



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم 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

Hygiène et Sécurité Industrielle

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Hygiène et Sécurité Industrielle

Spécialité : Sécurité Industrielle et Environnement

Thème

ÉVALUATION DE L'INTÉGRITÉ DE SÉCURITÉ DES SYSTEMES
INSTRUMENTÉS DE SÉCURITÉ CAS DE L'USINE KNAUF

Présenté et soutenu publiquement par :

Nom OUCI Prénom AMIRA

Nom KHALFOUN Prénom IMENE KHADIDJA

Devant le jury composé de :

| Nom et Prénom | Grade | Etablissement | Qualité |
|-------------------------|-------|--------------------------------------|-----------|
| M. LALAOUI Mohamed | MCA | Université d'Oran2 Mohamed Ben Ahmed | Président |
| M. NADJI Amine | MCA | Université d'Oran2 Mohamed Ben Ahmed | Encadreur |
| Mme MECHKEN Karima Amel | MCA | Université d'Oran2 Mohamed Ben Ahmed | Examineur |

Année 2023/2024

Remerciements

Je souhaite exprimer ma sincère gratitude envers plusieurs personnes qui ont grandement contribué à la réalisation de ce mémoire.

Tout d'abord, je tiens à remercier chaleureusement M. NADJI pour son encadrement attentif, ses conseils avisés et son soutien constant tout au long de ce projet. Un grand merci également à M. LALAOUI pour son assistance et ses contributions, qui ont enrichi mon travail et m'ont permis d'aborder certains aspects avec plus de clarté.

Je souhaite également adresser mes remerciements M.GUETARNI pour avoir partagé des documents qui ont été essentiels à l'avancement de mon travail. Sa générosité et son soutien technique ont été inestimables.

Je voudrais également exprimer ma reconnaissance envers toute l'équipe de l'usine KNAUF pour leur soutien et leur expertise dans la partie pratique de ce mémoire, lors de mon stage. Leur guidance m'a permis d'approfondir mes connaissances et d'acquérir une expérience précieuse dans le domaine.

Enfin, je souhaite adresser mes remerciements à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Dédicace

À mes parents, mes frères et sœurs, ma famille et mes amis, ce mémoire est dédié à vous tous, avec gratitude pour votre soutien inébranlable tout au long de ce parcours. Merci pour votre amour et votre encouragement constants.

Avec gratitude.

Résumé

Ce mémoire présente une étude de l'intégrité de sécurité des Systèmes Instrumentés de Sécurité (SIS) dans l'atelier de production de faux plafonds de l'usine KNAUF, selon les normes CEI 61508 et CEI 61511. Il traite des notions générales de sécurité et des SIS, en expliquant les niveaux d'intégrité de sécurité (SIL), puis présente l'entreprise KNAUF Plâtres, détaillant son historique, ses produits et ses démarches en matière de qualité, sécurité et environnement. L'évaluation pratique de l'intégrité de sécurité des SIS est effectuée dans l'atelier de production de faux plafonds de KNAUF, en utilisant une méthode qualitative pour déterminer le SIL. Enfin, des stratégies d'amélioration et des solutions sont proposées pour renforcer la sécurité et l'efficacité des installations. Le mémoire conclut que les SIS jouent un rôle crucial dans la réduction des risques industriels et la protection des personnes, de l'environnement et des équipements, tout en recommandant des améliorations pour renforcer la sécurité fonctionnelle.

Table des matières

| | | |
|--------|--|----|
| 1 | .CHAPITRE : NIVEAU D'INTGRITÉ DE LA SÉCURITÉ..... | 16 |
| 1.1 | Introduction..... | 17 |
| 1.2 | Concepts généraux | 18 |
| 1.2.1 | Notion de risque | 18 |
| 1.2.2 | Notion de danger | 18 |
| 1.1.1. | Notion de sécurité | 19 |
| 1.2.4 | Barrières de sécurité : | 20 |
| 1.2.5 | Dispositifs de sécurité : Un dispositif de sécurité est un élément unitaire et autonome, ayant pour objectif de remplir une fonction de sécurité dans sa globalité | 21 |
| 1.3 | Système instrumenté de sécurité | 22 |
| 1.4 | Fonction instrumentée de sécurité | 23 |
| 1.5 | Niveau d'intégrité de sécurité | 24 |
| 1.6 | Référentiel normatif | 26 |
| 1.7 | Norme CEI 61508 | 27 |
| 1.7.1 | Domaine d'application | 27 |
| 1.7.2 | Objectif de la norme | 28 |
| 1.8 | Norme CEI 61511 | 30 |
| 1.8.1 | Domaine d'application | 30 |
| 1.9 | Détermination du SIL..... | 32 |
| 1.10 | Méthodes qualitatives | 32 |

| | | |
|---------|---|----|
| 1.11 | Méthodes quantitatives | 37 |
| 1.12 | Analyses des couches de protection | 37 |
| 1.13 | Conclusion | 39 |
| 2 | CHAPITRE : PRESENTATION DE L'ENTREPRISE | 40 |
| 2.1 | Introduction | 41 |
| 2.2 | Historique : | 42 |
| 2.3 | Identification | 42 |
| 2.4 | Périmètres et domaines d'application du système de management de la qualité- sécurité- environnement : | 42 |
| 2.4.1 | le Manuel Qualité,Santé Sécurité et Environnement KNAUF : | 42 |
| 2.4.2 | La démarche qualité sécurité-environnement : | 44 |
| 2.4.3 | Domaine d'application : | 44 |
| 2.5 | Produits : | 44 |
| 2.5.1 | TYPES DE PLATRES : | 46 |
| 2.5.2 | Types de plaques de plâtre : | 46 |
| 2.6 | DESCRIPTION DES PROCESS DE PRODUCTION : | 47 |
| 2.6.1 | .Production plâtre poudre : | 47 |
| 2.6.1.1 | .Exploitation du Gypse : | 47 |
| 2.6.1.2 | .Concassage et Stockage : | 47 |
| 2.6.1.3 | . Cuisson : | 48 |
| 2.6.1.4 | . Mélange et Expéditions : | 48 |

| | | |
|-----------|---|-------------------------------------|
| 2.6.2 | Procédé de production de la plaque de plâtre: | 49 |
| 2.6.2.1 | A.- carton : | 49 |
| 2.6.3 | Zone de mélangeur : | 49 |
| 2.6.4 | .Zone Couteau: | 50 |
| 2.6.4.1 | Zone séchage: | 50 |
| 2.6.5 | Zone de stockage: | 51 |
| 2.7 | -PRESENTATION DES POLITIQUES DE SECURITE DE KNAUF : | 52 |
| 2.8 | . ELEMENTS DE SURVEILLANCES DU SYSTEME MANAGEMENT QSSTE : | 55 |
| 2.9 | Conclusion | 56 |
| 3 | CHAPITRE :APPLICATION | Error! Bookmark not defined. |
| 3.1 | Introduction | 58 |
| 3.2 | Objectif | 58 |
| 3.3 | Justification du Choix de l'Étude | 59 |
| 3.4 | Démarche methodologique pour l'évaluation de la conformités aux normes IEC 61508/IEC 61511 | 59 |
| 3.5 | Méthodes de Collecte de Données | 59 |
| 3.6 | Entrevues/Questionnaire | 60 |
| 3.7 | Architecture des SIS étudiés : | 62 |
| 3.7.1 | Élément d'entrée : | 62 |
| 3.7.1.1 | Capteurs de Sécurité | 62 |
| 3.7.1.1.1 | Capteurs de présence : | 62 |

| | | |
|-----------|--|---------|
| 3.7.1.1.2 | Interrupteurs de fin de course : |62 |
| 3.7.1.1.3 | Capteurs de position : |62 |
| 3.7.1.2 | Barrières et Rideaux de Sécurité : |62 |
| 3.7.1.2.1 | Barrières immatérielles : |62 |
| 3.7.1.2.2 | Barrières physiques : |63 |
| 3.7.1.3 | Dispositifs de Protection contre les Surcharges : |63 |
| 3.7.1.3.1 | Fusibles et disjoncteurs : |63 |
| 3.7.2 | Unité logique (Automates de sécurité PLC) : |63 |
| 3.7.3 | Éléments finaux (actionneur) : |63 |
| 3.7.3.1 | Relais de surcharge : |63 |
| 3.7.3.2 | Dispositifs d'arrêt d'urgence : |63 |
| 3.7.3.2.1 | Boutons d'arrêt d'urgence : |63 |
| 3.7.3.2.2 | Câbles d'arrêt d'urgence : |64 |
| 3.7.3.2.3 | Mécanismes de verrouillage et de déverrouillage (dans les barrières physiques) : |64 |
| 3.7.3.2.4 | Systèmes d'alarme visuelle et sonore : |64 |
| 3.8 | .Architecture fonctionnelle d'un SIS |64 |
| 3.8.1 | 1oo1 : |65 |
| 3.8.2 | 1oo2 : |65 |
| 3.8.3 | 2oo2 : |65 |
| 3.8.4 | 2oo3 : |66 |
| 3.9 | Détermination du niveau de SIL cible : |66 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.9.1 | Evaluation des risques de l'échantillon : | 66 |
| 3.9.2 | Graphe de risque : | 68 |
| 3.9.3 | Interprétation des résultats du graphe de risque : | 68 |
| 3.10 | Conclusion | 69 |
| 4 | Chapitre : propositions d'amélioration | 70 |
| 4.1 | INTRODUCTION | 71 |
| A. | Optimisation des Processus | 72 |
| 4.1.1 | Analyse des Scénarios de Risque : | 72 |
| 4.1.2 | Identification des dangers : | 72 |
| 4.1.3 | Mise en place du cycle de sécurité : | 72 |
| 4.1.4 | Conception : | 73 |
| 4.1.5 | Mise en œuvre : | 73 |
| 4.1.6 | Maintenance : | 73 |
| 4.1.7 | Mise hors service : Planifier et exécuter la mise hors service des systèmes en toute sécurité pour éviter les risques résiduels. | 73 |
| 4.2 | Mise à jour des Protocoles de Maintenance | 73 |
| 4.3 | Améliorations Techniques | 73 |
| 4.3.1 | Modernisation des Équipements | 73 |
| 4.3.2 | Redondance des Systèmes | 74 |
| 4.4 | Formation et Sensibilisation : | 74 |
| 4.4.1 | Programmes de Formation : | 74 |
| 4.4.2 | Sensibilisation à la Sécurité | 74 |

| | | |
|---------|---|----|
| 4.5 | Surveillance et Contrôle | 75 |
| 4.5.1 | Systèmes de Surveillance Continue | 75 |
| 4.5.2 | Audits de Sécurité | 75 |
| 4.6 | Solution Personnalisée - Système de Gestion Intelligente des Risques (SIGR) | 76 |
| 4.6.1 | Concept du SIGR | 76 |
| 4.6.2 | Composants du SIGR | 76 |
| 4.6.2.1 | Capteurs IoT | 76 |
| 4.6.2.2 | Plateforme IoT | 76 |
| 4.6.2.3 | Moteur d'Intelligence Artificielle (IA) | 76 |
| 4.6.3 | Flux de données | 77 |
| 4.6.4 | Fonctionnalités du SIGR | 77 |
| 4.6.4.1 | Surveillance en Temps Réel | 77 |
| 4.6.4.2 | Maintenance Prédictive | 77 |
| 4.6.4.3 | Amélioration Continue | 77 |
| 4.6.5 | Avantages du SIGR | 78 |
| 4.7 | Conclusion | 79 |

Liste des figures :

Figure I-1 : Formule de risque

Figure I-2 : Courbe de Farmer

Figure I-3 : Relation entre la notion de danger et de risque

Figure I-4 : Typologie des barrières de sécurité

Figure I-5 : Structure générale d'un SIS

Figure I-6 : Fonction instrumentée de sécurité

Figure I-7 : Relation entre la norme CEI 61508 et CEI 61511

Figure I-8 : Structure de la norme CEI 61508

Figure I-9 : Structure de la norme CEI 61511

Figure I-10 : Répartition des méthodes d'analyse

Figure I-11 : Graphe de risque

Figure I-12 : Matrice de criticité

Figure I-13 : Matrice de gravité des événements dangereux (CEI_61508 2010)

Figure I-14 : Description d'un scénario d'accident

Figure II-1 : Types de plâtre fabriqués par KNAUF

Figure II-2 : Plaques de plâtre produites par KNAUF

Figure II-3 : carrière

Figure II-4 : Concasseur

Figure II-5 : Bobines de carton

Figure II-6 : Sécheur de plaques de plâtre

Figure II-7 : Zone de stockage des produits finis

Figure II-8 : Politique QSTTE KNAUF

Figure II-9 : Les certifications de l'usine KNAUF (1)

Figure II-10 : Les certifications de l'usine KNAUF (2)

Figure III-1 : Description du SIS étudié

Figure III-2: Architecture 1001

Figure III-3: Architecture 1002

Figure III-4: Architecture 2002

Figure III-5: Architecture 2003

Figure III-6 : Graphe de risque du SIS

Figure IV-1 : Schéma Simplifié du Système Intelligent de Gestion des Risques (SIGR)

Liste des tableaux :

Tableau I-1 : Exemples des dispositifs de sécurité

Tableau I-2 : SIL en fonction de mode de fonctionnement d'un SIS

Tableau I-3 : Signification des termes utilisés dans le graphe de risque

Tableau I-4 : Paramètres du graphe de risque

Tableau II-1 : Questionnaire pour les travailleurs

Tableau III-2 : Évaluation des risques pour l'atelier de production de faux plafonds

Acronymes :

ANSI : American National Standards Institute (Institut National de Normalisation Américaine)

ATS : Automatic Train Stop (Système d'arrêt automatique de train)

API : Automate Programmable Industriel

APM : Application Performance Management

CEI : Commission Electrotechnique Internationale

DC : Diagnostic Coverage (Taux de couverture)

DCS : Distributed Controller System (Système de Contrôle Distribué)

E/E/EP : Electrique/ Electronique/Electronique Programmable

EF : Eléments Finaux

EFI : Norwegian Research Institute of Electricity Supply (Institut Norvégien de Recherche sur l'Approvisionnement en Electricité)

EPI : Equipement de Protection Individuel

ESD : Emergency Shutdown System (Système d'arrêt d'urgence)

EUC : Equipement Under Control (Equipement Sous Contrôle)

HAZOP : HAZard and Operability study (Analyse de risque et d'exploitation)

INRS : Institut National de Recherche et de Sécurité

ISA : Instrument Society of America (Société Américaine d'Instrument)

LCN : Local Communication Network (Réseau de Communication Local)

LOPA : Layer Of Protection Analysis (Analyse des barrières (couches) de protection)

LS : Logic Solver (Unité Logique)

MTTR : Mean Time To Repair (Durée Moyenne de Réparation)

OHSAS: Occupational Health and Safety Assessment Series

PFD_{avg} : Average Probability of Failure on Demand (Probabilité moyenne de défaillance à la demande)

PFH : Probability of Failure per Hour (Probabilité de défaillance par heure)

PLC : Programmable Logic Controller (Contrôleur logique programmable)

SIF : Safety Instrumented Function (Fonction instrumentée de sécurité)

SIL : Safety Integrity Level (Niveau d'intégrité de sécurité)

SIS : Safety Instrumented System (Système Instrumenté de Sécurité)

SRS : systèmes Relatifs à la Sécurité (safety related systems)

Glossaire :

Système : Ensemble déterminé d'éléments interconnectés ou en interaction.

Sous-système : Ensemble de modules (automate programmable par exemple). Selon la norme CEI 61508 : « *un élément d'un système peut-être un autre système appelé dans ce cas sous-système* ». Les sous-systèmes peuvent être eux-mêmes soit un système de commande, soit un système commandé composé de matériel et de logiciel en interaction avec l'être humain.

Module : Ensemble fonctionnel de composants encapsulés formant un tout (circuit d'entrée ou de sortie, carte électronique).

Composant : La plus petite partie d'un module, d'un sous-système ou d'un système qu'il est nécessaire et suffisant de considérer pour l'analyse du système

Redondance : Existence dans une entité de plus d'un moyen pour accomplir une fonction requise. On parlera de canaux en redondance.

Canal : Module ou sous-système exécutant une fonction indépendante. Un canal peut être constitué de plusieurs modules.

Fonction de sécurité : fonction réalisée par un système relatif à la sécurité pour assurer ou maintenir un état de sécurité de la machine par rapport à un événement dangereux spécifique.

Défaillance aléatoire : Défaillance en général due uniquement au matériel, résultant de divers mécanismes de dégradation et dont l'instant exact d'occurrence n'est pas prévisible. La moyenne de la probabilité de défaillance dangereuse due aux défaillances aléatoires matérielles peut être quantifiée de façon précise, par le taux de défaillance λ notamment.

Défaillance systématique : Par opposition aux défaillances aléatoires, ce sont des défaillances reliées de façon systématique à une certaine cause, ne pouvant être éliminées que par une modification de la conception, du processus de fabrication, des procédures d'exploitation, de la documentation ou d'autres facteurs

Fiabilité : Probabilité qu'un dispositif accomplisse sa fonction voulue lorsque ce dispositif travaille dans les limites prévues et à un instant donné.

Introduction générale :

L'évolution technologique dans l'industrie vise à renforcer la qualité, l'efficacité et la sécurité des installations. La sécurité représente un ensemble de méthodologies et de dispositifs visant à réduire les risques à un niveau acceptable et à prévenir les événements dangereux. Pour garantir la sécurité globale d'une organisation, il est indispensable de mettre en place une sécurité fonctionnelle, prenant en compte l'équipement à protéger, les systèmes de sécurité et les dispositifs externes de réduction des risques, tout en identifiant les défaillances potentielles et leurs impacts.

Dès la conception d'une installation industrielle, des dispositifs de sécurité sont intégrés, parmi lesquels figurent les Systèmes Instrumentés de Sécurité (SIS). Ces systèmes, composés de sous-ensembles de détection, de traitement logique et d'exécution, ont pour mission essentielle d'assurer la protection des personnes, de l'environnement et des équipements. Ils opèrent selon des normes internationales telles que CEI 61508 et CEI 61511, qui définissent quatre niveaux d'intégrité de sécurité (SIL1 à SIL4) pour chaque fonction instrumentée de sécurité. Le SIL exprime la réduction de risque attendue, plus il est élevé, plus la sécurité est renforcée.

