



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد

Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة والأمن الصناعي

Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Sécurité Industrielle et Environnement

## MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

**Filière** : Sécurité Industrielle

**Spécialité** : Sécurité prévention et intervention

### Thème

# Etude technique de la sécurité des équipements et des installations industriels.

Préparer par :

NASRI Lamine

AMARI Anouar

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Etablissement	Qualité
Mme Fatima SERAT	Univd'Oran2/IMSI	Président
Mme Hayet LEBSIR	Univd'Oran2/IMSI	Encadrante
Mr Islam Hadj Mohamed GUETARNI	Univd'Oran2/IMSI	Examinateur

Année 2021/2022

## *Dédicaces*

*A nos chers parents qui ont toujours été là pour nous, et qui nous ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance...*

*A notre encadrante Mme Hayet Lebsirqui a crédit de sa confiance à*

*Ce travail et pour la somme de ses conseils et de ses*

*Recommandations...*

*A nos chers frères et sœurs...*

*A nos familles respectives (Oncle, tantes, cousins et cousines paternels et maternels) pour leurs aides et soutien permanents...*

*A nos meilleurs amis, Kheirdine, Khalil, Saïfeddine, Yacine, Syphax, Anis, Rabah, Youvassine...*

*A tous ceux qui nous aiment et tous ceux que nous aimons...*

*Nous vous dédions ce modeste mémoire.*

*A. Anouar*

*N. Lamine*

## *Remerciements*

*Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail. En second lieu, nous tenons à remercier sincèrement Mme Hayet Lebsir, qui en tant qu'encadrante, s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'elle a bien voulu nous consacrer. Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions. Nous n'oublions pas nos parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience. Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours soutenus et encouragés au cours de la réalisation de ce mémoire.*

*Merci à tous et à toutes.*

## Résumé

Pour maîtriser les risques industriels, les entreprises ont développé depuis de nombreuses années des mesures centrées sur l'amélioration continue de la fiabilité des installations et la mise en place des systèmes de management de la sécurité et la prévention des accidents liés à l'exploitation des procédés de production de l'entreprise. Ces accidents sont susceptibles d'affecter les installations, les salariés de l'entreprise, l'environnement et la population en générale.

Certains risques que l'on veut prévenir sont susceptibles de concerner un nombre limité de salariés, sur leur lieu de travail dans des zones précises de l'installation. D'autres risques, tels que les risques technologiques peuvent concerner des zones plus étendues et des populations plus nombreuses.

Des installations de production qui seraient mal conçues, dégradées, ou utilisées en dehors de leurs hypothèses de conception sont des sources de risques, c'est pour cette raison que les méthodes d'analyses et d'évaluations des risques ont été créées afin de bien maîtriser ces risques. Les exigences de qualité, les caractéristiques physico-chimiques du procédé, la réglementation en matière de sécurité qui donnent lieu à des règles et procédures d'exploitation souvent élaborées par des services spécialisés.

## **Abstract**

In order to control industrial risks, companies have since developed many measures focused on continuous improvement of plant reliability and the establishment of safety management systems and the prevention of accidents related to the operation of the company's production processes, such accidents are likely to affect the plant, the company's employees, the environment and people in general.

Some of the risks which need to be prevented are likely affecting a limited number of employees, at their workplace in specific areas in the plant. Others technological risks may affect larger areas and larger populations.

Production facilities, which are improperly designed, degraded, or used outside their design assumptions are sources of risks, where risk analysis and assessment methods have been developed in order to properly control these risks. Quality requirements, physic-chemical characteristics of the process, safety regulations, all of these give rise to operating rules and procedures often drawn up by specialized services.

## ملخص

منذ العديد من السنوات وللسيطرة على المخاطر الصناعية، تطورت الشركات من خلال التركيز على التحسين المستمر لموثوقية المرافق وتنفيذ أنظمة إدارة السلامة والوقاية من الحوادث المتعلقة بتشغيل عمليات إنتاج الشركة، الحوادث على المنشآت وموظفي الشركة والبيئة والسكان بشكل عام.

والتي تشكل مخاطر عديدة التي نريد منعها والقيام بالإجراءات التي تمكننا من حماية الموظفين، في أماكن عملهم في مناطق محددة من المنشأة. قد تؤثر المخاطر التكنولوجية الأخرى على مناطق أكبر وعدد أكبر من السكان.

يمكننا القول أيضا أن مرافق الإنتاج سيئة التصميم أو المتدهورة أو المستخدمة خارج افتراضات التصميم الخاصة بهم هي مصادر للمخاطر، ولهذا السبب تم إنشاء طرق تحليل وتقييم للمخاطر من أجل التحكم في هذه المخاطر بشكل صحيح.

# Sommaire

<b>Introduction Générale.....</b>	<b>01</b>
<b>Chapitre I : Généralités sur la sécurité en industrie.....</b>	<b>02</b>
I- Les fonctions de l'entreprise .....	02
1- sécurité.....	02
2- les types de la sécurité.....	02
3- les fonctions de sécurité peuvent être assurée par.....	03
4- définitions.....	03
II- Le risque .....	04
1- Le risque industriel.....	04
2- Phénomène physico-chimique dangereux.....	05
a- Le BLEVE.....	05
b- Le boil-over.....	06
3- Le risque professionnel.....	06
a- Evaluation des risques professionnels.....	06
4- Les risques technologiques.....	06
5- La gestion des risques.....	07
III- Equipements industriels.....	07
1- Exemple d'équipement industrielle.....	08
2- Sécurité des procédés industriels.....	08
3- Managements de la sécurité des procédés.....	09
IV- Les installations industrielles.....	09
V- Rappel sur les machines.....	09
1- Les systèmes instrumentés de sécurité.....	10
VI- Normalisation et réglementation .....	10
1- La réglementation et les textes réglementaires .....	11
2- Les normes .....	11
3- Réglementation algérienne.....	12
<b>Chapitre II : Les composants des systèmes instrumentés de sécurité.....</b>	<b>13</b>
I- Les instruments.....	13
1- Définition.....	13
2- Principaux caractéristiques d'un instrument de mesure.....	13
a- Etendue de mesure .....	13
b- Résolution .....	13
c- Sensibilité.....	13
d- Justesse.....	14
e- Fidélité.....	14
f- Reproductibilité et répétabilité .....	14
g- Exactitude.....	14
h- Classe de précision .....	14
3- Condition d'exécution d'un instrument de mesure.....	14
4- Classification d'un instrument de mesure.....	14

5-	Quelques recommandations sur l'utilisation des instruments.....	15
6-	Appareil de mesure.....	15
	a- Les appareils de mesure analogique.....	15
	b- Les appareils de mesure numérique.....	15
	c- Comparaison entre les appareils numériques et analogiques.....	15
<b>II-</b>	<b>Les capteurs.....</b>	<b>16</b>
1-	Définition.....	16
2-	Classification des capteurs.....	16
	a- Capteur actif.....	16
	b- Capteur passif.....	16
3-	Les effets physiques les plus rencontrés en instrumentation sont.....	17
4-	Les mesures usuelles.....	17
5-	Méthodes de mesures.....	17
<b>III-</b>	<b>Les détecteurs.....</b>	<b>18</b>
1-	Le détecteur de fumée.....	18
2-	Le détecteur de chaleur.....	18
3-	Détecteur de monoxyde de carbone.....	18
4-	Détecteur de gaz.....	19
<b>IV-</b>	<b>Fonction des appareils de mesure et de contrôle.....</b>	<b>19</b>
1-	Mesure de pression.....	20
	a- Les capteurs de pression.....	20
	b- Classification des capteurs de pression.....	20
2-	Mesure de débit.....	21
	a- Fonctionnement de débitmètres .....	21
3-	Mesures de niveau .....	22
4-	Mesure de température .....	22
	a- Capteur a contact ou thermomètre a contact .....	23
	b- Les capteurs sans contact (pyromètres optiques).....	23
5-	Les appareils de contrôle et de sécurité électrique.....	23
6-	Sécurité des appareils de mesures.....	24
<b>V-</b>	<b>Procédé industriel.....</b>	<b>24</b>
1-	Les opérations unitaires .....	24
<b>VI-</b>	<b>La tuyauterie industrielle.....</b>	<b>25</b>
1-	Les fonctions principales d'une tuyauterie.....	25
2-	Les différents organes distingués sur une tuyauterie.....	25
3-	Les organes de sécurité présent sur une tuyauterie.....	26
	a- Les soupapes de sécurités.....	26
	b- le rôle de la soupape de sécurité.....	26
	c- les vannes.....	26
	<b>Chapitre III : Sécurité des installations industrielle.....</b>	<b>27</b>
1-	Définition de l'installation.....	27
I-	Mesures administratives.....	28
	1- Définition, identification des installations a risque d'accident majeur.....	28
	2- Information sur les installations.....	28
	3- Missions des autorités compétentes.....	28
	4- Evaluation des risques d'accidents majeur.....	28



5-	Prévention des causes d'accident majeur.....	29
a-	Prévenir les causes d'accidents majeurs grâce à l'application de méthodes d'analyses et d'évaluation et de gestion appropriés .....	29
b-	Envisager les causes possibles d'accidents majeurs.....	29
6-	Sélections des méthodes d'analyse de risques dans une installation .....	30
II-	Montage de l'installation.....	30
1-	Systèmes de sécurité.....	31
2-	Fiabilité humaine.....	32
3-	Formation des travailleurs.....	32
4-	Mesures techniques .....	32
a-	Procédures d'arrêts des installations.....	32
a.1-	Principes de fonctionnements.....	32
b-	Intervention d'un opérateur.....	33
c-	Arrêt de production d'une installation industrielle.....	33
d-	Objectifs.....	34
5-	Systèmes instrumentés de sécurités .....	34
a-	L'objectif principale de SIS.....	34
6-	Les composants de SIS .....	35
a-	Un détecteur.....	35
b-	La fonction de traitement.....	35
c-	Les actionneurs.....	35
7-	Tests de fonctionnements .....	35
8-	Niveau d'intégrité de sécurité (SIL).....	36
a-	Dispositif de sécurité.....	36
b-	Systèmes concernes par la sécurité .....	36
c-	Intégrité de sécurité.....	36
9-	Le but des systèmes instrumentés de sécurités(SIS).....	36
a-	Les fonctions de sécurité .....	37
10-	Communication entre les éléments d'un SIS .....	37
11-	Fonctions de sécurité en mode de sollicitation et en mode continu.....	37
12-	Selon la norme CEI EN 61508.....	38
13-	L'objectif de la norme.....	38
III-	Conclusion.....	38

## **Chapitre IV : Sécurité des machines.....39**

I-	Sécurité des machines et protection contre les dangers mécaniques.....	39
1-	Risque de perte de stabilité .....	39
2-	Risque de rupture en service .....	39
3-	Risques dus aux surfaces, aux arrêtes, aux angles .....	39
4-	Risques liés aux machines combinées.....	39
5-	Risques liés aux éléments mobiles.....	40
6-	Choix d'une protection contre les risques engendres par les éléments mobiles.....	40
7-	Éléments mobiles concourants au travail.....	40
8-	Exigences de portée générales pour les protecteurs .....	40

II-	Sécurité des machines et protections contre les autres dangers .....	41
	1- Erreurs de montage .....	41
	2- Températures extrêmes.....	41
	3- Incendie ou explosion.....	41
	4- Bruit.....	42
	a- Prévention de bruit liés aux machines.....	42
	5- Vibrations.....	43
	6- Rayonnements ionisants et non ionisants émis par les machines...43	
	7- Emissions de matières et de substances dangereuses.....	43
	8- La foudre .....	44
	9- Séparation de la machine de ses sources d'énergies.....	44
	10- Nettoyage des parties internes .....	44
III-	Les protecteurs.....	44
	1- Les protecteurs .....	44
	2- Protecteurs fixe.....	44
	3- Protecteurs verrouillés ou interverrouillés.....	45
	a- Protecteurs verrouillés .....	45
	b- Protecteurs interverrouillés.....	45
	4- Autres protecteurs.....	45
	a- Protecteurs a fermetures automatiques .....	45
	b- Protecteurs réglables.....	45
	5- Les dispositifs de protection.....	47
	a- Dispositifs sensibles.....	47
	b- Barrières immatérielles .....	47
	c- Dispositifs sensibles à la pression.....	47
	d- Dispositif de commande bi-manuel.....	47
	e- Dispositif de validation.....	48
IV-	Informations et marquages.....	48
	1- Informations et dispositifs d'information.....	48
	2- Dispositifs d'alerte .....	48
	3- Marquage des machines.....	49
V-	Mesures complémentaires liées à certains types de machines .....	49
	1- Machines portatives tenues ou guidées à la main .....	49
	2- Appareils portatifs de fixation a chocs.....	49
	3- Machines présentant des dangers en raison de leurs mobilités ...49	
	4- Machines de levage .....	50
VI-	Conclusion.....	50

## **Chapitre V : sureté de fonctionnements des machines.....51**

I-	Circuit de commande et de puissance .....	51
1-	Système de commande/ partie opérative .....	51
2-	Circuits de commande et de puissance .....	52
II-	La sureté de fonctionnements.....	53
1-	Définition.....	53
2-	Attributs .....	54

a-	Disponibilité .....	54
b-	Fiabilité.....	54
c-	Sécurité.....	54
d-	Maintenabilité.....	54
3-	Enjeux de la sureté de fonctionnement des installations.....	54
<b>III-</b>	Méthodes d'analyse de sureté de fonctionnement.....	55
1-	APR analyse préliminaires des risques.....	56
a-	Domaine d'utilisation de la méthode APR.....	56
b-	Le principe de la méthode APR.....	56
2-	MDS méthode de diagramme de succès .....	56
a-	Les règles de transmission de signal.....	57
3-	Méthode table de vérité.....	57
4-	Méthode arbre des causes.....	58
a-	Démarche arbre des causes.....	58
b-	L'arbre des causes pour un accident de travail.....	59
5-	AMDEC.....	59
a-	La démarche AMDEC.....	60
b-	Evaluation de criticité.....	60
6-	Arbre de conséquences.....	61
a-	Le Déroulement d'arbre de conséquences.....	62
b-	Exemple d'un tuyau de gaz arraché.....	63
7-	Analyse structurelle de dynamo.....	63
8-	L'analyse fonctionnelle.....	64
a-	La fonction .....	64
b-	Les fonctions principales.....	64
c-	Les fonctions secondaires.....	64
d-	Les fonctions de protection.....	64
e-	Les fonctions redondantes.....	65
f-	Exemples analyse fonctionnelle.....	65
4-	Automate programmable API .....	65
1-	Définition et historique des API.....	65
2-	Domaines d'emploi des automates.....	66
3-	Nature des informations traitées par l'automate.....	66
a-	Tout ou rien (TOR) ou logique.....	66
b-	Analogique.....	66
c-	Numérique.....	66
4-	Architecture des API.....	66
a-	Aspect extérieure .....	66
b-	Structure d'un système complet.....	67
5-	Principe de fonctionnement d'un API.....	68
a-	Le cycle d'un API.....	68
<b>Chapitre VI :</b>	<b>partie pratique (stage au niveau de Sonatrach).....</b>	<b>70</b>
1-	Présentation de l'entreprise.....	70
2-	Le Rôle du département HSE.....	71
3-	Service de département HSE.....	71

a- Service prévention.....	71
b- Service santé et environnement.....	72
c- Service intervention.....	72
4- Bac a toit fixe et toit a bac flottant.....	73
5- Les accessoires d'accès aux réservoirs comprennent.....	73
6- Accessoires de contrôle et d'entretien .....	73
7- Accessoires de sécurité.....	74
8- Equipements sur la robe .....	75
9- Les installations fixes anti-incendie.....	75
10- Dépôt nord et sud.....	76
11- Systèmes de refroidissement avec décharge d'eau.....	76
12- Réseau de transport par canalisation.....	78
13- L'entretien et le nettoyage des pipelines.....	78
14- Epreuve sous pression.....	79
15- Contamination des Oléoducs.....	79
16- Maintenance des STC.....	79
17- Conclusion.....	80
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>81</b>

## Liste des abréviations

**EDD : Etude de danger**

**APR : Analyse préliminaire des risques**

**AGR : Analyse globale des risques**

**AMDEC : Analyse de mode de défaillance de leurs effets et de leurs criticités**

**HAZOP: Hazard and Operability Studies**

**ADE: Arbre des évènements**

**ADC: Arbre des causes**

**ADD : Arbre des défaillances**

**EvRp : Evaluation des risques professionnels**

**SIS : Les systèmes instrumentés de sécurité**

**SIL : Niveau d'intégrité de sécurité**

**HSE : Hygiène, Sécurité et environnement**

**ISO : Organisation internationale de normalisation**

**DDR : Dispositif différentiel à courant résiduel**

**CEM : Compatibilité électromagnétique.**

**PSM : Management de la Sécurité des Procédés**

**FMDS : Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité, Sécurité**

**BAU : Bouton d'arrêt d'urgence**

**PFD : La probabilité moyenne de défaillance à la demande**

**PFH : La probabilité de défaillance dangereuse par heure**

**CEI : La Commission électrotechnique internationale**

**INRS : Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles.**

**MDS : Méthode du Diagramme de Succès**

**API : Automate Programmable Industrielle**

**SCE : comité social et économique**

**CSSCT : Commission santé, sécurité et conditions de travail**

**IPR : Indice de Priorité du Risque.**

**SONATRACH : Société Nationale de transport et commercialisation des hydrocarbures.**

**RTC : Réseau de Transport par Canalisation**

## Liste de figures

Figure I-1 : Schéma représentant une démarche de gestion des risques.....	08
Figure II.1 : Classes d'instruments de mesures.....	14
Figure II.2 : Différentes formes de signaux.....	16
Figure II.3 : Détecteur de fumée.....	18
FigureII.4 : Détecteur de monoxyde de carbone.....	19
Figure. II.5 : Détecteur de gaz.....	19
Figure II.6 : Manomètre à membrane.....	21
Figure II.7 Débitmètre électromagnétique.....	22
Figure II.8 : Schéma de mesure de niveau.....	22
Figure II.9 : Mesure de température.....	23
Figure II.10 : Schématisation des vannes.....	26
Figure III.1 : une installation industrielle.....	27
Figure III.2 : Composant de système instrumenté.....	38
Figure IV.1 : Protecteur muni d'une ouverture pour la sortie des pièces.....	48
Figure IV.2 : Protecteur muni d'ouverture pour insérer des pièces.....	48
Figure IV.3 : Protecteur sur une chaîne d'entraînement.....	48
Figure IV.4 : Un dispositif de protection commande l'arrêt de la machine dès l'ouverture de protecteur.....	48
Figure IV.5 : Protecteur muni d'une tige coulissante qui s'ajuste selon la dimension de la pièce.....	48
Figure IV.6 : Diapositive de commande bi-manuel les boutons sont protégés par des collerettes.....	50
Figure V.1 : Représentation schématique générale d'une machine.....	53
Figure V.2 : Chaîne des événements conduisant à l'accident d'après (Marsot& al, 2003).....	54
Figure V.3 : Les attributs de la sûreté de fonctionnement.....	55
Figure V.4 : Exemple de diagramme de fiabilité en série.....	58
Figure V.5 : Exemple de diagramme de fiabilité en parallèle.....	58
Figure V.6 : Exemple d'arbre de cause.....	60
Figure V.7 : Schéma descriptif sur la démarche AMDEC.....	60

<b>Figure V.8 : Arbre d'événement quantifié d'un tuyau de gaz arraché.....</b>	<b>63</b>
<b>Figure V.9 : Schéma descriptif d'un Dynamo.....</b>	<b>64</b>
<b>Figure V.10 : Analyse structurelle.....</b>	<b>65</b>
<b>Figure V.11 : Schéma d'une description fonctionnelle.....</b>	<b>66</b>
<b>Figure V.12 : Automate modulaire.....</b>	<b>67</b>
<b>Figure V.13 : Automate Compact.....</b>	<b>67</b>
<b>Figure V.14 : Structure générale d'un API.....</b>	<b>68</b>
<b>Figure V.15 : L'A.P.I et son environnement (= liaisons permanentes ; -temporaire ; éventuelle).....</b>	<b>68</b>
<b>Figure V.16 : Structure interne d'un API.....</b>	<b>69</b>
<b>Figure V.17 : Cycle typique d'exécution des programmes d'un A.P.I.....</b>	<b>70</b>
<b>Figure VI.1 : Bacs de stockage et le manifold.....</b>	<b>71</b>
<b>Figure VI.2 : Réservoir à toit flottant.....</b>	<b>71</b>
<b>Figure VI.3 : Bacs de stockage et le manifold.....</b>	<b>73</b>
<b>Figure VI.4 : refroidissement de bac de stockage.....</b>	<b>75</b>
<b>Figure VI.5 : Accessoires de sécurité de lutte contre l'incendie.....</b>	<b>76</b>
<b>Figure VI.6 : Réserve d'émulseur.....</b>	<b>76</b>
<b>Figure VII.7 : Déversoir à mousse.....</b>	<b>76</b>



## **Liste des tableaux**

<b>III-1- Tableau représente les méthodes d'analyses utilisées dans une installation.....</b>	<b>30</b>
<b>V.1. Exemple table de vérité .....</b>	<b>58</b>
<b>V.2. Tableau de gravité.....</b>	<b>60</b>
<b>V.3. Tableau de probabilité d'occurrence.....</b>	<b>60</b>
<b>V.4. Tableau Matrice de criticité.....</b>	<b>61</b>
<b>V.5. Tableau Criticité de défaillance.....</b>	<b>61</b>

## Introduction Générale

Depuis toujours, l'Homme a été amené à perfectionner son industrie et sa façon de concevoir au fil de son histoire, La révolution industrielle témoigne d'une modernisation des moyens de productions amenées également par l'utilisation du pétrole, du gaz et de l'électricité ainsi, les machines de production et les industries automobiles et chimiques. Le développement de l'électronique et la découverte des transistors et des microprocesseurs, également l'essor des télécommunications et de l'informatique. L'industrie quant à elle est marquée par l'ère de l'automatisation poussée de la production rendue possible grâce à l'automate, au robot, et à l'automate programmable industriel« API ». Cette révolution peut avoir lieu si la sécurité n'est pas intervenue, la sécurité peut être définie comme l'aptitude d'un système à fonctionner en maîtrisant, à un niveau acceptable, les risques pour les personnes, les biens et l'environnement. La prévention des risques majeurs débute aux phases de recherche et de conception. Toutefois, nous pouvons dire que la politique de sécurité englobe généralement la sécurité-incendie, la sécurité environnement, la sécurité des systèmes industriels, sécurité des biens, la sécurité au poste de travail, la sécurité des procédés, etc. Le principe de réduction du risque à la source est appliqué à toutes les étapes de développement jusqu'à la construction et à l'exploitation des procédés mis en œuvre. Ainsi, l'utilisation des machines et l'entretien des installations et des équipements sur le lieu de travail est une obligation pour l'employeur qui doit analyser avec précision la façon dont les travailleurs utilisent les machines et instaurer des modalités maintenance adaptées. Il devrait aussi fournir des conseils spécifiques sur l'utilisation du matériel et son l'entretien afin de garantir une utilisation sans aucun danger, l'employeur doit réfléchir aux risques susceptibles de se produire et à la façon de les gérer.

