

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR -

ANNABA

جامعة بادجي مختار - عنابة

BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY



Faculté de Technologie

Département de Génie Mécanique

Spécialité : Ingénierie de la maintenance

Mémoire Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Thème :

**Application de la méthode PRINCE2 pour la gestion de l'arrêt
annuel de maintenance de l'entreprise TSS**

Présentée par : BENHELLAL Sara

Encadrant : M. BENAMIRA Mohamed

MCA

UBMA

Jury de Soutenance :

KhELIF Rabia	Pr	UBMA	Président
BENAMIRA Mohamed	MCA	UBMA	Encadrant
DERDAR Abderrahim	MCB	UBMA	Examineur

Année Universitaire : 2024/2025

Remerciements

*Je remercie Dieu Tout-Puissant de m'avoir accordé la santé, la patience et la force
Nécessaires pour mener à bien ce travail. Sans Sa bénédiction, rien de tout cela
N'aurait été possible.*

*Je tiens ensuite à remercier sincèrement mon encadreur BENAMIRA MOHAMED,
Pour sa précieuse aide, sa disponibilité et ses conseils éclairés tout au long de la
Réalisation de ce mémoire. Son accompagnement m'a permis de progresser à
Chaque étape de ce travail.*

*Je remercie également les ingénieurs de l'unité TSS, où j'ai effectué mon stage, pour
Leur accueil chaleureux, leur soutien technique, ainsi que pour les connaissances
Qu'ils ont bien voulu partager avec moi. Leur contribution a été d'une grande
Importance dans la réussite de ce projet.*

*Mes sincères remerciements vont également aux membres du jury pour avoir bien
Voulu examiner et évaluer ce travail, notamment Monsieur KHELIF RABIA, à qui
J'adresse ma profonde reconnaissance.*

*J'exprime aussi toute ma gratitude à ma famille, qui m'a toujours soutenue
Moralement et encouragée tout au long de mon parcours universitaire. Leur amour,
Leur patience et leur confiance ont été une source constante de motivation.*

*Je tiens également à remercier tous mes fidèles amis pour leur amitié sincère, ainsi
Que tous mes collègues pour les moments partagés, l'entraide et la solidarité.*

À toutes et à tous, je dis merci du fond du cœur.

Sarah

Dédicace

Je dédie ce travail :

Tout d'abord, à moi-même.

À celle que je suis devenue malgré les tempêtes, les épreuves et la douleur.

À moi, qui ai tenu bon face aux difficultés, et qui ai su trouver la force d'avancer, même dans les moments les plus sombres.

À moi, surtout, qui a terminé ce mémoire jusqu'au bout, malgré la perte récente de ma sœur bien-aimée, laissant derrière elle trois enfants dont j'ai désormais la charge.

Je dédie également ce mémoire à l'âme pure de mon père.

Que Dieu lui accorde Sa miséricorde.

Cinq années se sont écoulées depuis ton départ, mais ton amour, tes principes et ton exemple m'ont accompagnée chaque jour jusqu'à cette réussite.

À ma mère adorée, pilier de ma vie, réveil de mes matinées, soutien de mes soirées,

Qu'Allah te garde comme couronne sur ma tête.

À mes frères et ma sœur, notamment celle qui est aujourd'hui comme une seconde mère pour moi « ma sœur.

Merci pour votre amour inconditionnel, votre patience, vos encouragements et les valeurs que vous m'avez transmises.

Enfin, à tous les petits membres de ma famille, puissiez-vous voir dans ce parcours une source d'inspiration et de courage. Ce mémoire est aussi le vôtre.

Je vous aime tous

Résumé

Ce mémoire traite de l'application de la méthode PRINCE2 à la gestion de l'arrêt annuel de l'unité de Tuberie Sans Soudure (TSS) du complexe sidérurgique d'El Hadjar. L'objectif est d'améliorer l'organisation, la planification et le suivi de cette opération critique. À travers l'approche PRINCE2, l'arrêt annuel est considéré comme un projet, les outils proposés améliorent la coordination, l'efficacité et la maîtrise des différents actions de l'arrêt.

Liste des figures

N° Figure	Titre de la figure	Page
Figure I.1	Plan d'ensemble du complexe SIDER El Hadjar.	3
Figure I.2	Lingots ronds.	5
Figure I.3	Lingots dodécagonaux.	6
Figure I.4	Four à sole tournante.	6
Figure I.5	La presse à percer.	7
Figure I.6	Laminoir Oblique (L-O).	7
Figure I.7	Laminoirs à pas de pèlerin.	8
Figure I.8	Four à longerons.	19
Figure I.9	Calibreur à 5 cages.	19
Figure I.10	Four de revenu.	10
Figure I.11	Calibreur à 03 cages.	11
Figure I.12	Chanfreineuse.	11
Figure I.13	Magna poudre.	12
Figure I.14	La tolérance des ultrasons.	12
Figure I.15	Banc d'épreuve hydraulique.	12
Figure II.1	Préparation de la maintenance systématique.	20
Figure II.2	Organigramme Fonctionnel de l'unité TSS.	24
Figure II.3	Diagramme représente Synoptique et Type de Maintenance, TSS El Hadjar.	26
Figure II.4	Schéma explicatif des types de la maintenance préventive et corrective.	27
Figure II.5	Logigramme de Classification.	29
Figure II.6	Circulation du Bon de Travail.	31
Figure III.1	Exemple de Calendrier de Préventif systématique.	42
Figure III.2	Schéma explicatif de l'arrêt annuel dans les grandes installations.	44
Figure IV.1	Produits, Résultats, Bénéfices.	46
Figure IV.2	La direction de projet	48
Figure IV.3	Les membres d'une équipe	49
Figure IV.4	Synthèse de la méthode Prince2	50
Figure IV.5	Schéma explicatif de la structure de méthode PRINCE2.	52
Figure IV.6	Schéma explicatif de la justification continue appliquée à la gestion des arrêts planifiés de TSS.	53
Figure IV.7	Application du principe de Leçons tirées de l'expérience aux arrêts planifiés de TSS.	54