Notre mémoire se compose de quatre chapitres principaux. Le premier chapitre présente une introduction aux notions de sécurité, de risque et de sécurité fonctionnelle, ainsi qu'une analyse des SIS et de leurs composants. Il inclut également Une explication des normes CEI 61508, CEI 61511 est également fournie, suivie d'une présentation des méthodes de détermination du niveau d'intégrité SIL.

Le chapitre 2 décrit l'entreprise où nous avons mené notre étude, en détaillant son organisation, ses activités et ses installations spécifiques. Le chapitre 3 se concentre sur l'application pratique de notre étude, en évaluant le niveau d'intégrité de sécurité des systèmes instrumentés dans l'usine cible. Enfin, le chapitre 4 propose des stratégies et des solutions d'amélioration basées sur nos observations et évaluations, afin de renforcer davantage la sécurité et l'efficacité des installations industrielles.

Ainsi, cette introduction remaniée offre un aperçu structuré du contenu de notre mémoire, intégrant des informations pertinentes sur chaque chapitre.

*1 .CHAPITRE : NIVEAU D'INTGRITÉ
DE LA SÉCURITÉ*

1.1 Introduction

Les établissements et les entreprises industriels consacrent des efforts humains et matériels pour minimiser les risques engendrant des accidents ou d'atténuer leurs impacts sur les personnes, l'environnement et les biens. Pour maîtriser cette sécurité, diverses mesures et moyens sont mis en œuvre. Les systèmes instrumentés de sécurité (SIS) sont des dispositifs de sécurité implémentés dans les installations comme un moyen de prévention et de protection.

Les Systèmes Instrumentés de Sécurité (SIS) exécutent des fonctions de sécurité avec un niveau d'intégrité approprié dans les industries de production par processus ou de transformation, assurant ainsi un fonctionnement sans risque du processus et une intervention en cas de danger manifeste.

Ce chapitre porte sur des termes et des définitions de base qui sont utilisés dans le cadre de systèmes instrumentés de sécurité et pour clarifier la signification du niveau d'intégrité de sécurité des fonctions de sécurité. Par la suite, nous citerons les références normatives CEI 61511, CEI 61508, SINTEF et ISA qui s'intéressent aux SIL. La dernière partie est sera consacrée aux différentes méthodes de détermination du SIL tant qualitative que quantitative

1.2 Concepts généraux

1.2.1 **Notion de risque** : Selon la norme OHSAS 18001 : « un risque est la combinaison de la probabilité d'occurrence d'un dommage et de sa gravité ». Cette définition est la plus rencontrée, elle est traduite par la formule suivante [1]:

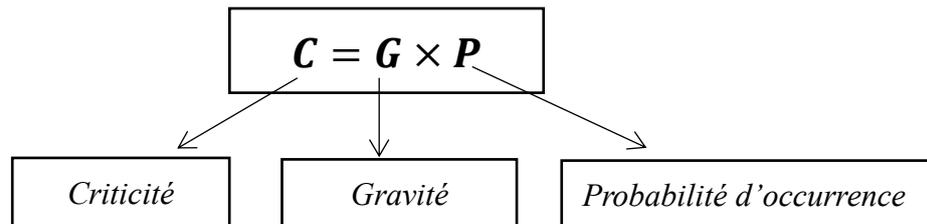


Figure I-1 : Formule de risque

1.2.2 Notion de danger

Selon la norme ISO 45001, un danger est défini comme une « source, situation ou acte ayant le potentiel de causer, dans certaines conditions, des dommages en termes de blessure ou de maladie professionnelle »[2]

Selon [Desroches, 1995] et la norme de sécurité IEC 61508 [IEC61508, 1998], le danger désigne une nuisance potentielle pouvant porter atteinte aux biens (détérioration ou destruction), à l'environnement, ou aux personnes. Les dangers peuvent avoir une incidence directe sur les personnes, par des blessures physiques ou des troubles de la santé, ou indirecte, au travers de dégâts subis par les biens ou l'environnement.

Et selon le référentiel OHSAS 18001 [OHSAS18001, 1999] un danger est une source ou une Situation pouvant nuire par blessure ou atteinte à la santé, dommage à la propriété et à l'environnement du lieu de travail ou une combinaison de ces éléments. [3]

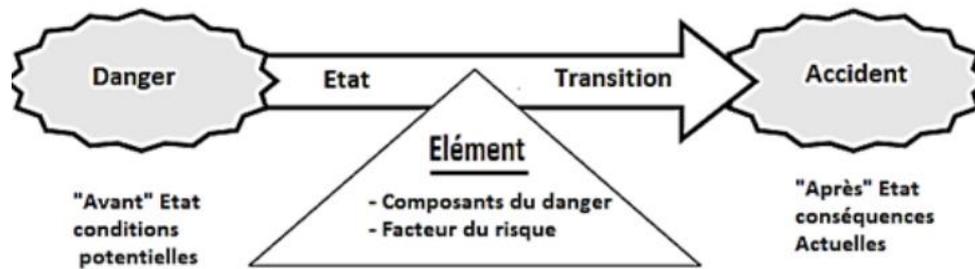


Figure I-3 :Relation entre Danger, Risque, Accident[4]

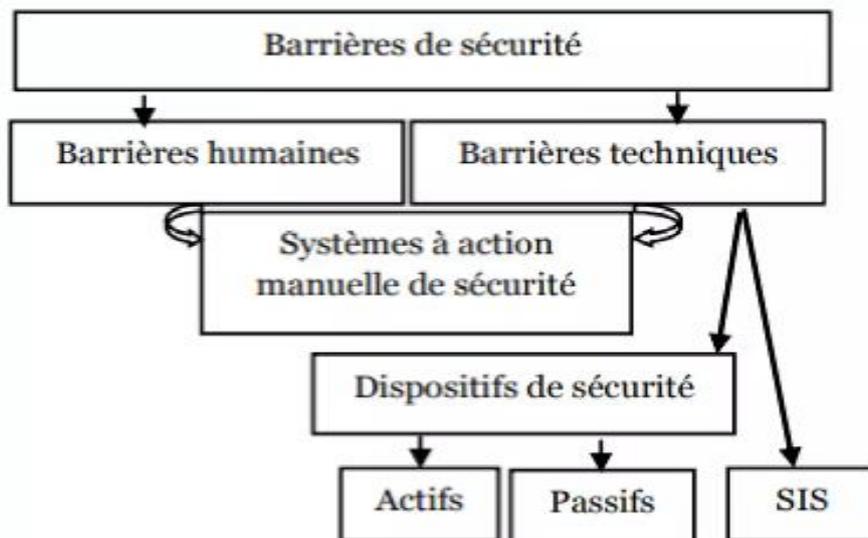
1.1.1. Notion de sécurité

La sécurité est un esprit avant d'être un ensemble de moyens contrôlant les états de danger. Elle doit être maîtrisée par toutes les personnes de l'établissement. La sécurité dans l'industrie est définie comme l'absence de risque inacceptable (selon CEI 61508) qui cause des blessures ou atteintes sur la santé des personnes, directement ou indirectement résultant d'un dommage matériel ou environnemental.[1]

1.2.3 Sécurité fonctionnelle : Sous ensemble de la sécurité globale qui dépend du bon fonctionnement d'un système ou d'un équipement en réponse à ses entrées. (Un système garantit activement la sécurité). [5]La norme CEI 61508 définit la sécurité fonctionnelle comme : « un sous-ensemble de la sécurité globale qui se rapporte au système commandé et qui dépend du bon fonctionnement des systèmes relatifs à la sécurité basée sur une autre technologie et des dispositifs externes de réduction de risque ». . La sécurité fonctionnelle est un concept indispensable dans l'industrie. Elle concerne le bon fonctionnement des systèmes instrumentés de sécurité (SIS). Voici une définition plus détaillée : Voici une définition plus détaillée : La sûreté de fonctionnement fait référence à la capacité d'un système ou d'un équipement à exécuter correctement ses fonctions en réaction à des entrées spécifiques. En ce qui concerne la norme IEC 61511, son objectif principal est de mettre l'accent sur les SIS. Ces derniers sont spécialement conçus pour éviter les accidents industriels et garantir à la fois la sécurité des individus, du milieu environnant ainsi que des biens matériels. L'évaluation de la sécurité fonctionnelle consiste à mesurer la fiabilité, les performances et l'intégrité des SIS, ainsi que leur aptitude à diminuer les niveaux de risque. Elle comprend la spécification, la conception, l'installation, l'opération et l'entretien des SIS.

1.2.4 Barrières de sécurité :

Le terme barrière de sécurité définit la fonction ou l'objet capable d'éliminer ou de diminuer l'évolution d'un scénario d'accident non souhaitable. Les barrières de sécurité sont des moyens physiques et/ou non-physiques planifiées pour prévenir, contrôler ou réduire les événements indésirables ou les accidents[6].



FigureI-4 : Typologie des barrières de sécurité[6]

1.2.5 Dispositifs de sécurité : Un dispositif de sécurité est un élément unitaire et autonome, ayant pour objectif de remplir une fonction de sécurité dans sa globalité.

- Dispositifs passifs : ce type de dispositifs n'exigent aucun système mécanique, ni action humaine (hors intervention de type maintenance), ni action d'une mesure technique, ni source d'énergie externe pour accomplir sa fonction de sécurité.
- Dispositifs actifs : contrairement aux dispositifs passifs, ces dispositifs nécessitent un système mécanique ou une source d'énergie externe pour remplir sa fonction de sécurité.[7]

| Dispositifs passifs | Dispositifs actifs |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ Equipement de protection individuel (EPI) ➤ Sinalisation de sécurité ➤ Barrages de sécurité ➤ Équipements de secours ➤ Blocs d'arrêt d'urgence ➤ Barrières de sécurité pour machines | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Systèmes de détection de gaz ➤ Soupape de sécurité ➤ Systèmes d'extinction d'incendie ➤ Systèmes de ventilation ➤ Dispositifs de verrouillage et de sécurité des machines ➤ Systèmes de surveillance et d'automatisation ➤ Systèmes de gestion des déchets |

TableauI-1 : dispositif passifs et actifs de sécurité

1.3 Système instrumenté de sécurité

1.3.1 Définition d'un SIS : Un SIS, aussi appelé boucle de sécurité est un instrument qui a pour vocation principale de mettre le procédé en position de replis de sécurité lors d'une dérive survenue présentant un risque réel pour le personnel et l'environnement.

La norme CEI 61508 (CEI_61508 2010) définit un SIS comme suit : « un système E/E/PE (électrique/électronique/électronique programmable) relatifs aux applications de sécurité comprend tous les éléments du système nécessaires pour remplir la fonction de sécurité».

La norme CEI 61511 (CEI_61511 2003) définit, quant à elle, les systèmes instrumentés de sécurité comme : « système instrumenté utilisé pour mettre en œuvre une ou plusieurs fonctions instrumentées de sécurité. Un SIS se compose de n'importe quelle combinaison de capteur(s), d'unité logique(s) et d'élément(s) terminal (aux) ».

Un SIS doit être installé pour l'utiliser comme un moyen de protection et de prévention afin de réaliser une fonction de sécurité. [1]

Constitution d'un SIS : Un SIS est la combinaison de trois sous-systèmes :

Sous-système « Eléments d'entrée (Sensors S) » : constitué d'un ensemble d'éléments d'entrée (capteurs, détecteurs) qui surveillent l'évolution des paramètres représentatifs du comportement de l'EUC (température, pression, débit, niveau...).

Sous-système « Unité Logique (LS) » : comprend un ensemble d'éléments logiques (PLC, API) qui récoltent l'information envoyée par le sous-système S. Si l'un des paramètres dévie d'une valeur-seuil donné ça également nécessite l'activation du sous-système FE.

Sous-système « Eléments Finaux (FE) » : ces éléments agissent directement (vanne d'arrêt d'urgence) ou indirectement (vanne solénoïdes, alarme) sur le procédé pour exécuter la fonction de sécurité.[8]

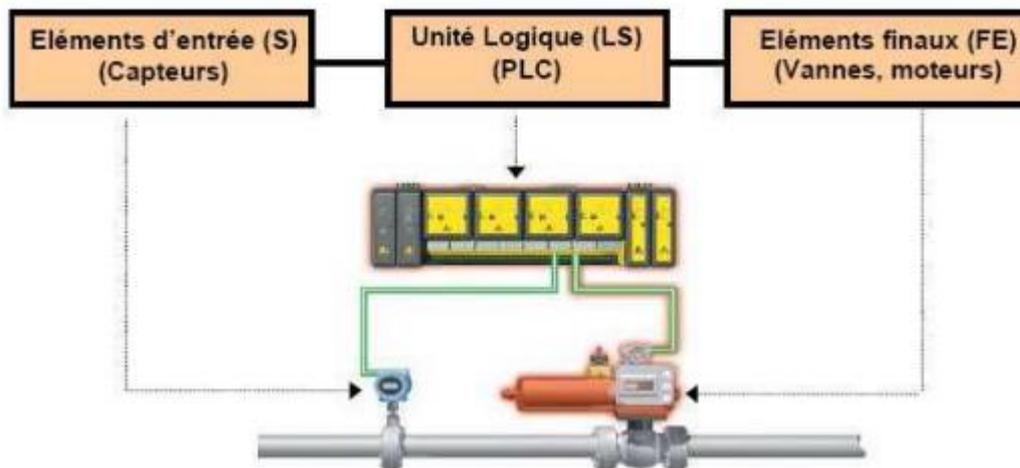


Figure I-5: Exemple d'une structure générale d'un SIS [8]

Quelques exemples d'un SIS :

Systeme d'arrêt d'urgence (ESD), utilisé par exemple dans les industries chimique et pétrochimique,

Systeme d'arrêt automatique de train (ATS), utilisé dans le domaine ferroviaire,

Systeme de freinage de l'automobile,

Airbags,

Equipements médicaux critiques de traitement et de surveillance.

Systemes de verrouillage de sécurité pour appareils électroménagers

1.4 Fonction instrumentée de sécurité

Selon la CEI 61511-1 : la fonction de sécurité est définie comme « une fonction à mettre en œuvre par un SIS, un autre système technologique lié à la sécurité ou des installations de réduction des risques externes, qui est destiné à atteindre ou à maintenir un état de sécurité pour le processus, en ce qui concerne un événement dangereux spécifique ».

Une autre définition de la CEI même norme : est également intéressante pour les discussions sur la SIF. Conformément à cette norme : « fonction instrumentée de sécurité (SIF :

Safety Instrumented Function), avec un niveau d'intégrité de sécurité spécifié qui est nécessaire pour atteindre la sécurité fonctionnelle et qui peut être soit une fonction de protection instrumentée de sécurité, soit une fonction instrumentée de contrôle ».

Donc, il existe essentiellement deux types de SIF, à savoir :

— Le premier est : fonction de protection instrumentée de sécurité, fonctionnant en mode demande ;

— L'autre est : fonction instrumentée de contrôle fonctionnant en mode continu. [4]

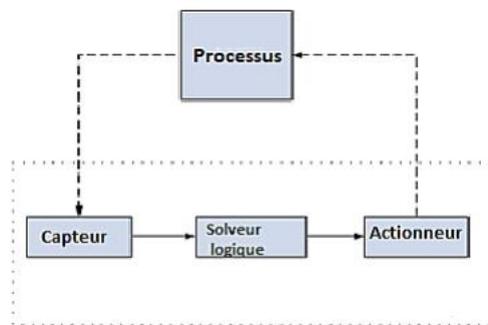


Figure I-6 : Fonction instrumentée de sécurité[4]

1.5 Niveau d'intégrité de sécurité

La norme CEI 61508 définit quatre niveaux de sécurité (SIL de 1 à 4), qui correspondent à des classes de

Facteurs de réduction de risque : de 10 à 100, de 101 à 1 000, etc. L'objectif de SIL est affecté à une fonction de sécurité pour définir les objectifs à satisfaire ainsi qu'une limite inférieure aux exigences quantitatives et qualitatives correspondantes. Quatre niveaux sont suffisants compte tenu de la faible précision avec laquelle on est capable d'estimer la fiabilité des matériels. Fixer un objectif de niveau élevé signifie que l'on a besoin d'obtenir, pour une seule fonction, une réduction de risque importante. La solution technique retenue pour assurer cette réduction est donc critique par rapport à la sécurité fonctionnelle. Il faudra la maintenir, dans le temps, au

même niveau malgré les risques techniques et organisationnels propres à chaque structure industrielle.

La norme machines CEI 62061 ne prend pas en compte le niveau 4, considéré comme trop important et ne pouvant donc être obtenu que par une révision de

La conception de l'installation. L'idéal est de disposer d'équipements présentant par eux-mêmes un niveau

de risque acceptable, donc ne nécessitant pas l'attribution de fonctions de sécurité[9]

Les SIS sont classés en quatre niveaux SIL qui se décrivent par des indicateurs discrets positionnés sur une échelle de quatre niveaux. Le SIL 4 est le degré de sécurité le plus élevé du fait de l'exigence forte de sécurité et le degré 1 de SIL désigne l'exigence la plus faible. Les SIL sont employés pour spécifier les exigences de sécurité des fonctions de sécurité réalisées par des systèmes E/E/EP relatifs à la sécurité selon la norme CEI 61508 [CEI 61508 98] ou des fonctions instrumentées de sécurité selon la norme CEI 61511 (CEI 00).

L'utilisation des niveaux SIL permet de prendre en compte les défaillances rares ainsi que les défaillances inhérentes au système opérationnel conduisant à un évènement dangereux mentionné pendant l'analyse de risques [CEI 61508 98].L'étude de défaillance permet d'attribuer les SIL des fonctions de sécurité.