## Chapitre 1 : Généralités sur la sécurité en industrie

### I- Les fonctions de l'entreprise :

Une entreprise industrielle est une unité économique de production dont la mission principale est d'assurer la production des biens adaptés aux besoins du marché, tout en assurant les bénéfices et la pérennité de l'entreprise. Les produits fournis doivent être conformes et assurer la satisfaction clientèle dans le respect de la réglementation. De plus, la production doit être conforme aux quantités attendues, dans des délais contractuels dont ses activités reposent sur:

- activité de produire
- activité de gérer
- activité de maintenir

#### 1- Sécurité

La sécurité est une situation à laquelle le risque est réduit au maximum, vise principalement à minimiser l'exposition à des situations qui portent atteintes à la santé et le bien-être des travailleurs, que ça soit sur les salariés sur les installations ou l'environnement, La sécurité couvre aussi :

- La sécurité individuelle et collective
- La sécurité des installations
- La sécurité des produits

#### 2- Les types de la sécurité

- **Mesures de sécurité actives** : le rôle principale de cette mesure est de limiter le nombre d'accidents et la probabilité des incidences, elle joue le même rôle que la prévention primaire qui s'agit de réduire le risque de déclaration des maladies;

- **Mesures de sécurité passives** : le but de cette mesure est de réduire les conséquences des accidents et les suites des maladies, qui a les mêmes fonctions que la prévention secondaire.

- Est la différence entre la sécurité active et passive ce résumant ainsi :

La sécurité active est un composant qui intervient sur le comportement pour éviter les accidents. La sécurité passive est un l'élément qui permet de protéger les occupants lorsque l'exposition a cet accident devient inévitable.

### 3- Les fonctions de sécurité peuvent être assurées par :

- des barrières techniques de sécurité,
- des barrières humaines (barrières organisationnelles),
- la combinaison des barrières techniques et humain (ex : utilisation d'un extincteur).
- Une même fonction de sécurité peut être assurée par plusieurs barrières de sécurité.

Un dispositif de sécurité peut être :

**Passif** : un dispositif de sécurité peut être passif si aucun système mécanique n'intervient afin de compléter ses fonctions et il n'aura besoin ni action humaine, ni action d'une mesure technique, ni source d'énergie externe. Exemple : cuvette de rétention, mur coupe-feu

**Actif** : si un système mécanique intervient pour remplir ses fonctions il est considéré comme dispositif de sécurité actif.

Exemple : soupape de sécurité, clapet anti-retour.

Le niveau de confiance d'une Mesure de Maîtrise des Risques est ensuite défini en fonction de sa probabilité de défaillance :

- niveau 1 pour une probabilité d'une défaillance pour 10 utilisations.
- niveau 2 pour une probabilité d'une défaillance pour 100 utilisations.

A partir de la méthode arbre des causes et arbre d'évènement on pourra prendre en compte les barrières de sécurité avec leur niveau de confiance et la probabilité.

### 4- Définitions

**-La santé** : Sensation dont le moral et le physique sont en bonne état dans les lieux de travail

**-L'hygiène du travail** : est un ensemble de mesures à respecter pour prévenir les infections et L'apparition de maladies infectieuses dans les lieux de travail; son but ultime est de protéger la santé et le bien-être des travailleurs, en plus d'assurer la protection des communautés.

**-Prévention** : ensembles des mesures et actions mise en place pour minimiser à savoir évité les accidents ou les maladies.

**-Définition de danger** :

Il y a danger quand un matériel, un matériau, un produit, un mode opératoire, une organisation, est capable de mettre en péril ou de provoquer un dommage. Le danger se situe toujours à la source.

Le danger = Le risque + l'exposition humaine

**Un phénomène dangereux**

Cause capable de provoqué des lésions ou mettre la santé de personnel en danger.

**-Situation dangereuse** : toutes situation dans laquelle une personne est exposée à un ou plusieurs phénomènes dangereux.

**-Evénement dangereux** : événement susceptible de causé un dommage

**-Un dommage** : lésion physique ou une atteint à la santé

**-Corrosion** : on appelle corrosion lorsqu'un matériau se corrode à cause des évènements externes qui contribuent à la détérioration des réservoirs de stockage en acier et des accessoires.

**-Un accident** : est un événement non intentionnel occasionnant une lésion Corporelle ; un dommage matériel ; une perte de production et un impact sur L'environnement

**-L'incendie** : est une réaction de combustion qui nécessite la présence simultanée de trois éléments : le comburant, le combustible et la source d'énergie pour que l'incendie déclenche.

**-L'explosion** : Les produits combustibles mélangés à l'air ne sont explosifs que dans un domaine de concentration déterminé compris entre la Limite Inférieure d'Explosivité (LIE) et la Limite Supérieure d'Explosivité (L.S.E.).

**-Zones dangereuses** : est une zone qui représente des risques majeurs à la santé de personnel, et pour être en contact avec cette zone des mesures de sécurité a priori sont définit et veiller au stricte respect de ses mesures.

## II- Le risque

Selon la norme ISO 14001: 2015 le risque est défini comme étant : des effets négatifs potentiels (menaces) et des effets bénéfiques potentiels (opportunités).

Le risque = La probabilité x La gravité

### 1- Le risque industriel

Le risque industriel est tout événement survenu de manière accidentelle sur un de ses sites industriels, dont la réalisation des taches implique l'usage de matières ou d'activités à risques majeurs. Ils sont étroitement soumis à des réglementations spécifiques et à des contrôles réguliers.

Dans cette partie on effectue une étude de danger (EDD) de la manière suivante :

- a- Identifier les scénarios d'accidents possibles.
- b- Sélectionner la méthode d'analyse.
- c- Analyser les risques.

d- Formaliser l'analyse des risques.

## 2- Phénomène physico-chimique dangereux

### Les grands dangers des installations industrielles :

→ Explosion physique (Boil over, BLEVE)

→ Concepts de la combustion

→ Sources d'inflammation

→ Feu / Incendie

→ Explosions gaz et poussières

→ Explosion thermique

#### a- Le BLEVE

Une vaporisation violente à caractère explosif consécutive à la rupture d'un réservoir contenant un liquide à une température significativement supérieure à sa température normale d'ébullition à la pression atmosphérique. Le risque de BLEVE pouvant survenir dans les capacités de stockage de gaz liquéfiés, Les effets d'un BLEVE sur l'environnement se manifestent généralement de trois manières : Effets de pression, Effets missiles, Effets thermiques.

#### - ÉQUIPEMENTS CONCERNÉS par le BLEVE

Le BLEVE concerne les **équipements aériens contenant des gaz liquéfiés sous pression** :

- stockages fixes : cylindre, sphère

- engins de transport : camions, wagons, navires

- tuyauteries, les chaudières sont concernées par le BLEVE.

- bouteilles d'échantillon, bouteilles petit vrac.

**b- Le Boil over**

Le Boil over a lieu lorsque les résidus de combustion, issus de la surface en feu, deviennent plus denses que les hydrocarbures non brûlés et sombrent formant une couche chaude qui progresse vers le fond plus rapidement que la régression de la surface de liquide. Lorsque cette couche chaude, également appelée onde de chaleur, atteint l'eau dans l'hydrocarbure située en fond de bac, l'eau est d'abord surchauffée, puis portée en ébullition de façon quasi explosive entraînant le débordement du bac.

**3- Le risque professionnel**

Un risque professionnel est l'ensemble des atteintes potentielles qu'un individu encourt ou fait encourir à autrui dans le cadre de son activité professionnelle à l'intérieur ou à l'extérieur de. Elles peuvent se traduire par un accident ou une maladie dite professionnelle.

**a- Évaluation des risques professionnels**

L'évaluation des risques professionnels (EvRP) est considérée comme une étape essentielle de la démarche de prévention. On commence par l'identification des risques et puis l'analyse de ses risques et enfin les classés toutes ces étapes permettent de définir les actions de prévention les plus appropriées, couvrant les barrières techniques, humaines et organisationnelles. L'évaluation des risques doit être mise à jour périodiquement c'est l'ensemble des mesures à mettre en œuvre pour préserver la santé, la sécurité et veiller au bien être des salariés au milieu de travail. Il s'agit d'une obligation réglementaire qui s'impose à l'employeur et dont les principes généraux sont inscrits dans le Code du travail.

**4- Les risques technologiques**

Les risques technologiques sont plus généralement définis par rapport au danger qu'ils représentent. Est défini comme la mesure de la probabilité et de la gravité d'un effet néfaste sur la santé, les biens matériels et l'environnement, en y ajoutant la nature du phénomène qui peut causer des dommages. Explosion, échappement de gaz toxiques, radioactivité, feu, pollution de l'eau, etc.

Les risques technologiques regroupent les risques industriels, les risques liés au transport de matières dangereuses, les risques nucléaires, les risques biologiques, les risques de rupture de barrage ou encore les risques miniers, susceptibles de toucher des zones géographiques, des populations et des organisations qui jusqu'à là ne se sentaient pas concernées.

## 5- La gestion des risques

La gestion des risques peut être définie comme l'ensemble des activités coordonnées en vue de réduire le risque à un niveau jugé tolérable ou acceptable, De manière classique, la gestion des risques est un processus itératif qui inclut notamment les phases suivantes :

- Appréciation du risque (analyse et évaluation du risque),
- Acceptation du risque,
- maîtrise ou réduction de risques. L'enchaînement de ces différentes phases est décrit de manière schématique dans la figure ci-dessous.

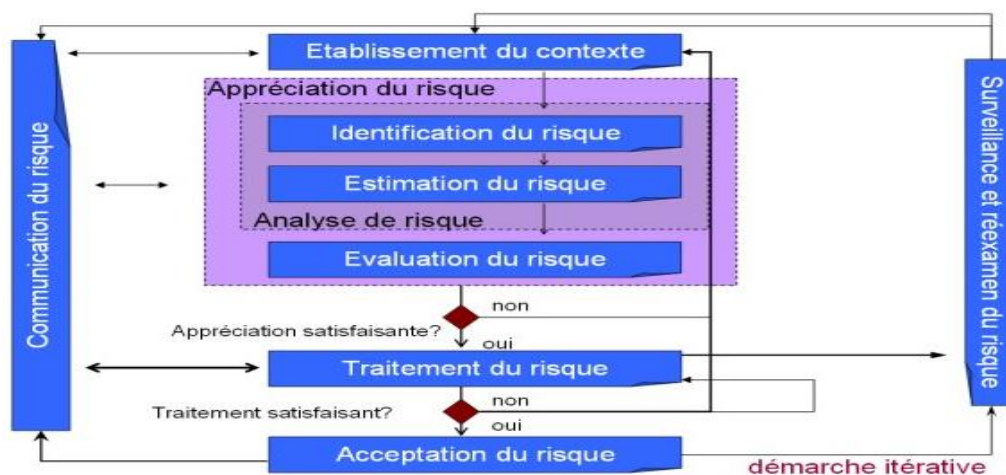


Figure I-1- Schéma représentant une démarche de gestion des risques

## III- 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 de produire des biens industriels pour satisfaire le besoin de la clientèle à l'aide de visites d'inspection dictées par le comité de santé et de sécurité, et dans des domaines différents.

Après s'être équipé en outillages nécessaires à savoir mécaniques ou électroniques, toute entreprise a recours à un service de maintenance des équipements par sous-traitance afin de prévenir les risques encourus et réussir à réparer les pannes à travers les routines de



vérification, de graissage, de calibration, on doit toujours maintenir les équipements en bon état et favoriser la maintenance industrielle dans le cas contraire l'entreprise risque d'engendrer un ralentissement de production et causer des problèmes de sécurité au travail.

Assurer l'entretien des équipements et comprendre leurs systèmes de fonctionnement, cette mission inclut la plupart des tâches d'entretien d'équipement sous ses diverses formes :

- L'entretien correctif : dépannage et réparation
- L'entretien préventif : périodique, systématique ou conditionnel

### **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.

### **2- Sécurité des procédés industriels**

La sécurité des procédés est la discipline consacrée à l'identification, la prévention et la réduction de l'intensité des incidents majeurs. Il s'agit en premier temps de prévenir le rejet de diverses substances dangereuses toxiques, inflammables, corrosives, la libération d'énergie et d'autres. Le Management de la Sécurité des Procédés, correspond aux pratiques mises en place pour assurer le contrôle des matières dangereuses incluant toxicité, réactivité et inflammabilité et surtout concernant les produits chimiques afin de garantir que les salariés effectuent leurs fonctions en toute sécurité et les populations avoisinantes évoluent dans des conditions de sécurité optimales.

### **3- Management de la Sécurité des Procédés :**

- il s'agit de mettre en place et de suivre la continuité des programmes de management de la Sécurité des Procédés (PSM)

-des programmes d'audit doivent être présent dans le (PSM), Et les comparer avec les bonnes pratiques existantes dans le monde.

- procédé à des Corrections et améliorations des programmes présentant des faiblesses.

#### **IV- Les 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

#### **V- Rappel sur les 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.

## 1- Les systèmes instrumentés de sécurité

Un système instrumenté de sécurité (SIS) est un système visant à mettre un procédé en état stable ne présentant pas de risque pour l'environnement et les personnes, lorsque le procédé effectue ces fonctions dans une voie comportant un risque réel pour le personnel et l'environnement que ce soit explosion, feu ou d'autres dangers. Les SIS sont utilisés pour exécuter des fonctions de sécurité ou sous fonction de sécurité, ils sont aussi appelés boucles de sécurité. Ils comprennent les matériels et logiciels nécessaires pour obtenir la fonction de sécurité désirée.

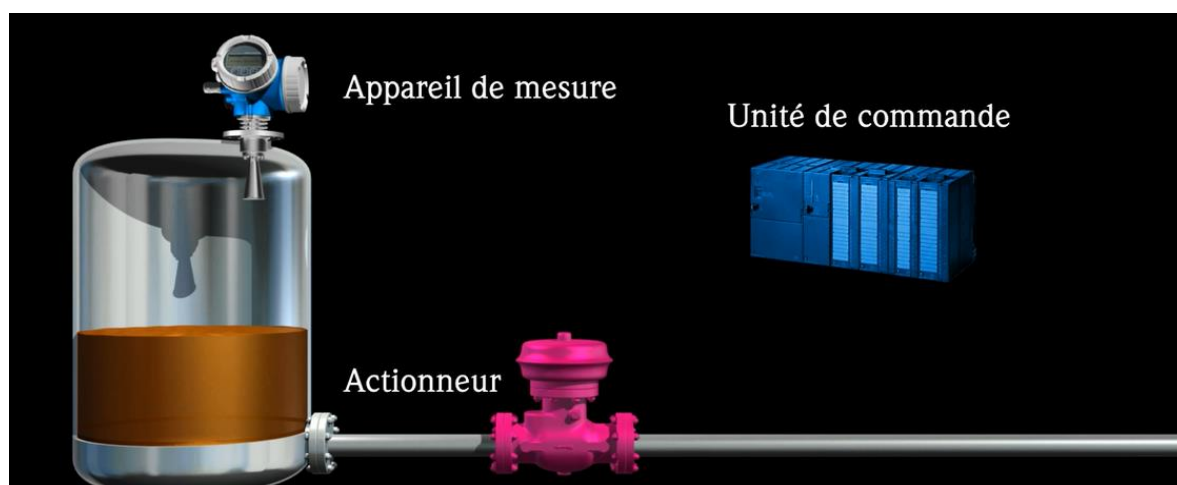


Figure I-2- Schéma simplifié d'un SIS

## VI- Normalisation et réglementation

Hygiène (Santé), Sécurité et Environnement (HSE), est un sigle qui désigne un domaine de maîtrise des risques et de management des entreprises dans les axes de l'hygiène, de la santé/sécurité et de l'environnement. Cette méthodologie fait appel aux textes réglementaires et des référentiels de normes spécifiques, dont l'application peut faire l'objet, sur la base du volontariat, d'une démarche de certification auprès de divers organismes compétents.

Les activités sur un site industriel génèrent des risques qui se retrouvent sous le vocable de « risques industriels » et qui ont un impact sur les salariés et dans ce cas, il s'agit des risques professionnels. Ces risques industriels sont la conséquence du fonctionnement habituel de l'entreprise. L'industriel doit gérer de façon cohérente les différentes composantes du risque industriel et favoriser la mise en place d'actions efficaces tant pour la prévention des risques professionnels.

## 1- La réglementation et les textes réglementaires

La réglementation représente des règles, des obligations est, au sens large, un ensemble d'indications, de lois, de prescriptions, et règlements, et autres textes juridiques régissant une activité bien déterminée. Le but de la réglementation est de protéger la santé des travailleurs, l'employeur et tous ceux qui confrontes le milieu professionnel, La contribution des textes juridiques en Santé et Sécurité au Travail peut être résumée selon les points suivants :

- Définir les droits et obligations des travailleurs et des employeurs.
- Définir les règles et consignes de sécurité.
- Définir les seuils et les valeurs limites.
- Définir les voies et les moyens de prévention.

La liste des textes réglementaires est tellement longue qu'on prend par exemple :

**La loi:** Règle obligatoire. Acte législatif à caractère général et impersonnel.

**Le décret:** C'est une décision du président de la république ou du Premier ministre, dont les effets sont semblables à ceux de la loi.

## 2- Les normes

Dans le domaine d'hygiène et sécurité industrielle, plusieurs normes sont essentielles pour la maîtrise des risques industriels, technologiques et professionnels dont le but est la protection de la santé des travailleurs, éviter la destruction des biens et à la préservation de l'environnement.

ISO signifie l'organisation internationale de normalisation basée sur la terminologie du management du risque, la sécurité est l'absence des éléments perturbateurs inacceptables consiste de blessure ou d'atteinte à la santé des personnes, directement ou indirectement.

