'hydrocarbures contenant de l'acide fluorhydrique sont extrêmement dangereux. Les fuites, déversements ou rejets risquent de donner lieu à de graves expositions à des substances dangereuses. Tout contact direct avec de l'acide sulfurique ou de l'acide fluorhydrique peut causer de graves lésions cutanées et oculaires, tandis que l'inhalation de brouillards d'acide ou de vapeurs d'hydrocarbures contenant un acide peut entraîner une grave irritation et des lésions des voies respiratoires.

2.3.5.3.5 Procédés de traitement

De nombreux produits, comme les naphthas thermiques obtenus par viscoréduction, cokéfaction ou craquage thermique, ainsi que les naphthas et les distillats riches en soufre produits par distillation du pétrole brut, doivent subir un traitement avant d'être utilisés dans les mélanges d'essence et de mazout.

2.3.5.3.5.1 Reformage à la vapeur

L'extraction par les solvants permet de séparer les composés aromatiques, les naphthènes et les impuretés du produit en les dissolvant ou en les précipitant.

Il peut y avoir un risque d'exposition du personnel à la suite de la contamination du condensat par des matières de traitement, telles que des substances caustiques et des composés aminés, et en raison de la présence d'un excès d'hydrogène, de monoxyde de carbone ou de dioxyde de carbone. Le rejet de gaz chauds et de vapeur surchauffée risque de causer des brûlures.

2.3.5.3.5.2 Procédé de déparaffinage par solvant

Le déparaffinage par solvant, qui élimine la cire présente dans le distillat ou le résidu d'huiles de base, peut être appliqué à n'importe quelle étape du raffinage.

2.3.5.3.5.3 Procédé de désasphaltage par solvant

Le désasphaltage par solvant permet de séparer les fractions d'huile lourde et d'obtenir de l'huile lubrifiante lourde, des produits destinés au craquage catalytique et des bitumes.

Dans le désasphaltage par solvant, toute perte de vide risque de provoquer un incendie en raison de la pénétration d'air dans l'unité.

On peut aussi être exposé aux vapeurs de solvant de déparaffinage, constitué d'un mélange de MEK et de toluène. Bien que l'extraction par solvant soit un procédé en circuit fermé, elle comporte un risque d'exposition aux HAP cancérigènes présents dans les huiles traitées aux solvants d'extraction, comme le phénol, le furfural, le glycol, la MEK, des amines et d'autres produits mis en oeuvre ou manipulés lors des opérations. Il faut réguler la température et la pression avec précision durant le désasphaltage pour éviter toute perturbation. De plus, l'humidité, un excès de solvant et une baisse de la température de traitement peuvent entraîner la formation de mousse et affecter ainsi le bon fonctionnement des opérations.

Le contact avec de l'huile chaude provoque des brûlures de la peau. Il existe un risque d'exposition du personnel à de l'huile chaude contenant des composés aromatiques polycycliques cancérigènes, à du propane liquéfié et des vapeurs de propane, du sulfure d'hydrogène et du dioxyde de soufre.

2.3.5.3.5.4 Procédé d'hydrotraitement

L'hydrotraitement permet d'éliminer environ 90% des contaminants, y compris l'azote, le soufre, les métaux et les hydrocarbures non saturés (oléfines) présents dans les fractions pétrolières liquides, comme l'essence de distillation directe.

Lors de l'hydrotraitement, il faut maintenir au plus bas niveau possible la teneur en sulfure d'hydrogène de la charge pour réduire la corrosion. En cas de rejet, il y a un risque d'exposition du personnel à des vapeurs de naphta aromatique contenant du benzène, du sulfure d'hydrogène ou de l'hydrogène ; en cas de fuite ou de déversement d'eau acide, il y a un risque d'exposition à de l'ammoniac. Il peut aussi y avoir présence de phénols lors du traitement de charges possédant un point d'ébullition élevé.

2.3.5.3.5.5 Procédé de traitement de gaz saturés et non saturés

Les produits provenant de diverses unités d'une raffinerie sont acheminés vers les unités de traitement des gaz, où les butanes et les butènes sont extraits en vue de servir de charge d'alkylation.

La présence de sulfure d'hydrogène, de dioxyde de carbone ou d'autres composés formés lors de traitements antérieurs constitue une source de corrosion. Il y a un risque d'exposition du personnel au sulfure d'hydrogène, au dioxyde de carbone, à l'hydroxyde de sodium, ainsi qu'aux composés aminés comme la monoethanolamine, à la diéthanolamine et la methyl-diéthanolamine utilisées lors des traitements antérieurs.

2.4 Bibliographie

- http://www.irma-grenoble.com/PDF/mallettes/risques_majeurs/16dossier2.pdf
- <https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/technologie-risque-industriel-17560/>
- <https://www.planzone.fr/blog/etapes-gerer-risques-projet>
- file:///C:/Users/user/Downloads/ed753%20(6).pdf
- ministère de l'énergie et des mines <https://www.energy.gov.dz/?article=recueil-des-textes-relatifs-aux-hydrocarbures>
- <https://www.fujielectric.fr/Industries/chimie>
- « Loi n° 88-07 du 26 janvier 1988 relative à l'hygiène, à la sécurité et à la médecine du travail ». <https://www.mtess.gov.dz/fr/loi-n-88-07-du-26-janvier-1988-relative-a-lhygiene-a-la-securite-et-a-la-medecine-du-travail/> (consulté le 12 juin 2022).
- « Journal Officiel JORA N°77 du 26 Novembre 1997, P11 ».
- <https://www.planete-energies.com/fr/medias/decryptages/la-petrochimie-une-industrie-incontournable>
- www.fuji-electric.fr est le site de la société Fuji Electric France S.A.S
- L'énergie en France, Repères, édition 2008, MEEDDAT
- L'industrie parapétrolière en France, Enquête 2008, IFP

3 Chapitre2 : Risques relatifs aux procédés de sidérurgique et métallurgie

3.1 Introduction

Armature de tout projet d'industrialisation, le secteur sidérurgique et métallurgique (Acier, aluminium, cuivre, plomb, zinc...) est le préalable et l'assise des programmes d'équipement et de modernisation.

La métallurgie est l'activité industrielle de transformation du minerai en métal et de fabrication de matériaux mais couvre un champ très vaste, avec cinq grands secteurs : la sidérurgie, la fonderie, les métaux non-ferreux, les produits métalliques, fait également partie de ce secteur une partie du nucléaire. Le secteur de la métallurgie est en constante évolution sous l'impulsion des nouvelles technologies et d'une automatisation croissante.

Le terme sidérurgie désigne à la fois les techniques d'obtention de la fonte et de l'acier, mais aussi l'industrie qui les met en œuvre. Elle présente une grande variété d'industries allant des sites intégrés produisant plusieurs millions de tonnes d'acier avec leurs quais de déchargement, cokerie, chaîne d'agglomération, hauts-fourneaux, convertisseurs, ateliers de traitement en poche, coulées continues, laminoir à chaud et outils de parachèvements, aux aciéries électriques.

L'industrie métallurgique figure malheureusement parmi les secteurs où surviennent le plus d'accidents du travail.

3.2 Industrie métallurgie

La métallurgie est organisée en trois principales spécialités : chacune des trois demande une spécialisation différente des deux autres. Il y a, d'une part, la métallurgie du fer (acier) et, d'autre part, celle des métaux non ferreux, qui se divisent en métaux précieux, tels que l'or, et non précieux, tels que l'aluminium.

La métallurgie recouvre un large éventail d'activités industrielles dont le recyclage des métaux, la fonderie (dans les fonderies, les aciéries et les alumineries), la fabrication de produits bruts par les laminoirs, la transformation des produits bruts en produits semi-finis, et enfin, la fabrication de matériel et de produits finis pour l'industrie (automobile, aérospatial, systèmes d'informations et télécommunications, emballages alimentaires, microélectronique, imprimerie, bâtiment et transport).

3.2.1 Risques sur la sante des salaries

Les activités associées à l'industrie du fer et de l'acier exposent parfois les travailleurs à de nombreux dangers; les activités ou conditions régnant dans les lieux de travail peuvent provoquer des incidents, des lésions, des accidents mortels, des atteintes à la santé ou des maladies professionnelles.

3.2.2 Déversement de métal en fusion

Dans le secteur de la métallurgie, les déversements de métal en fusion sont des accidents récurrents. Chaque année, plusieurs accidents de ce type surviennent. Même si les conséquences des déversements de métal en fusion sont parfois moins impressionnantes que celles des explosions liées au contact eau/métal en fusion, ces événements peuvent tout de même générer des dommages économiques pouvant atteindre des millions d'euros. Ces déversements s'accompagnent en général d'incendie et, dans 7 % des cas, d'explosions, notamment quand le métal rencontre une paroi humide, de l'eau dans des fosses ou canalisations ou bien encore des équipements sous pression stockés à proximité. Par ailleurs, un déversement de métal en fusion sur cinq enregistrés a des conséquences humaines. Et un accident sur dix génère des blessés graves notamment par brûlures. Les conséquences sur l'environnement sont essentiellement atmosphériques avec des dégagements importants de fumées.

3.2.3 Risque chimique

Le secteur de la métallurgie utilise régulièrement de nombreux produits chimiques dans ses procédés de fabrication quotidiens : peintures, solvants, résines, polyuréthanes, huiles mais principalement tous les agents utilisés lors des traitements de surface (opérations mécaniques, chimiques, électrochimiques ou physiques visant à modifier/améliorer l'aspect ou la fonction de la surface des matériaux afin de l'adapter à des conditions d'utilisation données : protection contre la corrosion ou amélioration des caractéristiques physiques par exemple) et des opérations de nettoyage. Les métaux traités étant très diversifiés, ces opérations sont variées, d'où la présence de très nombreux produits (surfactants ; agents complexants tels que l'EDTA ; acides – chlorhydrique, nitrique, phosphorique, sulfurique, fluorhydrique, acétique ; bases – hydroxides de sodium et de potassium, chaux ; solvants ; colorants et déchets) et d'un risque chimique majeur. Ces produits chimiques qui peuvent provoquer une lésion chimique sont classés selon la gravité des lésions qu'ils peuvent provoquer : ils sont corrosifs ou irritants.

Les sources d'émission de poussières et de gaz sont très nombreuses : les trémies percées, les manques d'étanchéité des circuits et des jonctions, les poussières de silice chaude au démoulage, la démolition et la réfection des poches, le nettoyage des lingotières, les échappements du gueulard des hauts-fourneaux, les émanations de gaz provenant des vannes, les fumées lors de la coulée etc.

Les postes de travail les plus fortement exposés aux émissions de poussières nocives et de gaz toxiques sont ceux des ponts roulants, du bassin de coulée, de démolition et de réfection des fours, d'entretien électrique, mécanique et de dépoussiérage. L'exposition aux poussières métallurgiques ou minérales peut générer des affections des voies respiratoires supérieures et inférieures : manifestations aiguës comme les irritations pulmonaires et laryngo-pharyngées (rhinites, trachéites...), ou manifestations respiratoires chroniques (bronchites, BPCO, emphysème, asthme) et des affections graves sous forme de silicose, sidérose ou cancers pulmonaires.

Des atteintes respiratoires sont causées par l'inhalation d'autres gaz irritants, asphyxiant et/ou toxiques que dégage les hauts-fourneaux ou les convertisseurs : H₂S, HCL, NH₃, CO, NO, NO₂, SO₂ ... L'inhalation de ces gaz provoque des affections des voies respiratoires supérieures et inférieures aiguës ou chroniques en pénétrant dans les bronchioles et alvéoles pulmonaires.

3.2.4 Autres risques de la métallurgie

- Risques d'ordre mécanique: piqûre, coupure, écrasement, choc, contact avec des éléments rotatifs, etc.
- Accidents dans le cadre de travaux de réparation ou de maintenance
- Chutes de hauteur (p. ex. depuis un poste de travail)
- Bruits dangereux pour l'ouïe
- Substances nocives (p. ex. fluides de coupe, fumées de soudage, poussières de métaux).

3.3 Industrie sidérurgique

L'industrie sidérurgique traite et transporte de grandes quantités de matières au moyen d'équipements lourds, sans commune mesure avec ceux de la plupart des autres secteurs industriels. Les aciéries se sont donc généralement dotées de programmes de sécurité et de santé pour faire face aux dangers d'un environnement qui peut être implacable. Une approche intégrée associant de bonnes pratiques d'ingénierie et de maintenance, des procédures de travail fondées sur la sécurité, la formation des personnels et l'emploi d'équipements de protection individuelle est généralement indispensable pour maîtriser ces dangers.

Deux procédés sont possibles pour fabriquer l'acier :

- **la filière traditionnelle**, avec fabrication de fonte à partir de minerai de fer, de coke (charbon purifié de ses gaz et huiles lourdes) et de castine (fondant calcaire) dans des hauts fourneaux (par réaction chimique de réduction) puis passage dans des convertisseurs à l'oxygène pour brûler le carbone de la fonte (décarburation) et obtenir un acier liquide ;
- **la filière électrique**, à partir de ferrailles recyclées dans des fours à arc électrique.

Dans toutes les activités sidérurgiques, les aciéristes sont exposés à une grande variété et d'une dangerosité élevée:

- L'intoxication par inhalation de gaz toxiques (gaz de haut-fourneau et d'aciérie, dioxydes de soufre et d'azote, hydrocarbures aromatiques polycycliques, ...), de poussières de charbon et de minerai de fer, contenant aussi des métaux lourds, de la silice des matériaux réfractaires ...
- L'exposition au bruit et à la chaleur intense des fours et des coulées,
- Les projections liées aux processus, les brûlures,
- Les accidents causés par la circulation des engins, les équipements lourds de levage et de manutention,
- Des risques importants d'explosion et d'incendie liés à la présence de métal coulé en fusion, de fours et de circuits électriques à haute tension, notamment dus au contact

d'eau avec des matières en fusion, dont les effets sont décuplés par l'utilisation d'oxygène, d'huiles hydrauliques, graisses et poussières inflammables, carbure de calcium ...

De plus, il faut prendre en compte les risques professionnels non spécifiques à l'aciérie, liés aux manutentions manuelles, aux chutes de plain-pied, à la possibilité des contacts avec des conducteurs électriques sous tension ...

3.3.1 Principaux risques

3.3.1.1 Risques thermiques

La fonte se fluidifie dans les haut-fourneaux à la température de 1600 °C puis est soutirée au bas du haut-fourneau pour être coulée sous forme de gueuses ou déversée dans des poches qui permettent son transfert, à l'état liquide, jusqu'au convertisseur. L'acier liquide des inoxydables va même au-delà de 1700 °C.

Du fait de ces procédés, les halles des aciéries sont donc particulièrement exposées à l'énergie rayonnante des infrarouges, aux températures élevées et aux risques de brûlures thermiques, en particulier évidemment aux postes de coulée qui, de ce point de vue, sont les plus pénibles.

Du fait de débordements, de jets ou d'éruptions de métal incandescent en provenance des poches de coulée ou des mélangeurs au cours de l'élaboration, de la coulée ou du transport, ou encore du contact avec le métal brûlant lors de sa transformation en produit fini.

L'eau captive dans le métal ou le laitier en fusion peut générer des explosions projetant du métal ou des matières brûlantes dans un vaste périmètre. L'introduction d'un accessoire humide dans le métal en fusion peut aussi déclencher de violentes éruptions.

3.3.1.2 Risques de transport

Indispensables dans la sidérurgie, les engins de transport risquent de heurter les travailleurs ou de les coincer entre des éléments fixes ou mobiles. Les ponts roulants sont présents presque partout dans les aciéries. La plupart des installations importantes font aussi largement appel à des chariots-transferts sur rails ou à de grands tracteurs pour le transport des matériaux.