Le SIL est exprimé en fonction des mesures cibles de défaillances c'est-à-dire en matière de probabilité de défaillance dangereuse, il se diffère selon le mode de fonctionnement d'un SIS :

Mode de faible sollicitation : La fonction de sécurité est uniquement effectuée sur demande afin de mettre l'EUC dans un état sûr spécifié (CEI 61508-4,2010), et là le SIL est donné en fonction de la probabilité moyenne de défaillance sur demande de la PFD_{avg} où la fréquence de sollicitation est inférieure à une fois par an (1/an), comme il est relié à un facteur de réduction de risques.

Autrement dit, un évènement indésirable s'établit dans ce type de fonctionnement si un danger potentiel se produit en cas de défaillance d'une fonction de sécurité.

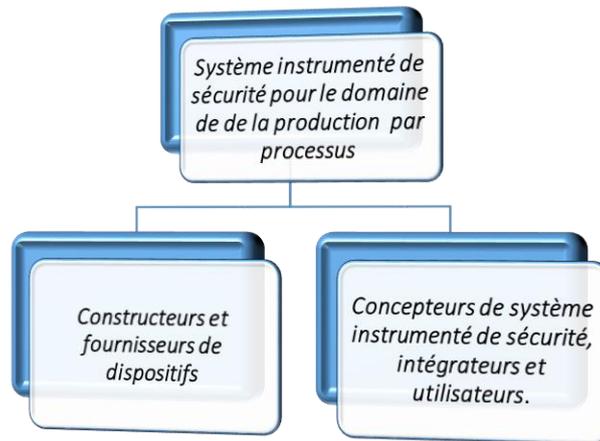
Mode continu ou de forte sollicitation : Lorsque la fonction de sécurité maintient l'EUC dans un état de sécurité dans le cadre de fonctionnement normal (CEI 61508-4,2010). Le SIL est donc relié à la probabilité de défaillance dangereuse par heure (PFH) où la fréquence de sollicitation est supérieure à une fois par an (1/an) .[1]

| SIL | Faible sollicitation PFD_{avg} | Forte sollicitation ou continue PFH |
|-----|-------------------------------------|--|
| 1 | $10^{-2} \leq PFD_{avg} < 10^{-1}$ | $10^{-6} \leq PFH < 10^{-5}$ |
| 2 | $10^{-3} \leq PFD_{avg} < 10^{-2}$ | $10^{-7} \leq PFH < 10^{-6}$ |
| 3 | $10^{-4} \leq PFD_{avg} < 10^{-3}$ | $10^{-8} \leq PFH < 10^{-7}$ |
| 4 | $10^{-5} \leq PFD_{avg} < 10^{-4}$ | $10^{-9} \leq PFH < 10^{-8}$ |

Tableau I-2 : SIL en fonction de mode de fonctionnement d'un SIS[4]

1.6 Référentiel normatif

La CEI 61508 et la CEI 61511 sont des normes internationales dédiées à la sécurité fonctionnelle. Elles ont été largement acceptées comme base de spécification, de conception et de fonctionnement des SIS. La CEI 61508 est une norme générique commune à plusieurs industries, elle couvre les exigences et les contraintes de conception de nouveaux matériels et logiciels pour les applications critiques de sécurité. La CEI 61511 concerne l'application des SIS aux industries de production des processus. Ces normes préconisent une approche fondée sur le risque pour établir les niveaux de performance des SIF en attribuant un niveau d'intégrité de sécurité (SIL). Figure I-6 illustre la relation d'application des normes CEI 61508 et CEI 61511[1].



FigureI-7 : Relation entre la norme CEI 61508 et CEI 61511[1]

1.7 Norme CEI 61508

1.7.1 Domaine d'application

La norme CEI 61508, composée de sept parties, est développée comme une norme générique fournissant un ensemble d'informations et de lignes directrices pour améliorer la sécurité grâce à l'utilisation des Systèmes Instrumentés de Sécurité (SIS).

Elle s'inscrit dans une approche globalisée de la sécurité que l'on pourrait comparer au système ISO 9000 pour la qualité, et au système ISO 14000 pour l'environnement. L'un des principaux objectifs de la CEI 61508 est d'être utilisé par les organisations internationales de normalisation comme une base pour le développement des normes spécifiques à chaque secteur d'application (voir figure ci-dessous). Elle permet donc d'avoir des principes et langages communs.[10]

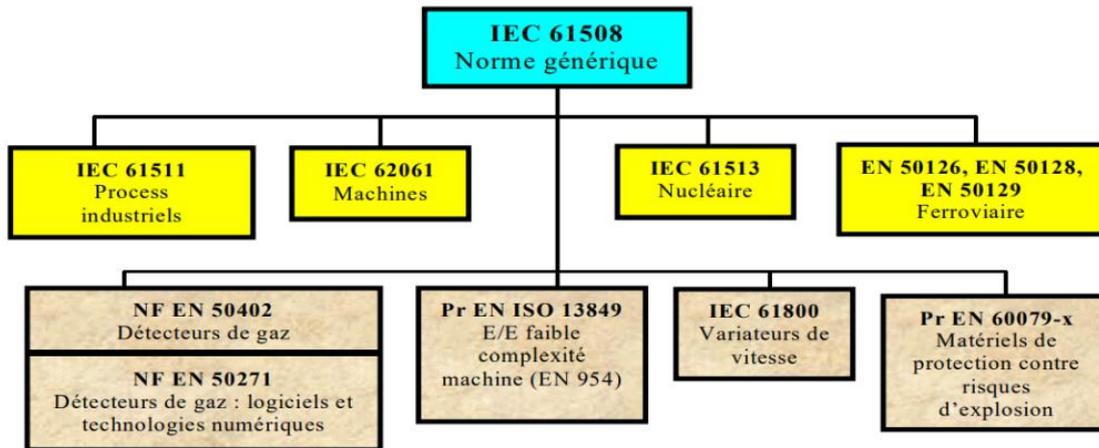


Figure : CEI 61508 et ses déclinaisons par secteur d'application[10]

1.7.2 Objectif de la norme : La présente norme a pour mission :

Fournir le potentiel des technologies E/E/PE pour améliorer à la fois les performances économiques et de sécurité,

Permettre des développements technologiques dans un cadre global de sécurité,

Fournir une approche système, techniquement saine, suffisamment flexible pour le futur,

Fournir une approche basée sur le risque pour déterminer les performances des systèmes concernés par la sécurité,

Fournir une norme générique pouvant être utilisée par l'industrie, mais qui peut également servir à développer des normes sectorielles (par exemple : machines, usines chimiques, ferroviaires ou médicales) ou des normes produit (par exemple : variateurs de vitesse),

Fournir les moyens aux utilisateurs et aux autorités de réglementation d'acquérir la confiance dans les technologies basées sur l'électronique programmable,

Fournir des exigences basées sur des principes communs.

Structure de la norme : La norme CEI 61508 est destinée pour s'appliquer aux systèmes relatifs à la sécurité et leurs composants dans un système E/E/EP. Elle comprend sept parties [1]:

61508-1 : Prescriptions générales,

61508-2 : Prescriptions propres aux systèmes E/E/PE,

61508-3 : Prescriptions relatives au logiciel,

61508-4 : Définitions et abréviations,

61508-5 : Exemples de méthodes pour déterminer le niveau d'intégrité de la sécurité,

61508-6 : Guides pour l'application des parties 2 et 3 de la norme,

61508-7 : Tour d'horizon des techniques et des mesures.

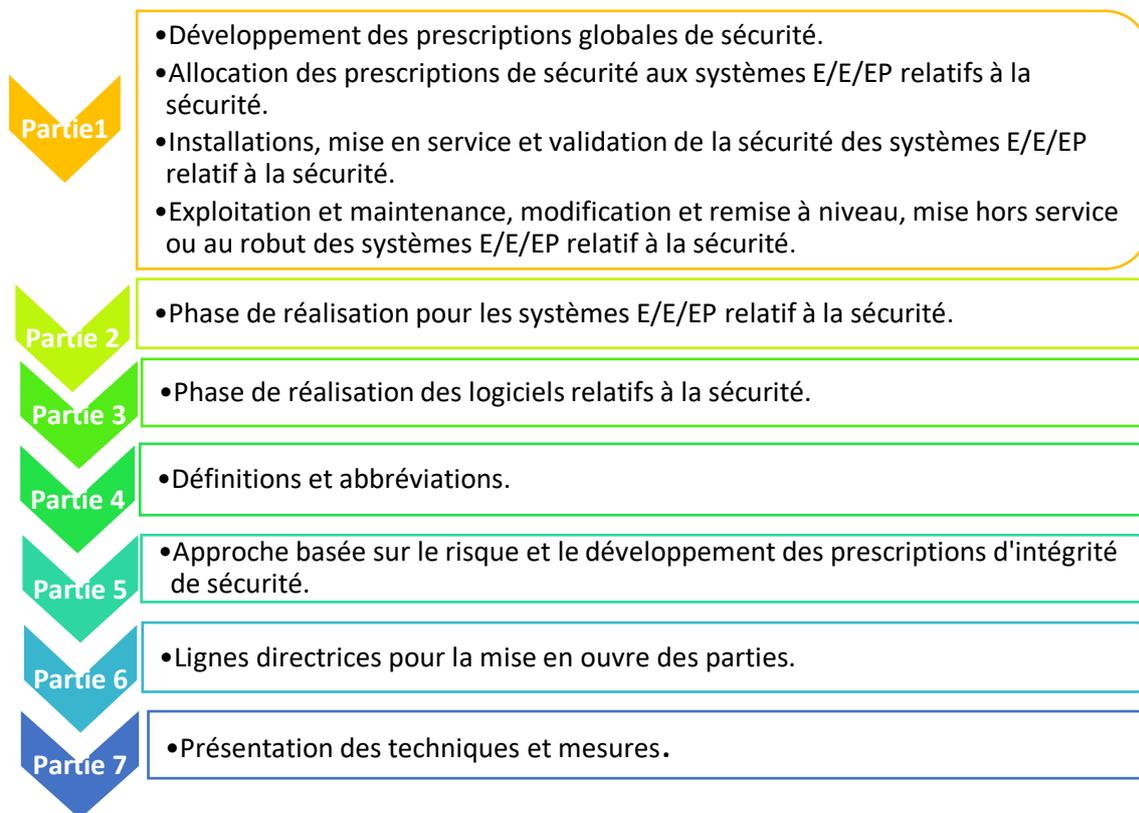


Figure I-8 : Structure de la norme CEI 6150

1.8 Norme CEI 61511

1.8.1 Domaine d'application

Cette norme internationale s'intéresse aux SIS qui sont basés sur l'utilisation d'une technologie E/E/EP. Elle permet de définir des exigences relatives aux spécifications, à la conception, à l'installation, à l'exploitation et à l'entretien d'un système instrumenté de sécurité, de telle manière qu'il puisse être mis en œuvre en toute confiance, et ainsi établir et/ou maintenir les processus dans un état de sécurité convenable. Cette norme a été conçue pour s'appliquer dans le domaine de l'industrie des processus comprenant celles des produits chimiques, du raffinage de pétrole, de la production de pétrole et de gaz, de la pâte à papier et du papier, de la production d'électricité non nucléaire, etc. Cette norme repose sur deux concepts qui sont fondamentaux vis-à-vis de son application : le cycle de vie de sécurité et les niveaux d'intégrité de sécurité.[3]

Structure de la norme : Sous l'intitulé général « Sécurité fonctionnelle-Systèmes instrumentés de sécurité » pour le domaine de la production par processus, la norme CEI 61511 englobe les parties suivantes :

Partie 1 : Cadre, définitions, exigences pour le système, le matériel et le logiciel,

Partie 2 : Lignes directrices pour l'application de la CEI 61511-1,

Partie 3 : Guide pour la détermination des niveaux d'intégrité de sécurité requis.

Objectif de la norme : La norme CEI 61511 présente une approche relative aux activités liées au cycle de vie de sécurité, pour satisfaire à ces normes minimales. Cette approche a été adoptée afin de développer une politique technique rationnelle et cohérente.

Dans la majorité des cas, une bonne conception de processus de sécurité en combinaison avec d'autres systèmes de protection fondés sur différentes technologies (chimique, mécanique, hydraulique, pneumatique, électrique, électronique, électronique programmable) fournissent une meilleure sécurité. Pour faciliter cette approche, cette norme :

Nécessite de réaliser une évaluation des dangers et des risques pour identifier les exigences globales de sécurité

Exige d'effectuer une allocation des exigences de sécurité au(x) système(s) instrumenté(s) de sécurité [3]

S'inscrit dans un cadre applicable à toutes les méthodes instrumentées qui permettent d'obtenir la sécurité fonctionnelle

Détaille l'utilisation de certaines activités, telles que la gestion de la sécurité, qui peuvent être applicables à toute méthode permettant d'obtenir la sécurité fonctionnelle.

Cette norme conduit à un haut niveau de cohérence (par exemple, pour les principes sous-jacents, la terminologie, l'information) au sein des industries de production par processus. Ceci devrait avoir comme conséquence une amélioration en termes de sécurité et d'économie. [3]

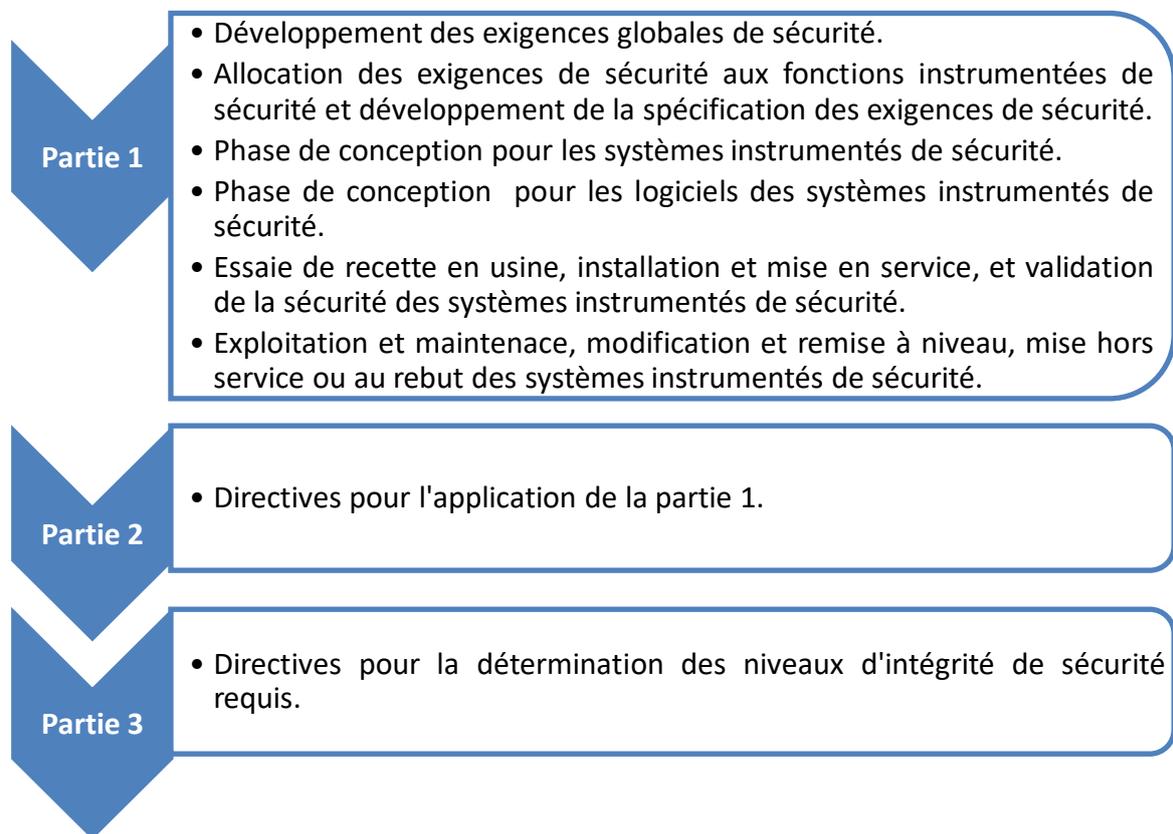


Figure I-9 : Structure de la norme CEI 61511

1.9 Détermination du SIL

Dans le but de réduire du niveau de risques, il est nécessaire que les SIS réalisent leurs fonctions instrumentées de sécurité avec un SIL approprié. Comme mentionné précédemment, les normes CEI 61508 et CEI 61511 sont spécialisées en sécurité fonctionnelle et concerne plus particulièrement les SIS. Alors, elles nous ont donné un aperçu sur la détermination du SIL requis pour une fonction de sécurité et qui correspond à un phénomène dangereux spécifié (scénario d'accident) lors de la phase d'analyse des risques. La norme CEI 61508 et CEI 61511 décrivent deux types de méthodes d'allocation du SIL : quantitatives et qualitatives. Ces méthodes d'allocation du SIL requis sont plus ou moins adaptées en fonction du type et du niveau de détail des informations disponibles (établies au cours de l'analyse des risques).

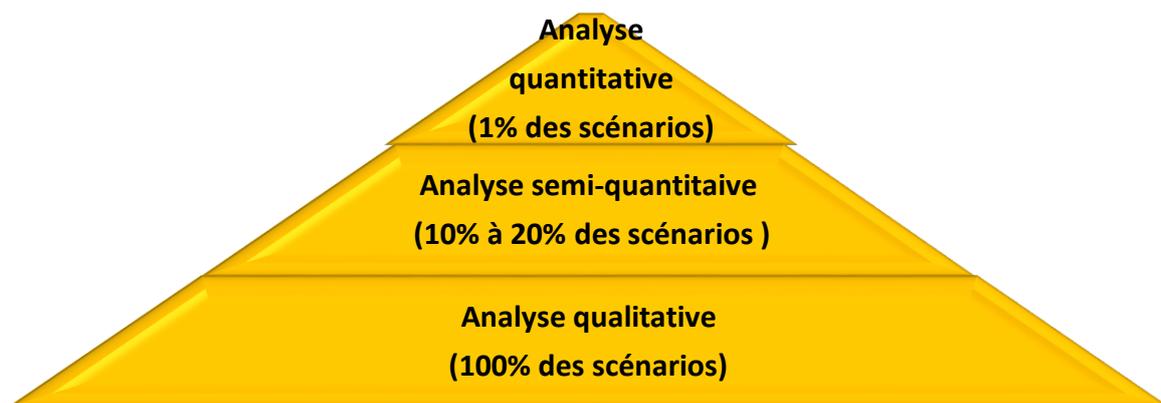


Figure I-10 : Répartition des méthodes d'analyse [1]

1.10 Méthodes qualitatives

D'après la CEI 61508 une approche quantitative n'est pas toujours utile pour déterminer le niveau d'intégrité de sécurité d'une SIF. Pour cela elle a proposé une alternative consistant en un jugement qualitatif. Certains paramètres sont utilisés dans l'approche qualitative pour évaluer le phénomène dangereux en fonction des connaissances, des informations et des compétences existantes. Les méthodes qualitatives renommées sont présentées par la CEI 61508 et la CEI 61511 : graphe de risques et matrice de gravité des évènements dangereux [11].