### - Normes ISO usuelle en HSE

- **La norme ISO 9001 :** Systèmes de management de la qualité – Exigences » est une norme de qualité relative à l'organisation de l'entreprise.
- **ISO 31000 :** Management des risques cette norme consiste à gérer les risques susceptibles de compromettre les performances d'une entreprise dont la gestion des risques est cruciale pour procéder à la mise en œuvre au niveau stratégique et opérationnel.
- **Iso 14001 :** est une norme internationalement reconnue qui établit les exigences relatives à un système de management environnemental. Elle aide les organismes à

améliorer leur performance environnementale grâce à une utilisation plus rationnelle des ressources et à la réduction des déchets, gagnant, par là même, un avantage concurrentiel et la confiance des parties prenantes.

- **ISO 45001** : Elaborée par l'ISO pour les organisations soucieuses d'améliorer la sécurité de leurs employés, de réduire les risques sur le lieu de travail et de créer des conditions de travail meilleures et plus sûres.

### **3- Règlementation algérienne**

Les objectifs de ce cours sont de fournir aux délégués appropriés une formation pour une Consolidation des connaissances par rapport aux exigences réglementaires et légales dans le domaine de santé et sécurité au travail.

- Loi n° 88-07 du 26 janvier 1988 relative à l'hygiène, à la sécurité et à la médecine du travail. (Page 64) Textes d'application (Publié dans JO n°4 du 27/01/1988)
- Décret exécutif n° 10-201 du 20 Ramadhan 1431 correspondant au 30 août 2010 relatif aux mesures particulières de prévention et de protection des risques des travaux de taille et de polissage des pierres de taille. (Page 16) (Publié dans JO n°51 du 05/09/2010)
- Décret exécutif n° 06-223 du 25 Joumada El Oula 1427 correspondant au 21 juin 2006 portant création, attributions, organisation et fonctionnement de l'organisme de prévention des risques professionnels dans les activités du bâtiment, des travaux publics et de l'hydraulique. (Page 11) Textes d'application (Publié dans JO n°42 du 25/06/2006).

## Chapitre II : Les composants des systèmes instrumentés de sécurité.

### I- Les 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.

#### 1- Définition

**-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.

#### 2- Principaux caractéristiques d'un instrument de mesure.

##### a- Etendue de Mesure (Capacité):

Ensemble des valeurs d'une grandeur à mesurer pour lesquelles l'erreur d'un instrument de mesure est supposée maintenue entre des limites spécifiées.

##### b- Résolution :

C'est la plus petite différence d'un dispositif afficheur qui peut être aperçue d'une manière significatif.

**c- Sensibilité :** C'est le quotient de l'accroissement de la réponse par l'accroissement de signal d'entrée. Rapport entre l'accroissement de la réponse ( $\Delta d$ ) sur l'accroissement de la grandeur mesurée ( $\Delta m$ ) :  $S = \Delta d / \Delta m$

**d- Justesse :** C'est l'aptitude d'un instrument de mesure à donner des indications exemptes. D'erreur systématique.

**e- Fidélité :**

C'est l'aptitude d'un instrument de mesure à donner des mêmes résultats ou très proche lors d'une même mesure et dans des conditions semblable.

**f- Reproductibilité et répétabilité :**

C'est une méthode statistique utilisée dans le contrôle des différents processus pour mesurer la précision et la variation présentes dans des différents appareils de mesure et l'efficacité de l'instrument qui en découle pour l'utiliser comme instrument de mesure

**g- Exactitude :**

Aptitude d'un instrument de mesure à donner des indications très proches de la valeur vraie d'une grandeur mesurée. L'erreur d'exactitude comprend l'erreur de justesse et l'erreur de fidélité. L'exactitude correspond à l'incertitude de mesure de l'instrument.

**h- Classe de précision :**

La classe d'un instrument de mesure; c'est qu'il puisse satisfaire à certaines exigences d'applications métrologiques destiné à conserver les erreurs dans des limites spécifiés.

### 3- Condition d'exécution d'un instrument de mesure

- Température ambiante de la pièce à contrôler et des instruments de mesures voisine de 20°C
- contrôler la pièce proprement

### 4- Classification des instruments de mesure

Les instruments de mesure se divisent en deux grandes classes :

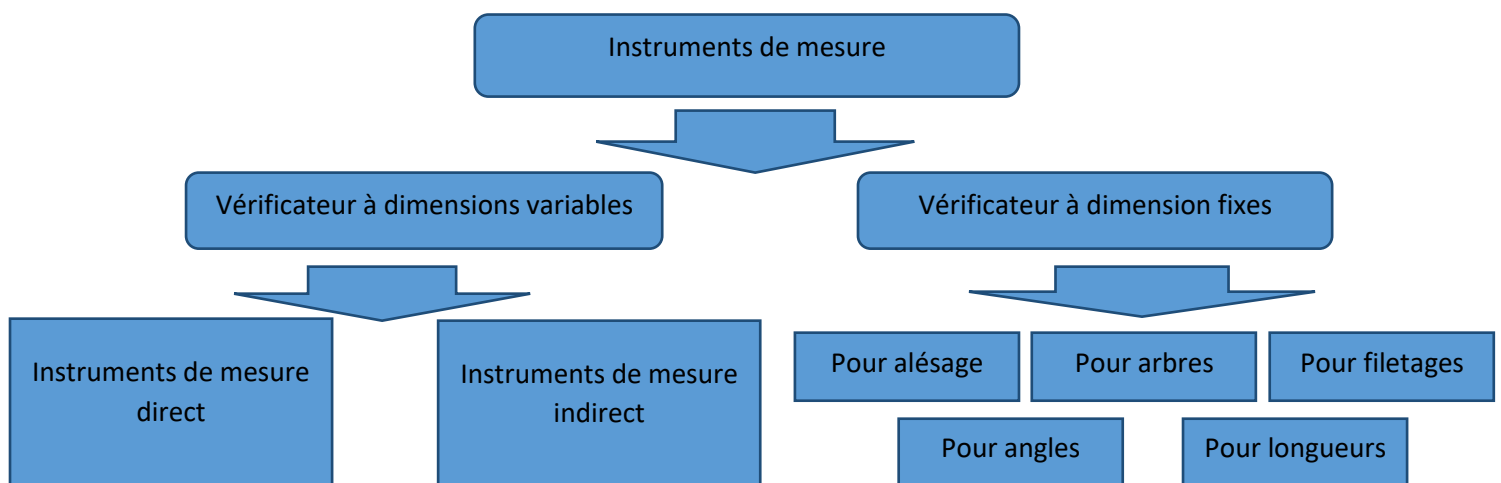


Figure II.1. Classes d'instruments de mesures

## 5- Quelques recommandations sur l'utilisation des instruments

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

## 6- Appareil de mesure :

Un appareil de mesure est un système comprend un ou plusieurs indicateurs fixes qui traduit un phénomène physique difficilement ou non accessible à un autre phénomène qui peut être estimé. On distingue deux types d'appareils :

### a- Les appareils de mesure analogiques

Un signal est continu si l'amplitude de la grandeur physique le représentant prend un nombre infini de valeurs dans un intervalle donné.

- Signal continu : C'est un signal qui varie lentement dans le temps comme par exemple la température, débit, niveau.
- Forme : C'est la forme de ce signal qui est important : pression cardiaque, chromatographie, impact.
- Fréquentiel : C'est le spectre fréquentiel qui transporte l'information désirée : analyse vocale, sonar, spectrographie.

### b- Les appareils de mesure numériques

Un signal est numérique si l'amplitude de la grandeur physique le représentant ne peut prendre qu'un nombre fini de valeurs. En général ce nombre fini de valeurs est une puissance de 2. Ces appareils contiennent seulement des composants électroniques.

- Tout ou rien (TOR) : Il donne des informations sur un état bivalent d'un système de mesure.

Exemple : une vanne ouverte ou fermée

### c- Comparaison entre les appareils numériques et analogiques

Les appareils numériques sont les plus utilisés mais cela ne signifie pas que les appareils analogiques vont disparaître. Du point de vue pratique, le technicien aura à sa disposition durant plusieurs années les deux types d'appareils. Et cela dépend de certains utilisateurs qui préfèrent l'affichage par aiguille ou bien un affichage par valeur numérique.



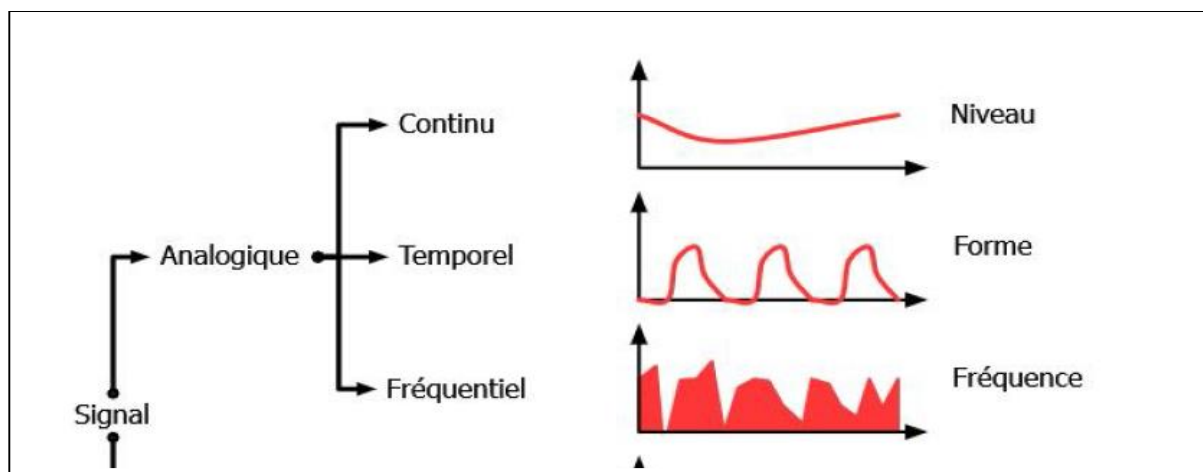


Figure II.2. Différentes formes de signaux

## II- Les capteurs

### b- Définition :

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.

### c- Classification des capteurs

La classification se fait par :

- la mesurande qu'ils traduisent (capteur de pression, de température, ...)
- de leurs taches 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 :

#### d- 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

#### e- Capteur passif :

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

**f- Les effets physiques les plus rencontrés en instrumentation sont**

- 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

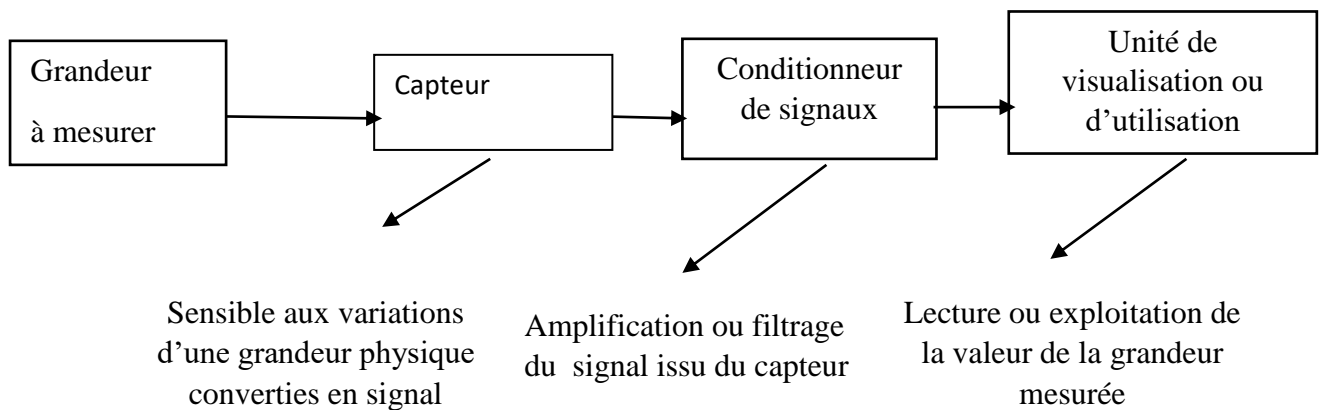
**g- Les mesures usuelles**

Les applications de mesure en milieu industriel que nous rencontrons le plus fréquemment sont:

- la mesure de la température (Température);
- la mesure de la pression (Pressure); P : pression en N/m<sup>2</sup> (1 Pa = 1 N/m<sup>2</sup>) ;  

$$P = \frac{F}{S}$$
 F : force en Newton ; S : surface en m<sup>2</sup>
- la mesure du débit (Flow);
- la mesure du niveau (Level);

○ **CHAÎNE DE MESURE**



**h- Méthodes de mesures :**

**Méthode directe :** La valeur est obtenue directement par lecture affichée dans l'appareil (une longueur avec une règle graduée).

**Méthode indirecte :** Par comparaison. C'est le relevé à l'aide d'un capteur de l'écart entre une pièce à mesurer et un étalon.

### III-Les détecteurs

#### 1- Le 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.



**FigureII.3. Détecteur de fumée**

#### 3- Le 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.

#### 4- 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.



**FigureII.4. Détecteur de monoxyde de carbone**

### 5- 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,



**Figure. II.5 Détecteur de gaz**

## 5- Fonction des appareils de mesures et de contrôle

Il s'agit des appareils de mesure présents dans l'industrie ; avec certains paramètre physique 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 transmis

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, utilisées 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 process maximale, un déroulement efficace du process, et une hausse de la qualité des produits.

### 1- Mesure de pression :

Elle s'agit de la mesure de la force appliquée sur une surface, on utilise les manomètres à tube Bourdon, à membrane, à soufflet, différentiel et à capacité variable pour mesurer la pression.

$$\text{Pression} = \frac{\text{Force}}{\text{Surface}}$$

**a- Les capteurs de pression :** capteur de pression appelle autrement manomètre est un instrument qui permet de mesurer la pression des fluides (liquide ou gaz).

**b- Classification des capteurs de pression :**

**b-1 Balance manométrique :** Dans le capteur de pression à équilibre de force ou balance manométrique, Pour rester dans une position d'équilibre le système contrebalance les effets des forces de pression.

**b-2 Capteurs hydrostatiques ou Manomètres à liquide :** Son principe est basé sur l'application de la relation :  $PA - PB = \rho g (ZB - ZA)$  ainsi que la mesure consiste à déterminer la hauteur  $h = ZB - ZA$ , Les manomètres couvrent un domaine de 10 à 105 Pa pour la mesure de pression de gaz uniquement. C'est le plus simple de tous les manomètres.

**b-3 Manomètres à un seul liquide (tube en U)**

**b-4 Manomètre à un seul liquide avec réservoir**

- Manomètre à colonne direct
- Manomètre à colonne inclinée

**b-5- Manomètre à déformation mécanique**

- Manomètre à tube de BOURDON
- Manomètre à membrane
- Manomètre à capsule
- Manomètre de pression absolue
- Manomètres pour pression différentielle



**Figure II.6. Manomètre à membrane**

**2- Mesure de débit :**

Un débitmètre est un instrument utilisé pour mesurer le débit linéaire, non linéaire, massique ou volumétrique d'un liquide ou d'un gaz. Quand on fait le choix de capteur de débit, on doit considérer les facteurs intangibles tels que la familiarité du personnel de l'usine, leur expérience avec la manipulation et l'entretien, la disponibilité des pièces de rechange et d'autres facteurs importants.

**a- Fonctionnement de débit mètre**

On sachant le nom de fluide on aura un bon fonctionnement de débit mètre on doit connaître leurs pression, température, chute de pression admissible, densité, conductivité, viscosité et sa pression de vapeur à la température de fonctionnement maximale, sont répertoriés avec une indication de la façon dont ces propriétés peuvent varier ou interagir. Toutes les informations concernant la composition de fluide la toxicité, la sécurité doivent être fournies d'une manière détaillée.

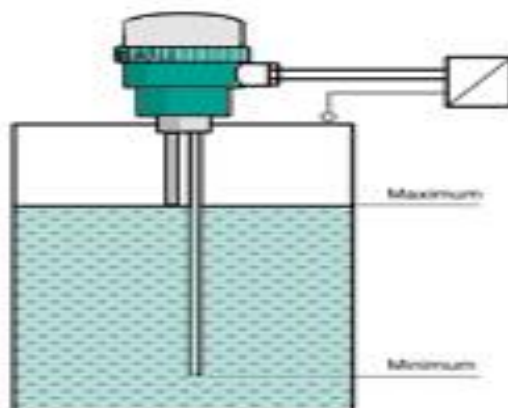


**Figure II.7 Débitmètre électromagnétique**

### 3- Mesure de niveau :

Le capteur de niveau est chargé de cette mesure ; est un dispositif électronique qui permet de mesurer la hauteur du matériau, en général du liquide, dans un réservoir ou un autre récipient.

Il mesure le niveau de liquide dans une plage, plutôt qu'à un seul point, ce qui produit une sortie analogique qui est directement corrélée au niveau de la cuve.



**Figure II.8. Schéma de mesure de niveau**

### 4- Mesure de température :

On mesure la température des objets ou dans le domaine de la météorologie à travers des instruments appelés des thermomètres.

Les capteurs de température sont classés en deux catégories principales :

**a- Capteurs à contact ou (thermomètre à contact):**

Se fait en Échange de chaleur entre le milieu et le capteur jusqu'à établissement de l'équilibre thermique.

**b- Les capteurs sans contact (Pyromètres optiques) :**

Basés sur la relation entre la température d'un corps et son rayonnement optique (infrarouge ou visible).et donc la radiation e la propriété utilisé dans ce cas. Cette propriété permet une mesure sans contact, et bien entendu, sans attente d'une mise en équilibre thermique.



**Figure II.9** Mesure de température

## 5- Les 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'électrifications/électrocutions en détectant les fuites de courant à la terre de l'installation électrique.



## 6- Sécurité des appareils de mesure :

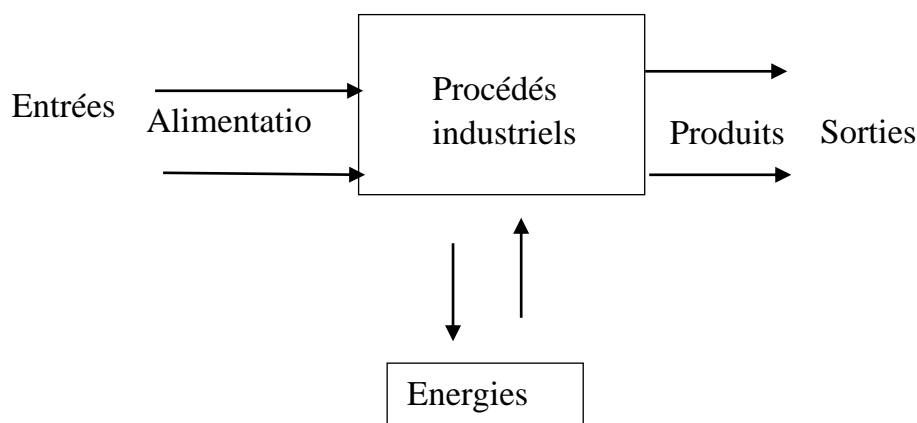
Les appareils de mesure doivent être conformes aux normes de sécurité qui leur sont applicables et doivent porter le marquage CE qui atteste la conformité à la directive CEM et à la directive basse tension. Le marquage de l'appareil doit comporter :

- La valeur assignée de la tension phase - neutre.
- La catégorie d'installation
- Le degré de pollution.

CEM : signifie compatibilité électromagnétique.

### 6- Procédé industrie

Un procédé industriel est l'ensemble des opérations nécessaires pour apporter des modifications à des entrées pour avoir au final un produit de sortie subissant ses transformations par échange d'énergie.



### 1- Les Opérations unitaires

Tout procédé industriel peut effectuer des différentes combinaisons logiques telles que on prend l'exemple de broyage, filtration, distillation, absorption, séchage, et d'autres unités d'opérations physiques que l'on appelle opérations unitaires. Elles sont donc les opérations élémentaires individuelles mises en œuvre dans l'industrialisation d'un procédé.

## 7- La 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.

### 1- Les 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

### 2- Les 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)

### 3- Les organes de sécurités présents sur une tuyauterie

#### a- Les soupapes de sécurité




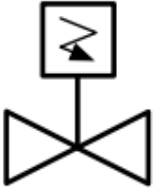

Une soupape de sécurité est une pièce de sécurité obligatoire et essentielle aux installations donc il s'agit d'un article de robinetterie à fonctionnement automatique. Son fonctionnement principal est de réguler la pression afin d'empêcher l'explosion de certains appareils, tels que les chaudières à vapeur.