Les programmes de sécurité pour l'emploi des engins de levage exigent une formation pour garantir l'application de procédures correctes et sûres dans leur utilisation et dans l'arrimage des charges de façon à éviter leur chute; ils appellent également une bonne communication et l'emploi d'un code gestuel entre le pontonnier et les élingueurs pour prévenir les blessures dues à des déplacements intempestifs de l'engin, des programmes d'inspection et de maintenance des éléments qui le composent, des palans, des élingues et des crochets pour éviter la chute des charges ainsi que des moyens sûrs pour accéder aux ponts roulants afin d'éviter les chutes et les accidents sur les chemins de roulement.

Les programmes de sécurité pour les véhicules ferroviaires nécessitent aussi une bonne communication, en particulier pendant les manœuvres et l'attelage des wagons, de façon à éviter l'écrasement de personnes entre les tampons.

Il est nécessaire de laisser en permanence un espace suffisant pour le passage des grands tracteurs et autres engins similaires et d'empêcher les démarrages et les déplacements intempestifs pour éliminer les risques de heurt, de projection et de coincement des conducteurs, des piétons ou des conducteurs d'autres véhicules. L'inspection et l'entretien des équipements de sécurité et des voies de circulation doivent également faire l'objet de programmes adéquats.

Dans les usines sidérurgiques, le maintien de l'ordre est l'une des pierres angulaires de la sécurité. Il suffit de peu pour que les sols et les voies de circulation deviennent rapidement obstrués par des matériels et des accessoires qui seront autant d'occasions de trébucher. Etant donné les quantités de graisses, d'huiles et de lubrifiants divers utilisés, il ne faut pas laisser de produits répandus sur les voies de circulation ou aux postes de travail où ils risquent de causer des glissades.

3.3.1.3 Risques chimiques

Une aciérie génère des panaches de fumées rousses, poussières d'oxyde de fer, particulièrement visibles et salissantes. Ce n'est qu'une partie des polluants atmosphériques émis par la fabrication de l'acier : l'envol de poussières des stocks extérieurs de matières premières (charbon et minerai de fer) et de celles émises par les unités de fabrication contenant des métaux lourds et de la silice, du spath fluor employé comme fondant dans les fours, les gaz produits tels que le monoxyde de carbone, les dioxydes de soufre et d'azote, les composés organiques volatils (dont le benzène), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), etc. constituent un risque chimique respiratoire important avec des impacts sur la santé au travail et sur l'environnement significatifs.

3.3.1.3.1 Fumées émises par le métal liquide

Toutes les fumées pyro-métallurgiques émises par des métaux et laitiers en fusion peuvent entraîner des pathologies respiratoires (toux, expectoration, essoufflement), particulièrement pour certains alliages avec des oxydes de métaux dangereux pour la santé (plomb, cadmium, chrome...) qui peuvent également être présents dans les fumées : le minerai de fer ne contient pas seulement de l'oxyde de fer mais aussi en petite proportion d'autres composés métalliques avec des teneurs variables en Zinc, Plomb, Cadmium, Manganèse ... ainsi que la charge de ferrailles dans le cas des aciéries électriques, ou les ajouts d'alliage dans les fours d'élaboration d'aciers spéciaux (Vanadium, Chrome ...). L'inhalation de poussières ou de fumées contenant des particules de fer ou d'oxyde de fer peut provoquer la sidérose, pneumoconiose de surcharge, car les particules de fer n'exercent pas d'effet toxique sur le poumon. La maladie tend à disparaître lorsque cesse l'exposition. Le zinc (mais aussi le manganèse) est responsable de la « fièvre des fondeurs » causée par l'inhalation d'oxydes de ces métaux qui provoque un syndrome pseudo-grippal (fièvre, mal de gorge, douleurs musculaires, transpiration) spontanément réversible sans séquelle. L'intoxication chronique au plomb, par inhalation de fumées et de poussières, expose les travailleurs à des maladies professionnelles à long terme (saturnisme),

Par effets cumulatifs : Troubles du système nerveux, anémie, insuffisance rénale, altération de la fertilité. Chez les travailleurs exposés au vanadium, des troubles neurologiques (céphalées, asthénie, sensations vertigineuses, tremblements) ont été notés.

Par inhalation : Le vanadium peut provoquer des irritations des poumons, de la gorge des yeux et des cavités nasales et l'inhalation répétée de pentoxyde de vanadium est possiblement cancérigène (cancers broncho-pulmonaires). Les fumées d'oxydes métalliques sont par ailleurs allergisantes et peuvent être à l'origine de véritables asthmes professionnels, urticaire, œdème de Quincke.

3.3.1.3.2 Poussières de silice cristalline et de graphite

Les émissions de silice cristalline (cristobalite) ont des sources multiples : garnissage, réfection du garni et réparation des hauts-fourneaux, des fours d'aciéries et des mélangeurs avec des matériaux réfractaires, démolition et réfection des poches de coulée, meulage et nettoyage des lingotières, démouleuse dans la halle du démoulage. Les particules de poussières de silice cristalline peuvent être très fines (d'un diamètre inférieur à 5 microns) et sont donc invisibles à l'œil nu, et restent longtemps en suspension dans l'air ambiant.

En étant inhalées et en séjournant longtemps dans le tissu pulmonaire, les très fines poussières de silice provoquent une inflammation chronique des muqueuses pulmonaires, la formation d'un tissu pulmonaire fibreux, la constitution de nodules, entraînant une maladie respiratoire, une pneumoconiose fibrosante nommée silicose, se traduisant par un essoufflement à l'effort (dyspnée) et de la toux au début, jusqu'à une déficience respiratoire très grave et une insuffisance cardiaque. La silicose affecte la fonction pulmonaire au point de favoriser le développement de cancers broncho-pulmonaires : la silice est classée comme cancérigène avéré par le CIRC mais n'est classée par l'Union européenne que comme Agent Chimique Dangereux (ACD). Par ailleurs, les poussières de silice cristalline peuvent induire une irritation des yeux et provoquer l'apparition de bronchites chroniques.

La présence de poussières de graphite émise lors de la manipulation pour ré-carburer l'acier est aussi possiblement responsable de l'apparition de pneumoconioses (anthracose).

3.3.1.3.3 Gaz irritants, asphyxiant et/ou toxiques

Les fuites au niveau des cuves ou encore des nombreuses canalisations de gaz installées dans les aciéries peuvent provoquer de graves intoxications.

3.3.1.3.3.1 Emissions de polluants gazeux sont principalement

-le monoxyde de carbone (CO), notamment dans l'atmosphère du bâtiment des manches filtrantes (bag-house) dans le cas des fours à arc ou lors des interventions de réparation des hauts-fourneaux près des gueulards ou des trous de coulée ou de laitier,

-les oxydes de soufre et d'azote, les fluorures gazeux issus de l'emploi de spath fluor comme fondant,

-le benzène, le toluène, le xylène, les phénols et les hydrocarbures aromatiques polycycliques HAP des produits de combustion d'huiles, de graisse, de caoutchouc, de matières plastiques, de peintures au chargement et à la fusion des ferrailles,

-l'ozone produit lors de décharges électriques.

L'inhalation de ces gaz provoque des irritations et affections des voies respiratoires supérieures et inférieures aiguës ou chroniques en pénétrant dans les bronchioles et alvéoles pulmonaires.

De plus :

- Le monoxyde de carbone (CO) est facteur de risque d'ischémie et provoque des maux de tête, une fatigue, des nausées, des vertiges et peut entraîner une grave asphyxie.
- Le benzène et certains hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) formés lors de la pyrolyse de produits organiques sont classés comme cancérogènes.
- Les vapeurs fluorées peuvent provoquer des œdèmes pulmonaires.

D'autres gaz nocifs (acide chlorhydrique HCL, hydrogène sulfuré H₂S, acétylène, ammoniac NH₃, etc.) peuvent être présents à l'atelier de désulfuration, au four électrique, à la démolition.

3.3.1.3.4 Autres risques chimiques

La chaux, chargée dans le four électrique avec les ferrailles, peut occasionner des brûlures à la peau, aux yeux et aux muqueuses et des dermatoses chroniques. Le carbure de calcium, la cyanamide calcique, utilisés comme agent de désulfuration ou de nitruration de l'acier, provoquent des irritations de la peau et des muqueuses. Enfin, il faut tenir compte de l'éventuelle contamination radioactive des métaux de récupération.

3.3.1.4 Risques physiques

Les énergies mécaniques colossales mises en œuvre dans les aciéries sont sources de risques physiques importants, liés aux mouvements d'équipements lourds aux tailles impressionnantes manœuvrant plusieurs tonnes de métal en fusion (basculeurs de poche, ponts roulants, gros engins automoteurs de levage et de manutention de charges ...).

3.3.1.4.1 Risques liés aux machines et outillages

Les machines susceptibles d'avoir des organes en mouvement provoquent des risques de coupure aux mains, de lacérations des avant-bras, en particulier lors des mises en marche intempestives, des arrêts anormaux suite à une rupture d'énergie ou lors des nettoyages par exemple.

La manipulation de la ferraille et l'utilisation d'outils au finissage ou à l'expédition occasionne des risques de coupures.

3.3.1.4.2 Risques liés aux manutentions

Si la mécanisation et l'automatisation des opérations ont beaucoup réduit les manipulations manuelles, subsistent encore des situations où le port de lourdes charges et des

contraintes posturales exigeantes du rachis sont à l'origine d'accidents de travail concernant la colonne vertébrale (dorsalgies, lombosciatiques).

Un trafic intense d'engins lourds, de chariots de manutention, est intrinsèquement dangereux, générant potentiellement des accidents graves. Les dangers concernent non seulement les conducteurs d'engins mais également tous les aciéristes qui se trouvent à proximité, qui peut être heurté par l'engin ou sa charge du fait de l'inattention, du manque de visibilité, ... Le danger de collision avec d'autres engins dans la même zone de travail est possible.

Le déplacement des engins sur le site peut générer des risques de heurts avec les travailleurs à pied. Par ailleurs, les nombreux ponts roulants (par exemple pour le transports des poches) entraînent des risques de l'élingage des charges ou ceux des autres accessoires de levage, rupture de l'élingue, déséquilibre et glissement de la charge, qui représentent de sérieux dangers pour les pontonniers ou les travailleurs à proximité.

3.3.1.4.3 Autres risques physiques

Chutes de plain-pied sur sol glissant du fait de la graisse, huiles répandues ..., inégal ou encombré, projections de corps étrangers dans les yeux en particulier aux opérations de finissage de l'acier, électrocution par contact direct, sont des risques omniprésents dans les aciéries.

3.3.1.5 Risques sonores

Les sources de bruits dans les aciéries sont nombreuses : le bruit des souffleries, le bruit émis par le four à arc électrique (notamment pendant la phase de fusion pouvant atteindre 120 dB(A)), le bruit de la manutention des ferrailles et de l'enfournement dans la cuve, etc. entraînent des niveaux sonores continus de 90 dB(A) couramment constatés dans les halles des aciéries.

La démolition et la mise en place des réfractaires à l'aide d'outils pneumatiques sont des opérations très bruyantes, les cabines des ponts roulants sont particulièrement exposées au bruit.

En dehors des atteintes au système auditif (déficit auditif pouvant entraîner à la longue une surdité professionnelle, acouphènes...), le bruit ambiant peut entraîner une gêne ou un stress vecteur de troubles du psychisme et de pathologies qui nuisent non seulement à la santé de l'aciériste mais aussi à la sécurité de son travail par baisse de vigilance et de dextérité ou de concentration.

3.3.1.6 Risques d'incendie et d'explosion

Les risques majeurs d'explosions et d'incendies liés à l'acier liquide et l'eau environnante, à la présence d'oxygène et d'hydrocarbures inflammables, sont omniprésents dans les aciéries.

Lors de la coulée du métal en fusion, l'épanchement de métal et l'incendie consécutif au contact de matériaux combustibles, ou une explosion eau/métal sont les risques potentiels majeurs dans les aciéries. La vaporisation d'eau contenue dans le métal ou le laitier en fusion expose à un risque d'explosion : en effet, le contact d'objets humides et a fortiori d'eau avec un bain de métal en fusion peut provoquer des projections explosives de métal liquide sur une large zone, avec risque de propagation d'un incendie.

En présence d'eau, le carbure de calcium utilisé à l'atelier de désulfuration dégage de l'acétylène hautement inflammable entraînant aussi des risques d'incendie et d'explosion. Des explosions peuvent aussi se produire dans les conteneurs d'acier en fusion avec injection d'oxygène, dans la centrale à oxygène...

Un incendie peut survenir également du fait des équipements électriques à haute et moyenne tension (tunnels et passages de câbles, transformateurs, tableaux de distribution électrique ...).

Le travail sur des fours à gaz et en haut des batteries de cokéfaction, devant les hauts-fourneaux et face aux fours, dans les fours, les répartiteurs et les lingotières pendant les réparations, en lingotage et en coulée continue, implique dans chacun de ces cas des efforts pénibles dans une ambiance surchauffée. Il faut donc mettre en place des programmes de prévention des troubles liés à la chaleur.

En outre, en l'absence de moyens de protection appropriés, la lumière aveuglante provenant des fours peut provoquer des lésions oculaires dues aux rayonnements infrarouges. Les opérations manuelles telles que la pose de briques réfractaires dans le haut-fourneau ou les vibrations transmises aux mains et aux bras par les ébarbeuses ou les meuleuses électriques peuvent créer des problèmes d'ordre ergonomique (troubles musculo-squelettiques).

Le suivi de la fusion, la proximité du métal en fusion, le contact avec des machines ou outillages chauds, le décrassage de la surface du bain liquide, de la poche de coulée, et notamment pendant les périodes de montage, réglage et maintenance sont les principales sources de risque thermique.

Le contact direct de la peau avec des surfaces chaudes ou des métaux en fusion peut bien entendu d'abord provoquer de très graves brûlures cutanées, lors du transport du métal fondu ou par flammèches et coulures, débordements, jets ou d'éruptions de métal incandescent ; ces risques de brûlures se rencontrent à de nombreux stades du processus de fabrication de l'acier : aux hauts-fourneaux pendant la coulée du métal ou du laitier en fusion, en provenance des poches de coulée ou des mélangeurs. Mais la proximité d'une source de chaleur peut aussi entraîner des céphalées, hypersudation, tachycardie, hypotension et, conjuguée à des températures de l'air élevée, provoquer des malaises dus à la déshydratation et des troubles circulatoires. Au-delà de 25°C, l'inconfort se fait ressentir avec, de plus, toutes les conséquences psychologiques que cela peut avoir sur la précision des gestes, la vigilance et donc la sécurité (diminution des capacités de réaction, irritabilité, agressivité). Les expositions au rayonnement infrarouge provenant du métal en fusion, dont la densité de puissance transférable est beaucoup plus forte qu'en convection, peuvent augmenter le risque de cataracte et d'altération rétinienne et cornéenne ou de brûlures ou d'irritations cutanées. Les risques oculaires sont fortement aggravés par les rayons directs lorsque le travailleur fixe la source IR de la lumière aveuglante provenant des fours de manière prolongée, en restant immobile dans son axe, mais il faut aussi tenir compte des rayons indirects par réflexion sur des surfaces réfléchissantes.