Figure IV.8	Application du principe de Rôles et responsabilités définis aux arrêts planifiés.	55
Figure IV.9	Application du principe de Management par Séquences aux arrêts planifiés.	56
Figure IV.10	Application du principe de Management par Exception aux arrêts planifiés.	57
Figure IV.11	Application du principe de Focalisation sur le Produit aux arrêts planifiés.	58
Figure IV.12	Application du principe d'adaptation à l'environnement du projet.	59
Figure IV.13	Optimisation du thème de business case aux arrêts planifiés.	60
Figure IV.14	Application du thème d'organisation aux arrêts planifiés.	61
Figure IV.15	Application du thème de la Qualité aux arrêts planifiés.	62
Figure IV.16	Application du thème des plans aux arrêts planifiés.	62
Figure IV.17	Application du thème de risque aux arrêts planifiés.	63
Figure IV.18	Application du thème de changement aux arrêts planifiés.	64
Figure IV.19	Application du thème de Progression (Avancement) aux arrêts planifiés.	65
Figure IV.20	Application du processus d'élaborer le projet (EP) aux arrêts planifiés.	66
Figure IV.21	Application du processus d'initialiser le projet (IP) aux arrêts planifiés.	67
Figure IV.22	Application du processus de contrôler aux arrêts planifiés.	67
Figure IV.23	Application du processus de gérer la livraison des produits (GLP).	68
Figure IV.24	Application du processus de diriger le Projet (DP).	69
Figure IV.25	Application du processus de gérer la Limite de séquence (LS).	69
Figure IV.26	Application du processus de Clore le projet (CP).	70

Liste des abréviations

Abréviation	Signification
ACE	Aciérie Électrique
API	American Petroleum Institute
BT	Bon de Travail
BSMC	Bon de Sortie Magasin pour Consommation
CD	Contrôles Destructifs
CND	Contrôles Non Destructifs
DA	Demande d'Achat
DE	Demande d'Étude

DM	Demande de Modification
EEM	Entretien Électrique et Mécanique
EXP	Exploitation
LAT	Laminoir à Tubes
MPA	Méthode des Potentiels (ordonnancement de projet)
MTD	Méthode Technique de la Direction
MTBF	Mean Time Between Failures (Temps Moyen Entre Deux Défaillances)
MTTR	Mean Time To Repair (Temps Moyen de Réparation)
OAC	Outillage à Chaud
PAT	Parachèvement des Tubes
PDR	Pièce de Rechange
PERT	Program Evaluation and Review Technique
SBS	Société Beaunoise Sidérurgique
SNS	Société Nationale de Sidérurgie
TSS	Tuberie Sans Soudure
TU	Taux d'Utilisation (ou Taux de marche)
TZ	Technicien de Zone

Table des matières

Résumé

Liste des figures

Liste des abreviations

Introduction générale

Introduction générale	1
------------------------------------	----------

Chapitre I : Présentation de l'unité TSS

I.1. Introduction.....	2
-------------------------------	----------

I.2. Présentation générale du complexe SIDER El Hadjar.....	2
--	----------

I.3. Organisation et missions de l'unité TSS	3
---	----------

I.3.1 L'aciérie électrique (ACE).....	3
---------------------------------------	---