#### b- Rôle de la soupape de sécurité

Une soupape permet d'évacuer du fluide surcomprimé vers l'extérieur lorsque la pression atteint la valeur limite, ce qui permet de garder en bon état de fonctionnement de tout le circuit, et d'éviter surtout les incidents domestiques ou professionnels. La soupape se referme quand la pression sera retombée, Pour les chauffe-eau électriques, ce type de dispositif fait partie intégrante de ce qu'on appelle groupe de sécurité, la soupape de sécurité ne doit pas entrer en action, car la montée de pression peut être réglée de façon automatique via une baisse de la température.

**c- Les vannes**

La vanne de régulation est utilisée comme organe de réglage dans différents types de boucles de régulation. Elle permet de contrôler le débit dans une canalisation, en modifiant les pertes de charges de celle-ci. Il existe plusieurs représentations d'une vanne ;

Vanne simple	Vanne manuelle	Vanne Pneumatique	Electrovanne	Vanne pneumatique avec positionneur
				

**Figure II.10 Schématisation des vannes**

## Chapitre III : Sécurité des installations industrielles

### 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.



Figure III.1 une installation industrielle

## **I- Mesures administratives.**

### **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 exigent une attention particulière.

### **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.

### **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.

### **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- Prévention des causes d'accidents majeurs**

### **a. 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.

### **b. 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.

## 6- Sélection des méthodes d'analyse de risques dans une installation

### III-1- Tableau représente les méthodes d'analyses utilisées dans une installation

Différentes installations	Méthodes d'analyses des risques										
	Audit	Check list	APR	What-if	Check-list + What-if	HAZOP	AMDE / AMDEC	Arbre des causes	Arbre des conséquences	MDCC	Fiabilité humaine
Recherche-développement			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>							
Conception procédés		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>						
Unité pilote		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ingénierie		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Construction-démarrage	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>						<input type="radio"/>
Exploitation	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Modification	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Phase d'audit-enquête après accident				<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Arrêt définitif/démontage	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>						

## II- Montage de l'installation

Le fournisseur et l'exploitant de l'installation devrait:

- veiller à ce que le montage de l'installation sur le site doit être sûr avec une bonne qualité et garantie;
- veiller à ce que les travaux ayant une influence sur la sécurité de l'installation, soient effectués par des ouvriers expérimentés et bien qualifiés;
- Les travaux réalisés et les composants importants pour la sécurité de l'installation soient vérifiés et contrôlés par des travailleurs qualifiés ou des tiers;
- Remplacer les composants défectueux ou les réparer lorsque les défauts sont détectés.

- Vérifier que les composants, les dispositifs de sécurité et les dispositifs de commande et de régulation pour la sûreté de l'installation soient soumis à des essais de fonctionnement avant de les mettre en service.

### 1- Systèmes de sécurité

- Toutes les installations dangereuses devraient être équipées d'un système de sécurité qui correspond aux différents risques de ces installations.
- Afin de supprimer toute déviation concernant le fonctionnement du système, l'exploitant devrait équiper l'installation de :
  - capteurs et régulateurs de température, de pression et de débit, pouvant déclencher certaines mesures de protection.
  - Systèmes de décompression: soupapes de sûreté, disques de rupture qui au besoin devraient être reliés à un dispositif de purge, un dispositif d'épuration, une torchère, un système de confinement;
  - dispositifs d'arrêt en cas d'urgence.
  - Afin de prévenir les différentes défaillances possibles, l'exploitant devrait en renforcer la fiabilité par des dispositions nécessaires, selon le principe de la diversité ou de la redondance.
  - L'exploitant devrait examiner tous les dispositifs d'alimentation en énergie ou en fluides d'exploitation.
  - Afin de pouvoir détecter tout dysfonctionnement, en déterminer la cause et prendre les mesures correctives nécessaires, l'exploitant devrait équiper l'installation de systèmes d'alarme pouvant être reliés à des détecteurs.
  - En plus des systèmes de sécurité qui contribuent à assurer la sûreté de fonctionnement de l'installation, l'exploitant devrait prendre des mesures de protection en vue de limiter les conséquences d'un accident éventuel. Ces mesures pourraient inclure les moyens suivants:
    - systèmes de pulvérisation d'eau (pour refroidir les réservoirs ou éteindre les incendies);
    - mécanismes de projection de vapeur;
    - réservoirs et cuvettes de rétention, générateurs de mousse.
    - systèmes activés par des détecteurs.



## 2- Fiabilité humaine:

- la fiabilité globale d'un système dépend de la fiabilité des composants techniques et humains.
- modes d'erreur ou défaillance: oubli, fausse manœuvre, action intempestive,
- on cherchera à évaluer l'effet du mode d'erreur sur le système sur son taux de défaillance.

## 3- Formation des travailleurs

Le facteur humain joue un rôle important dans la mise en fonctionnement des dispositifs de sécurité dans une installation qui comporte des risques d'accidents majeurs. Par conséquent, le chef de l'établissement devrait assurer aux travailleurs une formation appropriée en ce qui concerne la sûreté d'exploitation de l'installation.

Les employés devront subir des formations à la charge de l'employeur dans le cas d'une nouvelle installation sur les points suivants :

- Connaître d'une manière générale les procédés mis en œuvre dans l'installation;
- Divers dangers lors de la mise en marche de procédé et l'utilisation des produits
- Avoir la compétence de réguler et de commander le procédé et être en mesure de surveiller les conditions de fonctionnement au démarrage et à l'arrêt;
- lors de dysfonctionnement, pannes ou accidents être en mesure de faire face.

## 4- Mesures techniques

### a- Procédures d'arrêt des installations

#### a-1- Principes de fonctionnement

Un système d'arrêt d'urgence déclenche, à la suite de la détection d'une situation dégradée, une mise en sécurité :

- par la coupure des énergies (électrique, pneumatique...) et l'arrêt immédiat ou contrôlé de tout processus en cours (arrêt d'un équipement, d'un système ou d'une installation),
- par le déclenchement ou démarrage de systèmes de sécurité (extinction incendie, rideau d'eau, extracteur...). Il est composé en général d'un (ou de plusieurs) boutons poussoirs, lesquels assurent une mise en sécurité via un circuit de commande. De façon générale, un système d'arrêt d'urgence est décomposé en quatre parties :

- la partie intervention d'un opérateur pour détecter une situation dangereuse (par des alarmes...), diagnostiquer la situation et activer le bouton d'arrêt d'urgence.
- la partie organe de commande: appareil de commande manœuvrable manuellement et utilisé pour initier la fonction d'arrêt d'urgence. Cet organe de commande engendre l'ordre d'arrêt ou démarrage lorsqu'il est actionné,
- la partie circuit de commande: système de commande permettant de traiter l'ordre d'arrêt ou de démarrage (relais, module logique de sécurité, automate),
- les parties moyennes de mise en sécurité (d'arrêt ou de démarrage) qui peuvent prendre différentes formes :
  - appareils de commutation de puissance qui arrêtent ou démarrent les actionneurs finaux (moteur, vanne...),
  - moyens de déconnexion mécanique (embrayage, etc.),
  - freins utilisés pour accomplir la fonction d'arrêt d'urgence.

#### **b- L'INTERVENTION D'UN OPÉRATEUR**

L'intervention de l'opérateur est le maillon décisionnel de la chaîne de sécurité associée au BAU. Cette chaîne de sécurité est une barrière de rattrapage de dérive car elle permet de détecter une dérive et d'en limiter les conséquences. Selon les sites, les contraintes ou exigences techniques, les moyens et ressources d'une entreprise, la mise en place d'un système dit Bouton d'Arrêt d'Urgence va pouvoir prendre plusieurs formes.

#### **c- Arrêt de production d'une installation industrielle**

Une première catégorie de bande d'arrêt d'urgence a pour fonction d'arrêter l'ensemble des processus ou lignes de production d'une installation industrielle.

L'avantage d'un tel système général est de prévenir tout risque de propagation d'un incident local sur l'ensemble d'une installation. L'inconvénient d'un BAU général est le risque de ne jamais être utilisé car l'opérateur sera toujours réticent à stopper totalement la production. Il risque alors soit de perdre du temps en recherchant une autre solution, soit de privilégier une solution moins radicale, et donc moins efficace.

La prise de décision dépendra du contexte général d'intervention de l'opérateur. Dans lesquelles l'opérateur peut être seul à prendre la décision soit en salle de commande soit sur le terrain, le risque pour qu'un tel arrêt général ne soit jamais utilisé est important. Ce type

d'arrêt permet de minimiser les risques d'une décision isolée. La décision fait l'objet d'une discussion entre l'opérateur sur le terrain et celui de la salle de commande.

#### **d- Objectifs**

Les plans d'urgence devraient viser à:

- circonscrire toute situation critique qui pourrait se présenter et, si possible, la maîtriser;
- réduire au minimum les effets dommageables d'une situation critique sur les personnes, les biens et l'environnement

### **5- Système instrumenté de sécurité**

Les SIS ont été conçus pour protéger le personnel, l'équipement, l'environnement en réduisant la probabilité ou la gravité de l'impact d'un événement d'urgence identifié par l'assurance de l'isolement sécurisé de matériaux inflammables ou potentiellement toxiques en cas d'incendie ou de rejet accidentel de fluides.

Les systèmes instrumentés de sécurité (SIS) doivent être disponibles à tout moment pour amener automatiquement un processus dangereux dans un état sûr avec une probabilité désignée par le niveau d'intégrité de sécurité de la fonction.

#### **a- L'objectif principal de SIS.**

- Éviter les accidents à l'intérieur et à l'extérieur des installations, comme les incendies, les explosions, les dommages aux équipements ;
- prévenir les risques de perte de vie ou de dommages à la santé de personnes, un impact catastrophique sur la communauté;
- faciliter la protection des employés et des citoyens et de la propriété.
- Aucun système n'est totalement immunisé contre un échec d'une fonction et doit toujours fournir des conditions de sécurité, en cas de défaillance

Ils sont destinés à surveiller les paramètres de fonctionnement d'une installation, et assurer qu'ils sont maintenus en permanence. Il génère des alarmes à destination des opérateurs, et des actions automatiques qui permettent de maintenir l'installation dans des conditions sûres de fonctionnement. Les systèmes instrumentés de sécurité sont des combinaisons de détecteurs, d'unité de traitement et d'actionneurs destinés à remplir une fonction de sécurité. Un SIS est un système de sécurité indépendant du système de conduite. Les capteurs et actionneurs ne sont normalement pas utilisés pour la conduite du procédé et ne sont dédiés

qu'aux fonctions de sécurité. Le traitement logique est effectué sur des équipements indépendants du système de conduite, soit par des relais, soit par un automate programmable. Il nécessite une énergie extérieure pour fonctionner. Ce n'est pas un système passif.

## **6- Les composants de SIS**

### **a- Un détecteur**

Est un équipement qui à partir d'une grandeur physique, délivre une autre grandeur, souvent électrique que ce soit tension, courant, résistance, fonction de la première et directement utilisable pour la mesure ou la commande. Cette grandeur physique peut être la température, la pression, le débit, la concentration d'un gaz ou d'autres.

### **b- La fonction traitement**

Il s'agit d'un signal reçu par un détecteur à partir des différentes mesures effectuées par des capteurs et comparer ses différents signaux pour déclencher les actionneurs concernés et activer la commande, Les unités de traitement sont classées en deux catégories : Les technologies câblées et Les technologies programmées

### **c- Les actionneurs**

Sont généralement des moteurs ou servomoteur qui à partir d'un signal électrique ou pneumatique on déduit un phénomène physique qui commande le démarrage d'une pompe, la fermeture ou l'ouverture d'une vanne Selon l'énergie motrice, on parle d'actionneur pneumatique, hydraulique ou électrique. Les éléments commandés par un actionneur On les appelle éléments terminaux dont on retrouve, les vannes, les machines tournantes (pompe, compresseur...), les alarmes sonores et visuelles.

On définit que la fonction de SIS se base sur la détection des phénomènes redoutés, et il agit en mettant le système en position de sécurité de ces systèmes (ouvert / fermé, arrêt / démarrage).

## **7- Tests de fonctionnement**

La confiance accordée au système dépend de la fréquence des tests de fonctionnement tant qu'elles sont élevées la confiance sera grande automatiquement. Avant chaque démarrage d'une installation au moment où elle est à l'arrêt, il est obligatoire d'effectuer des tests pour SIS. Les tests des SIS au moins une fois par an est nécessaire pour assurer un niveau d'intégrité de sécurité(SIL) élevé, qu'il soit supérieur à 1.

Quand plusieurs captures sont destinés à mesurer le même paramètre il est possible d'effectuer un test afin de détecter si ils fournissent les mêmes mesures dans le cas contraire une alarme déclenchera automatiquement et. On doit mener une analyse pour trouver l'élément défectueux. Les vannes peuvent être équipées des positionneurs numériques permettant leurs fermetures partielles et cela n'influe pas sur le bon fonctionnement de l'installation mais il permettra de suivre le bon fonctionnement de la chaîne de commande.

## 8- Niveau d'intégrité de sécurité (Safety Integrity Level (SIL))

### a. Dispositif de sécurité

Un dispositif de sécurité est un élément unitaire, son principal but est de remplir les fonctions de sécurité dans sa globalité.

### b. Systèmes concerné par la sécurité

Système qui implémente les fonctions de sécurité nécessaires pour atteindre ou maintenir le bon fonctionnement des équipements contrôlés et qui est destiné à atteindre, l'intégrité de sécurité requise par les fonctions de sécurité. Avec d'autres systèmes Electrique, Electronique, Electronique Programmable, concernés par la sécurité.

### c. Intégrité de sécurité

Il s'agit de l'exécution de manière satisfaisante des fonctions de sécurité par un système concerné dans des conditions idéales et dans une période donnée

## 9- Le but des Systèmes instrumentés de sécurité (SIS)

Pour le bon fonctionnement des équipements de sécurité il doit y avoir un accès à des énergies extérieures et le SIS permettra de maintenir la stabilité de procédé quand il s'engage dans un chemin comportant des risques réels.



Figure III.2 Composant de système instrumenté

**a- Les fonctions de sécurité**

- **Sous fonction de sécurité détection** : Cette sous fonction est réalisé par des détecteurs de différents paramètres comme la pression, la température, le débit, ces derniers sont généralement constituer de deux éléments; les capteurs qui transforme une information physique en une grandeur électrique adapté au traitement, et le transmetteur qui assure le conditionnement du signal émis par le capteur.
- **sous fonction de sécurité traitement de l'information** : Elle est réalisée d'une manière générale par des automates programmables qui sert à activer la commande d'un ou plusieurs actionneurs à partir d'une fonction combinatoire des informations délivrées par différents capteurs.
- **sous fonction de sécurité « action »** : Les actionneurs réalisent cette fonction qui s'agit de transformer un signal en un phénomène physique qui commande le démarrage d'une pompe, la fermeture ou l'ouverture d'une vanne, Selon l'énergie motrice on parle d'actionneur électrique, pneumatique ou hydraulique

**10- Communication entre les éléments d'un SIS :**

Les capteurs, les unités de traitements et les actionneurs sont reliés entre eux par des moyens de transmissions Il peut s'agir de câbles électriques, d'ondes électromagnétiques (transmission hertzienne), de fibres optiques (bus de terrain) ou de tuyauteries.

**11- Fonctions de sécurité en mode de sollicitation et en mode continu**

Selon le mode de fonctionnement Lors de l'évaluation de la défaillance d'un système de sécurité, deux options principales existent :

- **Fonction de sécurité en mode de sollicitation** : Si une panne au maximum se produit une fois par an, la fréquence de sollicitations d'un système de sécurité considérée comme faible. Pour ce système on calcule généralement la probabilité moyenne de défaillance PFD qui veut dire à la demande
- **Fonction de sécurité en mode continu** : Si une panne ce produit plusieurs fois par jour la fréquence de sollicitation du système de sécurité est élevée, il est considéré comme fonctionnant en mode continu. Dans ce cas, on calcul la probabilité de défaillance dangereuse par heure (PFH)

**12- Selon la norme CEI EN 61508 :**

Tous les domaines liés à l'industrie comporte des risque lies a la sécurité des personnes des bien et de l'environnement de plus que l'importance de danger augmente plus des mesures nécessaires devront être prises pour minimiser les dégâts Les applications industrielles présentent de nombreux systèmes et appareils avec un potentiel de danger variable. Afin d'obtenir le niveau de sécurité requis pour ces systèmes, les éléments relatifs à la sécurité pour les systèmes de protection et de sécurité doivent fonctionner correctement et se comporter de manière à ce que le système reste dans un état de sécurité ou passe à un état de sécurité en cas de défaut.

**13- L'objectif de la norme CEI EN 61508**

Il s'agit de mettre en œuvre des pratiques nécessaires afin de prévenir et de contrôler les erreurs au sein des systèmes relatifs à la sécurité et de limiter la probabilité de défaillances dangereuses d'une manière définie la réduction du risque requise est obtenue en combinant toutes les mesures de protection. Une documentation quantitative est exigée pour les éventuels risques qui existe encore malgré qu'on les ait traités l'exploitant de l'installation doit assumer et accepter le risque résiduel.

**III- Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons d'abord rappelé la définition de certains concepts utilisés dans des installations industrielle, aussi dans le cadre de la sécurité fonctionnelle des systèmes de sécurité. Une brève description des normes relatives aux systèmes de sécurité est donnée, suivie d'une description des différentes méthodes utilisées pour déterminer le SIL d'un SIS. . Ensuite on a montré comment effectué leur évaluation à travers les niveaux d'intégrité de sécurité (SIL : safety integrity level). L'allocation du niveau d'intégrité SIL peut se faire par des méthodes qualitatives ou quantitatives. Les méthodes qualitatives permettent d'allouer le SIL à partir de la connaissance des risques associés au procédé. Les méthodes quantitatives permettent de calculer la probabilité de défaillance moyenne des SIS à partir des paramètres de fiabilité de leurs composants. Les méthodes les plus répandues sont les équations simplifiées qui donnent le PFD et le PFH du SIS en fonction de l'architecture des composants et des paramètres de fiabilité utilisés

## Chapitre IV : Sécurité des machines

### 1- Sécurité des machines et protection contre les dangers mécaniques

#### 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 assuré 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- Eléments 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.

## **II- Sécurité des machines et protection contre les autres dangers**

### **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.

### **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.

### **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.

#### **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.

##### **a. Prévention du bruit liés 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- 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.

## 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.

## 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'effet.

## **8- La 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.

## **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.

## **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.

# **III. Les protecteurs :**

## **1- Les protecteurs**

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

## **2- 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 cadenassage doit être effectuée avant de retirer le protecteur fixe.

### **3- Protecteur verrouillé ou interverrouillé**

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 interverrouillage.

#### **a- Protecteur verrouillé**

Un dispositif (interrupteur) associé au protecteur permet de commander l'arrêt des mouvements dangereux et de maintenir à l'arrêt les éléments dangereux de la machine tant et aussi longtemps que le protecteur est ouvert.

#### **b- Protecteur interverrouillé**

Il n'est pas possible d'ouvrir le protecteur tant que les mouvements dangereux ne sont pas arrêtés. Ce protecteur convient aux situations dans lesquelles les mouvements dangereux continuent même après que l'alimentation en énergie soit coupée

Dans tous les cas, la remise en place d'un protecteur verrouillé ou interverrouillé ne doit pas, à elle seule, permettre la mise en marche des éléments dangereux.

### **4- Autres protecteurs**

#### **a- Protecteur à fermeture automatique**

Ce type de protecteurs se déplace de manière à s'ajuster au matériau tout en limitant l'accès à la zone dangereuse. Lorsque le matériau qui a provoqué son déplacement est retiré, celui-ci se remet en position.

#### **b- Protecteur réglable**

Ce type de protecteur doit ajuster à la forme des pièces afin d'isoler complètement et en tout temps la zone dangereuse. Il ne devrait pas être un premier choix parce qu'il est souvent mal ajusté



**Figure V.1**  
Protecteur muni  
d'une ouverture pour  
la sortie des pièces



**Figure V.2**  
Protecteur muni  
d'ouverture pour  
insérer des pièces



**Figure V.3**  
Protecteur sur une  
chaîne  
d'entraînement



**Figure V.4** Un dispositif de protection commande l'arrêt de  
la machine dès l'ouverture de protecteur



**Figure V.5** Protecteur muni d'une tige coulissante  
qui s'ajuste selon la dimension de la pièce



## 5- Les dispositifs de protection

Outre les dispositifs associés aux protecteurs, il existe d'autres dispositifs de protection qui ont la capacité d'éviter ou de contrôler les dangers présents survenue dans une machine : les dispositifs sensibles et les dispositifs de commande.