Les souffleries, les centrales à oxygène, les extracteurs de gaz et les fours à arc à haute puissance génèrent des niveaux sonores importants susceptibles de provoquer des lésions auditives. Les opérateurs travaillant sur les fours devraient être protégés par une enceinte d'isolation phonique confinant la source du bruit ou par des cabines insonorisées. La réduction de la durée d'exposition au bruit peut également se révéler efficace. Le port de

protections individuelles (casques ou bouchons d'oreille) est souvent exigé dans les zones très bruyantes dans lesquelles une réduction appropriée du bruit ne peut être obtenue par d'autres moyens

Enfin, l'exposition chronique aux chaleurs intenses augmente le risque de développement de toutes les maladies cardio-vasculaires : c'est particulièrement le cas pour le travail devant les hauts-fourneaux et face aux fours, dans les fours, les répartiteurs et les lingotières pendant les réparations, qui implique des efforts pénibles dans une ambiance surchauffée. Il faut aussi tenir compte du choc thermique provoqué lors du passage en cabine climatisée après une exposition à la chaleur.

3.3.1.7 Autres risques

Les outils sont soumis à une forte usure qui rend rapidement leur emploi délicat, voire dangereux. Bien que la mécanisation ait considérablement réduit les manipulations manuelles, certaines situations obligent encore à des efforts physiques importants.

Des outils coupants ou des bavures sur des produits en acier ou des bandes métalliques constituent autant de risques de coupures et de piqûres pour les ouvriers travaillant au finissage, à l'expédition ou encore à la manipulation de la ferraille. Des gants résistant à la coupure et des manchettes sont souvent employés pour éviter les blessures.

La protection oculaire revêt une importance particulière dans la sidérurgie. Les risques de pénétration de corps étrangers dans l'œil sont omniprésents dans la plupart des secteurs, tout particulièrement lors de la manipulation des matières brutes et des opérations de finissage de l'acier (meulage, soudage et brûlage).

Une maintenance programmée avec soin est cruciale pour la prévention des accidents. Elle a pour but d'assurer l'efficacité des équipements de protection et de les maintenir opérationnels sans défaillance. Etant donné la complexité et la puissance des équipements et des machines intervenant dans la production, il est également capital d'observer strictement des habitudes des travaux sûrs et de se conformer aux règles de sécurité de l'aciérie.

3.4 Bibliographie

<http://www.ilocis.org/fr/documents/ilo073.htm>

http://www.officielprevention.com/formation/fichesmetier/detail_dossier_CHSCT.php?rub=89&ssrub=206&dossid=537

4 Chapitre 3. Les risques relatifs aux Procédés de cimenterie et bâtiment

4.1 Introduction

Depuis la carrière jusqu'au transport des produits finis, les cimentiers veillent à la préservation de l'environnement. Ils intègrent à chaque étape du processus de production et de distribution le souci du développement durable.

4.2 Procédés de cimenterie

Le ciment est massivement utilisé dans le bâtiment et les travaux publics comme liant hydraulique des matériaux durs (parpaings, briques...) ou fabrication d'ouvrages en béton, de banches, dalles, poutres... : c'est une poudre fine provenant du broyage du clinker, matière obtenue par la calcination à haute température d'un mélange de matériaux calcaires et argileux. La production de ciment comporte deux étapes, la préparation du clinker et son broyage. Les matières premières qui entrent dans la composition du clinker sont des roches calcaires (~80%) et argileuses (~20%), qui sont d'abord mélangées et broyées. Le mélange pulvérulent est ensuite calciné dans des fours à une température de l'ordre de 1400 °C, et après sortie du four et passage dans un refroidisseur, on ajoute au clinker divers adjuvants (résines époxydiques, gypse ...) qui déterminent le temps de prise et d'autres propriétés du ciment fini (ciment Portland, prompt, hydraulique ...). Le clinker est ensuite broyé, tamisé et emmagasiné en silo avant l'ensachage et l'expédition. Le ciment est composé principalement de silicate et d'aluminate de calcium et de petites quantités d'oxydes de magnésium, de silicium et de fer et d'hydroxyde de calcium (chaux) surtout dans les ciments à prise rapide, et quelques impuretés métalliques, comme le chrome, le nickel et le cobalt.

La fabrication du ciment causes d'énormes nuisances tant sur le plan sonore qu'au niveau de l'environnement. Tout au long du processus, la fabrication du ciment impacte négativement l'environnement, à travers l'émission de poussière polluante, de gaz nocifs, le bruit et vibrations des machines durant l'exploitation en usine ou lors des destructions de roches dans les carrières.

4.2.1 Impact sur l'environnement

4.2.1.1 Fortes émissions de CO₂, gaz très nocif

La fabrication de ciment entraîne des émissions de CO₂ dans l'atmosphère de façon directe et indirecte.

De façon directe, la combustion du carbonate de calcium pour produire de la chaux, qui va entrer dans d'autres opérations de fabrication pour aboutir au ciment, produit comme sous-produit du CO₂.

De façon indirecte, l'utilisation des sources d'énergie qui alimentent les Fourneaux et les machines, produit du CO₂ à travers leur combustion. L'industrie de ciment produit

environ 5 % des émissions artificielles de CO₂ dans le monde, dont 60 % sont issues du volet chimique du processus de fabrication et 40 % de l'utilisation des ressources énergétiques. En termes de quantités, pour 1000 kg de ciment produit, il y a une émission de 900 kg de CO₂. Une autre forme indirecte d'émission de CO₂ par la fabrication du ciment, c'est lors du transport des minéraux des carrières vers les usines, avec le CO₂ émis par les camions de ramassage.

4.2.1.2 Lourdes émissions de poussières métalliques dans l'air

Il peut arriver que le processus de calcination à haute température de calcaire et de minéraux argileux, entraîne l'émission de poussière riche en métaux lourds et volatils, en fonction de l'origine et de la composition des matières premières utilisées. Parmi ceux-ci, les plus nocifs et dangereux sont le thallium, le cadmium et le mercure. Ces lourds métaux volatils se trouvent souvent, comme oligoéléments, dans des sulfures métalliques communs tels que la pyrite, le zinc blende ou la galène, ou encore comme des minéraux secondaires dans la plupart des matières premières. La présence de lourds métaux dans le mâchefer surgit tant des matières premières naturelles que de l'utilisation de sous-produits recyclés ou des carburants alternatifs. Les différentes législations de chaque pays, conditionnent le taux de présence et d'émission de ces métaux lourds dans l'air.

4.2.2 Risques chimiques des cimentiers

La forte alcalinité du ciment est un facteur important des risques chimiques du ciment, ainsi que les traces de chrome hexavalent, de cobalt et de nickel qu'il contient. Mais c'est la poussière qui engendre le risque majeur de la fabrication du ciment, du fait que ces particules sont irritantes et susceptibles d'atteindre les alvéoles pulmonaires. Les ciments sous forme sèche, poussières présentes en quantité dans les cimenteries, présentent des risques pour les voies respiratoires (rhinites, asthme, altération de la fonction respiratoire comme la bronchite chronique, l'emphysème....).

Les poussières de ciment peuvent être aussi responsables d'affections oculaires : conjonctivite, blépharocariose ou blépharite (lésions de follicules pileux des cils de paupières).

La forte alcalinité des ciments lors de l'humidification au contact d'une peau humide, provoque les lésions cutanées (peau rouge et luisante).

La dermatite de contact allergique (eczéma) est due aux substances allergènes contenues dans le ciment : chrome, nickel, cobalt et résines époxydiques. Le cimentier se sensibilise progressivement à ces produits de façon spécifique du fait de la multiplicité des contacts cutanés non protégés. Certains types de ciment contiennent un peu de silice libre (quartz ou cristobalite), dont une exposition constante et importante peut générer des risques de silicose.

Le chrome hexavalent est cancérigène, mais les études épidémiologiques dans les cimenteries n'ont pas révélées d'excès de risque d'apparition de cancers broncho-pulmonaires ou cutanés chez les cimentiers.

4.2.2.1 Prévention des risques chimiques au sein d'une cimenterie:

- Sensibilisation sur les risques chimiques
- La ventilation générale repose sur une extraction et soufflage de l'air avec un système de collecte par des ventilateurs, avant son rejet à l'atmosphère après épuration dans des filtres : l'air est transporté dans le local par un ventilateur de soufflage et extrait du local par un ventilateur d'évacuation.
- Obligation de porte des EPI
- La ventilation générale repose sur une extraction et soufflage de l'air avec un système de collecte par des ventilateurs, avant son rejet à l'atmosphère après épuration dans des filtres : l'air est transporté dans le local par un ventilateur de soufflage et extrait du local par un ventilateur d'évacuation.
- La ventilation locale repose sur des systèmes de captage des poussières au plus près de leur point d'émission, avant leur dispersion dans le local.
- Pour les travailleurs exposés à la poussière, il faut réaliser des visites médicales régulières :
 - Tests respiratoires (spiromètre) à l'embauche pour détecter une déficience des fonctions pulmonaires et tous les 2 ans pour dépister l'apparition des troubles respiratoires
 - Radiographie thoracique si nécessaire, épreuves fonctionnelles respiratoires (EFR) conseillées,
 - Il faut établir en collaboration avec le Médecin du Travail, une fiche individuelle d'exposition par salarié et tenir à jour une liste du personnel exposé.
- Présence de kit d'intervention d'urgence un peu partout dans l'usine utilisé en cas ou un diversement accidentel

4.2.3 Risques thermiques des cimentiers

Les hautes températures ambiantes au voisinage des portes et des plates-formes des fours génèrent une chaleur rayonnante due à l'énergie des rayons infrarouges. La proximité d'une source de chaleur peut entraîner des céphalées, hypersudation, tachycardie, hypotension et, conjuguée à des températures de l'air élevée, provoquer des malaises dus à la déshydratation et des troubles circulatoires. Au-delà de 25 °C, l'inconfort se fait ressentir avec, de plus, toutes les conséquences psychologiques que cela peut avoir sur la précision des gestes, la vigilance et donc la sécurité (diminution des capacités de réaction, irritabilité, agressivité).

Le risque incendie/explosion résulte de l'exposition non seulement au phénomène physique qu'est l'incendie ou l'explosion mais également aux effets de panique engendrés par leur survenance.

Un incendie est une combustion qui se développe de manière incontrôlée, en dégageant de fortes quantités de chaleur, des fumées et des gaz polluants et même toxiques

Une combustion est une réaction chimique d'oxydation nécessitant la présence d'un combustible, d'un comburant (généralement l'oxygène de l'air) et d'une source d'énergie pour débiter la réaction

Une explosion est une réaction brusque d'oxydation ou de décomposition entraînant une élévation de température, de pression ou les deux simultanément.

Il existe différents types d'explosions : Pneumatique (ou physique), électrique, chimique ou nucléaire.

4.2.3.1 Risque d'exposition à un flux thermique

L'exposition à un flux thermique lié à un incendie ou à une explosion peut provoquer des brûlures à des degrés variables, en fonction de la distance à laquelle on se trouve.

4.2.3.2 Identification des Risques d'incendie et d'explosion au sein d'une cimenterie :

- Risque propagation de chaleur au voisinage, où il se trouve des produits inflammables.
- Risque incendie au magasin
- Risque d'incendie des moteurs électrique
- Risque d'incendie en cas ou fuite de gaz qui alimente le four
- Risque d'explosion de la tour de préchauffage
- Présence de dynamite sur carrier, risque d'explosion
- Risque d'explosion des bouteilles de gaz

4.2.3.3 Identification des risques thermique :

- Risque de brûlure dans l'étape de préchauffage de la matière premier
- Risque de brûlure pendant les opérations de maintenance (tour préchauffage, four, étape de refroidissement)
- Risque de brûlure pendant les opérations de soudage

4.2.3.4 Prévention des risques thermiques dans une cimenterie :

- Limiter les temps d'exposition à la chaleur ou effectuer une rotation des tâches lorsque des postes moins exposés en donnent la possibilité.
- Limiter le travail physique intense et le port de charge répétitif.
Permettre une période d'acclimatation suffisante avant d'assurer des activités physiques intenses
- Éviter le travail isolé et privilégier le travail d'équipe.
- Augmenter la fréquence des pauses de récupération.
- Aménager des aires de repos climatisées.
- Fournir une source d'eau fraîche et inciter les salariés à boire souvent.
- Établir une procédure d'urgence en cas de malaise lié à l'exposition à la chaleur.

- Modifier les horaires de travail lors des périodes caniculaires...
- Formation des salariés
- Mise à disposition de vêtements ou d'équipements de protection adaptés

4.2.3.5 Prévention des risques d'explosion et d'incendie au sein d'une cimenterie :

- Présence des extincteurs adéquat sur site
- Vérification périodique des installations sur site
- Stockage des bouteilles de gaz à l'aire libre avec séparation des bouteilles vierge et bouteille chargé
- Respecter le stockage de dynamite avant la tâche d'explosion

Risques liés au rayonnement

- L'utilisation de rayons X ; - L'utilisation des rayons gamma dans la détection de bourrages ;
- Soudage au chalumeau ; Mesures de prévention -Isoler les zones de rayonnements ; - Utilisation du Plomb ; 14 - Prévoir un contrat avec CRNA (dosimètre) ;

4.2.4 Risques physiques des cimentiers

D'autres risques ne sont pas spécifiques aux cimenteries, mais communs à toute activité industrielle : chutes de plain-pied sur sol glissant, inégal ou encombré, projections de corps étranger dans les yeux, contusions et coupures lors des opérations de manutention... Les charges lourdes portées manuellement, ou le nombre excessif de manipulations et mouvements avec torsion du dos, rotation pour le déplacement, flexion pour le soulèvement, ou la station debout prolongée ... sont à l'origine d'accidents de travail concernant la colonne vertébrale (dorsalgies, lombosciatiques) et le vieillissement progressif des structures ostéoarticulaires. Il y a des risques physiques accrus à l'occasion des opérations de chargement de ciment pour livraison.

4.2.4.1 Risques acoustiques des cimentiers

Les nuisances sonores, L'exploitation des carrières de calcaires et l'utilisation de machines à l'usine, occasionne l'émission de forts bruits atteignant le niveau maximal de décibels que peut supporter l'homme. En effet, les vibrations des véhicules et machines dans les carrières, ainsi que les fréquents dynamitage, sont très bruyants et très inconfortables. Mais ce qui est encore plus grave, c'est le bruit des moteurs et des machines industrielles, dans les usines de fabrication, surtout si elles se trouvent en agglomération. Quelques solutions pour lutter contre les effets néfastes de la fabrication du ciment Pour lutter contre les fortes émissions de CO₂, une solution est de rapprocher les usines de fabrications aux carrières.

Les sources de bruits dans les cimenteries sont nombreuses, créant un environnement bruyant du fait en particulier des opérations de broyage, tamisage... Les niveaux de pression acoustique engendrés par les bruits des broyeurs à leur voisinage peuvent dépasser 110 dB. En dehors des atteintes au système auditif (déficit auditif, acouphènes...), le bruit ambiant peut entraîner une gêne ou un stress vecteur de troubles du psychisme et de pathologies qui nuisent non seulement à la santé du travailleur mais aussi à la sécurité de son travail par baisse de vigilance et de dextérité ou de concentration.

4.2.4.2 Risque de vibration et de bruit

Les vibrations sont les oscillations mécaniques d'un objet près de son point d'équilibre. Les oscillations peuvent être régulières, comme le mouvement d'un pendule, ou aléatoires, comme le mouvement d'un pneu sur un chemin en gravier.

L'étude des effets des vibrations sur la santé fait appel à la mesure des « ondes de compression » globales qui sont générées par la structure ou l'équipement vibrant.

Les vibrations sont transmises au corps par l'intermédiaire de l'organe en contact avec l'équipement vibrant. Lorsqu'un travailleur utilise des outils à mains, par exemple une scie à chaîne ou un marteau perforateur, ses mains et ses bras subissent les effets des vibrations. C'est ce qu'on appelle une exposition aux vibrations du système main-bras ou simplement aux vibrations main-bras. Lorsqu'un travailleur est assis ou se tient debout sur un plancher ou un siège vibrant, l'exposition produit des vibrations touchant presque tout le corps. C'est ce qu'on appelle une exposition aux vibrations globales du corps.