I.3.2 Le laminoir à tubes (LAT) :	5
---	---

I.3.3 Le parachèvement des tubes (PAT) :	9
--	---

I.4. Environnement industriel et enjeux de production.....	13
---	-----------

I.4.1 Qualité des produits	13
----------------------------------	----

I.4.2 Continuité de la production	13
---	----

I.4.3 Compétitivité	13
---------------------------	----

I.4.4 Contraintes techniques	13
------------------------------------	----

I.4.5 Contrainte temporelle.....	14
----------------------------------	----

I.5. Les équipements critiques de l'unité (vue d'ensemble) :	14
---	-----------

➤ L'aciérie électrique.....	14
-----------------------------	----

➤ Le laminoir à tubes (LAT) :	14
-------------------------------------	----

➤ L'atelier de parachèvement (PAT) :	14
--	----

➤ L'atelier de parachèvement (PAT) :	15
--	----

I.6 Le rôle stratégique de la maintenance à la TSS	17
---	-----------

I.6.1 Disponibilité.....	17
--------------------------	----

I.6.2 Réduction des coûts	17
---------------------------------	----

I.6.3 Qualité du produit	17
--------------------------------	----

I.6.4 Amélioration continue.....	17
----------------------------------	----

I.6.5 Sécurité et conformité.....	17
-----------------------------------	----

Chapitre II : Fonctionnement du service Maintenance TSS

II. Généralités sur la fonction maintenance :	18
--	-----------

II.1 Introduction.....	18
-------------------------------	-----------

II.2 Définitions générales de la maintenance industrielle :	18
--	-----------

II.2.1 La maintenance corrective.....	18
II.2.2 La maintenance préventive	18
II.3 L'utilisation de l'ordonnancement des projets l'outil PERT en maintenance :	22
II.4 Description de la fonction maintenance au niveau de TSS	22
II.4.1 Préambule :	22
II.4.2 Domaine d'application :	23
II.4.3 Organigramme Fonctionnel de l'unité TSS :.....	23
II.5 Terminologie employée au niveau de TSS	25
II.6 Synoptique et Types de Maintenance :	26
II.7 Déroulement de la Maintenance Préventive :	28
Les Objectifs de la Maintenance Préventive :	28
II.8 Circulation du Bon de Travail :	32
II.9 Suivi des Modifications [9] :	32
Phase 1 :	32
Phase 2 :	33
Phase 3 :	35
Phase 4 :	35
Chapitre III : Description de l'arrêt annuel de maintenance au niveau de TSS	
III.1 Définition et importance de l'arrêt annuel :	37
III.2 Objectifs de l'arrêt annuel	37
III.3 Activités de l'arrêt annuel.....	37
III.4 Grands Travaux et Arrêt Annuel de la TSS:	38
III.4.1 Etude du bilan Arrêt Annuel N-1 :	38
III.4.2 Listing des travaux :	38
III.4.3 Détermination des moyens humains et Matériels :.....	38
III.4.4 Affectation des Travaux :	39
III.4.5 Remise des Plannings aux différents intervenants pour critique :.....	39
III.4.6 Elaboration du Document final :	39
III.4.7 Elaboration du Planning Général :	39
III.4.8 Réunions de synthèse.....	40
III.4.9 Planning De l'Arrêt Annuel :	40
III.5 Caractéristiques principales d'un arrêt annuel [9] :	42
III.6 Mise en œuvre à SIDER El Hadjar – Unité TSS	43

III.7 Organisation et suivi :	43
III.8. Contraintes et enjeux :	44

Chapitre IV : Application de la méthode PRINC2

IV.1 Description de la méthode PRINCE 2 :	44
--	-----------

IV.1.1 La définition de la méthode Prince2:	44
--	-----------

IV.1.2 Les sept Principes de la méthode Prince2:	44
---	-----------

✓ Justification continue pour l'entreprise :	44
✓ Leçons tirées de l'expériences :	44
✓ Rôles et responsabilités définis :	44
✓ Management par Séquences :	44
✓ Management par Exception :	45
✓ Focalisation sur le produit :	45
✓ Adaptation à l'environnement du projet :	45

IV.1.3 Les sept thèmes de Méthode Prince2 :	45
--	-----------

Présentation :	45
-----------------------	-----------

✓ Le Business case :	46
✓ L'organisation :	47
✓ Qualité :	49
✓ Plans :	49
✓ Risque :	49
✓ Changement :	49
✓ Progression :	49

IV.4 Les sept processus de Méthode PRINCE2 :	50
---	-----------

✓ Elaborer (EP) :	50
✓ Initialiser le projet (IP) :	50
✓ Contrôler :	50
✓ Gérer la livraison des produits (GLP) :	51
✓ Diriger le projet (DP) :	51
✓ Gérer la limite de Séquence (LS) :	51
✓ Clore le projet :	51

IV.2 Application à l'arrêt annuel de TSS :	51
---	-----------

IV.2.1 Les principes :	52
-------------------------------	-----------

✓ Justification continue pour l'entreprise :	52
✓ Leçons tirées de l'expériences :	53
✓ Rôles et responsabilités définis :	54
✓ Management par Séquences :	55
✓ Management par Exception :	56
✓ Focalisation sur le produit :	57
✓ Adaptation à l'environnement du projet :	58

IV.2.2 Les thèmes : 59

- ✓ Le Business case :59
- ✓ L'organisation :60
- ✓ Qualité :61
- ✓ Plans :62
- ✓ Risque :63
- ✓ Changement :64
- ✓ Progression :64

IV.2.3 Les processus : 65

- ✓ Elaborer (EP) :65
- ✓ Initialiser le projet (IP) :66
- ✓ Contrôler :67
- ✓ Gérer la livraison des produits (GLP) :68
- ✓ Diriger le projet (DP) :68
- ✓ Gérer la limite de Séquence (LS) :69
- ✓ Clore le projet :70

Conclusion

Conclusion générale..... 71

Introduction Générale

Introduction générale

L'industrie sidérurgique joue un rôle clé dans le développement économique grâce à la production de l'acier, utilisé dans divers secteurs tels que la construction, l'automobile et l'énergie. Dans le cas de complexe Sider, la Tuberie Sans Soudure (TSS) se distingue par la fabrication de tubes en acier sans soudure, nécessitant des procédés techniques complexes et une exigence élevée de qualité. Pour assurer la fiabilité des équipements, l'unité TSS met en œuvre un programme de maintenance rigoureux, notamment lors de l'arrêt annuel, une opération critique nécessitant une organisation méticuleuse.