### a- Dispositifs sensibles

Un dispositif sensible est placé à une distance de sécurité considérable avec la zone dangereuse. Il conduit à un arrêt de la machine dès qu'il détecte une intrusion (main, jambe, objet). On utilise ce dispositif pour offrir plus de mobilité et une meilleure visibilité à l'opérateur.

### b- Barrière immatérielles

On utilise la barrière immatérielle pour protéger une périphérie, une surface ou un volume. On distingue:

- Les rideaux optiques
- Les faisceaux laser
- Les scrutateurs laser
- Les systèmes de détection par caméra

### c- Dispositifs sensibles à la pression

- Tapis ou plancher sensible
- Bordure sensible

### d- Dispositif de commande bi-manuel

Ce dispositif permet à occuper les deux mains tant que le risque persiste. Plusieurs critiques sont prises en mesure et on distingue :

- L'utilisation des deux mains pour démarrer la machine.
- Il doit être conçu pour empêcher un actionnement accidentel.
- Le temps d'accès doit être plus grand que le temps d'arrêt de la partie mobile dangereuse de la machine.



### e- Dispositif de validation

Un dispositif de validation est un appareil manuel de commande qui doit constamment être actionné pour que la machine fonctionne. Il peut être à 2 ou 3 positions, mais il fonctionne uniquement dans une seule position. Dans les autres positions, le mouvement de la machine s'arrête. Une poignée de validation 2 positions et une pédale 3 positions sont des exemples de dispositifs de commande munis de dispositifs de validation



**Figure V.6 Diapositive de commande bi-manuel les boutons sont protégés par des collerettes**

## IV. Informations et marquage

### 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.

### 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.

### 3- Marquage des machine

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.

## V. Mesures complémentaires liées à certains types de machines

### 1- Machines portatives tenues ou guidées à la main.

Selon leur type, ces machines devraient avoir une surface d'appui de taille adéquate et un nombre suffisant de dispositifs de préhension et de maintien de taille appropriée, disposés de manière à assurer la stabilité de la machine dans des conditions Chirurgie générale. Sauf impossibilité technique ou présence d'un dispositif de contrôle indépendant, Si nécessaire, la machine doit permettre une observation visuelle de la zone dangereuse et de l'interaction de l'outil avec le matériau en cours de traitement.

### 2- Appareils portatifs de fixation à chocs

- L'énergie doit être transmise à l'élément amortisseur par des pièces intermédiaires fixées à l'équipement. - Les déclenchements accidentels doivent être évités.
- Tout dégagement accidentel doit être évité lors de la manipulation. - Les opérations de chargement et de déchargement devraient pouvoir être effectuées facilement et en toute sécurité.
- Des protecteurs appropriés devraient être prévus par le fabricant de la machine.

### 3- Machines présentant des dangers en raison de leur mobilité

- La machine doit être adaptée à l'utilisation et à l'environnement prévus.
- Les conducteurs doivent être formés et compétents dans l'utilisation et le fonctionnement des machines, y compris savoir comment réagir aux obstacles qui obstruent la vue (c'est-à-dire les zones invisibles).
- Les machines mobiles doivent être séparées, dans la mesure du possible, des travailleurs à pied avec des avertissements appropriés. Des voies d'entrée et de sortie sûres doivent être prévues.
- La machine doit être équipée de freins de stationnement et de service appropriés

- Il doit y avoir un accès sûr au poste de conduite, à tous les postes de passagers et aux postes de service. Ils doivent être protégés des dangers causés par les pièces mobiles.
- Le cas échéant, des systèmes d'incendie et d'extinction d'incendie doivent être prévus sur la machine.

#### **4- Machines de levage (telles que grues et monte-charges)**

- La machine doit être adaptée à l'opération de levage prévue
- les opérations de levage non conventionnelles doivent être planifiées, entretenues, contrôlées et testées, en tenant compte de la nécessité d'une communication efficace et des interfaces possibles avec d'autres travaux.
- L'accès aux zones dangereuses et toute personne sous des charges suspendues doivent être interdit.
- Toutes les machines de levage et tous les accessoires devraient être testés et fournis avec un certificat faisant état de la charge maximale de sécurité. Ils devraient être marqués de leur charge maximale de sécurité ou disposer d'un indicateur de charge de sécurité
- Toutes les machines de levage et tous les accessoires par du personnel compétent.

#### **VII- Conclusion :**

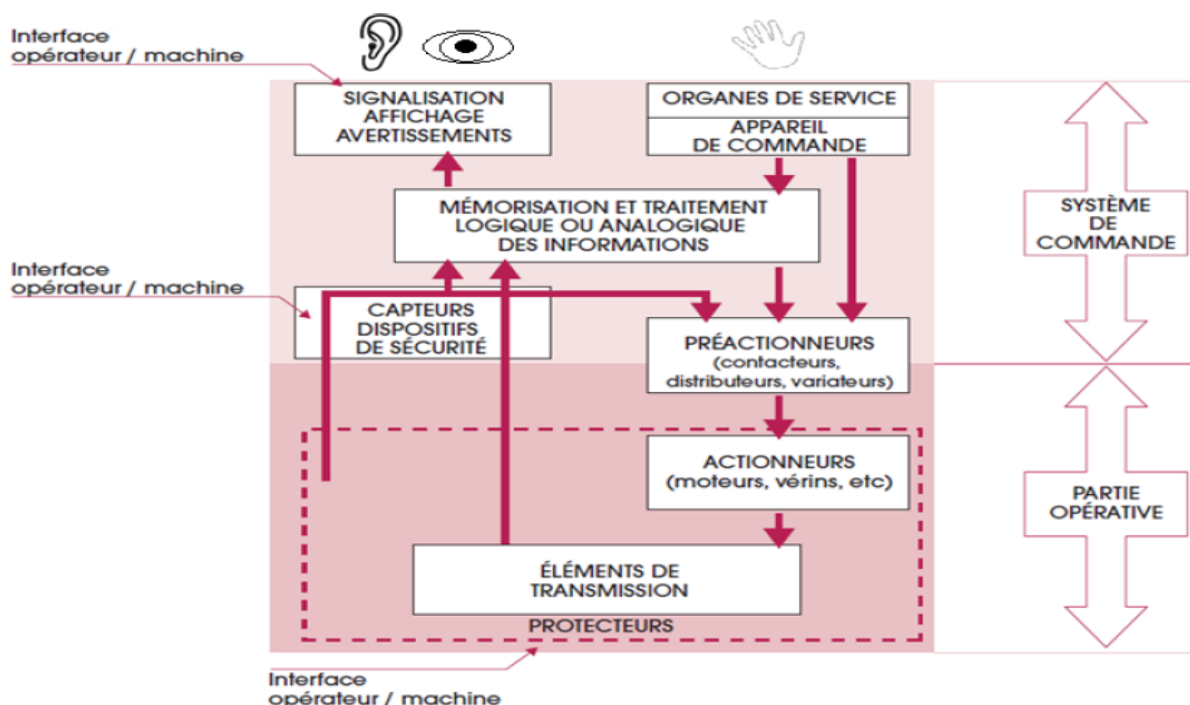
Cette étude exploratoire sur la sécurité des machines commandées par des automates programmables industriels a d'abord mis en évidence quelques éléments contribuant aux accidents liés à des machines automatisées en s'appuyant sur des résumés de rapports d'enquête d'accident de la CSST et des études de l'INRS. Ensuite, une description de la mise en œuvre de la démarche d'analyse du risque afin de dresser un portrait des enjeux de santé et de sécurité sur une machine automatisée.

## Chapitre V : Sûreté de fonctionnement des machines

### I- Circuit de commande et de puissance

#### 1- Système de commande / Partie opérative

On constate que Le système de commande d'un équipement de travail est constitué des circuits qui transmettent les ordres destinés au processus ou à la machine et à l'opérateur par des signalisations à travers des informations de la partie opérative, des entrées externes et de l'état du système.



**Figure V.1. Représentation schématique générale d'une machine**

Les dispositifs de signalisation, de commande sont inclus dans Le système de commande qui comprends par exemple; écran, Pupitre, ...etc.

La partie qui traite les informations logiques ou analogiques, les dispositifs de sécurité et les Capteurs électromécanique, pneumatique, circuits analogique et numériques programmables.

La partie opérative, constituée par le processus que l'on souhaite piloter. A partir des tâches physiques exécutées il va agir directement sur la matière d'œuvre à travers des priorités et

ordres envoyés par le système de commande et il va nous fournir en retour des informations sur son état ou son environnement.

Ses principales fonctions sont : la transformation de l'énergie et des efforts, l'adaptation de l'énergie et l'action sur la matière d'œuvre. Elle comprend principalement les actionneurs et les effecteurs. Pendant la phase d'exploitation, la partie opérative constitue la principale zone de dangers auxquels sont exposés les opérateurs de la machine.

On déduit que, la mise en sécurité du personnel nécessite d'agir, via le circuit de commande sur les pré-actionneurs qui commande les actionneurs susceptible d'entraîner des mouvements dangereux.

## 2- Circuits de commande et de puissance

Les accidents de travaux et la présence des énergies sont considérer dans la sécurité des machines comme étant une entité dangereuse, la présence humaine et d'autres facteurs engendre une apparition d'événements critiques, non-possibilité d'évitement et des situations potentiellement dangereuses.

C'est d'ailleurs le rôle principale des circuits de puissance et de commande d'une machine qui très souvent servent à la diminution des encourus par les opérateurs, C'est notamment le cas lorsqu'ils assurent des fonctions d'auto-surveillance, de tests périodiques, de mise ou de maintien à l'arrêt des éléments dangereux, Plus la contribution de ces circuits à la réduction des risques est importante, plus leur aptitude à résister aux défauts doit être élevée.

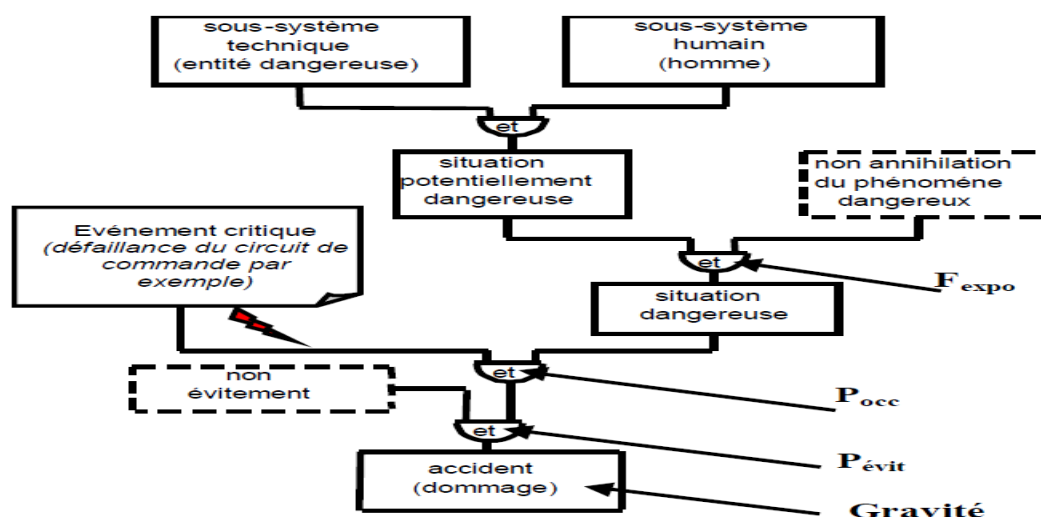


Figure V.2. Chaîne des événements conduisant à l'accident d'après (Marsot& al, 2003).

## II- La sûreté de fonctionnement

### 1- Définition :

La sûreté de fonctionnement, comprend de manières générales la connaissance de système, leurs évaluations, leurs prévisions, leurs mesures et leurs maîtrises. Il est nécessaire de connaître le système, les conditions d'utilisations et les risques extérieurs aussi on doit procéder à une analyse fonctionnelle de système et bien connaître sa structure. Beaucoup d'avancées sont le fruit du retour d'expérience et des rapports d'analyse d'accidents.

On déduit que les situations catastrophiques lorsqu'elles se présentent la science de défaillance permet de minimiser les conséquences.

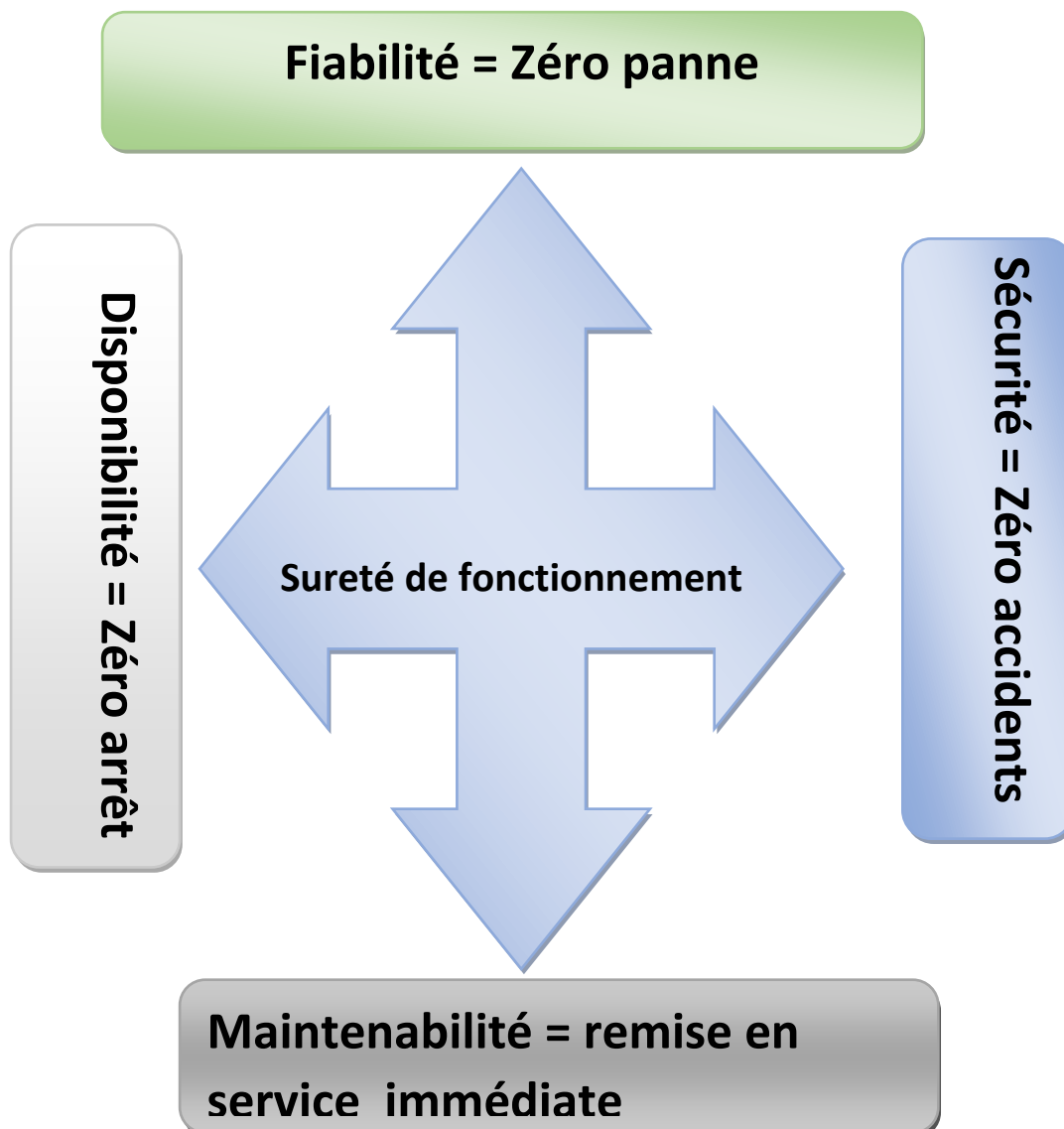


Figure V.3 Les attribut de la sûreté de fonctionnement

## 2- Attributs

Les attributs de la sureté de fonctionnement sont appelés FDMS pour Fiabilité, Disponibilité, Maintenabilité et Sécurité.

- a- Disponibilité :** Il s'agit de la capacité d'un système à accomplir ses fonctions avec toutes les compétences nécessaires et dans un intervalle de temps donné.
- b- Fiabilité :** La fiabilité est l'aptitude d'un dispositif à accomplir une fonction requise dans des conditions données pendant une durée donnée.
- c- Sécurité :** Grace à la sécurité qui joue un rôle important dans l'évitement des dégâts et la prévention des événements critiques ou catastrophiques
- d- Maintenabilité :** C'est de pouvoir effectuer des actions de maintenance, dans des conditions données avec des procédures et des moyens prescrits

D'autres attributs de sureté de fonctionnement ont été identifiés comme par exemple

**La testabilité :** le degré d'un composant ou d'un système à fournir des informations sur son état et ses performances.

**La diagnosticabilité :** capacité d'un système à exhiber des symptômes pour des situations d'erreur.

**La serviabilité :** capacité d'un système à continuer sa mission après perturbation humaine ou environnementale.

## 3- Enjeu de la sûreté de fonctionnement des installations.

De plus que les erreurs liés à la conception sont découvert tardivement, les risques et les impacts seront lourds et peuvent entraîner des couts considérables pour l'entreprise. L'apparition des risques menace la sureté et la sécurité des personnes des bien et de l'environnement, et peut même dégrader à savoir perdre l'image et la crédibilité de l'entreprise si on n'intervient pas à résoudre les problèmes avant qu'ils soient trop tard L'enjeu de la sûreté de fonctionnement est donc d'identifier les risques au plus tôt dans la phase de développement du produit.

En déduit que l'analyse de la sûreté de fonctionnement est une action qui sert à réduire des risques et les coûts d'achèvement des divers projets. On doit suivre son avancement dès les premières phases des projets, jusqu'à la mise en production.

La sûreté de fonctionnement rencontre pendant l'exercice de ses fonction divers obstacles dont on va citer quelques-uns :

- Les groupes de travaux ont différents points de vue lors d'exercice de leurs fonctionnements mais cela pourra mettre des barrières si les vues sont incohérentes.
- Mauvaise définition des exigences de sûreté et de leur formalisation.
- Absence de traçabilité des exigences de sûreté.
- Les méthodes d'analyse et d'évaluation sont insuffisantes vu la complexité des systèmes actuels.
- La description textuelle des modes de défaillance est souvent ambiguë.
- Absence de langage commun entre les différents métiers concernés de système.
- Besoins mal spécifiés ou exigences mal formulées.
- Evolution des exigences dans le temps et mauvaise gestion.
- Manque de communication et personnels non formés.
- Forte pression de la concurrence des marques.

Nous constatons que les problèmes de sûreté de fonctionnement des systèmes ne proviennent pas nécessairement d'une mauvaise analyse ou mauvaise estimation des attributs de sûreté (FMDS), mais de nombreux autres aspects liés aux projets et à la démarche de conception.

### **III- Méthodes d'analyse de sûreté de fonctionnement :**

Des processus d'études des systèmes réels permettent de produire un modèle abstrait du système relatif à une caractéristique de sûreté de fonctionnement grâce à une analyse prévisionnelle. Les éléments de ce modèle ont une grande probabilité de se produire dans l'environnement de système, on prend par exemple :

- ✓ des défaillances et des pannes des composants du système,
- ✓ des événements liés à l'environnement,
- ✓ des erreurs humaines en phase d'exploitation.

Plusieurs méthodes d'analyse ont été mises au point et qui sont le fruit de pouvoir représenter toutes les pannes et les défaillances des composants du système.



## 1- APR Analyse Préliminaire des Risques :

Cette méthode appelé APR qui signifie analyse préliminaire des risques, elle est utilisée pour identifier les risques au stade préliminaire de la conception d'une installation ou d'un projet. Lorsque la définition précise du procédé n'a pas encore été effectuée. Elle fournit une première analyse de sécurité.

### a- Domaine d'utilisation de la méthode APR

La méthode APR est utilisée pour prévenir les situations dangereuses dans différents domaines :

- Matières premières, produits intermédiaires et finaux, et leur réactivité;
- Matériaux de construction utilisés, Équipements utilisés;
- Plan d'aménagement du site et des équipements;
- Environnement où se situent l'ouvrage et l'activité d'exploitation.
- Interfaces entre les diverses composantes du système.