On appelle Bruit, toute sensation auditive désagréable et gênante. Mais aussi, phénomène physique d'origine mécanique consistant en une variation de pression (très faible), de vitesse vibratoire ou de densité du fluide, qui se propage en modifiant progressivement l'état de chaque élément du milieu considéré, donnant ainsi naissance à une onde acoustique (la propagation des ronds dans l'eau suite à un ébranlement de la surface donne une bonne représentation de ce phénomène).

4.2.4.2.1 Identification des risques de vibration :

- Les chauffeurs des engins lourds sont soumis à un niveau important de vibration et de bruit (un bruit qui dépasse 80 DB)
- Risque de Perte auditive liée à l'explosion de dynamite
- Risque d'avoir des maladies auditives (les travailleurs de carrières et d'usine)
- Risque d'avoir des maladies cardiovasculaires lié aux vibrations
- Risque de perte de communication liée au bruit sure le milieu de travail

4.2.4.2.2 Prévention des risques de vibration :

- La prévention technique qui consiste à réduire les vibrations à la source et leur transmission au corps du travailleur repose sur des dispositifs d'amortissement des vibrations telles que des poignées anti-vibratiles ou dispositifs anti-balourd sur les machines, des systèmes de suspensions des cabines de conduite, des planchers anti-vibratiles et des sièges à faible fréquence de résonance sur les engins.
- La réduction de la durée d'exposition est un aspect essentiel de la prévention : la rotation des ouvriers aux postes vibrants alternant les périodes d'exposition aux vibrations, les pauses régulières de durée suffisante, sont des moyens pour minimiser les impacts de l'exposition aux vibrations en permettant la récupération.
- Faire contrôler régulièrement les systèmes antivibratiles
- Si le sol est en mauvais état, il faut limiter la vitesse de conduite (exemple de carrières)

- La formation et la sensibilisation des salariés sont indispensables.
- Porte de stop bruit obligatoire à l'espace d'où le bruit dépasse le 80 db .

4.2.4.3 Chute d'objet / chute de plein pied

Le risque d'effondrements et de chutes d'objets peut être présent dans toutes les entreprises. C'est un risque de blessure qui résulte de la chute d'objets provenant d'un étage supérieur ou de l'effondrement d'un matériau. La cause de ce risque est multifactorielle.

La chute de plain-pied est un évènement qui conduit une personne à un déséquilibre, un faux pas, un trébuchement.

Les risques d'accidents de plain-pied résultent du contact brutal d'une personne avec le sol ou un objet au cours de la chute.

4.2.4.3.1 Identification des risques de chute d'objet / chute plein pied au sein d'une cimenterie:

- Risque de chute des roches de matière premier lorsque le transport par le convoyeur et par les camions
- Risque de chute plein pied lorsque l'utilisation des échelles / escalier endommagé
- Risque de chute plein pied au carrier
- Risque de chute les outils de maintenance/ des pièces mécanique lorsque les opérations de maintenance sont effectuées en hauteur
- Risque de chute des particules de clinker après la sortie depuis le four
- Risque de chute de matière premier avant l'entrée au tour de préchauffage
- Risque de glissade à cause de présence de particule de clinker

4.2.4.3.2 Mesures de prévention

- Porte des EPI obligatoire
- Nettoyage de sole périodiquement
- Utilisation des panneaux de signalisation

4.2.5 Risque mécanique

Le risque mécanique est le plus important lors de tout contact avec une machine. Le risque mécanique peut être dû aux éléments de transmission (chaînes, courroies, engrenages), aux éléments mobiles concourant au travail (un mandrin et son outil), à la mobilité des équipements (engins de terrassement), au levage de charges (grues)...

4.2.5.1 Identification des risques mécanique

- Risque liée au contact direct avec des machines
- Risque blessures aux opérations de maintenance
- Risque de coupures des membres
- Les différents éléments de tapis roulant se déche à cause de la surcharge de celui-ci
- Le mauvais serrage des pièces après les opérations de maintenance due à des accidents grave de l'opérateur.

4.2.5.1.1 Prévention des risques mécaniques

- Respecter le planning d'inspection de matériel et d'usine
- Maintenance préventive des Equipements
- Formation/ information de personnels
- Vérification de l'efficacité de l'arrêt d'urgence de toutes les machines
- Vérification de la conformité des machines par un organisme externe

4.2.6 Risques liés aux engins et à la circulation sur le site

La circulation en entreprise correspond à l'ensemble des déplacements des personnes (le personnel et le public), des moyens de transports et de manutention (des matières premières aux produits finis), dans l'enceinte de l'entreprise (à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments).

4.2.6.1 Identification des risques de circulation

- Dans les fouilles de tranchées, même de faible profondeur, les risques d'éboulement peuvent provoquer l'effondrement de l'engin au bas du talus.
- En terrain très accidenté, certains engins risquent de se renverser.
- Le danger de collision avec d'autres engins dans la même zone de travail est possible.
- Le déplacement des engins sur le site peut générer des risques de heurts avec les travailleurs à pied.
- Des blessures peuvent être occasionnées par les godets ou les lames ou par les câbles ou les sangles d'arrimage, par la manutention lourde de patins de calage, de pièces détachées...
- Traumatismes suite à une chute lors de la descente de l'engin (entorses...).
- Projection en roulant de corps étrangers dans les yeux des carriers du fait d'un environnement particulièrement caillouteux et poussiéreux.

4.2.6.2 Mesures de prévention face aux risques de circulation

- Séparation des flux de circulation (planning, horaires, etc);
- Suppression ou remplacement des flux de circulation superflus ;
- Création ou optimisation du plan de circulation
- Séparation des voies de circulation ;
- Utilisation de panneaux de signalisation ;
- Réduction « physique » de la vitesse par ralentisseurs ;
- Aménagement des aires de stationnement ;
- Aménagement des zones de croisement de flux de circulation
- Formation du personnel à la conduite des engins de manutention ;
- Information et formation du personnel aux règles de circulation interne à l'entreprise.

4.2.7 Risque électrique

Le risque électrique résulte d'une possibilité de contact direct ou indirect d'un salarié avec une pièce sous tension, ou encore du seul fait de sa présence à proximité d'un équipement électrique, et donc sans contact.

Une personne est électrisée lorsqu'un courant électrique lui traverse le corps et provoque des blessures plus ou moins graves. On parle d'électrocution lorsque ce courant électrique provoque la mort de la personne.

a- Au bureau :

- Risque d'avoir un court-circuit
- Risque d'électrisation par des pièces alimentées par courant
- Risque d'électrisation pendant les essais de maintenance des prises

b- Au sein de l'usine :

- Risque électrique lors le contact direct avec des machine
- Risque électrique lors les opérations de maintenance des machines ou des armoires électriques
- Détérioration des mises à la terre, risque d'électrocution et de défaillance des machines
- Câble mal isolé ou bien dégradé

4.2.7.1 Prévention des risques électrique

- Respect des consignes de sécurité
- Panneaux de signalisation des risques électrique
- Balisage des zones de travail pendant les opérations de maintenance des armoires électrique
- cadenas condamnant l'utilisation de l'appareil lors de sa maintenance
- Vêtement spécifique pour les interventions électrique
- Double couche d'isolation pour les câbles à haute tension

4.3 Procédés des bâtiments

Le bâtiment englobe toute activité axée sur la construction de biens immobiliers. Ces derniers peuvent être destinés à la résidence des personnes, à l'exploitation industrielle ou à l'entreposage des biens entre autres.

Bâtiment fait référence à la construction d'édifices, à leur aménagement intérieur, à leur entretien, leur restauration ou leur démolition. Les travaux sont effectués par des entreprises de toutes tailles, de l'artisan aux grands groupes multinationaux.

Ces édifices comprennent des logements collectifs, des maisons individuelles, mais aussi des locaux commerciaux et industriels (centres commerciaux, usines, bâtiments agricoles, etc.), des centres de loisirs (piscines, salles de sports, de concert, théâtres, cinémas, musées, etc.) des lieux publics (écoles, mairies, hôpitaux, etc.) ou encore des bâtiments historiques (châteaux, monuments anciens, etc.).

On entend par TP la construction neuve, la réhabilitation et l'entretien de tout ouvrage, que ce soit des bâtiments publics ou de grosses infrastructures, réalisés pour une personne publique. Il s'agit par exemple des aéroports, des routes, des ponts, etc.

4.3.1 Risque de pollution

De nature chimique, physique ou biologique, les polluants (facteurs de risques) en relation avec les bâtiments sont nombreux et leurs sources sont multiples : l'air extérieur, les

produits de construction, l'activité de l'homme à l'intérieur des bâtiments, les appareils à combustion, les équipements, les produits d'entretien et de bricolage, etc.

Plusieurs polluants ont déjà fait l'objet d'actions publiques importantes afin de corriger plusieurs situations à risques dans le patrimoine (amiante, plomb, radon, etc.). Pour les autres, il convient de développer de manière significative la connaissance des expositions résultant des concentrations réellement rencontrées dans les bâtiments et de susciter les recherches qui permettent de mieux connaître leurs effets sur la santé. Il s'agit, par exemple, des composés organiques volatils, des biocides, des bio-contaminants, des fibres et particules...

Parmi les pathologies ou ensemble de symptômes mis en relation avec les polluants des bâtiments on distingue schématiquement :

Les pathologies spécifiques ou maladies reliées aux bâtiments dont la cause peut être clairement authentifiée. Peu fréquentes, mais souvent plus graves, elles sont accompagnées de signes cliniques précis et/ou de résultats d'examens de laboratoire sans équivoque.

Le syndrome des bâtiments malsains, d'origine souvent multifactorielle, désigne l'ensemble des symptômes (oculaires, respiratoires et cutanés, le stress) dont la cause ne peut pas être clairement authentifiée. Ces symptômes disparaissent en dehors du bâtiment et ne s'accompagnent généralement pas de critères au sens clinique.

Un chantier de construction est un lieu toujours poussiéreux. En général, la poussière propre à un environnement de chantier contient un mélange de fines particules nocives et de fibres susceptibles d'abîmer les poumons, ce qui peut mener à des maladies pulmonaires obstructives chroniques telles que l'asthme, la silicose, et bien d'autres encore.

Posséder un équipement de protection personnel n'est pas suffisant dans ce cas; les entreprises ont l'obligation légale d'imposer et de s'assurer que ces équipements de sécurité sont bien utilisés. Les salariés qui n'utilisent pas la tenue qui leur a été attribuée peuvent être soumis à des mesures disciplinaires ou même être licenciés.

4.3.2 Chutes et hauteurs

La construction de bâtiments et les projets d'infrastructures classiques ou encore les travaux de démolition font appel à des ouvriers qualifiés qui doivent travailler en hauteur. Les décès et blessures consécutifs au travail en hauteur représentent d'innombrables accidents chaque année.

Les risques liés à ce type de travail augmentent d'autant plus lorsque les accès et la mobilité sont réduits. Pour parer à cela, les entreprises assurent en général une formation (de sensibilisation à la sécurité) ainsi qu'un équipement sécurisé à tous les employés susceptibles de travailler en hauteur.

Il y a quatre catégories de causes qui contribuent aux risques de chute sur le chantier qui sont :

4.3.2.1 *Acte dangereux*

la plupart des victimes sont fortement d'accord pour dire qu'elles n'ont pas porté d'EPI et que l'utilisation incorrecte d'outils ou d'équipements provoque des accidents de chute sur le chantier et que lorsque les travailleurs ont utilisé un système de protection contre les chutes, ils l'ont utilisé incorrectement et les équipements utilisés ne conviennent pas aux travaux effectués

4.3.2.2 *Conditions de travail dangereuses*

La plupart des cas montrent que le mauvais entretien et le travail de haut niveau étaient la principale cause des chutes sur les chantiers de construction. Un entretien ménager inadéquat a causé le désordre et l'encombrement du site. Le risque de chute des travailleurs a augmenté en raison de ce mauvais état du site. Travailler à haute altitude est l'une des activités de construction qui sont dangereuses par rapport à d'autres industries. L'exposition à une élévation élevée provoque la sévérité de la chute.

4.3.2.3 *Barrières de communication*

Le secteur de la construction se compose de travailleurs issus de milieux différents qui parlent des langues différentes. Ces travailleurs ont de mauvaises compétences en lecture et en écriture et ne peuvent pas communiquer correctement les uns avec les autres sur le chantier de construction. Par conséquent, l'information ne peut pas être transmise clairement aux travailleurs, ce qui provoque des chutes et de nombreuses chutes se produisent en raison d'une mauvaise communication entre les directeurs de la sécurité et les travailleurs.

4.3.2.4 *Engagement de la direction*

La cause principale était l'incapacité de la direction à fournir suffisamment d'EPI et d'équipements de sécurité, suivie d'un manque de formation (formation et orientation en matière de sécurité). L'incapacité de la direction à fournir des EPI tels que des bottes de sécurité, des ceintures de sécurité et des casques de sécurité provoque des accidents de chute. Le pourcentage de risques de chutes est élevé si la direction n'a pas fourni d'EPI et si les travailleurs n'ont pas utilisé l'EPI tel que requis.

4.3.3 *Chute de plain-pied*

Les chutes de plain-pied sont un risque fréquent dans les chantiers BTP, en France les chutes de plain-pied sont la cause de 14 % d'accidents de travail dans le BTP en 2019. Tous les professionnels du BTP peuvent être confrontés au risque de chute de plain-pied.

Elles sont définies comme un glissement, un trébuchement, faux-pas et autres pertes d'équilibre sur une surface plane. Sont considérées ici comme surfaces planes les surfaces ne présentant aucune rupture de niveau ou bien des ruptures de niveau réduites (trottoir, petites marches, plan incliné, etc).

Trébuchements et glissades ne finissent pas toujours par une chute. Mais le plus fréquent c'est avec une chute. La dangerosité d'une chute de plain-pied se caractérise par 3 facteurs :

- une chute en arrière est beaucoup plus dangereuse car si le casque est éjecté, la tête peut taper le sol et créer une hémorragie ;
- une chute de plain-pied sur un acier en attente non protégé peut provoquer une blessure mortelle ;
- une chute en situation de manutention est en général plus grave car la charge augmente les possibilités de dommage.

4.3.3.1 Causes de chute plain-pied

Les chute de plain-pied sont liées à plusieurs facteur mais généralement dans les chantiers en parle beaucoup de côté organisationnelle et erreur humaine, ici quelques causes communes sur les chantiers :

- Spots glissants sur les surfaces de marche.
- Revêtement de sol lâche et non ancré.
- débris et objets sur le sol.
- Tuyaux, câbles ou fils non recouverts.
- conditions météorologiques.
- des outils et Equipment jeté au hasard dans le lieu de travail.
- chaussures inadaptées, chaussures à semelle glissante ou sans maintien de la cheville.
- Mauvaise éclairage.
- Détente et manque de concentration des travailleurs.
- Un autre attribut physique qui semble avoir une influence sur la glissade et le trébuchement est la masse corporelle. Il a été constaté que le surpoids était lié à des chutes au même niveau chez les travailleurs de la construction.

4.3.3.2 Blessures

Les décès sont une conséquence rare de la chute de plain-pied mais ils peuvent causer de nombreuses blessures telles que :

- Plaies « interne/externe » et Contusions
- Fractures et dislocations des articulations
- blessures dorsales
- Traumatisme crânien et les fêlures

4.3.4 Risques de manutention

Sur un chantier de construction, les matériaux et l'équipement sont continuellement déplacés. Que ce soit manuellement ou mécaniquement, un facteur de risque est toujours présent. Pour les tâches manuelles ou mécaniques, une formation appropriée, ainsi que des tests de compétences, et des autorisations de manutention et d'exploitation doivent être strictement observés, enregistrés et gardés à disposition.