Dans ce contexte, l'application de la méthode PRINCE2, une approche structurée de gestion de projet, permet d'améliorer la planification, la coordination et le suivi des activités durant cet arrêt. Ce mémoire porte sur l'application de la méthode PRINCE2 à la gestion de l'arrêt annuel de l'unité de Tuberie Sans Soudure (TSS) du complexe sidérurgique d'El Hadjar. L'objectif principal est d'améliorer l'organisation, la planification et le suivi de cet arrêt critique à travers une approche structurée de gestion de projet.

Le premier chapitre est consacré à la présentation générale de l'unité TSS. Le deuxième chapitre analyse le fonctionnement du service de maintenance au sein de cette unité. Le troisième chapitre décrit en détail le processus d'arrêt annuel, ses enjeux et son organisation. Enfin, le quatrième chapitre examine l'intégration de la méthode PRINCE2 dans la gestion de cet arrêt, en mettant en lumière ses apports en termes d'efficacité et de maîtrise opérationnelle.

Chapitre I : Présentation De l'unité TSS

I.1 Introduction

La Tuberie Sans Soudure (TSS) de SIDER El Hadjar constitue une unité de production à forte technicité, exigeant une stratégie de maintenance rigoureuse afin de garantir le maintien de ses performances opérationnelle. Ce chapitre vise à présenter l'unité TSS, son environnement industriel, ses activités ainsi que les défis généraux liés à la maintenance de ses installations.

I.2 Présentation générale du complexe SIDER El Hadjar

Le complexe sidérurgique d'El Hadjar constitue l'un des fondements historiques majeurs de l'industrie métallurgique en Algérie. Son implantation répond à une volonté politique forte de doter le pays d'une base industrielle autonome, capable de transformer localement les ressources naturelles en produits à forte valeur ajoutée. Créé initialement sous l'appellation de la Société Beaunoise Sidérurgique (SBS) en 1958, le projet sidérurgique d'El Hadjar a connu plusieurs phases de développement. En 1964, la création de la Société Nationale de Sidérurgie (SNS) par décret présidentiel a permis de lancer la construction du premier haut fourneau et de plusieurs laminoirs. Au fil des années, de nouveaux ateliers ont vu le jour, à l'instar de l'aciérie à oxygène (AC01) en 1972, puis l'aciérie électrique (ACE) en 1975, et enfin la filière de tubes sans soudure (TSS) en 1978. Le complexe a été conçu comme une structure intégrée, englobant l'ensemble des étapes de la production sidérurgique, depuis la réception du minerai de fer jusqu'à la fabrication des produits semi-finis et finis. Sa surface globale avoisine les 832 hectares [1], répartis en trois zones :

- **Zone de production** : environ 300 ha, contenant les unités industrielles (haut fourneau, aciéries, laminoirs, TSS...).
- **Zone de stockage** : 300 ha, réservée au matériel, aux produits finis et aux matières premières.
- **Zone de services** : 200 ha, regroupant les infrastructures administratives, logistiques et de formation.

Le site dispose d'une autonomie relative sur le plan énergétique grâce à plusieurs centrales thermiques, de stations de traitement des eaux et d'unités de production

d'oxygène, nécessaires aux processus métallurgiques intensifs. Une liaison portuaire directe permet l'acheminement du minerai et l'expédition des produits sidérurgiques finis [1].



Figure I.1: Plan d'ensemble du complexe SIDER El Hadjar [2].

I.3 Organisation et missions de l'unité TSS [2] :

L'unité TSS (Tuberie Sans Soudure) est l'une des composantes les plus techniques et stratégiques du complexe SIDER El Hadjar. Elle est spécialisée dans la production de tubes en acier sans soudure destinés aux secteurs du pétrole, du gaz, de l'hydraulique et de l'industrie lourde. Créée en 1978, cette unité constitue une réponse industrielle aux besoins croissants de l'Algérie en matière de conduites résistantes aux fortes pressions et contraintes thermiques.

L'organisation de la TSS est structurée autour de trois ateliers principaux :

I.3.1 L'aciérie électrique (ACE)

L'aciérie électrique (ACE) de SIDER El Hadjar joue un rôle fondamental dans la chaîne de production des tubes sans soudure. Elle est chargée de la production des lingots destinés au laminoir à tubes (LAT), en conformité avec les exigences techniques des normes API 5L (transport des hydrocarbures) et API 5CT (tubes de cuvelage et de production).

➤ **Fonctionnement de l'aciérie électrique**

L'ACE repose sur un procédé métallurgique basé sur la fusion d'acier recyclé(ferrailles) à l'aide d'un four électrique à arc (FEA). Ce procédé permet une production rapide, modulable et plus respectueuse de l'environnement que les procédés traditionnels à haut fourneau.

Les principales étapes du procédé sont les suivantes :

- **Chargement et fusion des ferrailles** : Des ferrailles préalablement triées sont introduites dans le FEA. Un arc électrique est créé entre des électrodes en graphite et le bain métallique, atteignant des températures de plus de 1600 °C, nécessaires à la fusion complète.
- **Affinage et désoxydation** : Une fois fondu, l'acier est soumis à des opérations de désoxydation, de désulfuration et d'ajustement chimique, afin d'obtenir une composition conforme aux spécifications mécaniques et chimiques exigées (teneur en carbone, manganèse, soufre, etc).
- **Coulée continue ou en lingotières** : L'acier liquide est ensuite transféré vers la zone de coulée en lingotières, où il est solidifié sous forme de lingots bruts. Ceux-ci sont refroidis, ébarbés et contrôlés avant d'être acheminés vers le parc à lingots TSS.