Graphe de risques : Le graphe de risques consiste à évaluer le SIL à partir des connaissances de risques associées au procédé et au système de conduite de procédé de base. Cette méthode

analyse quatre facteurs de risques relatifs au danger qui sont répartis en catégories selon leurs importances : la gravité des conséquences, le temps d'exposition au danger, la possibilité d'évitement et la probabilité d'apparition d'un accident sans fonction de sécurité. La structure de graphe de risque dépend du type d'activité. Cette démarche évalue les quatre paramètres suivants :

Paramètre « C » : Conséquences de l'événement dangereux,

Paramètre « F » : Taux d'occupation de la zone dangereuse,

Paramètre « P » : Possibilité d'éviter l'événement dangereux,

Paramètre « W » : Taux de sollicitation.

La désignation de ces termes est décrite par la CEI 61511 et représentée dans le tableau suivant [9] :

| Paramètre | | Description |
|---|---|---|
| Conséquence | C | Conséquences attendues en termes d'atteinte à la vie humaine ou de blessures, d'atteinte à l'environnement ou aux biens au cas où l'événement dangereux se produit. |
| Occupation | F | Probabilité que la zone dangereuse soit occupée lorsque l'événement dangereux se produit. Elle est déterminée en calculant la fraction de temps pendant laquelle la zone soumise à l'effet dangereux est occupée. |
| Probabilité pour que le danger soit évité | P | La probabilité que les personnes exposées puissent éviter le danger si la fonction de sécurité est défaillante. Ceci dépend de l'existence de moyens indépendants d'alerte et d'évacuation des personnes. |
| Taux de sollicitation | W | Le nombre de fois par an où la fonction de sécurité considérée est sollicitée. Ceci peut être déterminé en prenant en compte toutes les défaillances qui pourraient conduire à l'événement dangereux et en estimant l'occurrence globale. Les autres couches de protection doivent être prises en compte. |

Tableau I-3 : Signification des termes utilisés dans le graphe de risque[10]

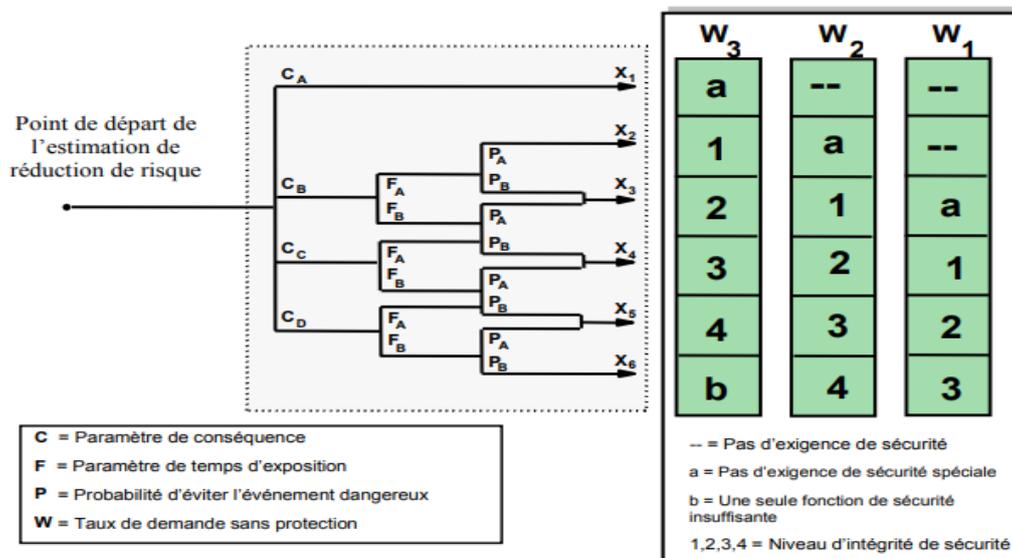


Figure I-11 : Graphe de risque [10]

Le graphe de risque associe des combinaisons particulières des paramètres de risque aux niveaux d'intégrité de sécurité requis pour la fonction de sécurité instrumentée en prenant en compte le risque tolérable associé aux phénomènes dangereux identifiés .

Pour chaque situation dangereuse il est nécessaire de définir les paramètres (C, F, P, W) et leurs pondérations. Le calibrage et l'étalonnage du graphe de risque est une étape indispensable qui permet d'adapter les paramètres par la prise en compte des spécificités de l'entreprise, la réglementation et les normes du secteur d'application [10].

| Paramètre | | Classification |
|---|----|----------------------------------|
| Gravité des conséquences | CA | ➤ Blessures mineures |
| | CB | ➤ Blessures sérieuses ou victime |
| | CC | ➤ Plusieurs victimes |
| | CD | ➤ Grand nombre de victimes |
| Temps d'exposition (occupation) | FA | ➤ Rare |
| | FB | ➤ Fréquent |
| Probabilité d'éviter le phénomène dangereux | PA | ➤ Possible |
| | PB | ➤ Invraisemblable |

| | | |
|--|----------------|--|
| Probabilité d'apparition d'un accident (taux de demande ou de sollicitation) | W1 W2 W3 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Très faible probabilité ➤ Faible probabilité ➤ Forte probabilité |
|--|----------------|--|

Tableau I-4 : Paramètres du graphe de risque [10]

Matrice de gravité des événements dangereux : Cette méthode d'analyse intègre plusieurs fonctions de sécurité en comparaison avec le graphe de risques qui inclut qu'une SIF. Ce type d'analyse est utilisé quand la fréquence de risque ne peut être quantifiée d'une manière précise .[1]

La matrice de gravité possède trois dimensions essentielles :

La gravité des conséquences de l'évènement dangereux,

La probabilité (fréquence) d'occurrence de l'évènement dangereux (estimée sans considérer les couches de protection : fréquence de l'évènement initiateur),

Le nombre de dispositifs de sécurité déjà mise en place pour entraver l'évolution du danger (comprenant le SIS en cours de classification).

Pour les couches de protection (dispositifs de sécurité) doivent être :

Indépendante (IPL),

Réaliser une réduction d'un ordre de grandeur de SIL (un facteur de 10),

Capable à elle seule d'assurer la protection contre l'évènement dangereux en question.

| | | | | |
|----------------|---------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| Gravité | 3 Elevé | RSM | RS | RS |
| | 2 Moyenne | RNS | RSM | RS |
| | 1 Faible | RNS | RNS | RSM |
| | | 1 Faible | 2 Moyenne | 3 Elevé |
| | Probabilité | | | |

Figure I-12 : Matrice de criticité [1]

La CEI 61508-2000 présente un exemple illustré dans la figure (I-14) suivante dont la disponibilité des dispositifs de sécurité qui empêche l'occurrence faible d'un danger avec des conséquences critiques. Le SIL de la fonction de sécurité sera réalisé en tenant compte des exigences relatives au SIL 1 .[12]

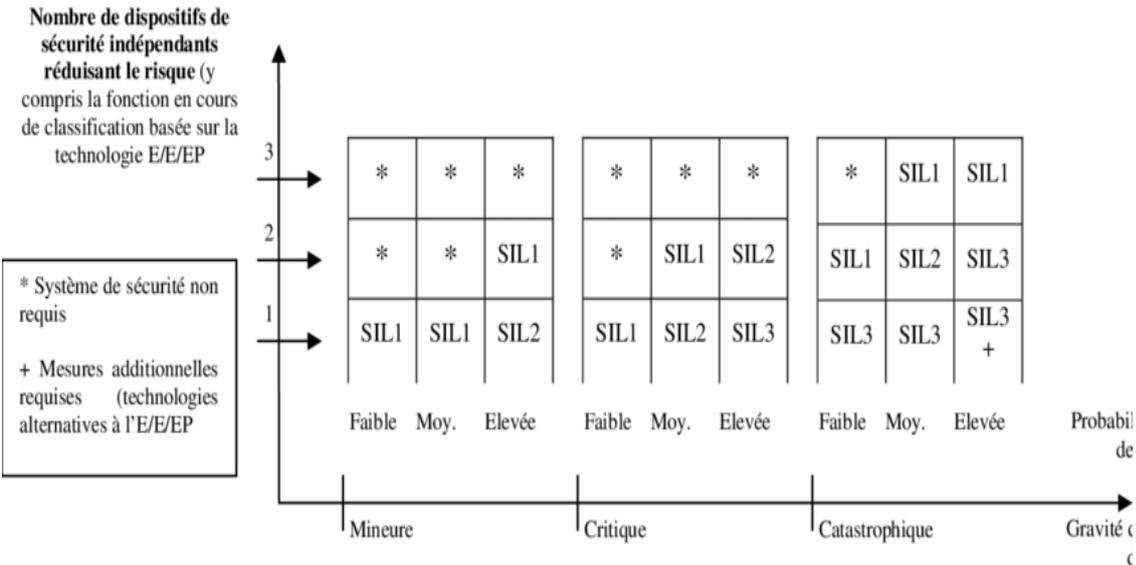


Figure I-13 : Matrice de gravité des événements dangereux (CEI_61508 2010)

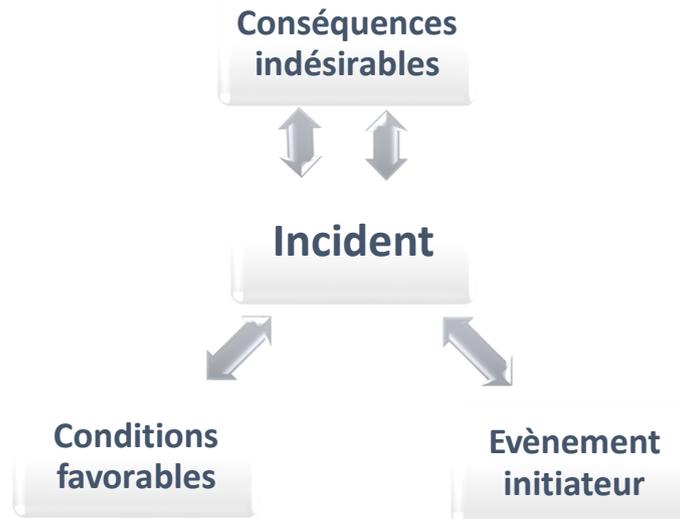
1.11 Méthodes quantitatives : Il est possible de déterminer le niveau SIL avec plus de rigueur et de précision grâce à cette méthode. La méthodologie fait appel à des outils mathématiques et adopte une approche probabiliste afin d'estimer la fréquence des événements dangereux ou la probabilité de défaillances. La méthode doit faire preuve d'une grande attention quant aux données utilisées, à leur provenance ainsi qu'à leurs correspondances, car la moindre erreur remettra en question l'étude. Ainsi, ce type d'analyse est basé sur des modèles différentiels probabilistes adaptés tel que : les failures des arbres, les formules simplifiées et les chaînes de Markov.

1.12 Analyses des couches de protection

L'analyse des couches de protection (LOPA) est une méthode récente d'analyse semi-quantitative la plus rencontrée, souvent pour déterminer le niveau d'intégrité de sécurité des fonctions instrumentées dans les systèmes instrumentés de sécurité. Elle est élaborée sur une base d'analyse qualitative des risques telle qu'une étude des dangers et de l'opérabilité HAZOP.

La LOPA est une technique d'analyse et d'évaluation des risques qui utilise des règles simplifiées et prudentes pour définir le risque en fonction de la fréquence et de la gravité potentielle des conséquences, elle est limitée et optimisée pour une situation spécifique .

Cette méthode consiste à définir un scénario d'accident que représente une séquence inattendue d'évènements entraînant un incident indésirable. Un scénario doit se composer d'une unique paire d'évènement déclencheur ou un initiateur et une conséquence [1].



FigureI-14 : Description d'un scénario d'accident

LOPA est une approche qui a pour objectif principale d'identifier l'efficacité des couches de protection à faire face au risque, comme elle consiste à [1]:

Mettre une pertinence entre les barrières de sécurité mise en œuvre et le niveau de risque visé,

Implémenter de nouvelles barrières si nécessaire,

Evaluer la fréquence d'occurrence résiduelle d'un scénario d'accident,

Intégrer toutes les couches de protection de l'entreprise, tant organisationnelles que techniques,

Analyser la contribution des différentes couches en cas d'accident pour évaluer la réduction du risque,

Déterminer le niveau SIL requis de fonctions instrumentées de sécurité (SIF).

1.13 Conclusion

Les systèmes instrumentés de sécurité sont utilisés pour détecter une situation dangereuse et diminuer ses impacts pour accéder à des niveaux de risques tolérables. Pour ce faire, une fonction instrumentée de sécurité doit se réaliser avec un niveau d'intégrité de sécurité convenable. Les normes CEI 61508 et CEI 61511 présentent des méthodes qualitatives et quantitatives de détermination du SIL afin de l'évaluer.

En effet, le choix de la méthode dépend essentiellement de la nature des données fournies par le groupe d'analyse. Les techniques qualitatives se basent largement sur le retour d'expertise des travailleurs, dont il est souvent difficile d'obtenir un jugement qualitatif en raison de la complexité des systèmes ou du manque de retour d'expérience.

Cependant, les méthodes quantitatives sont plus précises lorsque les renseignements sont corrects et exactes. Ce type se base sur des calculs mathématiques et garantit moins de temps d'analyse.

2 CHAPITRE : PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

2.1 Introduction

Le chapitre suivant offre une vue d'ensemble détaillée de la société SARL KNAUF Plâtres, une entreprise spécialisée dans la production de plâtres et de plaques de plâtre. Située à Oran, en Algérie, cette société se caractérise par son engagement envers la qualité et l'innovation.

Fondée sur une solide tradition industrielle et une expertise technique reconnue, SARL KNAUF Plâtres a évolué pour devenir un acteur majeur dans le secteur des matériaux de construction.

Son historique est marqué par des étapes clés qui ont façonné son développement et sa croissance.

Ce chapitre est structuré en plusieurs sections pour une présentation exhaustive de l'entreprise. Il commence par un survol de l'historique de SARL KNAUF Plâtres, retraçant ses origines et son évolution jusqu'à aujourd'hui. Ensuite, nous explorerons les différents produits utilisés et les produits finis, notamment les plaques de plâtre et les accessoires, illustrant la diversité et la qualité des offres de l'entreprise.

Par la suite, nous examinerons en détail le processus de fabrication, en mettant en avant les techniques et les technologies utilisées pour garantir la production de produits de haute qualité. Cette section inclura également une analyse des pratiques en matière d'Hygiène, de Sécurité et d'Environnement (HSE), cruciales pour assurer la sécurité des employés et la protection de l'environnement dans les opérations de l'entreprise.

Enfin, nous passerons en revue les différentes certifications obtenues par l'entreprise, attestant de sa conformité aux normes internationales de qualité et de sécurité.

Ces certifications attestent non seulement de la conformité aux normes, mais également de la fiabilité et de la confiance qu'elles inspirent aux partenaires et aux clients de SARL KNAUF Plâtres.

2.2 Historique :

Fondé en 1978 par la Société Nationale des Matériaux de Construction (SNMC), le complexe plâtrier de Fleurus a été transféré à l'entreprise ERCO en 1983, suite à la restructuration de la SNMC. En 1997, après la filialisation d'ERCO, l'unité a été intégrée à la SODEPAC, une filiale du groupe ERCO. Dans le cadre d'un partenariat avec le groupe allemand KNAUF en 2005, l'entreprise SOPLAF a été créée, devenant KPF en 2006. Le 4 août 2010, KNAUF Allemagne a acquis la totalité du capital de la société, entraînant un changement de statut juridique de SPA à SARL sous la dénomination de KNAUF PLATRES SARL.

2.3 Identification

Dénomination : KNAUF Plâtres SARL

Capital social : 4.921.600.000 DA

Adresse : Chemin de wilaya n° 64, Benfréha, Gdyel, Oran.

Adresse postale : BP n° 02 - 31024 BOUFATIS – ORAN. ALGERIE.

Téléphone : (0) 41 76 34 70/83

Fax : (0) 41 76 34 75

Site Web : www.KNAUF.dz

E-mail : info-dz@knauf.com

2.4 Périmètres et domaines d'application du système de management de la qualité-sécurité- environnement :

2.4.1 Le Manuel Qualité, Santé Sécurité et Environnement KNAUF :

KNAUF a développé un manuel détaillant les directives et les mesures générales adoptées par KNAUF Plâtres pour assurer une gestion efficace des systèmes de management de la qualité, environnemental, et de santé et sécurité au travail.