4.3.4.1 Risques liés à la manutention manuelle

La manutention manuelle est la première cause d'accident dans le secteur BTP avec 48% cas, tous les professionnels du BTP sont concernés par ce risque.

La manutention manuelle c'est tout opération de porter ou déplacer des charger avec une force physique seulement, tous les professionnels du BTP sont concernés par ce risque.

La manipulation manuelle peut avoir de graves conséquences pour l'employeur et la personne qui a été blessée. Ils peuvent se produire presque partout sur le lieu de travail et les travaux manuels lourds, les postures maladroites, les mouvements répétitifs des bras, des jambes et du dos ou les blessures antérieures/existantes peuvent augmenter le risque. Elle peut causer des différentes blessures comme :

- Trouble musculo-squelettiques sont les blessures les plus courantes associées à la manutention manuelle
- entorses et foulures musculaires
- hernie
- rhumatisme
- chute d'une charge, entraînant une blessure au pied.
- soulever des charges tranchantes ou chaudes entraînant des coupures, ecchymoses et abrasions.

4.3.4.1.1 Causes du préjudice dans les opérations de manutention manuelle

- L'absence de technique appropriée pour soulever et/ou déplacer le ou les objets ou la charge.
- Le travailleur ne prend pas assez de temps pour la pause.
- Déplacement de charges trop lourdes.
- Manipuler un objet qui ne laisse pas le travailleur voir son chemin
- Ne pas saisir le (s) objet(s) ou le chargement de manière sûre.
- Ne pas porter d'équipement de protection individuelle approprié.

4.3.4.1.2 Trouble musculo-squelettiques (TMS)

Ces affections concernent les membres supérieurs et inférieurs se produisent généralement lorsque le corps utilise des muscles, des tendons et des ligaments pour effectuer des tâches, la plupart des troubles musculo-squelettiques liés au travail se développent au fil du temps. Une mauvaise posture de travail, geste répétitif ou port un poids excessif sont les principales causes de cette blessure. Les TMS sont des risques à effets différés. Douleurs, malaises, raideur ou encore perte de force musculaire lors d'un mouvement sont les premiers signes de troubles musculo-squelettiques

Les travailleurs de la construction sont particulièrement exposés aux TMS car ils sont souvent exposés à des postures et des mouvements gênants, tels que le levage, la flexion ou la torsion, parfois pendant de longues périodes. En comparant les différentes industries au Royaume-Uni, le « Health and Safety Executive (HSE) » montre que la TMS est plus répandue dans la construction.

Les TMS est la première cause de maladies professionnelles dans le bâtiment et les travaux publics où 9 maladies professionnelles sur 10 sont dues aux TMS.

4.3.5 Outillage dans les lieux de travail

Dans tous les chantiers les travailleurs doivent être utilisés d'outillage à main (soit alimenté soit non) pour effectuer différentes tâches. Ces outils ont changé les méthodes de construction et amélioré considérablement la productivité de la construction, mais ils ont également été reconnus comme l'un des facteurs dangereux conduisant aux maladies professionnelles et aux

blessures au travail. Ils représentent l'origine de 15% d'accident de travail dans le secteur de bâtiments et travaux public en France en 2018.

Les outils portatifs couvrent tous les types d'équipements mobiles utilisés sur le lieu de travail comprennent les deux :

- Outillages à main « non motorisé » qui sont entièrement alimentés manuellement (par le muscle humain).
- Des outils portables qui ont une source d'alimentation externe (électricité, air comprimé, carburant liquide...).

Tableau 2: Outils utilisés dans les chantiers *btp* (Moula Chouaib,2019)

Outillages à main « non motorisé »	Des outils portables « motorisé »
Marteau à panne fendue	Perceuse visseuse
Tournevis	Perforateur
La massette	Boulonneuse à choc
Le ciseau	Marteau piqueur
Le burin	Meuleuse
Pioche	Polisseuse
Pince	Tronçonneuse
Cisaille	Ponceuse

4.3.5.1 Risques liés à l'outillage à main non motorisé

- La projection des éclats et fragments abîment les yeux
- poignées cassées sur les outils qui peuvent faire voler l'outil et cause le risque de chute d'objet
- utilisation incorrecte de couteaux, de scies et de ciseaux peut blesser la main
- les poignets et les bras douloureux (troubles des membres supérieurs) dus à l'utilisation fréquente d'outils.
- Foulures dues à un mouvement ou à un effort violent.
- Utilisation d'équipement endommagé nécessitant un entretien ou un remplacement
- TMS

4.3.5.2 Risques liés à des outils manuels à moteurs

- venant en contact avec les lames de coupe ou les pointus
- les éclats qui sortent de la zone de coupe.
- électrocution à partir d'équipements et de câbles mal entretenus ou coupure du câble électrique
- problème de manipulation manuelle avec risque de blessure si l'outil est lourd ou très puissant comme les marteaux piqueurs
- TMS
- Risque de trébuchement des câbles d'alimentation
- des niveaux de bruit élevés avec la marteau piqueur et des scies en particulier
- niveaux de poussières et de fumées dégagées lors de l'utilisation des outils
- incendie

4.3.6 Glissades et trébuchements

Parallèlement aux chutes, les glissades et les trébuchements sont choses courantes sur des chantiers de construction. Additionnés à la hauteur, aux sols inégaux, aux obstacles, aux surfaces glissantes, aux câbles qui traînent, aux trous et à tous les types de matériaux présents un peu partout sur un chantier, il n'est pas surprenant que glissades et trébuchement soient un fait quasi quotidien.

Chaque année sur les chantiers de construction, les glissades et les trébuchements sont la cause d'environ 1000 blessures telles que des fractures et articulations disloquées. Réduire les risques dans ce secteur c'est avant tout impliquer les employés afin d'identifier les problèmes et accidents évités de justesse. Les écriteaux, les tenues et chaussures adéquates ainsi que les équipements de sécurité aident toujours à diminuer les risques.

4.3.7 Bruit

Le bruit est l'un des dangers "silencieux" majeur. Le bruit n'a pas l'effet traumatisant que peut avoir une chute, mais les bruits répétitifs et excessifs peuvent avoir des conséquences sur une guérison à long terme. Ces bruits peuvent tout aussi bien agir comme une diversion dangereuse susceptible de générer d'autres accidents.

Les bouchons d'oreilles n'offrent pas une protection parfaite contre les dommages auditifs. Conformément à la loi, les entreprises doivent se conformer à des réglementations relatives à l'émission sonore; telles que mettre en œuvre et documenter des études sur les risques du bruit et fournir aux salariés le matériel de protection adéquat.

4.3.8 Maladie des vibrations

La Maladie des Vibrations est une maladie douloureuse où les vaisseaux sanguins, les nerfs et les articulations ne sont plus alimentés en sang. C'est une maladie spécifique au secteur industriel du bâtiment causée par l'utilisation prolongée d'outils et de matériels vibrants.

Du point de vue médical, elle est connue comme étant la Maladie des Vibrations. Les personnes qui travaillent avec des outils vibrants devraient bénéficier d'équipements appropriés mais aussi que le matériel utilisé soit opérationnel et entretenu convenablement. Les entreprises devraient également assurer des contrôles de santé réguliers pour limiter les risques.

4.3.9 Effondrements

Les effondrements sont des accidents plus graves encore, lorsque ça arrive. Chaque année, des blessures graves voire mortelles sont causées par l'effondrement de tranchées ou lors de fouilles. Les effondrements inattendus se produisent essentiellement sur les chantiers de démolition, sur les échafaudages et les bâtiments partiellement achevés. Afin de diminuer les risques, il est primordial de toujours prendre des mesures de précaution, avant le début des travaux.

4.3.10 Amiante

Tout le monde pense que l'amiante ne concerne que les débuts du secteur du bâtiment et que les années ont passé depuis. C'est à la fois l'employeur et les salariés qui devraient être conscients du danger s'ils se retrouvent au contact de matériaux nocifs tels que l'amiante.

Cependant ce matériau est toxique. L'inhalation de fibres d'amiante est à l'origine de l'asbestose (fibrose pulmonaire) ; de cancers broncho-pulmonaires, ainsi que de cancers de la plèvre (mésothéliome) et de cancers du larynx des voies digestives.

4.3.11 Electrocutions

Les statistiques établissent une moyenne de trois salariés par an électrocutés dans le secteur du bâtiment, lors de travaux de rénovation dans des locaux commerciaux ou résidentiels. Travailler proche des lignes et câbles électriques augmente le risque. Les salariés non qualifiés en tant que électriciens mais qui réalisent des travaux électriques augmentent le nombre d'électrocutions dans ce secteur.

Les commissions de sécurité ont réussi à réduire les risques en instaurant l'utilisation de matériaux non-conducteurs à proximité de lignes et câbles électriques et en imposant des formations de sécurité. Des écriteaux informant sur les dangers d'électrocutions ont également permis de diminuer amplement ce problème.

4.3.11.1 Accidents peuvent survenir à la suite :

- Contact direct avec une pièce nue sous tension
- Contact indirect, notamment avec une pièce métallique mise accidentellement sous tension du fait d'un défaut interne,
- Court-circuit, lorsque deux conducteurs actifs entrent en contact,
- Amorçage à proximité de réseaux à haute tension.

4.3.11.2 Leurs effets sur les personnes :

L'électrocution : peut causer un arrêt cardiaque, c'est à dire un décès.

L'électrisation :

- Provoque des lésions graves.
- Les brûlures.
- Handicaps à long terme.
- Séquelles esthétique.

Tableau 3 : Effets du courant sur le corps humain (Dominique, 2006)

Intensité	Perception des effets
0,5 à 1 mA	Seuil de perception, sensation très faible
10 mA	Seuil de non lâché, contraction musculaire
30 mA	Seuil de paralysie respiratoire
1 A	Arrête cardiaque
2 A	Centre nerveux atteint

4.3.11.3 Situations de travail qui exposent au risque électrique sont nombreuses dans le BTP

- Travaux ou interventions sur des installations électriques ou dans leur voisinage
- Travaux au voisinage de lignes aériennes ou souterraines sous tension
- Utilisation d'équipements électriques
- Utilisation d'outillage électroportatif, de machines électriques fixes...
- Conduite d'engins de chantier, travaux en toiture, utilisation d'échafaudages, intervention à proximité de réseaux enterrés...
- Travaux à proximité d'une installation électrique, pose et dépose d'appareillage électrique, raccordement d'un équipement électrique...

4.3.12 Risque thermique

Les blessures dues à la chaleur telles que les insolation ou les coups de chaleur contribuent aussi aux décès dénombrés dans le secteur du bâtiment. Il s'agit là du risque associé au travail que l'on peut prévenir le mieux. Faire des pauses régulières et s'hydrater tout au long de la journée minimise les risques qui aboutissent à des problèmes beaucoup plus sérieux.

4.3.13 Risques liés aux opérations de transport sur le lieu de travail

Sur les chantiers, des véhicules de différents types sont utilisés, tels que des chargeuses, des pelleteuses, des camions et d'autres véhicules lourds sont essentiels sur les chantiers de construction. Ces véhicules non seulement aident les travailleurs avec des projets à grande échelle, mais aussi rendent leur travail un peu moins pénible, mais malheureusement ils mettent le travailleur en situation de danger, ce sont des risques non seulement pour le conducteur de l'engin mais aussi pour les autres travailleurs, selon «HSE» en 2021, 10% des blessures mortelles dans le secteur de la construction en Royaume-Uni causées par le fait d'être heurté par un véhicule en mouvement.

Le risque varie d'un véhicule à l'autre, certains véhicules présentent un risque particulier, mais nous pouvons les reprendre dans :

- Collision engin-engin.
- Renversement ou retournements de l'engin.
- les heurts entre les engins et les piétons
- Chute des charges manipulées « chute d'objet »
- Chute en montant ou descendant de l'engin
- Explosion ou combustion du véhicule
- Electrisation ou électrocution (contact de l'engin avec un réseau électrique aérien ou souterrain)
- Bruit
- Vibration pour le conducteur

La cause principale est l'erreur humaine, la plupart des scénarios de risque précédents peuvent être évités si les travailleurs suivent les règles de sécurité et sont toujours prudents et stimulants, mais il y a d'autres raisons comme suit :

- Les routes et/ou les revêtements routiers médiocres et mal drainés
- Les routes sont trop étroites et les aires de stationnement ne sont pas suffisamment sûres
- Facteurs environnementaux médiocres, tels que l'éclairage, la poussière et le bruit
- Mauvais ou pas de contrôles d'entretien périodique
- Les conducteurs ne se qualifient pas ou ne respectent pas les exigences de sécurité
- Ne pas baliser les zones de circulation
- Absence d'organisation de chantier et les règles de circulation (vitesses, priorité ...)

4.4 Bibliographie

- « Quelle différence : BÂTIMENT/TRAVAUX PUBLICS », *FRBTP*, 26 juillet 2018. <http://www.frbtp.re/actualites/reportage/2018/07/26/quelle-difference,bAtimenttravauxpublics,-html> (consulté le 26 mai 2022).
- « Workplace fatal injuries in Great Britain, 2021 », p. 32, 2021.
- « Statistiques de sinistralité 2019 tous CTN et par CTN - Accidents du travail, Accidents de trajet, Maladies professionnelles », p. 62, 2019.
- « HSE: Information about health and safety at work ». <https://www.hse.gov.uk/> (consulté le 30 mai 2022).
- « Chutes de plain-pied. Définition et caractéristiques - Risques - INRS ». <https://www.inrs.fr/risques/chutes-de-plain-pied/definition-et-caracteristiques.html> (consulté le 31 mai 2022).
- « Prévention BTP, bâtiment et travaux publics - OPPBTP », *PréventionBTP*. <https://www.preventionbtp.fr/> (consulté le 30 mai 2022).
- « ameli, le site de l'Assurance Maladie en ligne | ameli.fr | Assuré ». <https://www.ameli.fr/assure> (consulté le 30 mai 2022).
- « Les risques professionnels dans le BTP : chiffres clés ». <https://www.ameli.fr/entreprise/sante-travail/votre-secteur/batiment-travauxpublics/chiffres-cles> (consulté le 28 mars 2022).
- « Statistiques de sinistralité 2018 tous CTN et par CTN : Accidents du travail, Accidents de trajet, Maladies professionnelles », p. 62, 2018.
- R. Campbell, « Fatal Electrical Injuries At Work », p. 21.
- « ESFI-Workplace-Electrical-Injuries-and-Fatalities-Statistics-2011-2020.pdf ».
- « Le risque électrique, qu'est-ce que c'est ? », *PréventionBTP*. https://www.preventionbtp.fr/chantiers/risques/le-risque-electrique-qu-est-ce-que-cest_svBLZCvkibHgQ2nRsseHk5 (consulté le 16 avril 2022).
- I. Polanowski, « Construction statistics in Great Britain, 2021 », p. 24, 2021.
- .M.Chouaib « Outils et matériels du bâtiment Matériel de chantier » 08septembre 2019
- D. SERRE « installations électriques BT Caractéristiques générales » 10 mai 2006.

5 Chapitre 4. Les risques relatifs à la Sécurité des installations et des équipements de travail

5.1 Introduction

Les équipements de travail sont tous les appareils, outils, installations ou machines utilisées au travail. Ce sont notamment les machines d'atelier, les machines mobiles, les engins de levage, les échafaudages, les échelles... Les équipements de travail soumettent leur utilisateur à certains risques d'atteinte à la santé, qui peut être des accidents du travail ou des maladies professionnelles. Les risques doivent être palliés par une conception de l'équipement de travail prenant en compte ces risques, et par une utilisation respectant des règles précises. La directive 89/655/CEE définit ainsi l'équipement de travail : "équipement de travail" : tout appareil, outil, installation ou machine utilisé au travail ». C'est une définition large qui couvre notamment les machines d'atelier, les machines mobiles, les engins de levage, les échafaudages, les échelles.