➤ **Caractéristiques des lingots produits**

Les lingots sortant de l'ACE présentent les caractéristiques suivantes :

- **Formes** : ronde ou dodécagonale
- **Diamètres** : 190 à 500 mm selon la filière
- **Normes de production** : API 5L (pipeline), API 5CT (forage), avec traçabilité complète (lot, composition, etc).

Ces lingots constituent la matière première du laminoir à tubes, où ils seront transformés en tubes sans soudure par laminage à chaud.

I.3.2 Le laminoir à tubes (LAT) :

Le laminoir à tubes (LAT) constitue le corps central de la chaîne de transformation des lingots en tubes sans soudure. Il s'agit d'une ligne de production stratégique intégrée dans l'unité TSS (Train à Scories Secondaire) de SIDER El Hadjar, spécialisée dans le laminage à chaud par le procédé à pas de pèlerin. Ce procédé permet de transformer des ébauches massives en tubes calibrés et homogènes, répondant aux normes API 5L et 5CT destinées notamment aux secteurs pétroliers, gazier et industriel [2].



Figure I.2 : Lingots ronds.

➤ **Fonctionnement général**

La chaîne LAT se compose d'une série d'installations et d'équipements conçus pour exécuter des opérations successives de chauffage, perçage, laminage, calibrage, contrôle et finition des tubes. Le processus commence dès la réception des lingots bruts produits par l'aciérie électrique (ACE) et stockés au parc TSS [2].

➤ **Principales étapes du processus de laminage**

- **Parc à lingots** Les lingots conformes y sont réceptionnés en attente d'enfournement. Deux types de lingots sont utilisés : les ronds ($\varnothing 190$ – $\varnothing 405$ mm) et les dodécagonaux ($\varnothing 300$ – $\varnothing 500$ mm) [2].



Figure I.3 : Lingots dodécagonaux

- **Four à sole tournante**

Ce four assure la montée en température des lingots jusqu'à 1300 °C, avec une capacité de 45 t/h. Il utilise du gaz naturel comme combustible [2].



Figure I.4 : Four à sole tournante.

- **Presse à centrer et presse à percer**

Elle a deux travaux principaux, sont [2] :

- Les lingots ronds sont centrés pour assurer une perforation axiale correcte.
- Les lingots dodécagonaux sont perforés via la presse à percer, selon le principe du "doigt de gant".

- Température d'entrée minimale : 1200 °C.



Figure I.5 : La presse à percer.

- **Four à plateau tournant :**

Il permet de réchauffer les ébauches refroidies pendant le perçage, jusqu'à 1300 °C [2].

- **Laminoir oblique**

Cette station réalise un laminage transversal et longitudinal, pour étirer l'ébauche et amorcer la forme tubulaire [2].



Figure I.6 : Laminoir Oblique (L-O).

- Laminoirs à pas de pèlerin

Deux trains (8" et 14") permettent la réduction progressive du diamètre et de l'épaisseur par déformation plastique sur mandrin fixe [2].

- Trains 8" : Ø120–254 mm
- Trains 14" : Ø168–372 mm
- Longueurs : 7,5 à 33 m
- Épaisseurs : 6 à 26 mm



Figure I.7 : Laminoir à pas de pèlerin.

- Four à longerons et calibreur à 5 cages

Les tubes sont réchauffés à 850–875 °C, puis calibrés avec haute précision pour uniformiser le diamètre extérieur [2].



Figure I.8 : Four à longerons.

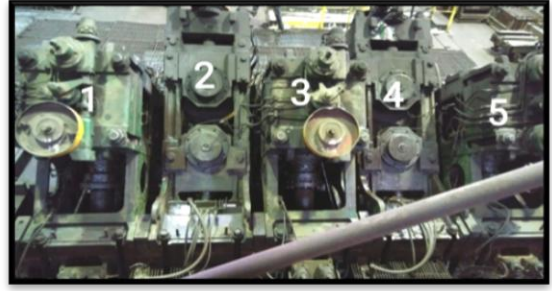


Figure I.9 : calibreur à 5 cages.

- **Chaînes de refroidissement :**

Refroidissement à l'air suivi d'un refroidissement par immersion dans bassin d'eau [2].

➤ **Ateliers de finition :** Il est situé à TSS [2] :

- **Dresseuse rotative :** pour le redressage à froid des tubes.
- **Contrôle non destructif (CND) :** réalisé par Tuboscope via trois techniques : magnétoscopie transversale (Sonoscope), longitudinale (Amalog), et ultrasons (Rotary Wall Monitor).
- **Tronçonnage bardons :** pour les essais mécaniques.
- **Zone de recette :** inspection finale (dimensions, épaisseur, chanfreins, marquage, etc.).

➤ **Infrastructure et maintenance associées**

- **Zone OAC** (outillage à chaud) : entretien et rectification des outils de laminage.
- **Salle des pompes :** assurent le **refroidissement** des équipements thermiques (rouleaux, fours, décalamineurs).

I.3.3 Le parachèvement des tubes (PAT) :

Les Tubes nécessitent un traitement thermique et une finition aux extrémités passent dans l'atelier en aval qui est l'atelier de parachèvement. Pour cela, l'atelier dispose de deux fours permettant d'effectuer toutes les opérations de traitements thermiques tels

que trempe, revenu, recuit ou normalisation. Il dispose aussi de toutes les installations de contrôle nécessaires pour satisfaire les exigences des clients [2].