La figure qui suit montre le contenu de ce dernier :

|  | | |
|---|------------|---|
| MANUEL QUALITE SANTÉ, SECURITE AU TRAVAIL & ENVIRONNEMENT | | |
| Date : 25/02/18 Page 1 sur 13 | | |
| Mise à jour | | |
| Indice de révision | Date | Objet |
| A | 13/07/2003 | Création |
| B | 20/10/2009 | Basclément vers ISO 9001 V 2008 et ISO 14001 V 2004 |
| C | 14/05/2012 | Mise à jour suite à l'audit |
| D | 13/10/2013 | Mise à jour suite à l'audit |
| E | 02/07/2016 | Mise à jour suite à l'audit |
| F | 22/06/2017 | Mise à jour suite à la revue documentaire |
| G | 25/07/2018 | Basclément vers ISO 9001 V 2015 et ISO 14001 V 2015 et Intégration Manuel SST |
| H | 07/05/2020 | Mise à jour des parties intéressées |
| I | 03/08/2020 | Mise à jour de la politique QSE, des enjeux et des parties intéressées |
| J | 01/01/2021 | Migration de OHSAS 18001/2007 vers la norme ISO 45001/2018 |
| K | 27/03/2022 | Mise à jour de l'organigramme d'application |
| | | Mise à jour des enjeux interne et externe |
| | | Révoir les parties intéressées externe |
| L | 03/09/2023 | Mise à jour des enjeux interne et externe |
| | | Révoir les parties intéressées |

| | |
|---|--|
|  | |
| MANUEL QUALITE SANTÉ, SECURITE AU TRAVAIL & ENVIRONNEMENT | |
| Date : 25/02/18 Page 2 sur 13 | |
| <p>1. PRESENTATION DE KNAUF Plâtres</p> <p>1.1 Historique</p> <p>1.2 Identification</p> <p>2. PERIMETRES ET DOMAINES D'APPLICATION DU SMSQSTE</p> <p>2.1 Objet du Manuel Qualité Santé, Sécurité au Travail et Environnement</p> <p>2.2 Domaine d'application</p> <p>3. SYSTEME DE MANAGEMENT QSSTE</p> <p>3.1 Cartographie des processus</p> <p>3.2 Organigramme de KNAUF Plâtres</p> <p>4. LES ELEMENTS DE SURVEILLANCE DU SMSQSTE</p> <p>4.1 Evaluation des performances</p> <p>4.2 Management des objectifs QSSTE</p> <p>4.3 Gestion de la conformité réglementaire</p> <p>4.4 Gestion des risques et des opportunités</p> <p>4.5 Gestion des compétences et formation</p> <p>4.6 Satisfaction client</p> <p>4.7 Impact environnemental</p> <p>4.8 Traumatologie et pathologie</p> <p>5. LES ACTEURS DU SYSTEME DE MANAGEMENT QHSE</p> <p>5.1 Les pilotes/copilotes de processus</p> <p>5.2 Le responsable QHSE et son équipe</p> <p>5.3 Les Auditeurs QHSE</p> <p>5.4 Les instances représentatives du personnel</p> <p>5.5 Le Médecin du travail</p> <p>ENGAGEMENT DE POLITIQUE QSSTE</p> | |

Figure : contenu manuel QSSTE KNAUF [13]

2.4.2 La démarche qualité sécurité-environnement :

Depuis 2009, KNAUF Plâtres s'est engagée, dans une démarche d'amélioration continue de la qualité des produits et services proposés à ses clients et de sa performance environnementale. Elle a été parmi les premières entreprises de la région à obtenir la double certification en matière de satisfaction clients et d'impact sur son environnement (normes ISO 9001 et 14001). Cette démarche, en constante évolution avec la mise en place du référentiel OHSAS 18001v 2007 en 2011 et son intégration en 2018 avec les normes 9001 et 14001 dans leur version 2015, témoigne de la volonté de KNAUF Plâtres d'assurer sa mission au mieux des intérêts de ses clients, de ses collaborateurs et vis-à-vis de son environnement.

2.4.3 Domaine d'application :

Le Système de Management Qualité-Santé Sécurité au travail - Environnement répond aux exigences des normes en vigueur ISO 9001/2015, ISO 14001/2015 et ISO45001/2018 repose sur les activités suivantes :

« Production et Vente des plaques de plâtre, plâtres et dérivés et profilés »

Les exclusions définies comme étant des exigences non applicables ne pourront altérer la satisfaction des clients, la maîtrise des impacts environnementaux ainsi que la santé et la sécurité des individus

2.5 Produits :

La gamme des produits englobe tous les plâtres destinés à la construction, à l'industrie céramique et moulage d'art et de grands projets ainsi que les plaques de plâtre qui sont certifiées TEDJ selon le règlement particulier « plaques de plâtre » et la norme NA17036 et les ossatures métalliques. Pour la construction en humide, les produits sont :

Plâtre de construction (FLEURUS)

Plâtre-colle de jointage (COLLARUS)

Plâtre de moulage pour staffeurs (MOULARUS)

Plâtre à projeter (MP 75L et MP 75)

Plâtre-colle pour plaques de plâtre (PERLFIX)

Enduit de jointoiment à base de plâtre pour plaque de plâtre (FUGENFULLER)

Enduit de jointoiment à base de carbonate de calcium (JOINTFILLER)

Enduit de finition pour tous supports (TOPFINISH)

Pour la construction sèche :

Plaques de plâtre de différentes dimensions et standards, hydrofuges, ignifuges (KS, KH, KF, KHD)

Ossatures métalliques

Pour l'industrie céramique :

Plâtre de moulage ordinaire (CERRUS N)

Plâtres spéciaux (CERRUS 50R, CERRUS 50N).

Pour les plâtres médicaux :

Plâtre dentaire extra dur

Plâtre pour bandes plâtrées et appareillage orthopédique (CHIRURGICAL)

Autres : Gypse pour cimenteries. [13]

2.5.1 TYPES DE PLÂTRES :

| | | | |
|---|--|--|--|
|  <p>FLEURUS®</p> <p>KNAUF FLEURUS® est un enduit de plâtre traditionnel qui s'applique manuellement sur tous les supports. Il convient aux travaux d'aménagement des constructions neuves ou en rénovation, à l'exception des locaux humides.</p> |  <p>MOULARUS</p> <p>KNAUF MOULARUS est un plâtre de moulage qui convient pour la fabrication d'éléments décoratifs, de faux plafonds, de gorges, etc.</p> |  <p>COLLARUS</p> <p>KNAUF COLLARUS est destiné à l'accrochage de motifs décoratifs en plâtre (rosaces, gorges... Sur tous les supports en plâtre ou ciment)</p> |  <p>MP75®</p> <p>KNAUF MP75® est un enduit monocouche qui s'applique mécaniquement sur tous les supports rugueux et absorbants, dans les constructions neuves ou en rénovation, dans les hôtels, bâtiments administratifs, à l'exception des locaux humides.</p> |
|  <p>TOP FINISH</p> <p>KNAUF TOP FINISH est un enduit pelliculaire de finition destiné aux supports suivants : support en ciment, béton lisse très absorbant, plaque de plâtre brute avant peinture (ou autres habillages)</p> |  <p>PERLFX®</p> <p>KNAUF PERLFX® est destiné au collage des plaques de plâtre type Knauf sur tout type de maçonnerie y compris les supports en béton.</p> |  <p>JOINTFILLER</p> <p>KNAUF JOINTFILLER est un enduit à séchage à prise longue, utilisé pour réaliser les joints entre plaques de plâtre type KNAUF BA (bord aminci) ou HRAK (bord aminci semi-arrondi). Il doit être utilisé avec une bande d'armature.</p> |  <p>FUGENFULLER</p> <p>KNAUF FUGENFULLER est un enduit à prise rapide, utilisé pour finir manuellement avec une bande d'armature les joints entre plaques de plâtre type HRAK (bord aminci semi-arrondi) et AK ou BA (bords amincis).</p> |
|  <p>KNAUF CERRUS® N</p> <p>Knauf CERRUS N est un plâtre héli hydraté ordinaire destiné aux moulages. Convient en industrie céramique. Il dispose d'un haut pouvoir absorbant. Il est aussi utilisé comme composant dans l'industrie des peintures et enduits de haute qualité à fait de sa haute finesse.</p> |  <p>KNAUF CERRUS® NR</p> <p>Knauf CERRUS NR est un plâtre héli hydraté ordinaire extra fin à prise retardé destiné aux industries des peintures et enduits de haute qualité de fait de sa haute finesse.</p> |  <p>KNAUF CERRUS® 50 N / 50 R</p> <p>Plâtre spécial destiné à l'industrie de la céramique sanitaire et d'ameublement (Vaselles, céramiques décoratives...), pour moulage nécessitant une très bonne résistance.</p> |  <p>KNAUF ALPHA®</p> <p>ALPHA est un plâtre héli hydraté de très haute dureté et de résistance élevée. Il est utilisé pour obtenir des pièces moulées de petites dimensions ou de formes complexes avec une bonne précision et une grande résistance et dureté de la pièce moulée. Il est aussi utilisé comme matière première pour d'autres produits.</p> |

Figure II-1 : Types de plâtre fabriqués par KNAUF [13]

2.5.2 Types de plaques de plâtre :

| | Dénomination | Application |
|---|--------------|--|
|  | Standard | Milieux secs sans dispositions particulières |
|  | Hydrofuge | Milieux exposés à l'humidité ponctuelle |
|  | Ignifuge | Milieux nécessitant une protection au feu supérieure à 50 minutes |
|  | Haute Dureté | Milieux exigeants en performances acoustiques et en résistance aux chocs de corps durs (hôpitaux, établissements scolaires...) |

Figure II-2 : Plaques de plâtres produites par KNAUF [13]

2.6 DESCRIPTION DES PROCESS DE PRODUCTION :

2.6.1 .Production plâtre poudre :

2.6.1.1 .Exploitation du Gypse :

Le processus de fabrication du plâtre commence par l'exploitation du gypse, qui peut se faire en carrière à ciel ouvert ou en souterrain. Pour les carrières à ciel ouvert, des foreuses créent des trous de 15 mètres de profondeur, remplis d'explosifs pour extraire le gypse. En souterrain, des galeries sont creusées à l'aide d'explosifs, une méthode utilisée lorsque la première couche est trop profonde. Des analyses déterminent la pureté du gypse en fonction de l'eau de cristallisation.



Figure II-3 : carrière

2.6.1.2 .Concassage et Stockage :

Le gypse extrait est transporté en camions jusqu'à l'usine et pesé. Il passe ensuite par un concasseur primaire, puis par un tamis qui sépare la poudre stérile de la matière première. Le gypse pur, ayant une pureté supérieure à 80%, est stocké pour le four à moulin, tandis que

celui de pureté inférieure est destiné aux fours à grille et rotatif. Le hall de stockage, d'une capacité de 2100 tonnes, est divisé en deux tas équipés de systèmes d'homogénéisation.

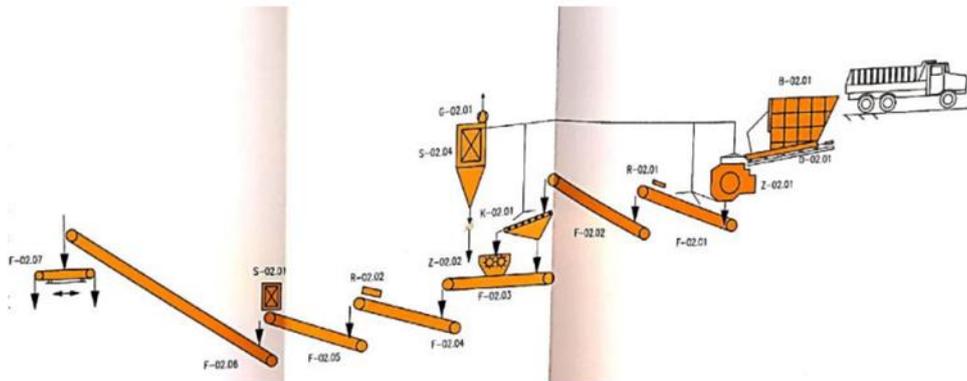


Figure II-4 : Concasseur [14]

2.6.1.3 . Cuisson :

La cuisson du gypse permet de le déshydrater et de produire divers types de plâtre. Les fours utilisés incluent le four rotatif (150°C, 0-10 mm), le four à grille (500-700°C, 10-55 mm), et le four moulin (150°C, plâtre très fin). Deux méthodes de cuisson sont employées : la voie humide (en autoclave ou solution saline pour obtenir le semi-hydrate α , utilisé dans les plâtres dentaires) et la voie sèche (pour produire principalement le semi-hydrate β , avec des températures variant de 110 à 180°C). Des températures plus élevées produisent de l'anhydrite insoluble ou un produit inerte.

2.6.1.4 . Mélange et Expéditions :

Après cuisson, les produits obtenus, sous forme de poudre nommée plâtre, sont broyés et tamisés à nouveau. Leur qualité est améliorée par l'ajout d'additifs comme le ciment blanc, la chaux aérienne, ou des résines synthétiques. Le plâtre est commercialisé en différentes variétés selon la granularité (gros 'G' et fin 'F'), le mode de mise en œuvre (manuel 'M' et projeté 'P'), et le temps d'emploi (court, moyen, long). Il est disponible en vrac ou en sacs de 25 ou 40 kg. Le plâtre courant est un mélange de semi-hydrate et d'anhydrite de classe II (2/3 - 1/3), ce dernier régulant le temps de durcissement en fonction de son pourcentage.

2.6.2 Procédé de production de la plaque de plâtre :

2.6.2.1 A.- carton :

Tout d'abord on vérifie les bobines de carton si elles ne contiennent pas des défauts visuels tels les traits sur la surface de la bobine, surface ondulée.

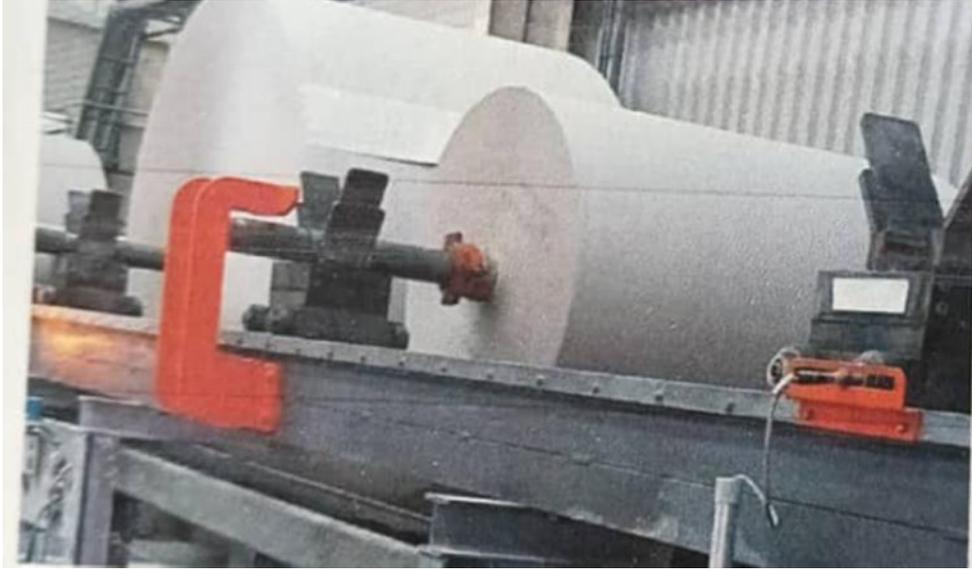


Figure II-5 : Bobines de carton.

2.6.3 Zone de mélangeur :

Dans un malaxeur, on prépare la pâte de plâtre destinée à la fabrication de la plaque, en mélangeant la poudre de plâtre provenant du four à moulin, l'eau traitée (deminéralisée, à taux de sels contrôlé) et les additifs dont chacun joue un rôle spécifique dans les caractéristiques physico-chimiques de la plaque de plâtre de type BA (bord aminci):

- Fluidifiant : permet de rendre la pâte fluide afin de contrôler l'étalement
-
- Néalite et poussière de plâtre : (récupérée dans les procédés de fabrication de la plaque) permet de contrôler le temps de prise de la pâte
-
- Amidon : son rôle consiste à s'accrocher aux fibres du carton, favorisant ainsi un collage parfait du carton sur les deux faces de la plaque. L'effet de l'amidon apparait dans la phase de séchage.
-
- Sucre : la présence du sucre permet d'augmenter la dureté de la plaque et de régulariser la viscosité de la pâte.
- Pulpe : c'est un papier recyclé, réduit en poudre pour améliorer la résistance mécanique de la plaque.
-

- Agent moussant : permet d'augmenter le rapport masse/volume de la plaque (une même masse de plâtre donne un volume supplémentaire en présence d'un agent moussant) et d'augmenter également la résistance à la flexion (plaque plus souple).
-
- Pour la plaque résistante au feu (KF) : on garde les mêmes additifs cités ci-dessus et on ajoute la fibre de verre qui permet de donner une bonne résistance contre le feu.
-
- Pour la plaque résistante à l'humidité (KH) : on garde les mêmes additifs de BA et on ajoute l'huile de silicone pour donner une bonne résistance à l'humidité.

2.6.4 .Zone Couteau :

Il y'a une distance de 174 m entre la zone mélangeur et la zone couteau, dans cette dernière, on prend le premier échantillon pour effectuer les analyses permettant de contrôler et vérifier les paramètres du mélangeur (% des additifs, température de l'eau, vitesse de la bande transporteuse de la plaque. Il s'agit de mesurer l'épaisseur, les profondeurs et largeurs des bords, la masse surfacique et le test de collage).

Le découpage des plaques se fait par la machine couteau contenant deux lames fonctionnant en rotation, dont la vitesse est fonction de la vitesse de la bande transporteuse de la plaque et de la longueur de la plaque de plâtre désirée. Ces paramètres sont assistés par ordinateur et sont contrôlés continuellement en fonction des résultats des différentes analyses effectuées sur la pâte de plâtre et celles de la plaque.

2.6.4.1 Zone séchage :

Cette zone est constituée de 12 étages et 21 zones, contenant des brûleurs compilés à un système qui fait tourner l'air chaud transversalement pour homogénéiser le séchage. Les paramètres de températures dans chaque zone sont assistés par ordinateur qui fixe et enregistre les valeurs de température de consigne, actuelle, entrée, sortie et la différence des deux.

A la sortie de cette zone, les plaques de plâtre passent par une machine qui permet de limer les bords de la largeur de la plaque (parties de découpage).