5.2 Installations industrielles

Le terme installation est l'action d'installer ou de s'installer. Une installation peut être un bâtiment ou même une usine qui fabrique un objet ou qui produit un service industriel, par ailleurs, est quelque chose appartenant ou lié à l'industrie. L'industrie est connue comme étant l'ensemble des opérations qui permettent d'obtenir, de transformer ou de transporter des produits naturels. Les installations industrielles sont donc les usines où différents produits sont fabriqués. Ce sont ces installations qui ont tous les moyens de développer un procédé de fabrication. Une installation industrielle est formée par le bâtiment lui-même, les installations spécifiques (tels que la climatisation, l'assainissement, etc.) et les machines. Au moment de choisir un endroit pour construire une installation industrielle, il faut étudier divers facteurs externes, tels que les transports qui desservent la région. Dans le quotidien d'une installation industrielle, plusieurs sciences ou disciplines interviennent, telles que la sécurité industrielle le domaine multidisciplinaire qui vise la minimisation des risques d'accidents et de l'hygiène industrielle procédures visant à contrôler les facteurs environnementaux qui peuvent affecter la santé des travailleurs et des voisins. Les installations industrielles sont séparées en deux parties bien distinctes:

- Le circuit de commande
- le circuit de puissance.

5.2.1 Définition de l'installation

Une installation est un bâtiment ou même une usine qui fabrique un produit appartenant ou lié à l'industrie. L'industrie est connue comme étant l'ensemble des opérations qui permettent d'obtenir, de transporter ou transformer les matières premières à un produit de qualité. Ce sont tous les moyens de développer un procédé de fabrication, les installations spécifiques (tels que la climatisation, l'assainissement, etc.) et les machines. Dans le quotidien d'une installation industrielle plusieurs sciences ou disciplines interviennent, telles que la sécurité industrielle ; le domaine multidisciplinaire qui vise la réduction des risques

d'accidents et de l'hygiène industrielle et la protection de l'environnement qui peuvent être néfaste la santé des travailleurs et des voisins.

Au moment de choisir un endroit pour construire une installation industrielle, il faut étudier divers facteurs externes, tels que les transports qui desservent la région.

5.3 Equipements industriels

Les équipements industriels comprennent l'ensemble des machines et outils qui jouent un rôle essentiel dans le processus de production d'une entreprise. Il s'agit produire des biens industriels pour satisfaire le besoin de la clientèle à l'aide des visites d'inspection dictées par le comité de santé et de sécurité, et dans des domaines différents. Après s'être équipé en outillages nécessaire à savoir mécaniques ou électroniques, Toute entreprise a recours à un service de maintenance des équipements par sous-traitance afin de prévenir les risques encouru et réussir à réparer les pannes à travers Les routines de vérification, de graissage, de calibration, on doit toujours maintenir les équipement en bonne état et favoriser la maintenance industrielle dans le cas contraire l'entreprise risque d'engendrer un ralentissement de production et causer des problème de sécurité au travail. Assurer l'entretien des équipements et comprendre leurs systèmes de fonctionnement, cette mission inclut la plupart des taches d'entretien d'équipement sous ses diverses formes : - L'entretien correctif : dépannage et réparation - L'entretien préventif : périodique, systématique ou conditionnel

5.3.1 Exemples d'équipements industriels

Chaque secteur d'activité, mais aussi chaque phase de production a ses propres besoins. Pour le conditionnement, le convoyeur manutention continue, le transport pneumatique, la benne surbaissée ou basculante permettent de faire circuler les biens et emballages. Le chariot de manutention, le transpalette gerbeur élévateur ou l'appareil de levage sont utiles pour le transfert de charges dans les usines ou les entrepôts de stockage. Pour l'usinage, il existe une large gamme d'ensembles de machines de formage tôlerie et soudage : fraiseuse, poinçonneuse cisaille, perceuse, ... Aussi, toute industrie nécessite d'être dotée d'un système de traitement de surface et thermique pour le processus de nettoyage, dégraissage et épuration des effluents machines.

5.4 Machines

Une machine est composée de pièces ou d'organes liés entre eux dont au moins un est mobile et qui sont réunis de façon solidaire en vue d'une application définie. Lors de la construction de machines, le fabricant doit procéder à une analyse des risques pour identifier et évaluer tous les risques et points dangereux possibles. En fonction de cette évaluation et par des mesures adéquates on réussit à éliminer ou réduire ses risques, Si le risque existe toujours malgré ses études le fabricant de la machine doit mettre en œuvre des moyens de protection nécessaire adaptés, informer l'opérateur qui manipule cette machine des risques résiduels. Pour s'assurer que les mesures prévues sont efficaces.

5.5 Instruments

Un instrument de mesure est un appareil destiné à obtenir expérimentalement des valeurs qu'on puisse attribuer à une grandeur. En physique par définition, mesurer signifie

comparer une grandeur physique qui caractérise un objet ou un phénomène avec celle de même nature choisie comme unité de mesure. On sait en effet que ces appareils doivent compléter les mesures classiques température, pression, débit, niveau et temps.

-Mesure : Évaluation d'une grandeur par comparaison à une autre grandeur de même nature prise pour unité.

-Mesurage : Ensemble d'opérations qui contribue à la détermination d'une valeur d'une grandeur.

-Grandeur: Paramètre à contrôler lors de manipulation ou du transfert d'un produit.

-Mesurande : Grandeur particulière soumise à mesurage.

-Incertitude: Paramètre, relié à un résultat de mesurage, qui caractérise la dispersion des valeurs qui pourraient raisonnablement être attribuées aux mesurandes.

Classification des instruments de mesure Les instruments de mesure se divisent en deux grandes classes :

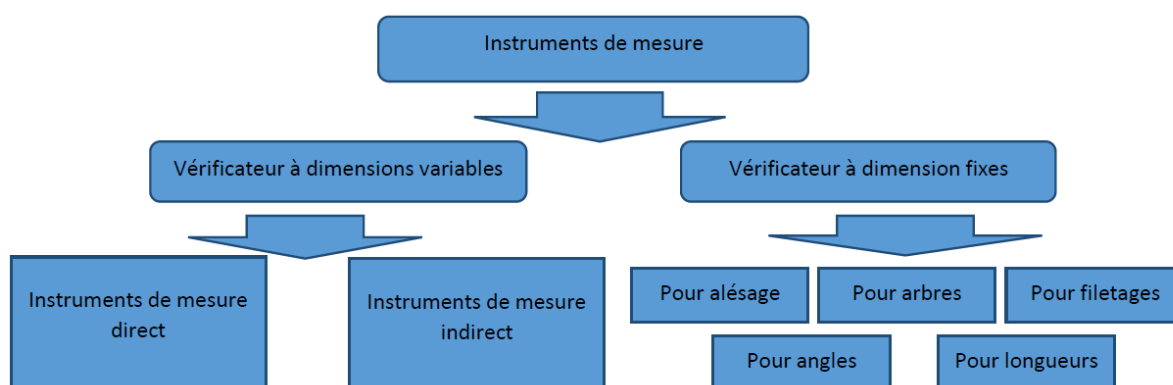


Figure 9 : Classes d'instruments de mesures (Illustrationprize, 2022)

5.5.1 Quelques recommandations sur l'utilisation des instruments

- Manipulation faite soigneusement
- Un entretien régulier et approprié
- Un rangement systématique après utilisation.
- Étalonnage périodiques

5.5.2 Capteurs

Un capteur est un organe qui capte les informations et élabore d'une grandeur physique (information entrante) une autre grandeur physique de nature différente (la plus part du temps, électrique). Cette grandeur est utilisable à des fins de mesure ou de commande.

5.5.2.1 Classification des capteurs

La classification se fait par :

- la mesurande qu'ils traduisent (capteur de pression, de température, ...)
- de leurs tâches dans un processus industriel (contrôle de produits finis, de sécurité, ...)
- du signal qu'ils fournissent (capteur logique, capteur analogique, capteurs digitaux)
- de leur principe de traduction du mesurande (capteur résistif, à effet Hall, ...)

- de leur principe de fonctionnement :

Les capteurs fonctionnent selon deux principes suivant l'origine du signal électrique de sortie.

On distingue :

a- Capteur actif:

Fonctionnant en générateur, un capteur actif est généralement fondé dans son principe sur un effet physique qui assure la conversion en énergie électrique de la forme propre au mesurande

b-Capteur passif :

Il s'agit d'impédance dont l'un des paramètres déterminants est sensible à la mérande. Et qui détecte certain type d'entrée.

5.5.3 Effets physiques les plus rencontrés en instrumentation

- Effet thermoélectrique ; sert à convertir une énergie thermique en électricité.
- Effet piézo-électrique : c'est la capacité d'un corps à générer une charge électrique si il y'a une contrainte mécanique.
- Effet d'induction électromagnétique
- Effet photo-électrique
- Effet Hall Effet photovoltaïque

5.5.4 Détecteurs

5.5.4.1 Détecteur de fumée :

Lorsqu'un feu est en phase de développement, le détecteur de fumée joue un rôle très important en donnant l'alerte. La présence d'un détecteur de fumée n'empêche pas un feu de se déclarer, mais il permet aux occupants d'être avertis et de pouvoir réagir à l'avance. L'installation d'un détecteur de fumée est un geste simple mais essentiel pour se protéger des incendies.

5.5.4.2 Détecteur de chaleur :

On utilise le détecteur de chaleur dans les ambiances fumigènes : cuisines ou garages dans lesquels les détecteurs de fumée seraient inefficaces. L'alarme d'un thermistor à température fixe déclenche dès que la température atteint 54°C. Les détecteurs de chaleur viennent en complément des détecteurs de fumée. Ils feront retentir leur puissante sirène dès que la chaleur supérieure à 54°C.

5.5.4.3 Détecteur de monoxyde de carbone :

Le détecteur de monoxyde de carbone vous permet d'être prévenus lorsque la concentration dans l'air de ce gaz devient dangereuse. Le risque encouru par la présence de monoxyde de carbone dans une habitation est l'intoxication des personnes présentes. Le détecteur de monoxyde de carbone déclenche son alarme dès qu'il détecte une présence anormale de monoxyde. Installer un détecteur de monoxyde de carbone par étage et notamment à proximité des appareils à combustion est un geste préventif.

5.5.4.4 Détecteur de gaz :

Le détecteur de gaz déclenche un puissant signal sonore bien avant d'arriver à un état critique, afin de permettre si possible de remédier à la fuite et d'aérer les locaux concernés, ou de l'évacuer et prévenir les secours. Plusieurs modèles existent selon les gaz à surveiller.

5.6 Fonction des appareils de mesures et de contrôle

Il s'agit des appareils de mesure présents dans l'industrie ; avec certains paramètres physiques le débit, les niveaux, les pressions et la température et ce qui permet d'envoyer un signal proportionnel à la valeur de cette mesure. Ces appareils transmettent des signaux normalisés pour qu'ils soient utilisés aux fins d'information, de commande automatique ou d'alerte. La majorité de ces signaux sont utilisés dans les différentes industries, utilisés dans des appareils pour la mesure de paramètres physiques et la transmission des signaux correspondants. On distingue cinq paramètres les plus utilisés tels que la pression le débit, le niveau, la température et le flux neutronique. Ils permettent d'assurer la sécurité de processus maximale, un déroulement efficace du processus, et une hausse de la qualité des produits.

5.6.1 Appareils de contrôle et sécurité électrique

Afin de procéder au contrôle des équipements électriques, des mesures doivent être réalisées à l'aide d'appareils de contrôle et sécurité électrique répondant aux normes en vigueur, En cas d'anomalies ou perturbations de système de fonctionnement des installations électriques ces appareils dans ce cas servent à couper la distribution du courant. Le principe d'un dispositif différentiel à courant résiduel (DDR) est de comparer les intensités sur les différents conducteurs qui le traversent. Si on prend un exemple en monophasé, Il va comparer l'intensité circulant dans le conducteur de phase et dans le neutre si au départ dans un circuit électrique le courant de la phase est différent de celui de neutre donc il y'a une fuite quelque part donc il faut agir, C'est un appareil de protection des personnes qui limite les risques d'électrisations/électrocutions en détectant les fuites de courant à la terre de l'installation électrique.

5.6.2 Sécurité des appareils de mesure :

Les appareils de mesure doivent être conformes aux normes de sécurité qui leur sont applicables et doivent porter le marquage CE qui atteste la conformité à la directive CEM et à la directive basse tension. Le marquage de l'appareil doit comporter :

- La valeur assignée de la tension phase - neutre.
- La catégorie d'installation
- Le degré de pollution. CEM : signifie compatibilité électromagnétique.

5.7 Tuyauterie industrielle

Sa principale fonction est de conduire un fluide gaz ou liquide d'un appareil comme d'un échangeur de température à un autre, ou d'un appareil vers un stockage comme réservoir ou ballon; ou encore d'un réservoir à un appareil au cours d'opérations de fabrication, de transformation ou de stockage d'un produit.

5.7.1 Fonctions principales d'une tuyauterie

- Résister aux conditions de service (pression, température et poids)
- Conduire le fluide avec un minimum de pertes thermiques.
- Résister au mieux à l'oxydation interne ou du milieu ambiant

5.7.2 Différents organes distingués sur une tuyauterie:

- Organes de mise en mouvement du fluide (pompe, compresseurs,...)
- Organes de conduite des fluides : tubes, accessoires (brides, joints, coudes,...)
- Organes d'arrêts et de réglage (vannes, soupapes, vanne automatique)
- Organes de sécurité (soupape de sécurité, disque de rupture,...)
- Organes de mesure, de contrôle et de régulation (débitmètre, manomètre, détendeur)

5.8 Sécurité des installations industrielles

5.8.1 Mesures administratives

5.8.1.1 Définition, identification des installations à risques d'accident majeur

Les autorités compétentes devraient prendre des mesures nécessaires pour définir et identifier clairement les installations à risques d'accident majeur existantes, à l'aide d'une liste assortie d'identification des produits ou de catégories de produits dangereux, qui exigeant une attention particulière.

5.8.1.2 Information sur les installations :

L'exploitant d'une installation à risques d'accident majeur doit prendre note en détail les activités de celle-ci aux autorités compétentes.

L'exploitant devrait préparer un rapport de sécurité concernant les installations à risques d'accident majeurs et doivent comporter :

- des informations techniques sur la conception et le fonctionnement de l'installation;
- des informations liées à la gestion de la sécurité de l'installation.
- effectuer des études de danger sur les installations industrielles.
- connaître les mesures de sécurité afin de prévenir les accidents majeurs.

L'employeur devrait mettre ces informations à la disposition de tous ses employés et les représentants des travailleurs et les parties concernées par le système de prévention des accidents majeurs, et ils doivent garder la confidentialité des informations fournies dans le cadre professionnelle. Le but est assurer un niveau de sécurité approprié qui sert à rendre les travailleurs à tous les niveaux conscients des dangers, de façon qu'ils puissent prendre les précautions appropriées sur le site.

5.8.1.3 Mission des autorités compétente

- elle prévoit un aperçu des activités de l'installation et ses dangers;
- procéder à l'évaluation de ces dangers;
- déterminer, les conditions de travail à suivre ;
- établir des priorités pour l'inspection des installations à risques d'accident.

- d'élaborer, le plan d'urgence hors site.