- **Four de trempe :**

Température de trempe 900 °C environ Trempe à l'eau.

- **Four de revenu :**

Revenu à l'air libre à température de 650°C – A 700°C atténuation des contraintes internes

- Diminution de la fragilité
- Amélioration des propriétés mécaniques (allongement, résilience...)

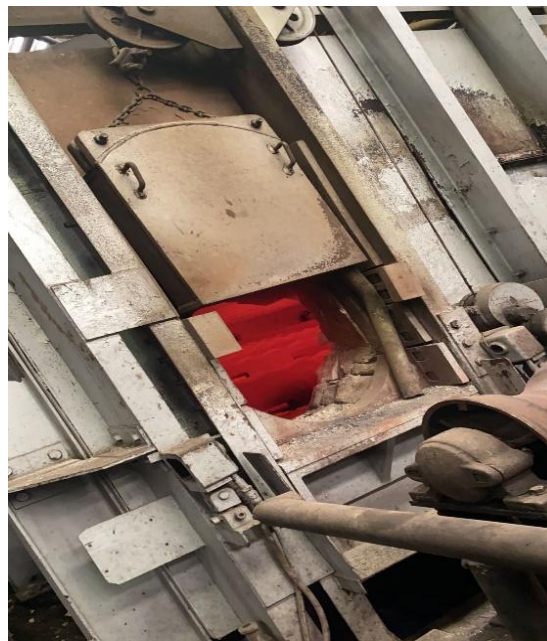


Figure I.10 : Four de revenu.

- **Calibreur à 03 cages :** Calibrage et obtention, du diamètre exigé.



Figure I.11 : Calibreur à 03 cages.

- **Chanfreineuse :** Réalisation chanfrein du tube.



Figure I.12 : Chanfreineuse.

- **Marquage et pesage :** Le tube doit être pesé et mesurer.

Procédures de contrôle des tubes :

Il existe plusieurs procédures [2] :

- ✓ **Contrôles Non Destructifs** : Ces contrôles pour but de mettre en évidence des défauts soit directement (visuel) soit indirectement par leurs effets (Tuboscopie, Magna poudre).

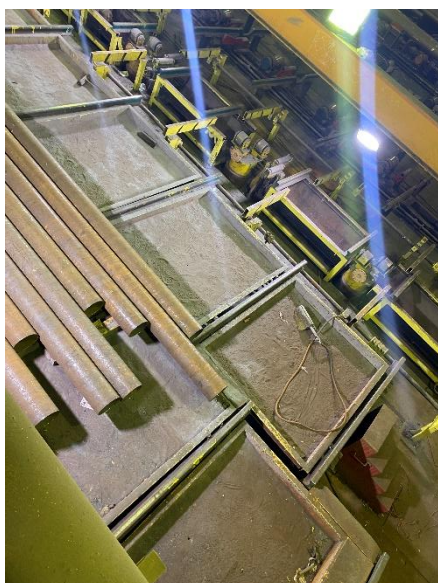


Figure I.13 : Magna poudre.

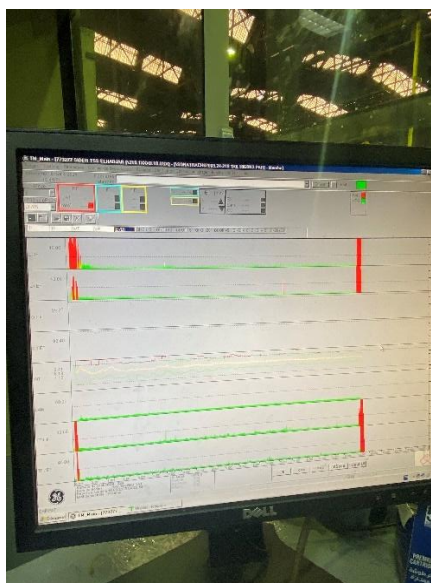


Figure I.14 : La tolérance des ultrasons.

- ✓ **Épreuve hydraulique** : Chaque tube subit l'épreuve hydraulique (banc d'épreuve hydraulique). Chaque tube doit être maintenu à la pression d'essai en fonction des dimensions et nuances et un temps exigé par le client.



Figure I.15 : Banc d'épreuve hydraulique.

- ✓ **Contrôles destructifs (CD) :** Les contrôles destructifs des tubes sans soudure viennent consolider la qualité du produit fabriqué par TSS. Son laboratoire d'essais mécaniques dispose d'équipements fiables étalonnés périodiquement.
- ✓ **Prélèvement des échantillons**
- ✓ **Essais réalisés Analyses**
- ✓ **Essai de traction**
- ✓ **Essai d'Essai de résilience**

I.4 Environnement industriel et enjeux de production

Le fonctionnement de l'unité TSS s'inscrit dans un environnement industriel complexe et fortement contraint, tant par les exigences du marché que par les spécificités techniques des procédés de production. Fournisseur de tubes sans soudure principalement destinés au secteur pétrolier et gazière, la TSS doit se conformer à des normes internationales rigoureuses, en particulier celles établis par l'API (American Petroleum Institute) [1].