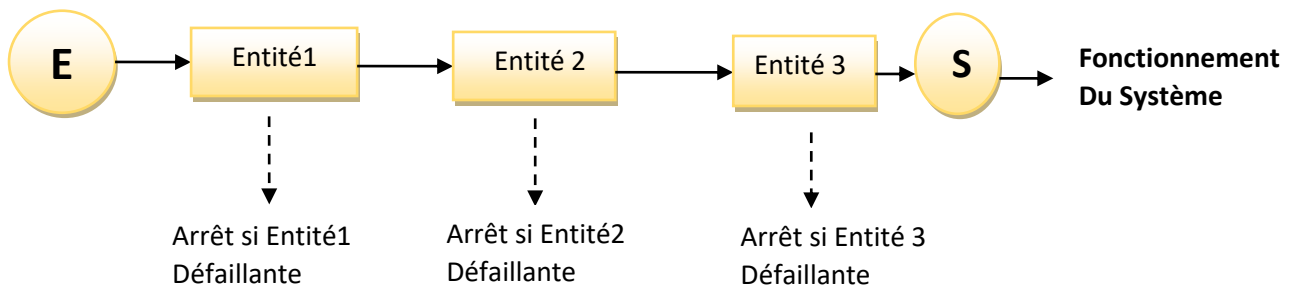
### b- Le principe de la méthode APR :

- Identification des situations de dangers (fuites de matières dangereuses toxiques, explosion, incendie, affaissement de barrage, erreurs humaines, conditions climatiques extrêmes, séismes, pannes électriques, pandémie, etc.).
- Déterminer les causes et les conséquences d'une situation de dangers.
- Agir en mettant en place les barrières de sécurité existantes de prévention et de protection et proposer des améliorations au besoin.

## 2- MDS Méthode du Diagramme de Succès

Diagramme de succès ou encore appelé de fiabilité mène à une modélisation fonctionnelle d'un système, L'évaluation de la fiabilité du système est déduite de cette modélisation fonctionnelle. En considérant que les fonctions globales de ce système résultent d'une mise en série ou en parallèle de fonctions élémentaires. Les diagrammes sont constitués d'une entrée d'un corps diagrammatique composé d'une entrée et d'une sortie. On constate que lorsque le système fonctionne et qu'un signal est émis en entrée(E) et est transmis par les arcs jusqu'à la

sortie (S). La défaillance d'une entité entraînera l'arrêt du signal au niveau du bloc qui lui est associé.

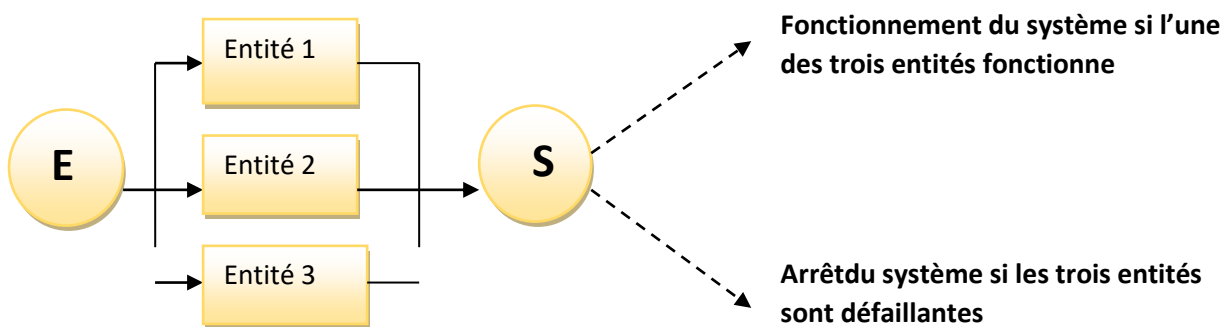


**Figure V.4. Exemple de diagramme de fiabilité en série**

Ce diagramme montre une représentation statique du fonctionnement du système. Cette étude consiste à rechercher une combinaison d'erreurs dans l'entité sous-jacente pouvant entraîner une défaillance du système.

**a- Les règles de transmission du signal :**

- en série : toutes les entités doivent fonctionner pour que le signal passe.
- en parallèle : il suffit qu'une entité fonctionne pour que le signal passe



**Figure V.5. Exemple de diagramme de fiabilité en parallèle**

**3- Méthode de table de vérité :**

Une table de vérité est un tableau qui représente des entrées (en colonne) et des états binaire (0/1, faux/vrai, éteint/allumé, etc.). Une sortie, également représentée sous forme de colonne, est la résultante des états d'entrée, elle-même exprimée sous forme d'état binaire.

### V.1. Exemple table de vérité

<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>Succès</b>	<b>Etats</b>
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>E1</b>
<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>E2</b>
<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>E3</b>
<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>E4</b>

Cette table de vérité montre que le système a quatre états. Il existe trois états opérationnels (E1, E2 et E3) et un état de panne. Si l'un des deux composants tombe en panne, le système ne tombera pas en panne. Seuls les dysfonctionnements de deux composants provoquent des dysfonctionnements du système. Les tables de vérité sont adaptées pour représenter le comportement binaire d'un système décomposable en éléments indépendants d'un point de vue opérationnel.

#### 4- Méthode arbre des causes :

Méthode d'analyse utilisée dans le domaine des risques professionnels pour identifier a posteriori les différents facteurs ayant pu provoquer un accident du travail. La méthode de l'arbre des causes a été inventée par l'INRS (Institut National de Recherche et de Santé) pour "identifier les axes de prévention et comprendre quelles sont les causes potentiellement multiples qui ont conduit à la survenue d'accidents du travail.

##### a- Démarche arbre des causes

Pour bien réaliser un arbre de causes l'INRS donne plusieurs principes fondamentaux :

- Efforcez-vous d'avoir une compréhension complète et objective de ce qui s'est passé et, surtout, évitez de demander plus d'une responsabilité.
- Mettez l'accent sur les faits, et non sur les interprétations ou les jugements.
- Considérez les faits le plus tôt possible avant l'accident.

- Simplifier les situations d'accident. Les parties impliquées, les tâches effectuées, l'équipement utilisé et l'environnement dans lequel l'événement s'est produit.
- Créer un arbre pour identifier l'axe préventif.

**b- L'arbre des causes pour un accident de travail :** C'est aussi un outil pédagogique de sensibilisation et de formation à la sécurité des salariés de l'entreprise. Les élus du CSE ou du CSSCT peuvent également être formés de cette façon dans le cadre de la formation obligatoire pour faciliter l'utilisation de cette méthode

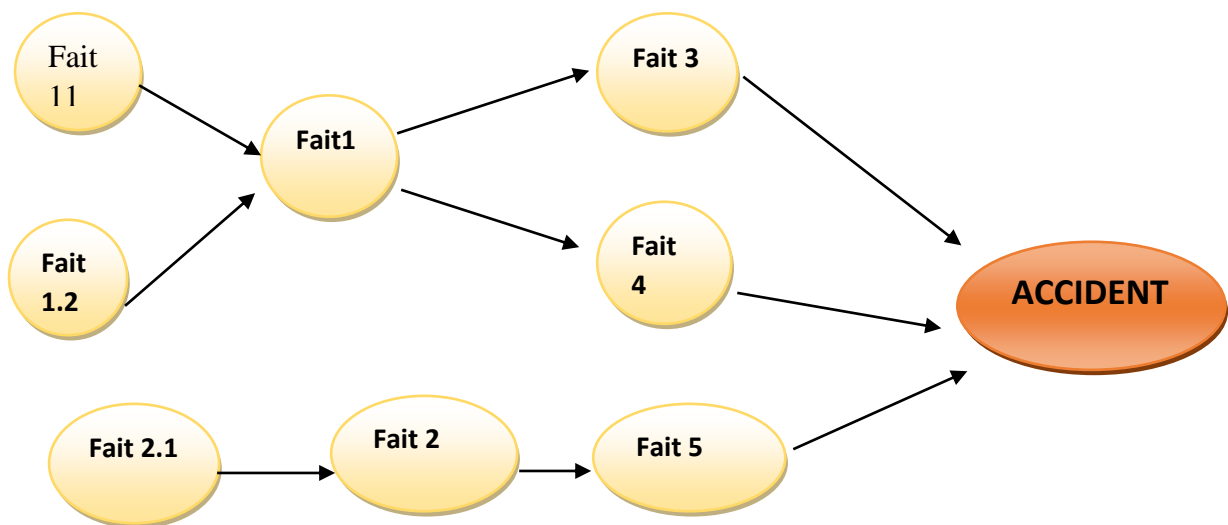


Figure V.6. Exemple d'arbre de cause

## 5- AMDEC : Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets, et de leur Criticité

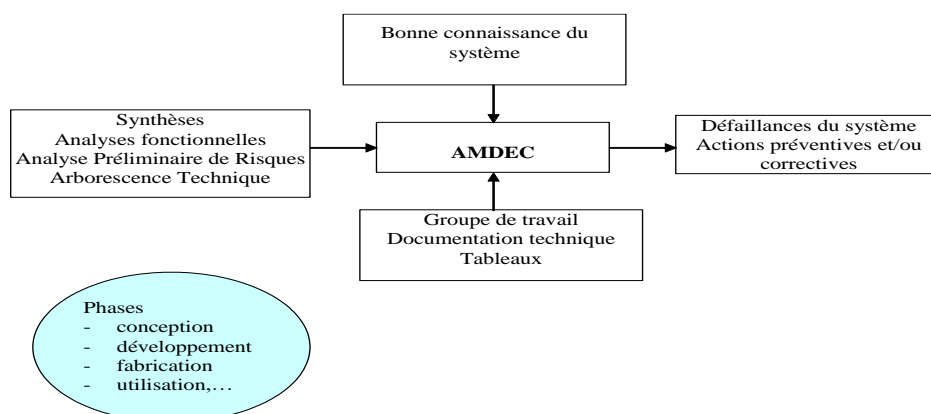


Figure V.7 Schéma descriptif sur la démarche AMDEC

L'AMDEC est tellement connue et utilisée qu'elle est devenue un symbole virtuel de la sureté de fonctionnement. Identifiez les problèmes auxquels vous êtes confrontés en raison des défaillances du système interne faisant l'objet d'une enquête.

**a- La démarche AMDEC**

- Préparation et constitution des groupes de travail.
- Analyse fonctionnelle et Préparation de l'étude de défaillance
- Identifier les erreurs potentielles
- Valorisation des défaillances potentielles et Etude de la criticité
- Identifier les précautions à prendre

**b- Evaluation de criticité**

On évalue la criticité, parfois appelée IPR (Indice de Priorité du Risque), par le produit:  
 $C$  (criticité) = gravité X probabilité d'occurrence. Plus la criticité est élevée, plus le mode de défaillance est critique. Lorsque les indices sont notés sur 10. Il est également possible d'évaluer la criticité de manière simplifiée à partir d'une matrice de criticité ; on ne fait alors intervenir que les deux paramètres, F et G, avec 4 niveaux de cotation.

**V.2. Tableau de gravité**

<b>G</b>	<b>Gravité</b>
1	Effets mineurs
2	Effets significatifs
3	Effets critiques
4	Effets catastrophiques

**V.3 Tableau probabilité d'occurrence**

<b>O</b>	<b>Probabilité d'occurrence</b>
1	Très faible
2	Faible
3	Moyenne
4	Forte

**V.4. Tableau matrice de criticité**

Matrice de criticité		Gravité			
		Insignifiant :1	Marginale : 2	Critique : 3	Catastrophique :4
Fréquence	Très fréquent : 4	4	8	12	16
	Occasionnel :3	3	6	9	12
	Rare : 2	2	4	6	8
	Improbable : 1	1	2	3	4

**V.5. Tableau Criticité de défaillance**

Criticité de la défaillance	
<b>1&lt;C&gt;3</b>	On n'a pas à agir
<b>4&lt;C&gt;6</b>	Il faut mettre en place des actions pour améliorer la situation, si estimé pertinent pour éviter une NC
<b>8&lt;C&gt;16</b>	Il faut mettre en place des actions immédiatement pour corriger la NC et éviter qu'elle ne se reproduise

= Point sensible

= Non Conformité

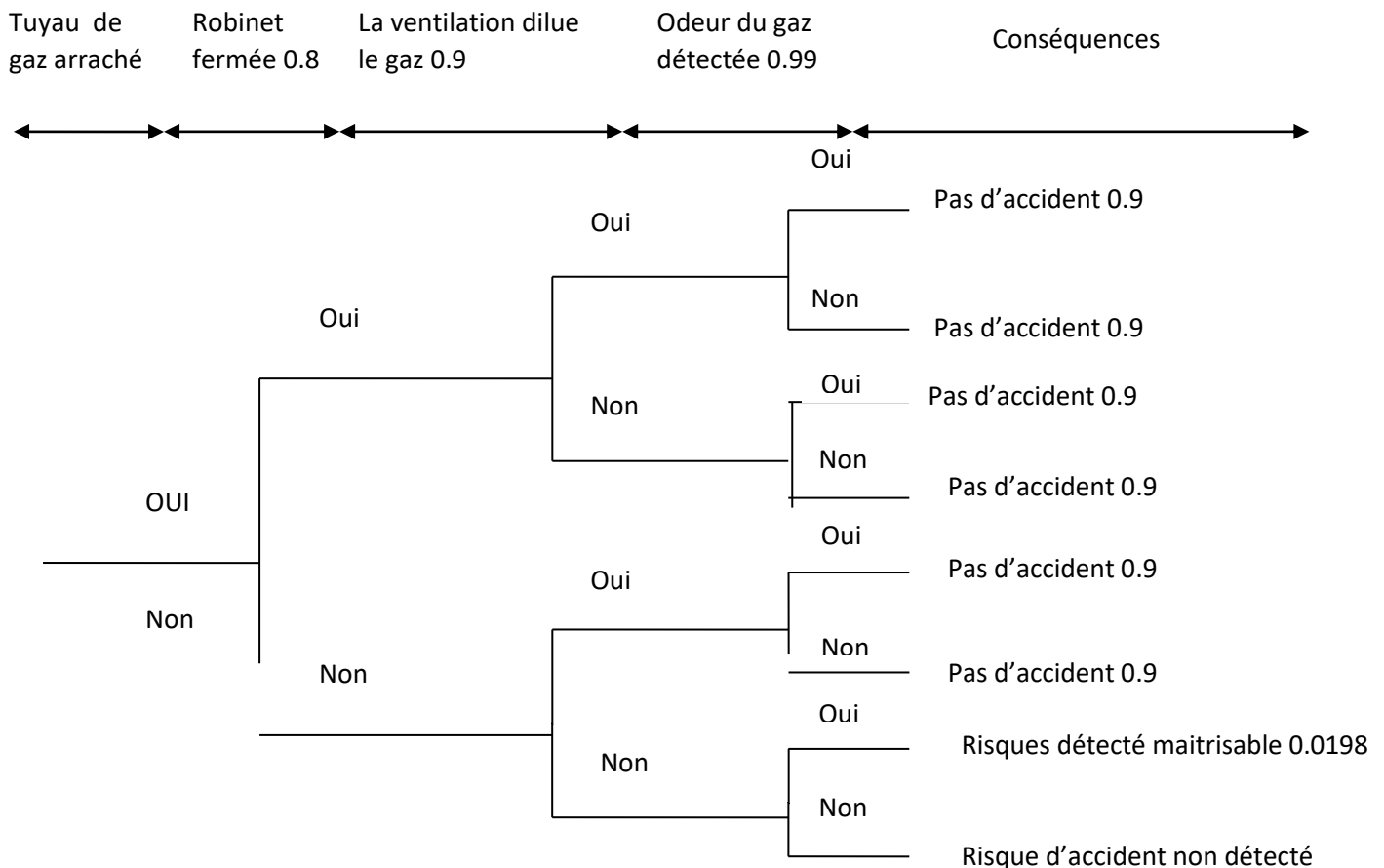
**6- Arbre de conséquence**

Le but est d'expliquer le scénario de l'accident dès l'événement de départ. Cette méthode convient lorsque le comportement du système étudié est approximativement chronologique mais discret. Le comportement du système est certifié "discret" dans le sens où les événements considérés sont temporellement spécifiques. Cette méthode permet de comparer l'efficacité de diverses mesures de prévention ou de protection visant à réduire l'impact des événements initiaux.

**a- Le déroulement d'arbre de conséquence:**

- Identifier l'événement initiateur
- Identifier les mécanismes de prévention,
- Construire l'arbre, de la gauche (événement initiateur) vers la droite (conséquences) en enchaînant les mécanismes de prévention représentés par des branches : branche supérieure pour le succès, branche inférieure pour l'échec. L'objectif en termes de finesse du niveau de conséquences
- Estimer les probabilités de chaque conséquence par combinaison des probabilités .
- Hiérarchiser les conséquences par probabilités.

**b- Exemple d'un tuyau de gaz arraché**



**Figure V.8. Arbre d'événement quantifié d'un tuyau de gaz arraché**

## 7- Analyse Structurelle

L'analyse structurelle est particulièrement importante pour que les ingénieurs en structure comprennent parfaitement le chemin de charge et comment les charges affectent la conception technique. Cela permet aux ingénieurs ou bien aux concepteurs de s'assurer que l'appareil ou la structure peut être utilisé en toute sécurité sous la charge estimée à laquelle il est censé résister. L'analyse structurelle peut être effectuée pendant la conception, les essais ou après la construction, en tenant compte des matériaux normalement utilisés. , Forme structurelle et charge appliquée

Un système est une combinaison structurée d'éléments, de sous-systèmes ou de composants qui interagissent de manière organisée pour atteindre un objectif commun. L'analyse structurelle d'un système consiste à décrire les composants du système et les relations qui existent entre eux. L'analyse structurelle peut répondre aux questions suivantes :

- De quoi est composé le système ?
- Comment est organisé le système ?

### b- Exemple analyse structurelle

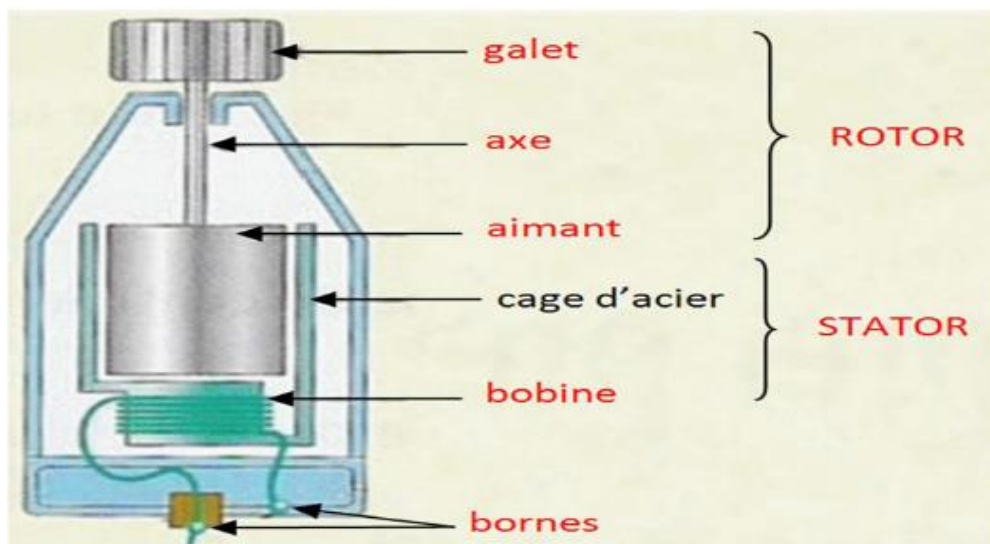
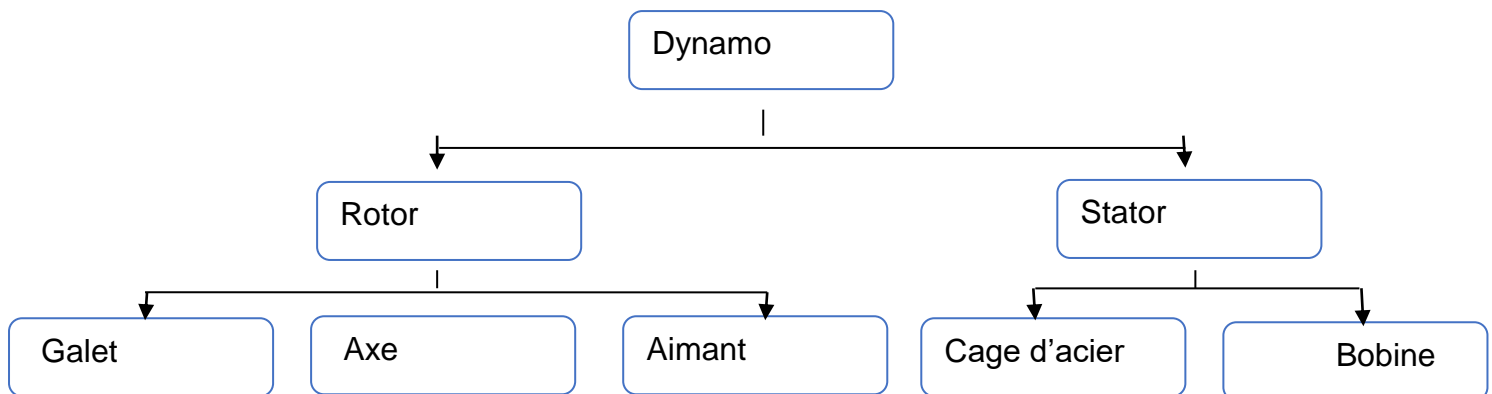


Figure V.9 Schéma descriptif d'un Dynamo



**c- Analyse structurelle de dynamo :****Figure VI.10 Analyse structurelle****8- L'analyse fonctionnelle****a- La Fonction**

Comprendre le concept de fonctionnalité et ses paramètres est une base importante pour l'analyse de fiabilité afin de trouver les facteurs clés qui causent la perte ou la dégradation de la fonctionnalité. Pour les systèmes plus complexes, il est essentiel de classer et hiérarchiser les types de fonctionnalités

**b- Les fonctions principales ;**

La fonction principale peut être définie comme la raison de l'existence du produit ou du système, et est souvent définie en termes de propriétés qui lui sont associées.