5.8.1.4 Evaluation des risques d'accident majeur

Une évaluation devrait être faite par l'exploitant pour les installations à risques majeurs selon les dispositions locales, par les autorités compétentes. Cette évaluation devrait détecter les différents incidents non maîtrisables qui pourraient provoquer un dégagement de produit toxique, une explosion ou un incendie en utilisant des méthodes bien définies, telles que l'étude des dangers et des conditions de fonctionnement ou l'analyse par check-list.

- une évaluation à l'aide de techniques et de données appropriées est menée pour découvrir les conséquences que pourraient avoir un dégagement de gaz toxique, une explosion ou un incendie.
- Une attention particulière devrait être portée à la possibilité d'un effet «domino» d'une installation à une autre.
- Des mesures de sécurité et l'identification de danger devrait être prise lors d'une évaluation pour s'assurer qu'elles sont suffisantes.
- L'évaluation devrait tenir compte de la probabilité d'un accident majeur, sans que ce soit nécessairement sous la forme d'une étude complète et quantifiée des risques.

5.8.1.5 Prévention des causes d'accidents majeurs

5.8.1.5.1 Prévenir les causes d'accidents majeurs grâce à l'application de méthodes d'analyses d'évaluation et de gestion appropriés,

- la conception, la fabrication et le montage adéquats de l'installation et aussi, l'utilisation des composants de qualité supérieure;
- Faire des entretiens régulièrement afin de maintenir les installations en bon état;
- la bonne gestion de la sécurité sur le site;
- l'inspection et notamment une étape essentiel pour suivre les installations et répondre au besoin de réparations.

5.8.1.5.2 Envisager les causes possibles d'accidents majeurs

- la défaillance de certains composants;
- les déviations par rapport au fonctionnement normal;
- les erreurs humaines et les défauts d'organisation;
- les accidents dus à des installations ou à des activités voisines;
- les catastrophes et phénomènes naturels ainsi que les actes de malveillance.

Le responsable devrait évaluer ces causes régulièrement et prendre en compte tout changement apporté à la conception et au fonctionnement de l'installation. Et il doit veiller à ce que la qualité des équipements de sécurité et des instruments de contrôle et de commande des procédés ainsi que le soin apporté à leur montage et à leur entretien soient d'un niveau élevé, tout cela va aider à établir la sûreté de fonctionnement d'une installation présentant des risques d'accident majeur.

1/ Risque de perte de stabilité

La stabilité de la machine et ses composants est essentielle pour éviter toutes anomalies telles que le renversement, la chute ou les mouvements incontrôlés pendant l'utilisation, le transport, le montage et le démontage.

Si la stabilité de la machine ou l'installation n'est pas assurée à cause de sa forme, des moyens de fixation sont indiqués dans la notice d'instructions.

2/ Risque de rupture en service

Les composants de la machine entre elles devraient pouvoir résister aux différentes contraintes pendant l'utilisation. Les matériaux utilisés devraient présenter des caractéristiques bien déterminées et une résistance suffisante pour affronter les contraintes naturelles et dans le milieu de travail, également tout ce qui concerne les phénomènes de fatigue, de vieillissement, de corrosion et d'abrasion. La notice d'instructions veille à déterminer des conseils sécuritaires en indiquant les types et fréquences des inspections et les entretiens nécessaires. Si un risque de rupture ou d'éclatement survient, malgré la prise de mesures; les fragments devraient être retenus évitant ainsi les situations dangereuses.

3/ Risques dus aux surfaces, aux arêtes et aux angles

Les éléments de la machine qui sont accessibles lors de l'utilisation et de l'entretien ne devraient avoir ni des arêtes vives ni des angles vifs, ni une surface rugueuse qui peuvent provoquer des blessures.

4/ Risques liés aux machines combinées

Lorsque les différentes opérations sont accomplies par la machine, elle devrait être construite de manière que chaque élément puisse être utilisé sans autres éléments constituant ayant un risque aux individus exposés.

5/ Risques liés aux éléments mobiles

On tient en compte les mouvements des éléments mobiles tels que le mouvement de rotation, de glissement ou de va et vient, lors de la prévention des risques dus aux pièces mobiles des machines, qui peuvent provoquer des blessures, par happement, friction, coupure, déchirure, piqûre ou poinçonnement, impact, écrasement.

Les éléments mobiles d'une machine devraient être conçus et construits de manière à éviter les différents accidents, lorsque ces risques subsistent, être munis de protecteurs ou de dispositifs de protection.

6/ Choix d'une protection contre les risques engendrés par les éléments mobiles

Les dispositifs de protection sont construits pour la protection contre les risques engendrés par les éléments mobiles devraient être choisis en fonction du type de risque.

7/ Éléments mobiles concourant au travail

Lorsqu'un processus nécessite l'accès à une zone dangereuse alors qu'aucun protecteur fixe ne peut être mis en place, il y'aurait lieu d'envisager un protecteur à verrouillage. Les protecteurs ou dispositifs de protection conçus pour protéger les personnes contre les dangers liés aux éléments mobiles concourant au travail devraient être:

- des protecteurs fixes;
- des protecteurs mobiles à verrouillage;
- des dispositifs de protection;

8/ Exigences de portée générale pour les protecteurs

Les protecteurs et les dispositifs de protection devraient assurer une protection contre le danger, y compris les risques liés aux éléments mobiles. Ils devraient :

- être de construction robuste
- être solidement maintenus en place;
- ne pas occasionner de dangers supplémentaires;
- ne pas pouvoir être facilement contournés, rendus inopérants ou aisément neutralisés;
- être situés à une distance suffisante de la zone dangereuse;
- permettre les interventions indispensables pour la mise en place.

En outre, des protecteurs devraient assurer une protection contre l'éjection ou la chute de matériaux et d'objets ainsi que contre les émissions produites par la machine.

5.9 Sécurité des machines et protection contre les autres dangers

5.9.1 Erreurs de montage

Les erreurs susceptibles d'être commises lors du montage ou du remontage de certaines pièces, qui pourraient être l'origine du risque, devraient être rendues impossibles par la conception et la construction de ces pièces ou, à défaut, par des indications figurantes sur les pièces elles-mêmes et leurs carters, expliquant la manière de les monter correctement. Les mêmes indications devraient figurer sur les éléments mobiles et leurs carters lorsqu'il est nécessaire de connaître le sens du mouvement afin d'éviter un risque.

5.9.2 Températures extrêmes

Des dispositions devraient être prises afin d'éliminer tous risques de blessures, par contact ou à distance, avec des éléments de machine ou des matériaux à température très élevée ou très basse. Les dispositions nécessaires devraient également être prises pour éviter tous risques d'éjection de matières très chaudes ou très froides. Si une machine est appelée à être utilisée en des lieux où la température ambiante est très élevée et où l'humidité est forte (comme dans les régions tropicales ou subtropicales), ou bien en lieux où la température ambiante est très basse, la conception de cette machine devrait tenir compte des aspects suivants :

- l'effet de la chaleur et du froid extrêmes ou d'une forte humidité sur la machine;
- l'effet des températures élevées et des températures basses sur la fatigue des travailleurs;
- l'effet des niveaux d'ensoleillement importants;
- les problèmes de stress liés à la chaleur sur du personnel non acclimaté
- l'effet du climat sur le fonctionnement et l'entretien des équipements.

5.9.3 Incendie ou explosion

La machine devrait être construite de manière à éviter tout risque d'incendie ou de surchauffe provoqué par la machine elle-même ou par les gaz, liquides, poussières, vapeurs et autres substances produites ou utilisées par la machine. Lorsqu'il est prévu qu'elle soit utilisée dans une atmosphère potentiellement explosive, elle devrait être conçue et fabriquée de

manière à exclure ou réduire au minimum les sources d'inflammation et en accord avec la législation et les normes nationales applicables aux atmosphères explosives.

5.9.4 Bruit

Selon l'INRS, Le bruit constitue une nuisance majeure dans le milieu professionnel. Il peut provoquer des surdités mais aussi stress et fatigue qui, à la longue, ont des conséquences sur la santé du salarié et la qualité de son travail. Pourtant, des moyens existent pour limiter l'exposition des travailleurs aux nuisances sonores. Du traitement acoustique des locaux à l'engouffrement des machines bruyantes, les mesures collectives de lutte contre le bruit sont les plus efficaces.

5.9.4.1 Prévention du bruit lié aux machines

- Choix approprié de la machine émettant la quantité de bruit la plus faible
- Réduction du bruit par des moyens techniques ;
- Réduction du bruit aérien, par exemple au moyen d'écran, d'engouffrement
- Réduction du bruit de structure, par exemple au moyen d'amortisseurs ou d'isolations phoniques;
- Variantes méthodes de travail nécessitant une moindre exposition au bruit;
- Organisation du travail visant à réduire le bruit:
- Limitation de la durée et de l'intensité d'exposition au bruit;
- Horaires de travail appropriés avec des périodes de repos adéquates ;
- Programmes d'entretien appropriés pour les machines,
- Informations et formation appropriées visant à instruire les travailleurs sur l'utilisation et l'entretien des machines. En cas d'impossibilité de prévention des risques dus à l'exposition des travailleurs au bruit par d'autres moyens tels qu'élimination ou prévention technique, des protecteurs individuels d'oreille devraient être mis gratuitement à la disposition des travailleurs.

5.9.5 Vibrations

Puisque les vibrations transmises par la machine à tout le corps à travers les mains sont réduites au niveau le plus bas possible, compte tenu des avancées technologiques et des moyens disponibles pour réduire les vibrations, en particulier à la source. Les niveaux de vibration et les temps d'exposition ne doivent pas dépasser les limites fixées conformément aux normes internationalement reconnues. Les mesures de vibrations doivent être utilisées pour quantifier les niveaux d'exposition des travailleurs et les comparer aux limites d'exposition acceptées aux niveaux national et international. Le fabricant de la machine doit fournir des conseils dans le manuel d'instructions correspond au passage de la machine à la main, au bras ou le corps entier de l'opérateur. Ces instructions doivent inclure les informations suivantes : installation, montage et utilisation réduits, exposition aux vibrations.

- choisir une machine avec une ergonomie adéquate, en tenant compte le type de travail à effectuer et la génération de vibrations aussi faibles que possible ;
- Installer des équipements auxiliaires pour réduire le risque de vibration.

5.9.6 Rayonnements ionisants et non ionisants émis par les machines

Rayonnement émis par les machines qui ne sont pas indispensables à leur fonctionnement devraient être éliminés ou réduits à un niveau qui ne nuira pas aux travailleurs, déterminé par des personnes compétentes. En cas de risque, des mesures de protection doit être prises si nécessaire.

5.9.7 Emissions de matières et de substances dangereuses

La machine doit être équipée des mesures nécessaires pour éviter tout risque d'inhalation, d'ingestion ou d'exposition à des matières et substances dangereuses (y compris ces matériaux et substances à travers la peau, les yeux et muqueuse) qu'ils produisent. Lorsque le processus n'est pas entièrement couvert pendant le fonctionnement normal des machines, le confinement, la ventilation et l'évacuation doivent être Conçu, mis en œuvre et entretenu pour produire un maximum d'effets.

5.9.8 Foudre

Les machines qui doivent être protégées de la foudre pendant leur utilisation doivent être équipées d'un système permettant de décharger la charge électrique à la terre.

5.9.9 Séparation de la machine de ses sources d'énergie

Les machines doivent être équipées de dispositifs de déconnexion et l'isolation de toutes les sources d'énergie. Ces appareils doivent être clairement identifiés. Ils doivent pouvoir se verrouiller en position « arrêt » si la reconnexion présente un danger pour les travailleurs. Les employeurs devraient identifier et mettre en œuvre des procédures spécifiques pour contrôler les sources d'énergie dangereuses. Après une coupure de courant, toute énergie résiduelle ou stockée dans les circuits de la machine doit être évacuée normalement sans risque pour les travailleurs.

5.9.10 Nettoyage des parties internes

Les machines doivent être conçues et construites de manière à ce que les parties internes contenant des substances ou agents dangereux puissent être nettoyées sans y pénétrer et puissent être débloquées de l'extérieur si nécessaire. Si l'accès à la machine ne peut être évité, celle-ci doit être conçue et construite de manière à pouvoir être nettoyée en toute sécurité.

5.10 Protecteurs :

Un protecteur est une barrière matérielle dont l'utilisation permet de limiter l'accès à une zone dangereuse.

5.10.1 Protecteur fixe

Un protecteur fixe est un protecteur qui ne peut pas être retiré ou fixé de façon permanente sans l'aide d'outils. Il est vissé, boulonné, soudé. Ce protecteur convient lorsque l'accès aux zones dangereuses protégées est rare. La conception et l'installation sont simples. Les protecteurs fixes peuvent prendre différentes formes. Il est à noter que la procédure de cadenas sage doit être effectuée avant de retirer le protecteur fixe.

5.10.2 Protecteur verrouillé ou inter verrouillé

Ce type de protecteur est souvent appelé protecteur mobile et peut être ouvert et fermé. Il convient aux situations où un accès régulier à des zones dangereuses est prévisible pendant la production. Il est toujours associé à des équipements de protection. Il existe deux types de protecteurs équipés de protecteurs : les protecteurs à verrouillage et les protecteurs inters verrouillage.

5.11 Informations et marquage

5.11.1 Informations et dispositifs d'information

Les informations requises pour commander une machine doivent être fournies sous une forme qui ne prête pas à confusion et qui soit facile à comprendre. Ces informations ne doivent pas être trop lourdes pour surcharger les travailleurs. Les écrans ou autres moyens de communication interactifs entre les travailleurs et les machines doivent être faciles à comprendre et à utiliser.

5.11.2 Dispositifs d'alerte

Dans les situations où le fonctionnement incorrect d'une machine laissée sans surveillance peut mettre en danger la sécurité et la santé des travailleurs, la machine doit être équipée de signaux sonores ou visuels appropriés selon les Attention. Les travailleurs doivent pouvoir vérifier à tout moment le bon fonctionnement de ces dispositifs d'avertissement

5.11.3 Marquage des machines

Chaque machine devrait porter, de manière visible, lisible et indélébile, les indications minimales suivantes:

- la raison sociale et l'adresse complète de la fabrication.
- la désignation de la machine.
- la désignation de la série ou du type.
- le numéro de série, s'il existe.
- l'année de construction.

5.12 Bibliographie

- <https://www.officiel-prevention.com/dossier/protections-collectives-organisation-ergonomie/mise-en-conformite-machines-dispositifs-de-protection-equipements-de-stockage/les-principes-de-prevention-applicables-aux-equipements-de-travail>
- <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000521215>
- Villemeur. (1997). *Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels*, Eyrolles.
- BENKHEDIJA BENTATA Houaria. (2018). Université Des Sciences et de la Technologie d'Oran, *Sécurité des équipements et des installations industriels*. PP 29- 33.
- Henri Lupin, Jacques Marsot. (2006). Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles. *Sécurité des machines et des équipements de travail*, pp 09-22.
- Instrumentation CIRA (2006-2007), capteurs et transmetteurs.
- Illustrationprize,2022 : <https://illustrationprize.com/fr/227-classification-of-measuring-instruments.html>

6 Conclusion Générale

La sécurité est l'affaire de tous et tout individu ayant accès ou susceptibles d'effectuer une tâche sur un site. Doit être renseigné sur la politique, règlement, consignes danger et les risques et les mesures de prévention liés à cet environnement. Donc la sécurité n'est pas standard, elle dépend du type d'activité et de l'environnement.

Dans le domaine industriel, l'accidentel peut produire et entraîner des conséquences immédiates graves pour le personnel, les riverains et l'environnement. Dans ce cours nous avons vu plusieurs secteurs concernés comme l'industrie chimique et pétrochimique, le secteur minier et la cimenterie. Leur fonctionnement implique en effet des activités à risques majeurs mais aussi la manipulation et ou stockage et de transport de matières dangereuses répertoriées à hauts risques de toxicité et d'inflammabilité... etc. Mais les installations elles-mêmes sont aussi sujettes à défaillance qu'il s'agisse d'une tuyauterie industrielle d'un équipement sous pression ou d'une cuverie.