Les enjeux majeurs auxquels fait face cette unité se déclinent selon plusieurs axes :

- **Qualité des produits :** La conformité métallurgique, dimensionnelle et géométrique des tubes est un impératif. Les moindres défauts internes ou externes peuvent entraîner des rejets, voire des sanctions contractuelles.
- **Continuité de la production :** La chaîne de production fonctionne selon un rythme quasi continu, avec des cadences élevées. Le moindre arrêt peut désorganiser le planning de livraison et engendrer des pertes économiques importantes.
- **Compétitivité :** Dans un contexte de concurrence internationale, TSS doit maîtriser ses coûts de production, optimiser ses consommations d'énergie, et réduire les pertes matières tout en maintenant un haut niveau de qualité.
- **Contraintes techniques :** L'unité fonctionne avec des installations lourdes (fours de traitement thermique, laminoirs, presses hydrauliques, machines à fileter...) qui exigent des conditions de fonctionnement optimales. La défaillance d'un seul équipement peut compromettre l'ensemble du flux de production.

- **Contrainte temporelle** : Les clients du secteur de l'énergie exigent des délais de livraison courts, ce qui impose une rigueur absolue dans l'ordonnancement des opérations et dans la gestion des imprévus.

Par ailleurs, l'environnement externe influence également la performance industrielle. Les fluctuations du marché de l'acier, les coûts des matières premières importées, les exigences environnementales et les réglementations énergétiques en vigueur nécessitent une capacité d'adaptation permanente [1].

I.5 Les équipements critiques de l'unité (vue d'ensemble) :

L'unité TSS de SIDER El Hadjar s'appuie sur un ensemble d'équipements industriels de haute technologie, dont le bon état de fonctionnement est essentiel pour garantir à la fois la qualité et le rythme de production des tubes sans soudure. Ces équipements sont organisés selon une chaîne logique de transformation de l'acier brut en produit fini, et sont répartis sur plusieurs ateliers spécialisés [2].

➤ L'aciérie électrique (ACE) :

Cet atelier constitue la première étape du processus de production. Il permet de transformer des ferrailles et des alliages en lingots ronds ou dodécagonaux grâce à l'utilisation de fours à arc électrique. L'acier obtenu doit impérativement répondre aux exigences des normes API, en particulier en ce qui concerne les teneurs en carbone, soufre, phosphore et autres éléments d'alliages. Une fois élaborés, les lingots sont acheminés vers le laminoir pour la suite du traitement [2].

➤ Le laminoir à tubes (LAT) :

Il constitue une étape clé dans le processus de transformation, assurant le chauffage, le perçage, puis le laminage à chaud des lingots pour obtenir des ébauches tubulaires. Cette phase repose sur un ensemble d'installations spécialisées [2].

- Des fours de réchauffage,
- Des presses à percer

- Un laminoir de type « pèlerin » ou « mandrin flottant »
- Des dispositifs de calibrage.

Le bon état de ces équipements est essentiel, car toute défaillance mécanique peut entraîner la production de tubes non conformes, voire provoquer des arrêts prolongés de la chaîne de production [2].

➤ **L'atelier de parachèvement (PAT) :**

Cet atelier représente la dernière étape du processus, où les tubes bruts subissent divers traitements thermiques tels que la trempe, le revenu et le recuit, ainsi que des opérations d'usinage comme le chanfreinage et le filetage. Des contrôles non destructifs y sont également réalisés. Parmi les installations essentielles, on peut notamment citer [2] :

- Les fours à traitement thermique,
- Les tours à fileter et chanfreiner,
- Les bancs d'épreuve hydraulique,
- Les installations de contrôle par ultrasons ou magnétoscopie.

Ces équipements sont exposés à des cycles thermiques et mécaniques intenses, les rendant particulièrement sensibles à usures, aux déformations et aux dysfonctionnements [2].

➤ **Les laboratoires et services annexes :**

Il existe deux laboratoires principaux [2] :

❖ **Laboratoire de métrologie**

Mission :

Ce laboratoire est chargé de la vérification, de l'étalonnage et de la gestion des instruments de mesure (longueur, filetage, dureté, rugosité). Il veille à leur conformité avec les normes (notamment API 5B) et rédige les procédures pour garantir la qualité des mesures.

Équipements critiques :

- Instruments de mesure : pieds à coulisse, micromètres, cales étalon, comparateurs, calibres filetés.
- Deux (2) projecteurs de profil.
- Banc micrométrique pour appareils à montre.
- Rugosimètre.

❖ Laboratoire des essais mécaniques

Mission :

Ce laboratoire réalise des essais destructifs pour évaluer les propriétés mécaniques des matériaux : traction, résilience (choc) et dureté.

Organisation :

➤ Salle de préparation des échantillons :

- Trois (3) scies à ruban.
- Une fraiseuse universelle.
- Deux (2) fours de traitement thermique.
- Une entailleuse manuelle.
- Un cryothermostat à bain.
- Une affûteuse.

➤ Salle des essais : Dédiée à la réalisation des tests et l'analyse des résultats selon les normes API. Les équipements critiques sont ;

- Deux machines de traction ZWICK/ROELL (120 T et 60 T).
- Un mouton pendule Charpy (essai de résilience).
- Un duromètre universel.
- Un duromètre ultrasonique.