**c- Les fonctions secondaires ;**

Dans de nombreux cas, le système remplit des fonctions autres que sa fonction principale. Ces fonctions sont appelées fonctions secondaires et leur perte peut aussi être catastrophique.

**d- Les fonctions de protection ;**

La fonction de protection a pour objectif de sécuriser les biens, les personnes et l'environnement en envoyant ou en activant des signaux vers des systèmes redondants. Ces protections sont garanties par des rapports, des alarmes ou des systèmes de protection automatique.

- e- **Les fonctions redondantes** : Il est généralement mis en œuvre pour fournir le niveau de sécurité requis. Ces systèmes redondants peuvent fonctionner en mode continu ou en veille
- f- **Exemple de l'analyse fonctionnelle**

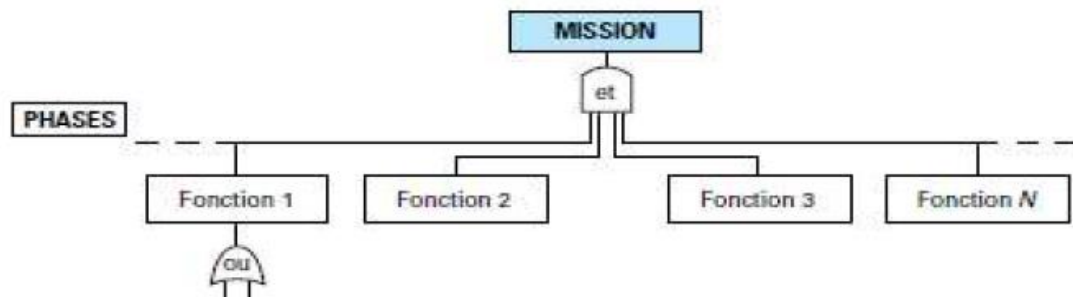


Figure VI.11 Schéma d'une description fonctionnelle

## IV- Automate programmable API

### 1- Définition et Historique des API :

Un Automate Programmable Industriel autrement dit les API est une machine électronique, programmable par un personnel qui occupe ce poste et destinée à piloter en ambiance industrielle et en temps réel des procédés automatiques.

Introduit aux États-Unis vers 1969, il répondait à la volonté de l'industrie automobile de développer une chaîne de production automatisée pouvant s'adapter à l'évolution des technologies et des modèles fabriqués. Ainsi, nous avons remplacé l'armoire à relais en raison de sa flexibilité. L'API offre de nombreux avantages par rapport aux contrôleurs câblés, comme :

- La fiabilité.
- La simplicité de mise en œuvre (pas de langage de programmation complexe).
- La souplesse d'adaptation (système évolutif et modulaire).
- La maintenance et le dépannage possible par des techniciens de formation électromécanique.
- L'Intégration dans un système de production (implantation aisée).

Avec l'avènement des composants électroniques tels que les microprocesseurs et les microcontrôleurs, les API se sont améliorées tous les 4 à 7 ans.

## 2- Domaines d'emploi des automates :

Les automates programmables sont utilisés dans tous les secteurs industriels pour contrôler des machines (technologie de transport, emballage, etc.) ou des chaînes de production (automobile, agroalimentaire, etc.). Il peut également assurer des fonctions de contrôle de procédés (métallurgie, chimie, etc.).

## 3- Nature des informations traitées par l'automate :

- a- **Tout ou rien (T.O.R.) ou logique** : Les informations ne peuvent avoir que deux états (0 ou 1). C'est le type d'information fournie par le détecteur, bouton poussoir.
- b- **Analogique** : L'information est continue et peut prendre des valeurs dans un intervalle bien définie. C'est le type d'informations fournies par le capteur (pression, température, etc.).
- c- **Numérique** : Les informations sont contenues dans des mots codés binaires. C'est le type d'informations fournies par l'ordinateur ou le module Intelligent

## 4- Architecture des A.P.I.

### a- Aspect extérieur :

Les automates peuvent être de type **compact** ou **modulaire**.

Les machines compactes ou micro-automatiques intègrent un processeur, une alimentation et des interfaces d'entrée/sortie. Selon le modèle et le fabricant, vous pouvez effectuer certaines fonctions supplémentaires (comptage rapide, entrées/sorties analogiques, etc.) et recevoir un nombre limité d'extensions.



FigureV.12. Automate modulaire



Figure V.13. Automate Compact

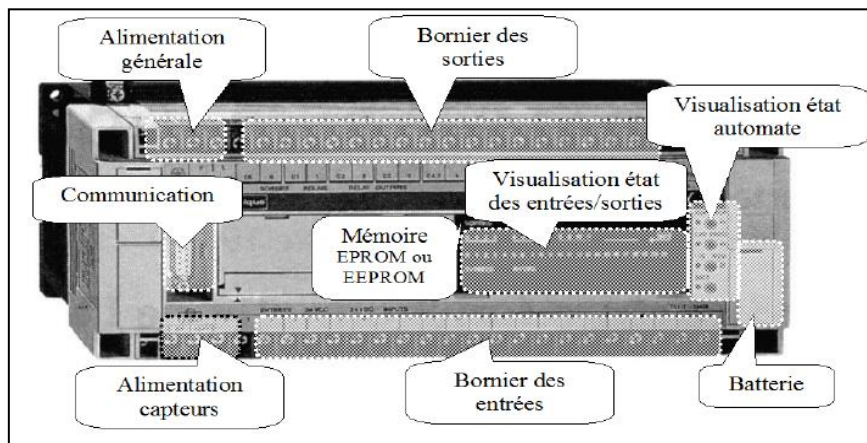


Figure V.14. Structure générale d'un API

### b- Structure d'un système complet

La figure V.14 représente un A.P.I. avec divers périphériques et auxiliaires qui représentent son environnement.

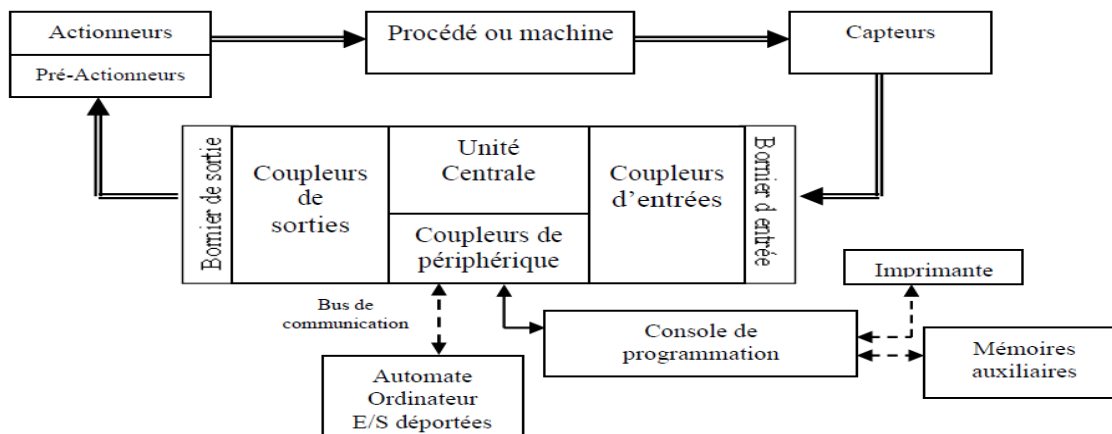


Figure V.15. L'A.P.I et son environnement(= liaisons permanentes ; temporaire ; éventuelle)

### c- Structure interne de l'automate

L'A.P.I. est constitué principalement de trois parties :

- **Une unité centrale** qui est le cerveau qui se trouve derrière toute prise de décision logique
- **Des coupleurs d'entrées/sorties** qui assurent la liaison entre l'unité centrale et le monde extérieur (capteurs, pré-actionneurs, etc...)

- **Des coupleurs de périphériques** : Ces éléments communiquent par un bus appelé Bus d'entrées/sorties.

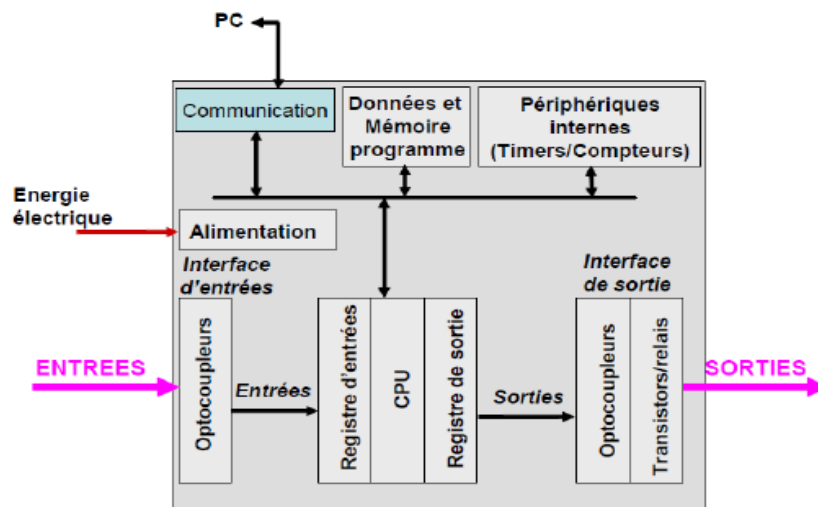


Figure V.16. Structure interne d'un API

## 5- Principe de fonctionnement d'un A.P.I :

### a- Le cycle d'un A.P.I.

Sur un ordinateur, l'exécution d'un programme est généralement asynchrone, ligne par ligne. L'une des caractéristiques de l'automate est qu'il se comporte différemment périodiquement. En effet, l'automate lit complètement le programme avant de faire quoi que ce soit et répète la même opération lorsque l'exécution est terminée. Ensuite, nous définissons le terme cycle et le temps de cycle entre 1 ms et 30 ms.

- **Phase 1** : Lecture ou capture d'entrée : prend des informations du module d'entrée et écrit sa valeur dans la RAM (zone DATA).
- **Phase 2** : Exécution du programme ou traitement des données : Le dispositif de traitement lit le programme (dans la RAM de programme), lit les variables (RAM de données), traite et écrit les variables (internes, sortie) dans la RAM de données.
- **Phase 3** : Traitement de toute demande de communication
- **Phase 4** : Exécution du test d'autodiagnostic (Gestion du système Autocontrôle)
- **Phase 5** : Ecriture des sorties : Lecture des variables de sorties dans la RAM données et transfert vers le module de sorties.

Le temps d'échantillonnage de chaque cycle est vérifié par un temporisateur appelé chien de garde. Le chien de garde déclenche une procédure d'alarme en cas de dépassement (configuré par l'utilisateur).

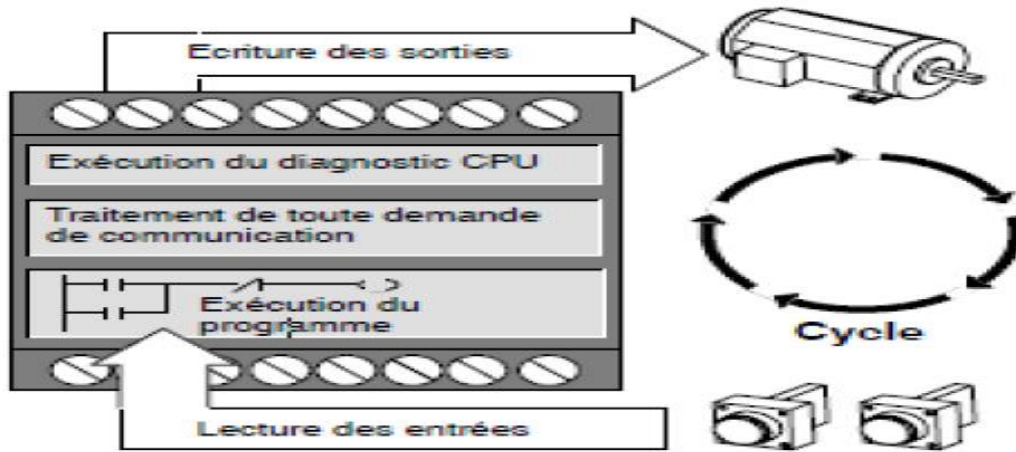


Figure V.17. Cycle typique d'exécution des programmes d'un A.P.I.

## Chapitre VI : Partie pratique (Stage au Niveau de SONATRACH)

Dans le cadre d'un stage pratique effectué à la direction de Bejaia, nous avons été affectés au terminal arrivé dans le but d'amasser le maximum d'enseignement dans les principaux domaines qui vont contribuer à l'amélioration de nos connaissances sur le métier de sécurité, prévention et intervention.

### 1- Présentation de l'entreprise

Faisant partie de la branche transport par canalisation (RTC), la direction régionale de Bejaia (DRGB) constitue un pôle important en termes de stockage et de transport.

Terminal Nord: constitué de 12 bacs de stockages à toit flottant de capacité 35.000 m<sup>3</sup> chacun et un bac à toit fixe de capacité 2900 m<sup>3</sup>. Ce bac est destiné à recevoir les produits issus de la gare racleur en cas de décharge des soupapes mais sert également à récupérer les purges des collecteurs et manifolds.

Terminal Sud : constitué de quatre bacs à toit flottant de capacité de 50.000 m<sup>3</sup> chacun.



**Figure VI.1. Bacs de stockage et le manifold**



**Figure VI.2 Réservoir à toit flottant**



## 2- Le Rôle du département HSE :

- Application de la politique HSE du groupe en s'assurant de son application sur chaque site et formuler les axes et politique spécifique à l'activité en la matière ;
- Participer aux opérations d'audits opérationnels pour l'amélioration des techniques de l'exploitation des installations des transports, de maintenance et de sécurité par référence aux standards de l'industrie pétrolière ;
- Protéger et sauvegarder le patrimoine humain et matériel par des programmes de prévention, de suivi sanitaire et en cas d'incendie en dirigeant l'intervention, les opérations de dépollution et de bonification des milieux ;
- Contrôler le suivi des obligations et recommandations en matière de santé, sécurité et environnement ;
- Etudier et évaluer la compatibilité des nouveaux projets en vue d'assurer que l'engineering de sécurité et de protection de l'environnement soient conforme ;
- Rechercher, étudier et diffuser les textes réglementaires se rapportant à la santé, sécurité et à la protection de l'environnement.

## 3- Services du département HSE :

### a- Service Prévention :

Sa mission est de prévenir toutes les anomalies, risques explosion, accident de travail, incendie qui peuvent se manifester au sein de l'entreprise, toutes les activités principales sont :

- Assurer l'hygiène et la sécurité de l'ensemble du personnel et des installations sur le plan de la prévention ;
- Effectuer des tournées périodiques d'inspections sur l'ensemble des sites de l'unité ;
- Prévention des accidents et incidents ;
- Inspecter les différents sites de l'entreprise pour s'enquérir de la situation du matériel et des installations d'évolution des agents et du respect des consignes de sécurité ;
- Faire des enquêtes en cas d'incendie, d'incident, d'accident.
- Assurer le reporting journalier d'accidents et d'incidents.
- Veiller au strict respect des consignes de la sécurité pendant les interventions, les travaux exceptionnels ou les chantiers ;
- Faire observer les règles de l'hygiène et de sécurité au travail.



**b- Service Santé et Environnement :**

Les activités principales du service sont :

- Appliquer la politique du Groupe SONATRACH en matière D'Environnement ;
- Appliquer le management environnemental ;
- Réaliser l'auto diagnostic environnementale ;
- Réaliser l'inspection au niveau des stations environnementales ;
- Mise en œuvre des plans d'actions environnementaux ;
- Suivi des études (réalisés par les bureaux de consulting) études d'impact et des audits environnementaux ;
- Suivi des projets environnementaux ;
- Appliquer et respect de la réglementation et des normes environnementales ;
- Appliquer les procédures environnementales ;
- Gestion des crises (déversements et fuites accidentelles) ;
- Suivi du plan des déchets liquides et solides-rejets atmosphériques.

**c- Service Intervention :**

Les principales activités de ce service sont :

- L'intervention, utilisation et conservation de matériel de lutte contre l'incendie ;
- Veille à ce que le matériel d'intervention soit toujours fonctionnel ;
- Tient à jour le fichier de matériel existant, le matériel réformé et matériel nouvellement acquis ;
- Suivi de stock émulseur et d'autres équipements ;
- Programmation des exercices d'entraînement des agents d'interventions ;
- Porte assistance à toute personne en danger ;
- Elabore les plans d'attaques ;
- Vérification du matériel suivant le planning ;
- L'intégration dans les opérations d'interventions de sécurité dans le cadre d'entraide mutuelle des unités ;
- Oriente le personnel visiteur au sein de l'unité ;
- Effectuer des rondes périodiques.

#### 4- Bac à toit fixe et bac à toit flottant

Les bacs à toit fixe et à toit flottant ont un équipement spécifique dû à leur technologie. Des béquilles ou pieds de supports pour recevoir le toit quand le bac est vide, une échelle de toit et des trous d'homme pour accéder aux caissons de flottaison, des tubes de jauges et prises d'échantillons. Les toits seront équipés de soupapes automatiques casse vide et de barrage à la musse pour éviter un collapse de la robe et prévenir les feu à l'intérieur du bac. Des joints d'étanchéité assureront l'étanchéité entre le toit et la robe du bac. Deux types de drains assureront l'évacuation des eaux de pluie, le drain principal du toit plus un drain de secours.

#### 5- Les accessoires d'accès au réservoir comprennent :

- Escaliers : un escalier d'accès à main courant avec marche orientale.
- Une échelle : une échelle mobile pour les bacs à toit flottant, cette échelle est munie d'une crinoline, de préférence, lorsque la hauteur dépasse 10m, un escalier d'accès avec main courante.