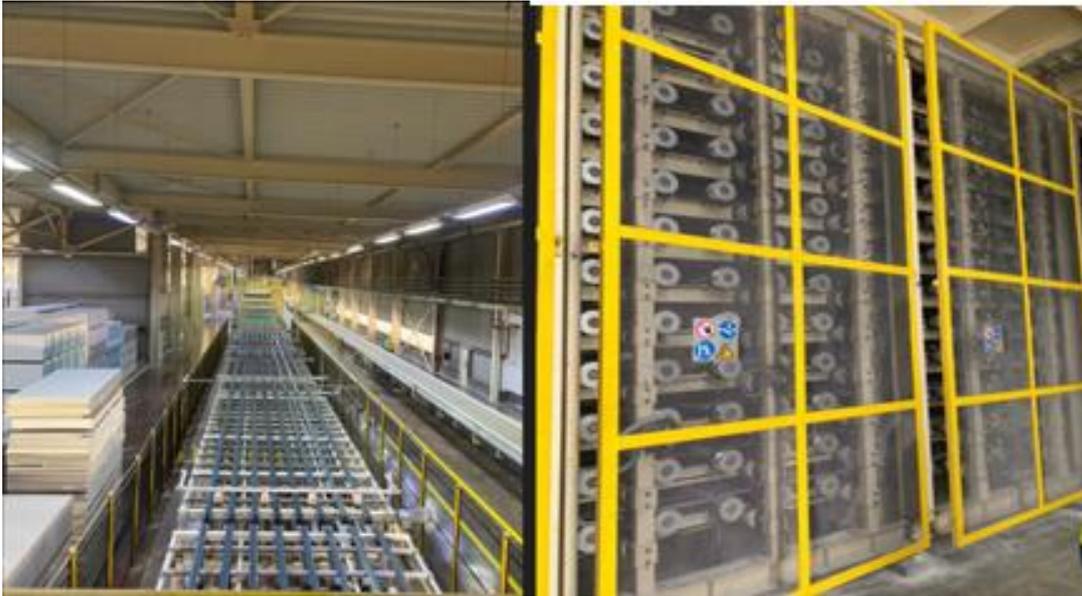


Figure II-6 : Sécheur de plaques de plâtre

2.6.5 Zone de stockage :

Dans la zone de stockage, les plaques de plâtre conformes aux spécifications voulues sont stockées après les avoir emballé avec du plastique spécifique. Celles non-conformes aux normes, seront par contre renvoyées vers la zone rebut (zone dans laquelle on jette les plaques de mauvaise qualité).

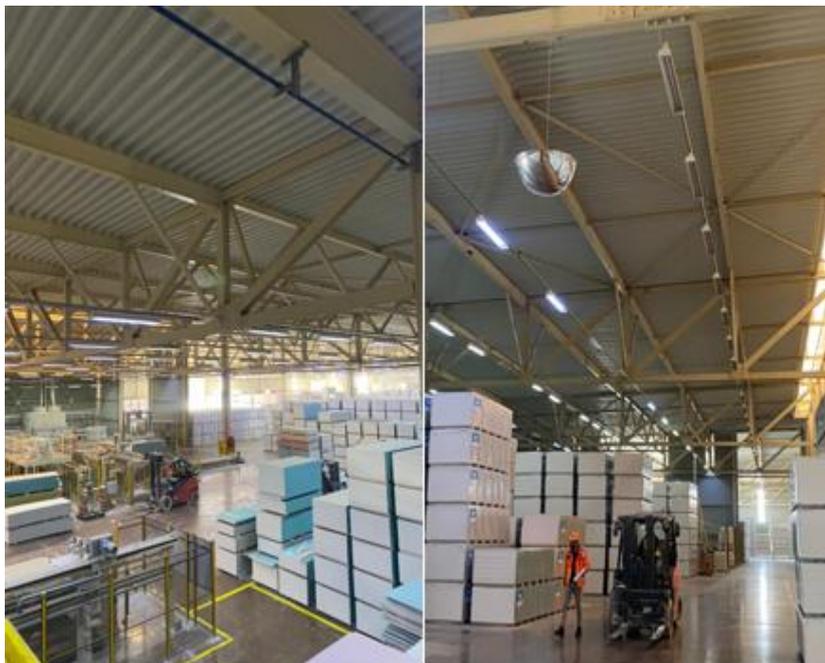


Figure II-7 : Zone de stockage des produits finis

2.7 -PRESENTATION DES POLITIQUES DE SECURITE DE KNAUF :

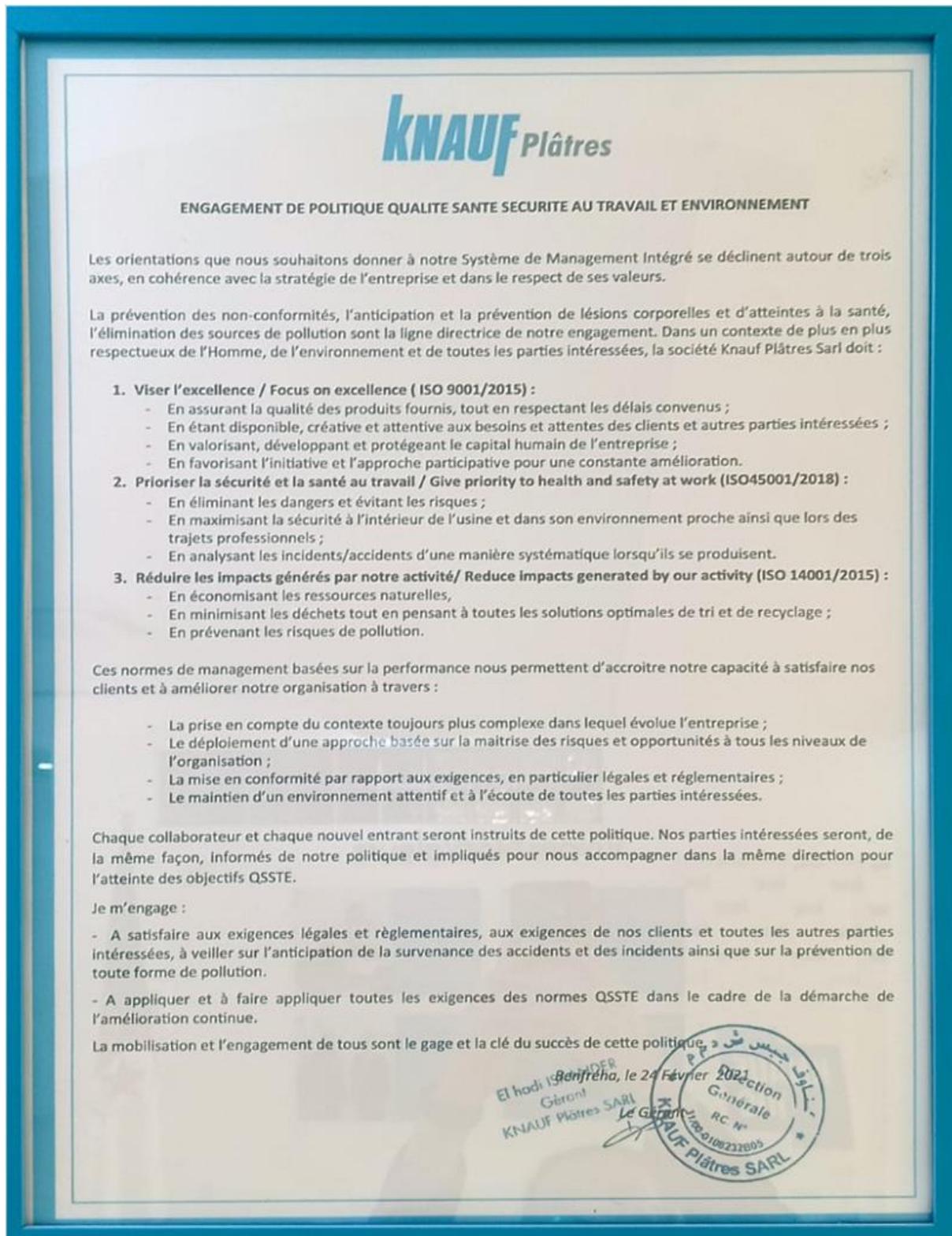


FIGURE II-8 : Politique QSTTE Knau

Dans le cadre de sa politique Santé et Sécurité au travail, KNAUF Plâtres Sarl s'engage à mettre œuvre tous les moyens, pour que les conditions de travail, les équipements et les lieux de travail soient sécurisés, ainsi qu'inciter les employés à participer à l'identification, la prévention, l'élimination dangers et des risques et d'épreuve de responsabilité en matière de SST :

- Intégrer la santé et la sécurité dans tous les processus de gestion.
- Identifier, évaluer les risques et mettre en œuvre les mesures, qui permettront d'éliminer ou maîtriser efficacement les risques.
- Mesurer la performance en SST selon les normes établies et communiquer les résultats aux employés.
- Mettre à jour et tester les procédures d'urgence.
- Exiger à tous ses sous-traitants travaillant sur site, d'être au même niveau de sécurité.
- Mettre en reliefs les valeurs KNAUF et sensibiliser l'ensemble du personnel sur ces quatre valeurs, l'humanité, le partenariat, l'engagement et l'esprit d'entreprise.
- KNAUF Plâtres Sarl est une entreprise de production et vente des plâtres poudres, plaques de plâtres et les ossatures métalliques ainsi que le gypse stérile pour les cimenteries.
- KNAUF exporte la plaque de plâtre et les ossatures métalliques et les produits poudres vers les pays de l'Afrique (Tunisie, Maroc, Lybie, Syrie, Egypte, Nigeria, Angola...) et vers l'Amérique latine
- Ils produisent plus de 20 gammes de produits poudres et trois types de plaques de plâtres de différente dimension, ainsi que les ossatures métalliques.

KNAUF Plâtres Sarl possède des certifications système :

- ISO 9001V2008
- ISO 14001V2004
- ISO 45001V2018
- OHSAS 18001 V 2007



Figure II-9 : Les certifications de l'usine KNAUF (1)

Ainsi que des certifications produites :

- Marquage NF des plaques de plâtres en 2011 (certifié par le CSTB-France)
- Marquage NF des ossatures métalliques en cours

En projet le référentiel de certification au marquage Tedj des plâtres poudres et les plaques de plâtres et des certifications projets :

- Marquage NA pour les plaques de plâtres (Tedj)
- Marquage NA pour les enduits Plâtres (Tedj) en cours avant fin 2014

Certification Tedj : TEDJ est un label de qualité national de certification volontaire délivré par l'Institut Algérien de Normalisation. Ce label apposé sur un produit, atteste que ce dernier a été évalué et certifié conforme aux normes Algériennes le concernant. Le système de certification TEDJ des produits comporte des essais et d'une évaluation du système qualité concerné



Figure II-10 : Les certifications de de l’usine KNAUF

2.8 . ELEMENTS DE SURVEILLANCES DU SYSTEME MANAGEMENT QSSTE :

La surveillance du système de management QSE repose sur une évaluation continue des performances, la gestion des objectifs QSSTE, la conformité réglementaire, la gestion des risques et des opportunités, ainsi que le développement des compétences et la formation. Les performances sont évaluées par des revues de direction, des audits QSE et des actions correctives issues des fiches de non-conformité.[13]

Les objectifs QSSTE sont documentés dans un tableau unique, incluant la méthodologie de calcul, les objectifs et les cibles, permettant aux pilotes de processus et à leurs collaborateurs de suivre l'évolution des indicateurs via des tableaux de bord et des graphiques. Pour assurer la conformité réglementaire en matière d'environnement, de santé et de sécurité au travail, KNAUF Plâtres s'appuie sur une veille réglementaire et un réseau de compétences internes. La gestion des risques et des opportunités est effectuée à travers une analyse des risques liés à la qualité, des fiches d'identification des risques professionnels, des documents de prévention des situations d'urgence, et une analyse environnementale globale des activités. Enfin, le développement des compétences des équipes est un enjeu majeur, avec des programmes de formation adaptés aux exigences des référentiels applicables et aux évolutions des missions et activités, garantissant ainsi la qualité de service et le professionnalisme attendus par les clients.[13]

2.9 Conclusion

En conclusion, SARL KNAUF Plâtres se démarque par son engagement en matière d'Hygiène, Sécurité et Environnement (HSE). L'analyse approfondie de ses produits, de ses processus de fabrication et de ses initiatives HSE met en lumière une entreprise qui accorde une grande importance à l'excellence opérationnelle et à la sécurité de ses collaborateurs. Les certifications obtenues témoignent de sa conformité aux normes internationales, renforçant ainsi la confiance de ses clients et partenaires. Grâce à sa combinaison de tradition et d'innovation, SARL KNAUF Plâtres maintient une position solide sur le marché des matériaux de construction, tant en Algérie qu'à l'international. Son engagement envers des pratiques sécuritaires avancées la place en bonne posture pour assurer un avenir durable et sûr pour tous.

3 CHAPITRE : APPLICATION

3.1 Introduction

Ce chapitre se focalise sur l'évaluation du niveau d'intégrité de sécurité d'un ensemble de système instrumenté de sécurité implanté dans l'usine de production de faux plafonds de l'entreprise KNAUF. Ce choix spécifique découle de la complexité structurelle de l'usine et de l'importance cruciale de la sécurité dans ses opérations quotidiennes.

Pour atteindre cet objectif, nous avons choisi une approche analytique basée sur la norme CEI 61508, largement reconnue pour la gestion de la sécurité fonctionnelle des systèmes électriques, électroniques et programmables. Notre méthode d'évaluation repose sur l'utilisation du graphe de risques, qui est principalement qualitative et utilise des critères qualitatifs pour évaluer les risques et déterminer le niveau SIL.

3.2 Objectif

Notre étude se concentre sur l'évaluation du niveau d'intégrité de sécurité (SIL) d'un ensemble de systèmes instrumentés de sécurité installés dans l'atelier de production de faux plafonds. L'objectif est de déterminer ce niveau en utilisant la méthode du graphe de risque, qui repose sur des critères qualitatifs pour évaluer les risques associés. Cette approche permet d'identifier et de classer les risques en fonction de la fréquence d'exposition au danger, de la probabilité d'occurrence de l'événement dangereux, de la possibilité d'éviter ou de limiter les conséquences, et des conséquences potentielles. En comparant les résultats obtenus à l'aide de cette méthode avec les exigences de sécurité fonctionnelle définies par la norme internationale CEI 61508, notre objectif est de garantir que les systèmes instrumentés de sécurité atteignent le niveau d'intégrité de sécurité requis pour un fonctionnement sûr et fiable. Secteur de Production de Faux Plafonds

Dans le cadre de cette étude, nous avons choisi de focaliser notre analyse sur l'atelier de production de faux plafonds, situé dans l'unité de production PLAQUE de l'usine KNAUF. Cette section joue un rôle crucial dans le processus de fabrication, garantissant la conformité des produits aux normes de qualité et de sécurité.

L'usine PLAQUE est un élément essentiel de la chaîne de production, assurant à la fois la fabrication et la qualité des produits finis. La diversité des équipements et la complexité des processus de fabrication en font une cible pertinente pour l'évaluation de l'intégrité des systèmes instrumentés de sécurité.

Pour assurer une évaluation rigoureuse et conforme aux meilleures pratiques internationales, nous appliquerons les normes IEC 61508 et IEC 61511 dans cette étude. Ces normes fournissent des cadres détaillés pour la conception, l'exploitation et la maintenance des systèmes de sécurité fonctionnelle. L'application de ces normes permettra d'évaluer de manière systématique et approfondie les systèmes instrumentés de sécurité en place, d'identifier les points faibles potentiels et de proposer des améliorations pour renforcer la sécurité opérationnelle

3.3 Justification du Choix de l'Étude

Le choix de concentrer notre étude sur le secteur de production de faux plafonds dans l'usine PLAQUE est motivé par plusieurs facteurs :

- Importance Stratégique : Ce secteur joue un rôle crucial pour la production globale de l'usine et tout dysfonctionnement pourrait avoir des répercussions significatives sur l'ensemble de la chaîne de production.
-
- Complexité des Systèmes : la fabrication de faux plafonds implique l'utilisation de nombreux systèmes instrumentés de sécurité. Il est essentiel d'évaluer régulièrement ces systèmes pour garantir leur efficacité et leur fiabilité.
- Objectifs de Sécurité : Évaluer l'intégrité de ces systèmes permet de prévenir les accidents, de minimiser les risques et d'assurer un environnement de travail sûr pour les employés.

3.4 Démarche méthodologique pour l'évaluation des conformités aux normes IEC 61508/IEC 61511

Pour évaluer l'intégrité des systèmes instrumentés de sécurité dans l'atelier de production de faux plafonds de l'usine PLAQUE et assurer leur conformité aux normes IEC 61508 et IEC 61511, une démarche méthodologique structurée et rigoureuse a été mise en place. Cette démarche s'appuie principalement sur l'utilisation d'une checklist détaillée regroupant les exigences des deux normes, permettant une évaluation systématique de chaque critère.

3.5 Méthodes de Collecte de Données

Pour mener à bien l'évaluation de l'intégrité des systèmes instrumentés de sécurité dans l'atelier de production de faux plafonds de l'usine PLAQUE, nous avons combiné deux méthodes de collecte de données complémentaires : les entrevues et l'observation sur site. Cette approche mixte nous permet de recueillir des informations qualitatives et quantitatives, essentielles pour répondre aux exigences des normes IEC 61508 et IEC 61511.

3.6 Entrevues/Questionnaire

La première méthode que nous avons utilisée pour collecter des données est celle des entretiens. Nous avons mené des entretiens structurés avec plusieurs employés travaillant dans l'atelier de production de faux plafonds. Ces entretiens nous ont permis d'obtenir des informations détaillées et des perspectives précieuses sur les systèmes instrumentés de sécurité en place, en vue de compléter la checklist. Les personnes interrogées présentaient différents profils professionnels.

- Un ingénieur mécanique : Il nous a fourni des informations sur les aspects techniques et les spécifications des équipements utilisés, ainsi que sur les pratiques de maintenance préventive et corrective.

- Un ingénieur en maintenance : Son expertise nous a aidés à comprendre les procédures de maintenance des systèmes instrumentés, les défis rencontrés et les mesures prises pour assurer leur fiabilité et leur conformité aux normes.

- Un instrumentiste : Il nous a donné un aperçu des systèmes de contrôle et de surveillance, des pratiques de calibration et des tests effectués pour garantir le bon fonctionnement des instruments de sécurité.