Par conséquent ces sites industriels sont soumis à des réglementations spécifiques et contrôles réguliers. En somme les risques inhérents sont différents et leur gravité est importante. L'objectif de ce polycopié est de faire une synthèse générale de la sécurité dans les différents secteurs y compris les industries chimiques, pétrochimiques, métallurgiques et cimenteries, ainsi que le domaine des bâtiments et diverses installations industrielles en connaissant les risques relatifs auxquels nous pouvons être confrontés dans ces secteurs.

Dans le domaine de Sécurité Industrielle et Environnement, La connaissance et l'évaluation des risques industriels est primordiale afin de compléter les mesures de prévention et de démontrer le bon niveau de maîtrise des risques d'accidents majeurs associés à des installations industrielles. Cette évaluation est placée sous la responsabilité de l'exploitant et dans le cas des études de danger via une inspection. Intégrée dans un processus d'amélioration continue, cette évaluation doit permettre de réduire le risque à la source jusqu'à un niveau acceptable, par la mise en œuvre de mesures de maîtrise des risques (techniques, organisationnelles ou humaines).

7 Annexes

La gestion du risque est une question de plus en plus débattue en matière de gestion réglementaire. La réglementation est un instrument fondamental de gestion des risques présents dans la société et l'économie ; elle peut réduire les effets et la sévérité des crises.

Donc cette partie est dédiée à des exemples des résumés des textes réglementaire général de sécurité qui était proposé pour les secteurs que nous avons vu dans les chapitres de ce cours.

7.1 Annexe 1 : Réglementation Algérienne concernant les substances chimiques

- **Loi n° 83-03 du 5 février 1983 portant sur la protection de l'environnement**, suivie de la loi n° 01-19 du 12 décembre 2001 portant sur la gestion, le contrôle et l'élimination des déchets, et un nombre important de décrets ayant pour objet la mise en œuvre d'une politique nationale de protection de l'environnement tendant à :
 - La protection, la restructuration et la valorisation des ressources naturelles.
 - La prévention et la lutte contre toute forme de pollution et nuisance.
 - L'amélioration du cadre et de la qualité de vie.

- **Loi n° 88-07 de 26 janvier 1988 relative à l'hygiène, à la sécurité et à la médecine du travail.**
 - **Article 4.** — La définition des catégories relatives aux substances, préparations ou produits dangereux est déterminée par arrêté du ministre chargé du travail et du ou des ministres concernés.
 - **Article 5.** — Les emballages des substances, produits ou préparations dangereuses doivent être solides, étanches et appropriés.
 - **Article 6.** — Sans préjudice des dispositions législatives et réglementaires en vigueur, toutes les substances, produits ou préparations dangereuses doivent être étiquetés et marqués de manière à permettre leur identification et fournir les informations essentielles au sujet :
 - de leur nom chimique
 - de leur désignation ou de leur nom commercial
 - de leur classification
 - de leur symbole d'identification
 - des dangers qu'ils présentent
 - des conseils de prudence en matière de sécurité.
 - **Article 7.** — Les caractéristiques du marquage et de l'étiquetage, ainsi que les conditions auxquelles doivent satisfaire les récipients, sacs ou enveloppes contenant

lesdites substances, produits ou préparations dangereuses seront définis par arrêté du ministre chargé du travail et du ou des ministres concernés.

- **Article 8.** — Le stockage doit être entouré de précautions particulières destinées à préserver les travailleurs, les biens et l’environnement, des risques qui s’y rattachent selon les règles et les normes en la matière, conformément à la réglementation en vigueur.
- **Article 10.** — Une fiche de données de sécurité comportant les informations essentielles détaillées sur l’identification des substances, produits ou préparations dangereuses, leur fournisseur, leur classification, les dangers qu’ils présentent, les précautions de sécurité et les procédures d’urgence à prendre doit être fournie aux institutions et à l’organisme national compétent en matière d’hygiène et de sécurité, par les organismes employeurs à charge pour ces employeurs de l’établir par leurs soins ou de l’exiger de leurs fournisseurs.
- **Article 11.** — Les quantités de substances, produits ou préparations dangereuses, utilisées pour les besoins de production sur les lieux de travail seront limitées aux quantités quotidiennement nécessaires.
 - **Décret exécutif n°03-451 du 1er décembre 2003 définissant les règles de sécurité applicables aux activités portant sur les matières et produits chimiques dangereux ainsi que les récipients de gaz sous pression.**
 - **Article 1er.** — Le présent décret a pour objet de fixer les règles de sécurité applicables aux activités portant sur les matières et produits chimiques dangereux ainsi que les récipients de gaz sous pression, dénommés ci-après “matières et produits chimiques dangereux”.
 - **Article 4.** — Nonobstant la réglementation en vigueur, l’exercice d’une activité professionnelle portant principalement sur les matières et produits chimiques dangereux est soumis à agrément préalable. Le bénéficiaire dudit agrément est désigné ci-après “opérateur”.
 - **Décret exécutif n°05-08 du 27 Dhou El Kaada 1425 correspondant au 8 janvier 2005 relatif aux prescriptions particulières applicables aux substances, produits ou préparations dangereuses en milieu de travail.**
 - **Article 1er.** — En application des dispositions de l’article 10 de la loi n 88-07 du 26 janvier 1988, susvisée, le présent décret a pour objet de définir les prescriptions particulières de sécurité applicables aux substances, produits ou préparations dangereuses fabriqués localement ou importés afin d’assurer aux travailleurs des conditions de prévention contre les risques professionnels en milieu de travail.
 - **Article 2.** — Les substances, produits ou préparations dangereuses sont des produits qui à l’occasion de leur fabrication, de leur manutention, de leur transport ou de leur emploi, peuvent former ou dégager des gaz, des vapeurs, des brouillards, des fumées, des poussières ou des fibres aux propriétés notamment corrosives, nocives, toxiques, inflammables ou explosibles susceptibles de porter atteinte à la santé des personnes ou de l’environnement en milieu de travail.

- **Décret exécutif n° 07-207** du 30 juin 2007 réglementant l'usage des substances qui appauvrissent la couche d'ozone, de leurs mélanges et des produits qui en contiennent.
- **Décret exécutif n° 10-19** du 12 janvier 2010 modifiant et complétant le décret exécutif numéro 03-451 correspondant au 1er décembre 2003 définissant les règles de sécurité applicables aux activités portant sur les matières et produits chimiques dangereux ainsi qu'au récipients de gaz sous pression.
- **Décret exécutif n° 90-79 du 27 février 1990 portant réglementation du transport de matières dangereuses**

Le présent décret exécutif définit les règles et les principes généraux pour la protection des personnes, des biens et de l'environnement lors du transport terrestre, maritime ou aérien des matières dangereuses, sans préjudice de l'application de disposition législative ou réglementaire nationale en vigueur et des règlements internationaux de transport auxquels l'Algérie a souscrit. Les matières dangereuses visées sont rangées par famille de produits dans les 9 classes suivantes en fonction de leurs caractéristiques propres ainsi que de la nature des dangers qu'elles présentent:

- ❖ classe I: matières et objets explosifs,
- ❖ classe II: gaz, comprimés, liquéfiés, dissous sous pression, ou liquéfiés à très basse température
- ❖ classe III: matières liquides inflammables,
- ❖ classe IV: matières solides inflammables, matières inflammables spontanément, matières qui, au contact de l'eau, émettent des gaz inflammables
- ❖ classe V: matières comburantes, peroxydes organiques
- ❖ classe VI: matières toxiques et matières infectieuses,
- ❖ classe VII: matières radioactives
- ❖ classe VIII: matières corrosives
- ❖ classe IX: matières dangereuses diverses.

- **Décret présidentiel n°90-198 du 30 juin 1990** portant réglementation des substances explosives.

Décret exécutif n° 97-435 du 16 Rajab 1418 correspondant au 17 novembre 1997 portant réglementation du stockage et de la distribution des produits pétroliers.

7.2 Annexe 2 : Recueil des textes relatifs aux hydrocarbures

- **Décret n°88-35 du 16 Février 1988** Fixant La nature des canalisations et ouvrages annexes relatifs à la production et au transport d'hydrocarbures ainsi que les procédures applicables à leur réalisation
- **Décret n° 87-157 du 21 juillet 1987** Relatif à la classification des zones de recherche et d'exploitation des hydrocarbures

- **Décret n° 87-158 du 21 juillet 1987** relatif aux modalités d'identification et de contrôle des sociétés étrangères candidates à l'association pour la prospection, la recherche et l'exploitation des hydrocarbures liquides
- **Décret n° 87-159 du 21 juillet 1987** relatif à l'intervention des sociétés étrangères dans les activités de prospection, de recherche et d'exploitation d'hydrocarbures liquides
- **Décret n° 88-34 du 16 février 1988** relatif aux conditions d'octroi de renonciation et de retrait des titres miniers pour la prospection, la recherche et l'exploitation des hydrocarbures
- **Décret présidentiel n° 90-185 du 23 juin 1990** portant ratification du protocole d'accord relatif à la création d'une société Algéro-Marocaine d'étude du Gazoduc Maghreb-Europe entre le Gouvernement de la République algérienne démocratique et populaire et le Gouvernement du Royaume du Maroc, signé à Fès le 8 février 1989
- **Arrêté interministériel du 6 octobre 1992** portant tarification du transport par canalisation des hydrocarbures
- **Décret exécutif n° 94-43 du 30 janvier 1994** fixant les règles de conservation des gisements d'hydrocarbure et de protection des aquifères associés.
- **Décret exécutif n° 05-476 du 20 décembre 2005** déclarant Hassi-RMel zone à risques majeurs.
- **Loi n° 05-07 du 28 Avril 2005** Relative aux hydrocarbures modifiée par l'**Ordonnance n° 06-10 du 29 Juillet 2006** Modifiant et complétant la loi n° 05-07 du 19 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 28 avril 2005 relative aux hydrocarbures.

Texte(s) d'application

- **Décret exécutif n° 06-440 du 02 Décembre 2006** Fixant la procédure, les conditions d'application et la méthodologie de calcul de la taxe sur les profits exceptionnels (TPE).
- **Décret exécutif n° 08-333 du 26 Octobre 2008** Fixant la tarification de transport par canalisation des hydrocarbures.
- **Loi n° 13-01 du 20 Février 2013** Modifiant et complétant la loi n° 05-07 du 19 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 28 avril 2005 relative aux hydrocarbures.

Texte(s) d'application

- **Décret exécutif n° 15-57 du 08 Février 2015** Fixant les conditions et les modalités d'exercice des activités de stockage et/ou de distribution des produits pétroliers.
- **Loi n° 14-10 du 30 Décembre 2014** Portant loi de finances pour 2015

Textes d'application

- **Décret exécutif n° 15-205 du 27 Juillet 2015** Fixant les modalités de fonctionnement du compte d'affectation spéciale n°302-143 intitulé "Fonds de gestion des opérations

d'investissements publics inscrites au titre du programme d'appui à la croissance économique 2015-2019".

- **Décret exécutif n° 15-319 du 13 Décembre 2015** Fixant les modalités de fonctionnement du compte d'affectation spéciale n° 302-131 intitulé "Fonds national pour la maîtrise de l'énergie et pour les énergies renouvelables et de la cogénération".
Modifié par :
 - **Ordonnance n° 15-01 du 23 Juillet 2015** portant loi de finances complémentaire pour 2015
 - **Loi n° 15-18 du 30 Décembre 2015** Portant loi de finances pour 2016.
 - **Loi n° 16-14 du 28 Décembre 2016** Portant loi de finances pour 2017
 - **Loi n° 17-11 du 27 Décembre 2017** Portant loi de finances pour 2018
- **Décret exécutif n° 16-123 du 06 Avril 2016** Portant déclaration d'utilité publique l'opération relative à la réalisation des postes de sectionnement de la canalisation multi-produits et ses ouvrages annexes, pour le transport de produits pétroliers, reliant la raffinerie de Skikda aux dépôts de carburants d'El Khroub (wilaya de Constantine) et El Eulma (wilaya de Sétif).
- **Loi n° 15-18 du 30 Décembre 2015** Portant loi de finances pour 2016. Modifié par la **Loi n° 16-14 du 28 Décembre 2016** Portant loi de finances pour 2017. Rectificatif au **Loi n° 17-11 du 27 Décembre 2017** Portant loi de finances pour 2018 le Texte d'application est le **Décret exécutif n° 16-121 du 06 Avril 2016** Modifiant et complétant le décret exécutif n°15-319 du Aouel Rabie El Aouel 1437 correspondant au 13 décembre 2015 fixant les modalités de fonctionnement du compte d'affectation spéciale n° 302-131 intitulé "Fonds national pour la maîtrise de l'énergie et pour les énergies renouvelables et de la cogénération".
- **Décret présidentiel n° 06-102 du 28 février 2006** Portant Ratification de l'accord de coopération dans le domaine de l'Energie et des Mines entre le Gouvernement de la République Algérienne Démocratique et Populaire et le Gouvernement de la République du Pérou, signé à Lima le 18 Mai 2005.
- **Arrêté du 10 septembre 2020** déterminant les canalisations hydrocarbures gazeux relevant du secteur des hydrocarbures et les canalisations qui font partie du réseau de transport du gaz de transport du gaz desservant exclusivement le marché national.

8 Exercices

Exercice 1

Choisissez la ou les bonnes réponses:

- 1- Les panaches de fumées rousses sont des polluants atmosphériques peuvent être gène:
 - a. Dans des aciéries.
 - b. Lors des phases de commissioning.
 - c. Dans les procédés de craquage.
- 2- **Plusieurs facteurs rendent l'évaluation du risque lié au transport de matières dangereuses difficile :**
 - a. Similarité des substances transportées.
 - b. La diversité des lieux d'accidents
 - c. Multiplicité des effets
 - d. Intervention humaine
- 3- **Le Reformage à la vapeur est une :**
 - a. Extraction par les solvants.
 - b. Séparation des solvants.
 - c. Lixiviation
- 4- **les risques de sulfure d'hydrogène peuvent être gérés par :**
 - a. Confiné l'espace de travail.
 - b. Utilisations des détecteurs de gaz.
 - c. Utilisations de Permit de travail
 - d. Signalez toute situation inhabituelle à votre superviseur.
- 5- **L'augmentation des dangers liés aux produits:**
 - a. Stockage inapproprié.
 - b. Dégradation du produit.
 - c. Une intervention humaine.
 - d. Un encombrement excessif.
- 6- **Dans phase de commissioning causes d'énormes risques :**
 - a. Les panaches de fumées rousses
 - b. Des irritations et affections.
 - c. Une explosion.
 - d. Une contamination radioactive.
 - e. Le bruit.
- 7- **L'exposition de courte durée à des vapeurs de naphta peut provoquer :**
 - a. Des maux de tête
 - b. Des nausées
 - c. Des étourdissements
 - d. De cancers broncho-pulmonaires

Exercice 2 :

Complétez les passages suivants :

- a. Les intoxications chroniques, par expositions répétées à des doses.....de produit.

- b.** Le terme évaluation des risques est utilisé pour décrire l'ensemble du.....ou de la méthode.
- c.** L'emballement oupeut se produire suite au déclenchement adiabatique d'une réaction ou d'une série de réactions.
- d.** Le travail dans les salles de contrôle peut provoquer des risques liés

Exercice 3 :

Un rapport d'investigation en cas d'accident dans un des procédés industrielles que nous avons vu dans le cours est demandée.