#### 6- Accessoires de contrôle et d'entretien :

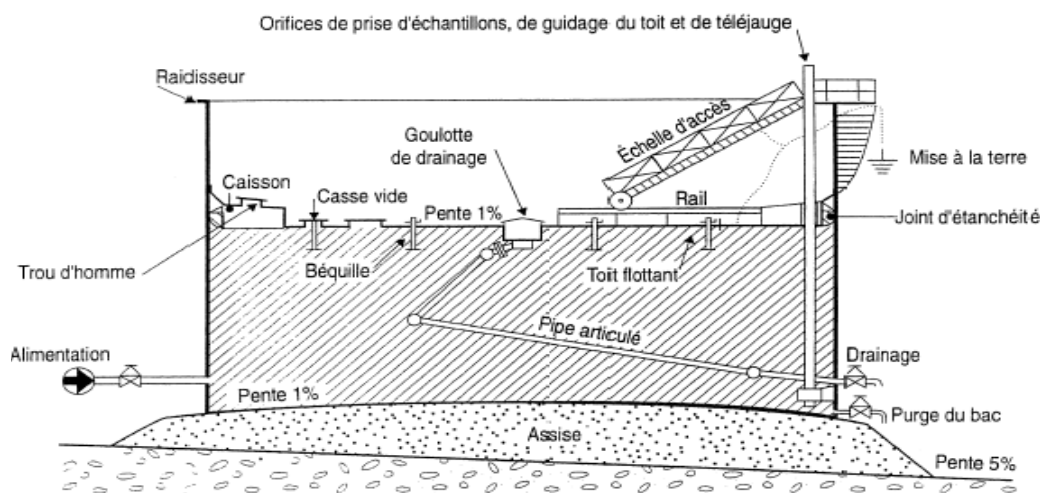
- Trous d'homme : pour l'inspection des réservoirs et le nettoyage.
- Les caissons : sont munis d'orifices permettent le contrôle de leur atmosphère.
- La vanne de remplissage et de la vidange ou du pied de bac
- Le système de jaugeage : cinq puisards pour le jaugeage, servent au prélèvement des échantillons. L'entrée des hydrocarbures dans les réservoirs doit se faire par le bas.
- Ligne de purge : la ligne de purge équipée d'une vanne qui serve à la purge de l'eau après la décantation.
- Puisard : le puisard sert à l'échantillonnage, dans lequel il y'a un flotteur de l'indicateur de niveau du réservoir.
- Un indicateur du niveau : il sert à indiquer le niveau du pétrole au niveau du bac, il est relié à la salle de contrôle par transmetteur.
- Agitateur: il sert à mélanger le pétrole pour son homogénéisation avant le chargement
- Les béquilles : pour maintenir le toit lors de la maintenance.

#### 7- Accessoires de sécurité :

- **La mise à la terre** : les réservoirs doivent être mis à la terre, de cette façon ils forment des cages faraday dont l'intérieur est préservé de toute influence électrique et l'écoulement des charges atmosphériques.
- **Système fixe de refroidissement par eau** : pour les réservoirs de stockage de brut, une canalisation circulaire, sur cette canalisation, les têtes d'arrosages sont installées en gardant un certain intervalle. Les tuyaux d'alimentation en vers chaque réservoir sont raccordés avec la canalisation principale à incendie et l'eau est alimentée à travers le clapet d'arrêt et la crépine.
- **Circuit mousse** : des diffuseurs montés sur le haut de la robe étalent sur la surface du liquide un tapis de mousse capable d'étouffer les flammes en cas d'incendie.
- **Système de détection et extinction automatique au halon 1211**

Composantes du système :

- Bouteilles de halon.
- Bouteilles d'Azote.
- Des fusibles, contre poids.
- La couronne et les buses de diffuseur.
- **Instrumentation** : des indicateurs de niveau, de pression et température sont agencés au niveau de chaque bac, permettant ainsi de suivre en continue le mouvement dans les bacs par l'intermédiaire d'enregistrement et d'alarme sonore et lumineuse.
- **Un joint d'étanchéité** : entre le toit et les parois du réservoir a pour rôle d'empêcher toute perte de vapeurs.
- **Des pattes de support** : pour empêcher que le toit ne heurte des accessoires quand le niveau descend près du fond.
- **Des événements de purge automatiques** : s'ouvrent une fois que le toit est au repos sur les pattes, pour éviter de créer un vide.



**Figure VI.3 Bacs de stockage et le manifold**

### 8- Équipements sur la robe :

- Escaliers ou échelles d'accès au toit
- Tubulures d'exploitation (remplissage et vidange commune)
- Conduite évacuation eaux de pluie du toit
- Conduite évacuation des purges fond de bac
- Réseaux incendie mousse vers joint du toit
- Réseau eau pour refroidissement robe
- Fenêtres de débordement (avec grille pour limiter perte mousse)
- Raidisseurs
- Instrumentation (niveaux, alarmes LSH, interface, température...)
- Mises à la terre
- Trous d'homme
- Matériel d'homogénéisation, agitateurs ou buses de circulation

### 9- Les installations fixes anti-incendie :

Les moyens de lutte contre l'incendie visent à refroidir des équipements à proximité de l'incendie afin d'en limiter la propagation et de maîtriser l'incendie, c'est-à-dire d'en limiter les effets thermiques et à terme de l'éteindre. Dans la suite de cette fiche, on entend par opérations d'extinction l'ensemble des actions qui concourent à :

- préserver les installations participant à la lutte contre l'incendie ;

- réduire le flux thermique émis par l'incendie par la mise en œuvre de moyens adaptés aux risques à couvrir ;
- éteindre l'incendie ;
- maintenir un dispositif de prévention en vue d'une éventuelle reprise de l'incendie à l'issue de la phase d'extinction totale.

Les opérations de refroidissement consistent à protéger les actifs susceptibles de propager ou d'augmenter l'impact d'une catastrophe.

### **10- Dépôt nord et sud :**

- Un réseau incendie de différent diamètre bouclé et maillé (ø 10, 08, 06 et 04).
- Des poteaux incendie.
- Des vannes de sectionnement.
- Chaque bac est doté de douze générateurs à mousse, six alimenté par un camion anti-incendie par une entrée de ø 100 et six autres alimenté avec une lance passerelle de ø 45 alimenté par une entrée de ø 70 et avec une couronne de refroidissement raccordée au réseau incendie avec vanne.
  - Une installation de détection et extinction automatique et manuel au halon.
  - Les bacs de 35000m<sup>3</sup> composés de trois bouteilles halon.
  - Les bacs de 50000m<sup>3</sup> composés de trois bouteilles d'azote et quatre bouteilles de halon.

### **11- Systèmes de refroidissement avec décharge d'eau**

Le but du refroidissement est de maintenir sous contrôle la température des tôles pour éviter le collapse.

Au cas où le panneau Feu et Gaz devrait confirmer la présence du feu en proximité de l'un des équipements susmentionnés, le panneau commandera l'activation des logiques de sécurité qui prévoient l'ouverture des vannes de déluge suivantes, qui subviennent à inonder la zone intéressée.



Figure VI.4 refroidissement de bac de stockage

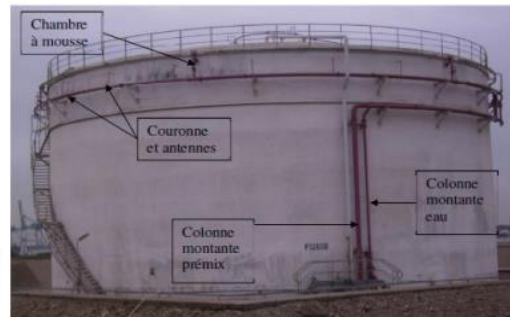
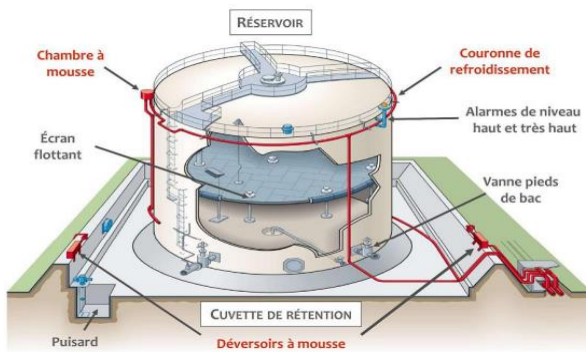


Figure VII.5 Accessoires de sécurité de lutte contre l'incendie



Figure VII.6 Réserve d'émulseur



Figure VII.7 Déversoir à mousse

## 12- Réseau de transport par canalisation

Pipelines, Qu'est-ce qu'un Pipeline ? Tout simplement un réseau de conduites ou canalisation permettant en général de transporter et d'acheminer en très grande quantité sur de très longues distances ou pas du pétrole brut ou raffiné, des liquides et du gaz.

Mais ici nous parlerons principalement des Pipelines de transport par opposition aux canalisations de collecte, d'alimentation et de distribution.

- **Les Oléoducs** : destinés au transport du pétrole

Ces kilomètres de conduites qui permettent d'acheminer les énergies qu'elles soient liquides ou gazeuses sur toute l'Algérie.

Généralement enfouis sous terre, ces conduites sont indispensables à l'économie et l'autonomie des pays industrialisés ; ils assurent des débits impressionnants dans la plus grande discrétion.

Compte tenu de la longueur de ces canalisations et des distances parcourues, se pose alors la question du nettoyage et de l'entretien afin d'éviter et de limiter tout risque de bouchon pour ce mode de transport des fluides liquides ou gazeux.

Découvrons comment nettoyer les Pipelines et l'importance de nettoyer ces conduits.

## 13-L'entretien et le nettoyage des Pipelines

La première raison pour laquelle il est important de nettoyer les Pipelines est d'éviter le risque d'accidents. En effet, bien que le réseau Algérien soit en bon état d'une manière général, il ne faut pas oublier qu'en 2009 il a eu de nombreux accidents entre explosion de sites, fuite de pétrole... sans oublier la rupture de canalisation de 1992 qui avait coûté la vie à 6 techniciens.

Les accidents sont certes rares, mais leur impact sur l'économie du pays et de l'entreprise comme sur l'environnement sont désastreux d'où l'importance de redoubler de vigilance.

Parmi les différentes causes d'accidents, on retrouve

- Fuite impliquant une pollution de l'environnement
- Explosion
- Facteur humain – menace terroriste
- Incendie



#### **14- Epreuve sous pression**

Il est fortement recommandé de réaliser une Epreuve sous pression tous les 5 ou 10 ans pour garantir le bon état des conduits.

Il s'agit de tester la pression d'exploitation des conduits. Les canalisations sont remplies d'eau et la pression est ainsi testée.

Bien entendu après avoir effectué les tests, on purge les canalisations de leur eau et on les sèche avant de les mettre en œuvre. L'avantage de l'épreuve sous pression est qu'étant réalisée avec de l'eau pour éviter et réduire les risques de pollution environnementale.

Outres les questions sécuritaires et les risques d'accidents, les Pipelines doivent être nettoyés car ils sont susceptibles d'être contaminés et ainsi de s'encrasser pouvant mener à l'arrêt complet des machines.

#### **15- Contamination des Oléoducs**

Les micro-organismes présents naturellement dans le pétrole peuvent rapidement contaminer des cuves de stockage et donc les canalisations.

De plus les contaminants accélèrent la corrosion, l'érosion et favorisent la rupture des canalisations à l'origine de catastrophe polluant l'environnement.

Parmi les contaminations les plus fréquentes on retrouve les substances qui au fils de l'utilisation se déposent sur les parois des conduits, les résidus de produits chimiques utilisés pour le nettoyage, les revêtements dégradés, les déversements eux-mêmes, les Diphényles polychlorés.

A noter que le pétrole brut n'a pas d'action corrodante sur les canalisations d'acier en temps normal et qu'il faut un électrolyte comme l'eau pour qu'une corrosion s'opère.

Autre facteur de contamination des Pipelines, les boues formées à base d'hydrocarbures, sables, argile, sous-produits de la corrosion, favorisant le développement de micro-organismes microbiens et augmentant l'apparition de l'eau.



## 16- Maintenance des STC

Afin d'assurer une exploitation optimale du Réseau de Transport par canalisation, la fonction maintenance s'appuie sur des équipes professionnelles, utilisant des procédures de maintenance spécifiques et un système de gestion de maintenance assistée par ordinateur (GMAO).

Les missions principales de la fonction maintenance sont les suivantes :

- Réalisation des opérations de maintenance préventive des installations, selon des programmes établis à cet effet;
- Maintenance curative des installations;
- Rénovation et réparation des organes, dits nobles, des machines tournantes;
- Réalisation des travaux de réhabilitation et modernisation des ouvrages concentrés;
- Réparation et réhabilitation des bacs de stockage et des canalisations, selon les résultats des programmes d'inspection;
- Inspection, contrôle et barémage périodique des bacs de stockage ;
- Approvisionnement et gestion de la pièce de rechange;
- Formation et spécialisation du personnel;
- Capitalisation du retour d'expérience.

## 17- Conclusion

La prévention du risque d'incendie consiste à mettre en place des mesures organisationnelles, limiter les conséquences humaines et matérielles et supprimer les causes de déclenchement d'un incendie, ce qui passe par la mise en place d'installations adéquates. En cas d'échec de la prévention, le système de lutte contre l'incendie et de protection est conçu à répondre d'une manière immédiate et efficace grâce à ses sous-systèmes qui sont basé sur des études bien précisées.

## Conclusion générale

Au cours de notre passage à l'entreprise nous avons constaté l'existence de risques et dangers de natures différentes, et qu'ils doivent être pris en charge et soumis à des conditions de sécurité pour à la fois le personnel, l'environnement et les procédés à savoir les bacs de stockage de pétrole et le réseau de transport par canalisation. La méthode utilisée pour classer les risques et quantifier leur niveau de maîtrise nous a permis d'élaborer des tableaux récapitulatifs et des fiches de sensibilisations, et maîtriser les différents risques et savoir protéger les équipements et les installations au sein de l'entreprise. On s'est rendu compte que L'étude technique sur la sécurité des équipements et des installations industrielle consiste donc à prendre toutes les mesures nécessaires pour maîtriser les risques de libérations indésirées de substances ou d'énergie. Il s'agit alors de sécuriser tout ce qui peut couper, coincer, happer, entraîner, frapper, projeter, écraser, brûler ou électrocuter le travailleur. Elle permet aussi à éliminer ou contrôler le danger associé aux phénomènes dangereux de ces machines : les énergies qu'elles utilisent et le mouvement des pièces qui les composent.

Nous avons vu les méthodes de management des risques, celles-ci permettent une identification systématique des composantes du risque. Les différentes situations dangereuses, évènements redoutés, causes, conséquences, ou accidents potentiels, tous ces éléments sont identifiés d'une manière méthodologique et présentés dans une forme tabulaire à l'image de l'APR et l'AMDEC et d'autres méthode d'analyse des risques, ou arborescente à l'image de l'Arbre de Défaillances ou d'Evénements.

## Références

### A

- ✚ Villemeur. (1997). *Sureté de fonctionnement des systèmes industriels*, Eyrolles.
- ✚ ABOUBAKEUR Hadjissa. (2019). Faculté Technologie université Amar Telidji Laghouat. *Automate programmable Industriels*, PP 06-14.
- ✚ Asma Mekouki. (2018), Quality Health Safety Environment & Energy Engineer, *Le risque*, pp 04.
- ✚ A. Defix. (1985). *Éléments de métrologie générale et de métrologie légale* – École nationale supérieure du pétrole et des moteurs – Édition Technip (2e édition) (ISBN 2-7108-0496-4). PP 13-15

### B

- ✚ Bureau international du travail BIT Genève. (2013). *La santé et la sécurité dans l'utilisation des machines*, pp 100-140.
- ✚ BENKHEDIJA BENTATA Houaria. (2018). Université Des Sciences et de la Technologie d'Oran, *Sécurité des équipements et des installations industriels*. PP 29-33.
- ✚ Benedjaj Nouh – Douahi Oussama abdelghafour. (2019). BADJI MOKHTAR-ANNABA UNIVERSITY UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR- ANNABA, Faculté Sciences de L'Ingénierat, *Etude et analyse des risques industriels*, PP 19-35.
- ✚ Bruno Farloubéix. (2004). Collège Toulouse-Lautrec – LANGON. *Les divers appareils de mesures*.
- ✚ Bureau international du Travail Genève, (1990), *Prévention des accidents industriels*.

### C

- ✚ Claire Pagetti, (2012), *Module de sureté de fonctionnement*
- ✚ Castel, S., Cézanne-Bert, P., et Leborgne, M. (2010). *Le partage social du risque comme impératif de gestion ? Le cas de l'industrie du risque aux portes de Marseille*.
- ✚ Cahiers de la Sécurité Industrielle numéro 2010-03, *Fondation pour une Culture de Sécurité Industrielle*, Toulouse, France.

## D

- + D. Walts.(2015). *Démystifier la veille réglementaire HSE*
- + Direction des études et recherches d'Electricité de France (EDF), 822 p

## E

- + Esteveny Elsa, Sector, Wepfer Julie. (2017). *La norme, CEI 61508 Sécurité fonctionnelle des systèmes électrique/ électronique/ électronique programmables relatifs à la sécurité.*
- + El Hamoumi, Ecole supérieure de Technologie Fès. *Automatisme logique et Industriels*, PP 37-45.
- + Enzynov, Pipelines, comment entretenir et nettoyer ces km de conduits ?, PP 78-80.

## F

- + Florent Brissaud, Didier Turcinovic. (2016). *Sécurité fonctionnelle des systèmes relatifs à la sécurité, Niveau d'intégrité de sécurité.*
- + François Daniellou. (2012). *Les facteurs humains et organisationnels de la sécurité industrielle des questions pour progresser.*

## G

- + Guy Sabourin pour l'institut de recherche robert-sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST). « *Dix machines dangereuses* », *Prévention au travail*, section CSST, IRSST, vol. 21, n o 4, p. 34.
- + Gestion de la conformité règlementaire. (2016). *congrès de maîtrise des risques et de sureté de fonctionnement-Saint-Malo.*

## H

- + 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.

## I

- + Instrumentation CIRA (2006-2007), capteurs et transmetteurs.

- ✚ INERIS.(2008). Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS), *Evaluation des performances des Barrières Techniques de Sécurité*.
- ✚ Institut national de recherche et de sécurité (INRS). (2013). Évaluation des risques professionnels.
- ✚ INRS. (2016). Évaluation des risques, *Tableau matrice de criticité*. PP61.

## J

- ✚ J.C. Laprie et al. (1996). *Guide de la sûreté de fonctionnement*, 380 p.
- ✚ Jean Christof Blaise, Bruno Daille Lefèvre, Severine Demasy, Henry Lupin, Jaque Marsot et Guy wéltiz, Institut National de recherche et de sécurité, *Sécurité des machines*, pp 29-52.
- ✚ Jean-Claude Engrand. (1976). De la métrologie principale à son application industrielle, Éditeur Librairie scientifique Albert Blanchart

## L

- ✚ Leila GHARBI ERNE. (2005). École Nationale d'Ingénieurs de Tunis, Performances des systèmes de mesures, pp 26-30.
- ✚ La réglementation et les textes juridiques (Mai 2015), Hiérarchie des textes/obligations Copyright FCBA INFO.

## M

- ✚ Marie-Josée Ross Guillaume Coté. (2011). Bibliothèque nationale du Québec, *Elaborer un plan de sécurisation des machines*, (pp 18-26).
- ✚ Marsot, J. (2015). NT 26 - *Prévention intégrée : quelles sont les pratiques des concepteurs de machines ? Hygiène et sécurité du travail*, 239.
- ✚ Marie-Josée ros et Guillaume. (2011). Côté pour l'association sectorielle paritaire pour la santé et la sécurité du travail du secteur de la fabrication de produits en métal, de la fabrication de produits électriques et des industries de l'habillement (ASPHME). *Élaborer un plan de sécurisation des machines*, ASPHME.
- ✚ MIHOUBI Maitre de conférences, (2012), *Instrumentation et technique de mesure*
- ✚ Ministère du Développement Durable, (2007), *Rejet accidentel d'hydrocarbures Toit flottant*.

## N

- ✚ Nguyen Thuy LE, Ahmed ADJADJ, Sylvain CHAUMETTE, Sébastien BOUCHET, Valérie DE DIANOUS, Direction des Risques Accidentels Unité Evaluation Quantitative des Risques, 01/09/2008. *Evaluation des performances des barrières technique de sécurité*, PP 44-47.

## S

- ✚ Sales odyssey. (2020). entreprise de tuyauterie industrielle, *Le guide pour comprendre le monde de la tuyauterie industrielle*.
- ✚ Saadia Saadi, Université batna2, *Sécurité active et passive, les fonctions de sécurité*.
- ✚ [sonatrach.com/transport-par-canalisation](http://sonatrach.com/transport-par-canalisation)

## W

- ✚ [www.sonatrach.com](http://www.sonatrach.com), (juin 2018), Code Réseau SONATRACH-SPA, Direction Générale

## Y

- ✚ Yacine BELMAZOUZI. (2015). Institut d'hygiène et sécurité industrielle université Batna, *Contribution à la gestion des risques-machines en industrie algérienne*, PP 6-8.
- ✚ Yuvin Chinniah et Mr Mathieu Champoux, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux. *La sécurité des machines automatisées Analyse des risques et des moyens de protection sur une presse à injection de plastique*, PP 7-14.
- ✚ Patrick. (2006). *Métrologie et Chaîne de mesures*, Les capteurs, PP 17