- L'équipe du département QHSE (Qualité, Hygiène, Sécurité et Environnement) : Leur contribution a été essentielle pour comprendre les politiques de sécurité en place, les procédures d'audit, et les mesures préventives adoptées pour assurer la conformité aux normes de sécurité.

Ces entretiens ont été essentiels pour une compréhension approfondie du fonctionnement quotidien des systèmes de sécurité, pour identifier les éventuels points faibles, et pour recueillir des suggestions d'amélioration directement auprès des personnes travaillant sur le terrain. En complément, un questionnaire a été élaboré pour garantir la crédibilité de notre recherche et obtenir des réponses précises à nos questions. Ce questionnaire portait spécifiquement sur la sécurité au sein de l'atelier de production de faux plafonds, en mettant l'accent sur les systèmes instrumentés de sécurité. Il a été administré à diverses catégories de travailleurs de l'atelier, afin de recueillir des données variées et représentatives des différentes perspectives et expériences en matière de sécurité. Les résultats obtenus permettent de mieux comprendre les dynamiques et les pratiques de sécurité au sein de cet environnement de travail.

Le tableau ci-dessous présente les questions posées aux personnes interrogées dans le cadre de ce questionnaire :

| | |
|--|--------------------------------------|
| quelle est votre estimation sur la sécurité de l'atelier de production faux plafonds ? | sur |
| | moyen |
| | Pas sur |
| quel est le degré de gravité d'accidents pouvant se produire au niveau de l'atelier ? | Blessures minimales |
| | Blessures plus ou moins conséquentes |
| | Plusieurs victimes |
| | Grands nombres de victimes |
| est ce que tous les sis de l'atelier de faux plafonds sont reliés au panneau de contrôle ? | Oui |
| | Non |
| l'atelier contient il un arrêt d'urgence automatique ? | Oui |
| | Non |
| a quel niveau estimez vous l'exposition des opérateurs aux parties dangereuses de la machine ? | Rare |
| | Frequent |
| des solutions ont elles été proposées et mises en place pour réduire l'apparition d'accidents ? | Oui |
| | Non |
| est ce que des tests périodiques sont programmés pour la maintenance des sis ? | Oui |
| | Non |
| existes t'il des phénomènes dangereux non évitables ? | Oui |
| | Non |
| | Tres faible |
| | Faible |

| | |
|---|-------|
| selon vos évaluations, la probabilité d'apparition d'un accident est estimé a | Forte |
|---|-------|

Tableau II-1 : Questionnaire adressé aux travailleurs

3.7 Architecture des SIS étudiés :

Le processus de la chaîne de production de faux plafonds nécessite une coordination précise entre les machines et les opérateurs pour assurer la sécurité et l'efficacité de la production , pour cela divers systèmes instrumentés de sécurité sont mis en place , Notre SIS contient les éléments suivants :

3.7.1 Élément d'entrée :

3.7.1.1 Capteurs de Sécurité

3.7.1.1.1 Capteurs de présence :

Ces capteurs détectent la présence des opérateurs ou d'objets étrangers dans des zones dangereuses de la chaîne de production. Ils empêchent ainsi les accidents en stoppant automatiquement la machine lorsque quelqu'un ou quelque chose pénètre dans une zone critique.

3.7.1.1.2 Interrupteurs de fin de course :

Ils s'assurent que les composants mobiles de la machine sont correctement positionnés avant de permettre le fonctionnement. Cela évite les dysfonctionnements mécaniques et les collisions.

3.7.1.1.3 Capteurs de position :

Ils surveillent la position des composants de la machine pour éviter les collisions entre les pièces mobiles et assurer une synchronisation parfaite du processus de production.

3.7.1.2 Barrières et Rideaux de Sécurité :

3.7.1.2.1 Barrières immatérielles :

Utilisant des faisceaux lumineux, ces barrières détectent l'entrée dans des zones dangereuses et arrêtent automatiquement la machine si le faisceau est interrompu. Elles sont essentielles pour protéger les opérateurs sans entraver le processus de production.

3.7.1.2.2 Barrières physiques :

Ces barrières mécaniques ou cages protègent les zones dangereuses pour empêcher l'accès non autorisé. Elles sont robustes et assurent une protection physique efficace contre les accidents.

3.7.1.3 Dispositifs de Protection contre les Surcharges :

3.7.1.3.1 Fusibles et disjoncteurs :

Ces dispositifs protègent les circuits électriques contre les courts-circuits et les surintensités, empêchant ainsi les incendies et les dommages aux équipements.

3.7.2 Unité logique (Automates de sécurité PLC) :

Ces dispositifs surveillent en permanence les différents systèmes de sécurité de la chaîne de production, reçoivent le signal qui indique une intrusion ou une présence dans la zone protégée. Il interprète ce signal en fonction des paramètres de sécurité et des configurations prédéfinies, compare le signal reçu avec les conditions de déclenchement définies, si les conditions sont remplies il considère l'événement comme une véritable détection. Exécute les actions appropriées en réponse au signal. Automates de sécurité

3.7.3 Eléments finaux (actionneur) :

3.7.3.1 Relais de surcharge :

Ils protègent les moteurs et autres composants électriques contre les surcharges en coupant automatiquement l'alimentation électrique lorsque des conditions de surcharge sont détectées

3.7.3.2 Dispositifs d'arrêt d'urgence :

3.7.3.2.1 Boutons d'arrêt d'urgence :

Ces boutons sont positionnés à des endroits stratégiques le long de la chaîne de production. Ils permettent un arrêt immédiat de la machine en cas de danger, offrant ainsi une réponse rapide en situation d'urgence.

3.7.3.2.2 Câbles d'arrêt d'urgence :

Installés autour des zones de travail, ces câbles permettent un arrêt rapide de la machine lorsque tirés. Ils offrent une sécurité supplémentaire en permettant aux opérateurs de stopper la production rapidement en cas de besoin.

3.7.3.2.3 Mécanismes de verrouillage et de déverrouillage (dans les barrières physiques) :

Verrouillage des portes de sécurité : Pour empêcher l'accès aux zones dangereuses pendant que les machines sont en fonctionnement.

3.7.3.2.4 Systèmes d'alarme visuelle et sonore :

Ces systèmes avertissent les opérateurs en cas de détection d'un problème de sécurité par des signaux visuels (lumières clignotantes) et sonores (sirènes) pour alerter rapidement le personnel

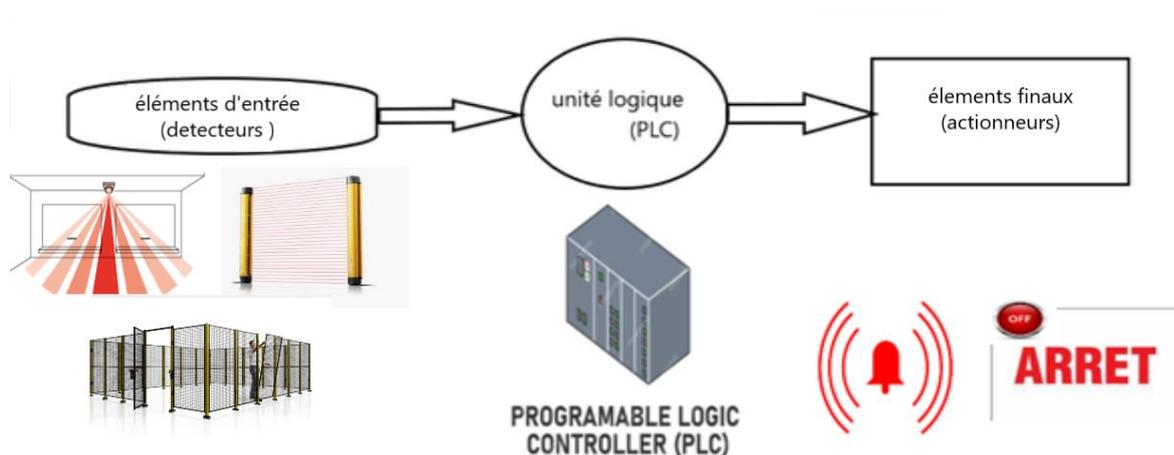


Figure III-1 : Description du SIS étudié

3.8 Architecture fonctionnelle d'un SIS

Chaque SIS est formé de plusieurs fonctions instrumentées de sécurité qui inclut trois fonctionnalités de base, la détection (ou la mesure), la décision et l'actionnement. Les exigences de niveaux d'intégrité de sécurité sont allouées aux fonctions instrumentées de sécurité spécifiques. Il est important de faire une analyse architecturale de matériel supportée par la fonction instrumentée de sécurité spécifique pour évaluer l'intégrité de sécurité.

Dans ce contexte, les architectures les plus rencontrées relatives à une redondance de type KooN qui signifie l'existence de deux éléments ou plus, de sorte qu'en cas de défaillance d'un élément, le système réalise sa fonction utilisant l'autre élément.

3.8.1 1oo1 :

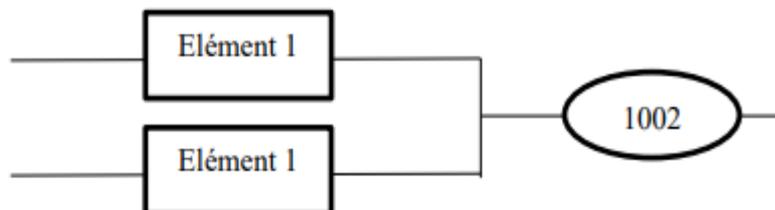
cette architecture est formée d'un seul élément, une défaillance dangereuse de ce dernier empêche le traitement correct de tout signal d'alarme valide[1].



FigureIII-2 : Architecture 1oo1

3.8.2 1oo2 :

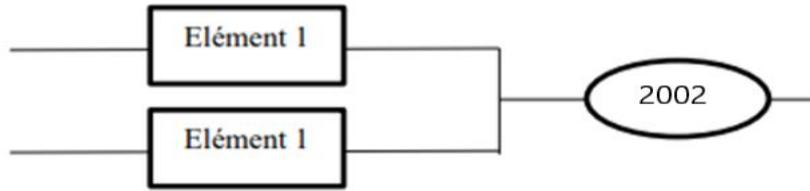
Cette architecture contient deux éléments qui sont connectés en parallèles de manière à chacun puisse traiter sa fonction de sécurité.



FigureIII-3 : Architecture 1oo2

3.8.3 2oo2 :

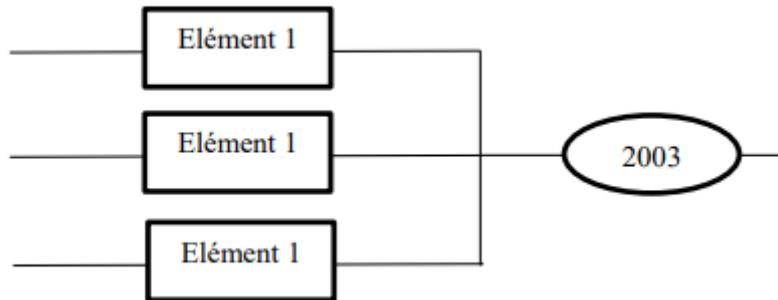
Ce type d'architecture est constitué de deux éléments de façon que l'activation de la fonction de sécurité soit à la demande des éléments [17].



FigureIII-4 : Architecture 2002

3.8.4 2003 :

une architecture qui comprend trois éléments, tel que la fonction de sécurité est activée uniquement si deux éléments parmi les trois en font la demande[1].



FigureIII-5 : Architecture 2003

3.9 Détermination du niveau de SIL cible :

3.9.1 Evaluation des risques de l'échantillon :

| Danger | Situation Dangereuse | Risque | Dommage |
|---|--|---|-----------------------------|
| Chariot elevateur | enlevement des palettes | charger et decharger des charges lourdes, manipuler en presences de personnels, inattention du conducteur | blessures graves, fractures |
| rouleaux convoyeurs | travailler à proximité ou intrusion d'une personne sous les rouleaux | verification de la plaque ou l'etat des bandes | blessures graves |
| Boite de 25 kg | Manutention manuelle | Activité prolongée avec mauvaise posture | TMS |
| Colle incrusté a l'interieur des pompes | Manipulation ou nettoyage | contact direct avec la peau | irritation Cutané |

Tableau III-2 : Évaluation des risques pour l'atelier de production de faux plafonds

3.9.2 Graphe de risque :

En appliquant les méthodes choisies, le graphe de risque obtenu est le suivant :

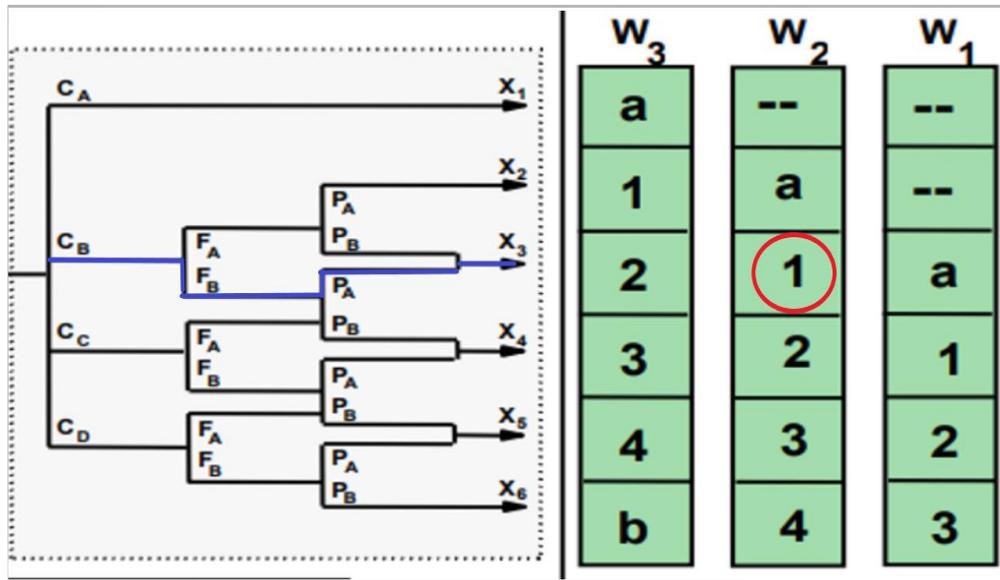


Figure III-6 : Graphe de risque du SIS

3.9.3 Interprétation des résultats du graphe de risque :

Le chemin de gauche à droite est déterminé par les valeurs de paramètre de risque sélectionnées. Le résultat sélectionné, la fréquence d'occupation et la probabilité d'évitement conduisent à une certaine ligne de sortie, X. La ligne de sortie conduit à trois valeurs du paramètre W.

Le choix du paramètre W est la dernière étape pour déterminer le niveau SIL. Le choix d'un paramètre W plus élevé entraîne un niveau SIL plus élevé.

Il est estimé que la conséquence probable est une blessure grave à une ou plusieurs personnes, Cb est sélectionné.

Si la zone pourrait être exposée au personnel fréquemment, Fb est choisi.

Il est possible que dans certaines conditions les événements indésirables puissent être évités, ce qui signifie que le paramètre Pa doit être choisi. La combinaison de ces paramètres de risque conduit à la ligne de sortie X3. Considérant une faible probabilité qu'un événement indésirable se produise, W2 est sélectionné. Selon la figure SIL 1 est requis.

3.10 Conclusion

En conclusion, notre étude approfondie des Systèmes Instrumentés de Sécurité (SIS) installés dans l'atelier de production de faux plafonds a permis d'évaluer les différents paramètres de risque et d'appliquer des méthodes d'analyse rigoureuses. Nous avons ainsi pu associer spécifiquement ces paramètres aux niveaux d'intégrité de sécurité requis. Cette évaluation a pris en compte le risque tolérable lié aux phénomènes dangereux identifiés. À l'aide du diagramme de risque que nous avons élaboré, nous avons déterminé le niveau d'intégrité de sécurité (SIL) approprié pour les systèmes étudiés. Nos résultats indiquent clairement que les systèmes en question atteignent un niveau de sécurité SIL1. Cette classification SIL1 signifie que les SIS disposent d'une probabilité de défaillance relativement faible dans les conditions de risque définies, offrant ainsi une protection adéquate contre les dangers identifiés. En résumé, notre étude a démontré, par une approche méthodique et conforme aux standards de la CEI 61508, que l'ensemble des systèmes instrumentés de sécurité répond efficacement aux exigences de sécurité avec un niveau SIL1, assurant ainsi une gestion appropriée des risques.

***4 Chapitre : PROPOSITIONS
D'AMELIORATION***

4.1 INTRODUCTION

Le processus de détermination du niveau d'intégrité de sécurité (SIL) des Systèmes Instrumentés de Sécurité (SIS) revêt une importance cruciale dans le contexte de la gestion des risques industriels. Dans ce dernier chapitre, nous examinons en détail les conclusions de notre étude concernant les SIS installés dans l'atelier de production de faux plafonds. Notre évaluation a révélé que ces systèmes atteignent le niveau SIL1, ce qui indique une probabilité de défaillance par demande acceptable dans les conditions de risque spécifiques définies.

Ce niveau de sécurité est jugé approprié pour les applications où les conséquences d'une défaillance sont considérées comme tolérables, offrant ainsi une protection essentielle contre les dangers identifiés. Toutefois, il est important de noter que cette évaluation marque le début plutôt que la fin du processus. Conformément à la norme CEI 61508, qui régit les exigences de sécurité des systèmes électriques, électroniques et programmables, une approche d'amélioration continue est cruciale même pour les systèmes ayant initialement atteint leurs objectifs de sécurité.

Ce chapitre se concentre donc sur les implications de ces résultats et les recommandations pour assurer une gestion efficace et proactive de la sécurité des SIS à l'avenir. En examinant les défis émergents et les opportunités d'amélioration, nous visons à renforcer la résilience des systèmes face aux évolutions technologiques et aux dynamiques industrielles en constante évolution.

- Stratégies d'amélioration

La sécurité et l'efficacité d'un Système Instrumenté de Sécurité (SIS) ne doivent pas être considérées comme des états statiques, mais plutôt comme des processus dynamiques qui nécessitent une attention et une amélioration continue. Bien que le SIS étudié ait atteint le niveau d'intégrité de sécurité SIL1, il est essentiel de continuer à chercher des moyens d'optimiser ses performances et de garantir une protection optimale contre les risques potentiels.

Les recommandations présentées ici offrent une feuille de route pour préparer l'organisation à répondre efficacement aux futurs défis :

- Solutions Générales pour l'Amélioration de la Sécurité

A. Optimisation des Processus

4.1.1 Analyse des Scénarios de Risque :

Une réévaluation régulière des scénarios de risque permet d'identifier toute nouvelle menace potentielle ou tout changement dans les conditions opérationnelles spécifiques au système d'arrêt d'urgence basé sur des capteurs de mouvement. Il est recommandé de :

4.1.2 Identification des dangers :

- Mettre en place un calendrier pour la révision périodique des scénarios de risque, en prenant en compte les incidents récents et les changements dans l'environnement de travail.
- Utiliser des techniques d'analyse de risque avancées, comme l'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE) ou l'analyse quantitative de risque (AQR), appliquées spécifiquement aux capteurs de mouvement et aux mécanismes d'arrêt d'urgence.

4.1.3 Mise en place du cycle de sécurité :

Établir un cycle de vie de sécurité complet couvrant la conception, la mise en œuvre, la maintenance et la mise hors service du système.

4.1.4 Conception :

Intégrer les exigences de sécurité dès la phase de conception en utilisant des modèles et des standards adaptés.

4.1.5 Mise en œuvre :

Développer et installer les systèmes conformément aux exigences de sécurité spécifiées.

4.1.6 Maintenance :

Mettre en place des procédures de maintenance préventive et corrective pour garantir le maintien du niveau de sécurité tout au long de la vie du système.

4.1.7 Mise hors service : Planifier et exécuter la mise hors service des systèmes en toute sécurité pour éviter les risques résiduels.

4.2 Mise à jour des Protocoles de Maintenance

Les protocoles de maintenance doivent être améliorés pour garantir un entretien régulier et proactif des capteurs de mouvement et des systèmes associés. Cela peut inclure :

- La mise en œuvre de programmes de maintenance préventive basés sur des analyses de défaillance passées, avec un accent particulier sur les capteurs de mouvement et les composants critiques de l'arrêt d'urgence.
- L'intégration de la maintenance conditionnelle, utilisant des capteurs et des systèmes de surveillance pour déclencher des interventions en fonction de l'état réel des équipements, en particulier les capteurs de mouvement.

4.3 Améliorations Techniques

4.3.1 Modernisation des Équipements

La modernisation des équipements peut augmenter la fiabilité et l'efficacité du système d'arrêt d'urgence. Les actions possibles incluent :

- Remplacer les capteurs de mouvement obsolètes par des technologies plus modernes et fiables, capables de détecter avec plus de précision les mouvements suspects et de déclencher l'arrêt d'urgence plus efficacement.

- Utiliser des dispositifs intelligents capables de fournir des diagnostics avancés et de s'auto-surveiller, assurant une détection et une réponse plus rapide aux anomalies.

4.3.2 Redondance des Systèmes

L'ajout de redondance peut améliorer la tolérance aux pannes et la fiabilité globale du système d'arrêt d'urgence. Cela peut être réalisé en :

- Intégrant des systèmes de secours pour les capteurs de mouvement critiques, afin d'assurer qu'une défaillance d'un capteur n'entraîne pas un échec de l'ensemble du système d'arrêt.
- Implémentant des architectures de redondance en parallèle pour les contrôleurs et les capteurs de mouvement, garantissant qu'un chemin de contrôle ou de capteur puisse prendre le relais sans interruption en cas de défaillance.

4.4 Formation et Sensibilisation :

4.4.1 Programmes de Formation :

La formation régulière du personnel est essentielle pour maintenir un haut niveau de compétence et de vigilance, en particulier concernant l'utilisation et la maintenance des capteurs de mouvement et du système d'arrêt d'urgence. Les initiatives peuvent inclure :

- Organiser des ateliers de formation périodiques sur les meilleures pratiques en matière de sécurité et de maintenance, avec un accent particulier sur les capteurs de mouvement et les scénarios d'arrêt d'urgence.
- Développer des modules de formation en ligne accessibles à tout moment pour le personnel, incluant des vidéos, des quiz interactifs, et des études de cas sur les systèmes d'arrêt d'urgence.

4.4.2 Sensibilisation à la Sécurité

Promouvoir une culture de la sécurité au sein de l'organisation encourage tous les employés à être vigilants et proactifs en matière de sécurité. Les actions possibles sont :

- Lancer des campagnes de sensibilisation à la sécurité avec des affiches, des newsletters et des séminaires, mettant en évidence l'importance des capteurs de mouvement et des systèmes d'arrêt d'urgence.
- Instituer des programmes de reconnaissance et de récompense pour les employés qui démontrent un engagement exceptionnel envers la sécurité, en particulier ceux qui identifient et rapportent des problèmes liés aux capteurs de mouvement et aux arrêts d'urgence

4.5 Surveillance et Contrôle

4.5.1 Systèmes de Surveillance Continue

Installer des systèmes de surveillance en temps réel permet de détecter et signaler rapidement toute anomalie ou défaillance potentielle des capteurs de mouvement et des systèmes d'arrêt d'urgence. Les solutions peuvent inclure :

- Utiliser des capteurs avancés pour surveiller les paramètres critiques du système en continu, assurant une détection rapide des mouvements suspects et des anomalies de fonctionnement.
- Mettre en œuvre des systèmes de gestion des alarmes qui priorisent et filtrent les alertes pour éviter la surcharge d'informations, en se concentrant sur les alertes critiques liées aux capteurs de mouvement.

4.5.2 Audits de Sécurité

Effectuer des audits de sécurité périodiques est crucial pour évaluer l'efficacité des mesures en place et identifier les domaines nécessitant des améliorations. Les pratiques recommandées sont :

- Planifier des audits internes réguliers et des audits externes par des tiers pour une perspective impartiale, en se concentrant sur les capteurs de mouvement et les systèmes d'arrêt d'urgence.
- Utiliser les résultats des audits pour ajuster et améliorer continuellement les protocoles de sécurité et de maintenance, en tenant compte des particularités des capteurs de mouvement.

4.6 Solution Personnalisée - Système de Gestion Intelligente des Risques (SIGR)

4.6.1 Concept du SIGR

Le Système de Gestion Intelligente des Risques (SIGR) est une solution innovante proposée pour améliorer la sécurité et l'efficacité des SIS dans l'usine KNAUF. Le SIGR intègre les technologies de l'Internet des Objets (IoT) et de l'Intelligence Artificielle (IA) pour fournir une gestion proactive des risques.

4.6.2 Composants du SIGR

4.6.2.1 Capteurs IoT :

- **Capteurs de Vibration** : Installés sur les machines pour détecter les vibrations anormales qui peuvent indiquer un dysfonctionnement imminent.
- **Capteurs de Température** : Surveillent les températures critiques des composants pour prévenir la surchauffe et les incendies.
- **Capteurs de Pression** : Utilisés pour vérifier la pression des systèmes hydrauliques et pneumatiques.
- **Capteurs de Gaz** : Détectent la présence de gaz dangereux dans l'environnement de travail.
- **Capteurs de Mouvement** : Surveillent les zones dangereuses pour détecter toute intrusion non autorisée ou mouvement suspect.

4.6.2.2 Plateforme IoT :

- **Réseau de Communication** : Utilise des technologies sans fil comme LoRaWAN ou NB-IoT pour transmettre les données des capteurs en temps réel.
- **Passerelle IoT** : Agrège les données des capteurs et les envoie vers le cloud pour le traitement et l'analyse.

4.6.2.3 Moteur d'Intelligence Artificielle (IA) :

- **Algorithmes de Machine Learning** : Analysent les données en temps réel pour détecter les anomalies et prédire les défaillances potentielles.

- **Modèles de Prédiction** : Utilisent les données historiques et en temps réel pour prévoir les besoins de maintenance et optimiser les calendriers d'intervention.
- **Systèmes de Détection d'Anomalies** : Identifient les écarts par rapport aux comportements normaux et envoient des alertes pour une intervention rapide.

4.6.3 Flux de données :

1. Capteur IoT collecte les données.
2. Données envoyées à la passerelle IoT.
3. Passerelle IoT transmet les données au module IA.
4. Module IA analyse les données et envoie les résultats au tableau de bord.

4.6.4 Fonctionnalités du SIGR

4.6.4.1 Surveillance en Temps Réel :

- **Tableaux de Bord Intuitifs** : Affichent les données en temps réel sur l'état des machines, les niveaux de sécurité, et les paramètres environnementaux.
- **Alertes et Notifications** : Envoient des alertes instantanées aux équipes de maintenance et de sécurité en cas de détection d'anomalies ou de conditions dangereuses.

4.6.4.2 Maintenance Prédictive :

- **Prévision des Défaillances** : Utilise l'IA pour prédire les défaillances avant qu'elles ne se produisent, permettant une intervention proactive.
- **Optimisation des Interventions** : Planifie les interventions de maintenance en fonction des prévisions pour minimiser les interruptions de production.

4.6.4.3 Amélioration Continue :

- **Analyse des Performances** : Évalue continuellement les performances des SIS et propose des améliorations basées sur les données collectées.

- **Retour d'Expérience (RETEX)** : Intègre les leçons apprises des incidents passés pour améliorer les stratégies de sécurité et de maintenance.

4.6.5 Avantages du SIGR

- **Réduction des Temps d'Arrêt** : Grâce à la maintenance prédictive, les temps d'arrêt imprévus sont minimisés, augmentant ainsi la disponibilité des systèmes.
- **Amélioration de la Sécurité** : La détection précoce des anomalies et la surveillance en temps réel améliorent la réactivité et la prévention des incidents.
- **Optimisation des Coûts** : En réduisant les interventions d'urgence et en optimisant les cycles de maintenance, les coûts opérationnels sont réduits.
- **Conformité aux Normes** : Assure la conformité aux normes de sécurité comme la CEI 61508, en fournissant une traçabilité complète et des rapports détaillés.

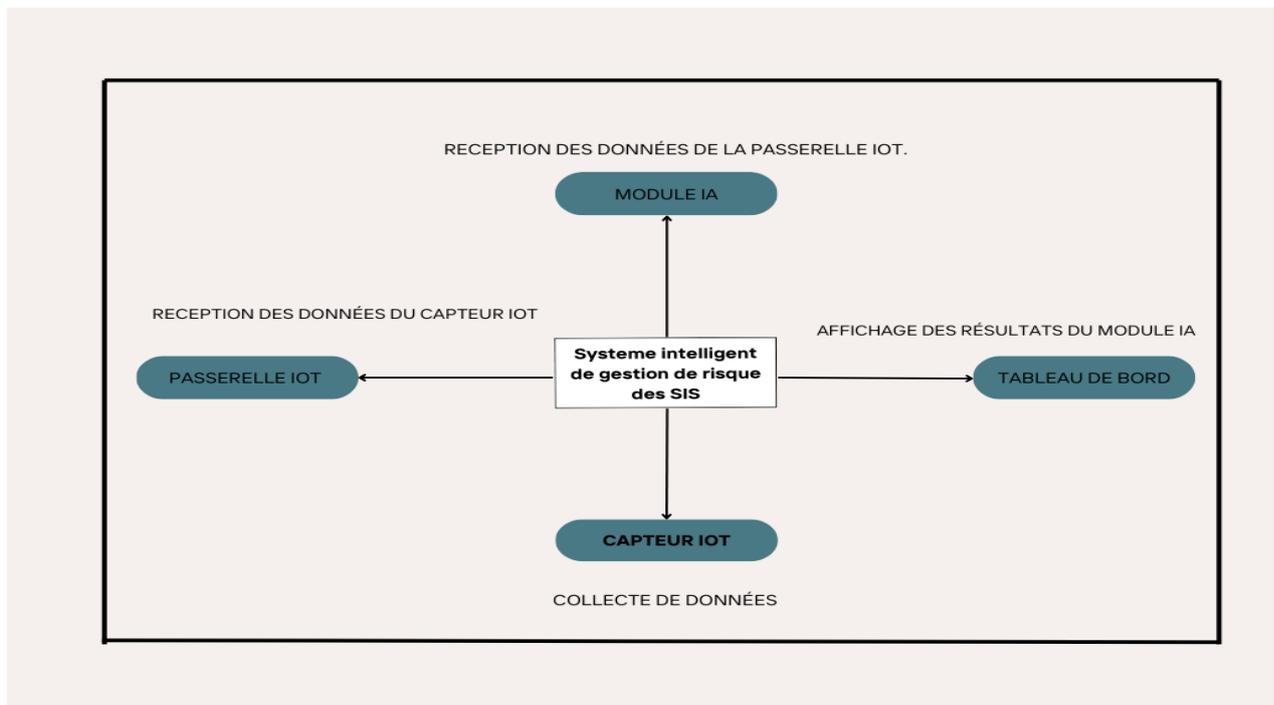


Figure IV-1 : Schéma Simplifié du Système Intelligent de Gestion de Risques (SIGR)

Le schéma ci-dessus illustre le flux de données dans un Système Intelligent de Gestion de Risques (SIGR). Le capteur IoT collecte les données en temps réel et les envoie à la passerelle IoT. La passerelle transmet ensuite ces données au module IA, qui les analyse pour détecter des anomalies et prédire des défaillances potentielles. Les résultats de cette analyse sont enfin affichés sur un tableau de bord, permettant une surveillance continue et des interventions proactives.

4.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons exploré diverses stratégies d'amélioration visant à renforcer la sécurité des systèmes instrumentés de sécurité (SIS) dans l'atelier de production de faux plafonds. Les propositions incluent des mesures générales telles que la formation continue des opérateurs, l'amélioration des procédures d'information et la mise en place de systèmes redondants pour garantir une fiabilité accrue. Nous avons également proposé une solution personnalisée innovante : le Système Intelligent de Gestion de Risques (SIGR). Ce système utilise les technologies de l'Internet des Objets (IoT) et de l'Intelligence Artificielle (IA) pour surveiller en temps réel les conditions de fonctionnement des équipements, analyser les données collectées, et fournir des alertes prédictives sur les anomalies potentielles. Cela permet une intervention proactive et une maintenance prédictive, réduisant ainsi les risques de défaillances et améliorant la sécurité globale de l'atelier.

En adoptant ces stratégies d'amélioration, l'usine KNAUF peut non seulement répondre aux exigences actuelles en matière de sécurité, mais aussi anticiper les défis futurs liés à la gestion des risques. Ces initiatives visent à promouvoir un environnement de travail plus sécurisé et efficient, conforme aux normes internationales de sécurité.

Conclusion générale

L'étude approfondie du niveau d'intégrité de sécurité (SIL) des Systèmes Instrumentés de Sécurité (SIS) dans l'atelier de production de faux plafonds de l'usine KNAUF a été menée en utilisant la méthode du graphe de risque conforme aux normes CEI 61508 et CEI 61511, révélant que les systèmes évalués atteignent le niveau SIL 1. Ce résultat démontre une réduction satisfaisante des risques dans les conditions opérationnelles définies.

Cette évaluation souligne l'efficacité des SIS actuellement en place et met en lumière l'importance cruciale d'une gestion proactive et continue des risques. Les recommandations formulées, axées sur des stratégies d'amélioration telles que la formation, la redondance des systèmes et l'implémentation d'un Système Intelligent de Gestion des Risques (SIGR), visent à renforcer encore davantage la sécurité et la fiabilité des opérations.

L'intégration de technologies avancées comme l'Internet des Objets (IoT) et l'Intelligence Artificielle (IA) ouvre des perspectives prometteuses pour une gestion proactive des risques. Le SIGR propose une approche novatrice pour la surveillance continue et l'analyse prédictive, facilitant ainsi une réaction rapide et une amélioration continue des processus de sécurité.

En conclusion, cette étude offre un cadre méthodologique robuste pour l'évaluation et l'amélioration de la sécurité fonctionnelle dans les environnements industriels. Elle contribue significativement à la création d'un environnement de travail plus sûr et plus fiable, conforme aux standards internationaux de sécurité.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] BELHADJ nourelhouda, « évaluaton du niveau d'intégrité de la sécurité dans l'industrie », oran 2, oran, 2019.
- [2] LeGuideISO, « Quelle est la définition du danger selon la norme ISO 45001 ? », Le guide ISO. Consulté le : 12 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur : <https://leguideiso.fr/iso-45001/definition-danger-45001/>
- [3] M. Sallak, « Évaluation de paramètres de sûreté de fonctionnement en présence d'incertitudes et aide à la conception : application aux Systèmes Instrumentés de Sécurité ».
- [4] F. Z. Labadlia, « Démarche D'déterminante de la Configuration ´ du Systeme Instrumente de S ` securit ´ e SIS », Université Badji Mokhtar, annaba, 2021.
- [5] « CoursIEC61508.pdf ». Consulté le : 12 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur : <https://pagesperso.g-scop.grenoble-inp.fr/~davidpie/fr/CoursIEC61508.pdf>
- [6] « barrières de sécurité.pdf », SlideShare. Consulté le : 18 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur : <https://fr.slideshare.net/slideshow/barrires-de-scuritpdf/252610980>
- [7] « DRA-17-164432-10199B_OMEGA10_VF_.pdf ». Consulté le : 12 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur : https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/DRA-17-164432-10199B_OMEGA10_VF_.pdf
- [8] W. Mechri, « Evaluation de la performance des Systèmes Instrumentés de Sécurité à paramètres imprécis », *Markov Chains*.
- [9] J. Bufferne, « La sécurité fonctionnelle dans l'industrie », 2015.
- [10] « 1. Etude d'allocation et de vérification de niveau SIL d'un système de détection F_G.pdf ».
- [11] H. Samia, « Evaluation et Optimisation des Performances des Systèmes Instrumentés de Sécurité pour une Meilleure Maîtrise des Risques ».
- [12] A. Mkhida, « Contribution à l'évaluation de la sûreté de fonctionnement des systèmes instrumentés de sécurité intégrant de l'intelligence ».
- [13] « Manuel QSE 12 09 2023 pour les stagiaires (1).doc ».
- [14] « Etude de danger (EDD) Production Poudre (1).pdf ».