I.6 Le rôle stratégique de la maintenance à la TSS

La maintenance industrielle à la TSS de SIDER El Hadjar occupe une position centrale dans la garantie de la continuité et de la performance de la production. Elle ne se limite plus à la réparation, mais devient un levier stratégique sur plusieurs plans [3] :

- ✓ **Disponibilité** : La maintenance préventive permet d'éviter les arrêts imprévus et de maintenir la fluidité d'un processus de production fortement interdépendant.
- ✓ **Réduction des coûts** : En optimisant les interventions et en préservant les équipements, elle diminue les coûts indirects (rebuts, retards, énergie, main-d'œuvre).
- ✓ **Qualité du produit** : Elle assure la stabilité des machines, élément clé pour répondre aux normes strictes (API 5L, API 5CT).
- ✓ **Amélioration continue** : Intégrée dans des démarches comme l'AMDEC ou la GMAO, la maintenance permet une analyse fine des dysfonctionnements et améliore la réactivité de l'usine.
- ✓ **Sécurité et conformité** : Elle garantit le respect des normes en matière de sécurité industrielle et environnementale.

Chapitre II : Fonctionnement du service Maintenance TSS

II. Généralités sur la fonction maintenance :

II.1 Introduction

La maintenance industrielle regroupe l'ensemble des actions visant à maintenir ou rétablir un équipement en état de fonctionnement. Si la maintenance corrective intervient après une panne, la tendance actuelle dans l'industrie est de privilégier des approches plus anticipatives. C'est dans ce contexte que la maintenance préventive prend tout son sens : elle consiste à intervenir avant l'apparition des défaillances, afin de garantir la fiabilité des installations, réduire les arrêts de production et optimiser les coûts de maintenance.

II.2 Définitions générales de la maintenance industrielle :

La maintenance industrielle regroupe l'ensemble des actions techniques, administratives et managériales visant à maintenir ou à rétablir un équipement dans un état de fonctionnement optimal. Elle est essentielle pour garantir la continuité de la production, la sécurité des installations et la maîtrise des coûts dans les environnements industriels [4].

Selon les normes adoptées dans le secteur, notamment celles évoquées par les organismes de formation et les praticiens du terrain, la maintenance est définie comme un ensemble structuré d'interventions planifiées ou non, destinées à prévenir les défaillances, corriger les pannes et améliorer les performances des équipements [5].

On distingue principalement plusieurs types de maintenance :

II.2.1 La maintenance corrective, déclenchée après l'apparition d'une panne. Elle se divise en :

- **Palliative** : solution temporaire permettant de remettre l'équipement en service sans résolution définitive ;
- **Curative** : action complète visant à rétablir les conditions de fonctionnement initiales

II.2.2 La maintenance préventive : qui a pour but d'éviter les pannes, comprend :

- **La maintenance systématique** : planifiée selon des fréquences définies
- **La maintenance conditionnelle** : fondée sur le suivi de paramètres (bruit, température, pression...) ;
- **La maintenance prédictive** : qui repose sur l'analyse des tendances et l'anticipation des défaillances [4].
- **L'arrêt annuel** : L'arrêt annuel est un arrêt programmé, généralement une fois par an, où une usine, une installation ou une machine est stoppée complètement ou partiellement. Pendant cet arrêt, on réalise des opérations de maintenance importantes [4].

L'intérêt de la maintenance préventive se résume aux points suivants [6]

1. Réduire des arrêts non planifiés :
2. Amélioration de la fiabilité des installations :
3. Allongement de la durée de vie des équipements :
4. Sécurisation du personnel et des installations :
5. Optimisation des coûts globaux de maintenances :
6. Amélioration de la productivité :

Les opérations relatives à la prévention peuvent être regroupées en trois grandes familles [7] :

- La visite c'est une opération de surveillance, se situant dans le cadre d'actions de maintenance préventive. Elle peut consister en un examen détaillé et approfondi d'une partie ou de l'ensemble du système suivi.
- Le contrôle cette opération a pour objectif de vérifier des critères ou des données définies. Elle a pour base des références de vérification parfaitement établies.
- L'inspection c'est l'examen attentif exécuté dans un but de surveillance. Au cours d'une inspection, il est possible de suivre l'évolution, sans intervenir, d'un défaut connu et évoluant dans le temps.

Les trois opérations de surveillance (visite, contrôle et inspection) se situent dans le cadre d'une structure de maintenance préventive. Elles peuvent par la suite, et suivant l'évolution du ou des défauts constatés, suivis et enregistrés, donner lieu à des opérations de maintenance corrective.

Cette méthode de suivi évite souvent des arrêts accidentels des chaînes de production. Cette façon de concevoir l'entretien des biens de production, permet de planifier à des moments choisis, les interventions correctives de maintenance.

Dans le cadre de la maintenance systématique, l'agent des méthodes joue un double rôle. D'une part, il est chargé d'analyser les données liées à une tâche afin d'en définir les modalités de préparation. Son rôle de préparateur est étroitement lié à celui d'analyste. En effet, la maintenance systématique doit rester dynamique, c'est-à-dire être optimisée de manière continue en fonction des résultats observés du préventif et du contexte économique de l'entreprise. Sur le plan technique, il est possible d'en faire plus ou moins en matière de maintenance préventive, ce qui implique un risque de sous-maintenance ou de sur maintenance. C'est pourquoi il est essentiel de fixer des objectifs clairs, accompagnés d'un budget, et de réévaluer régulièrement ces objectifs afin d'assurer une gestion efficace [8].

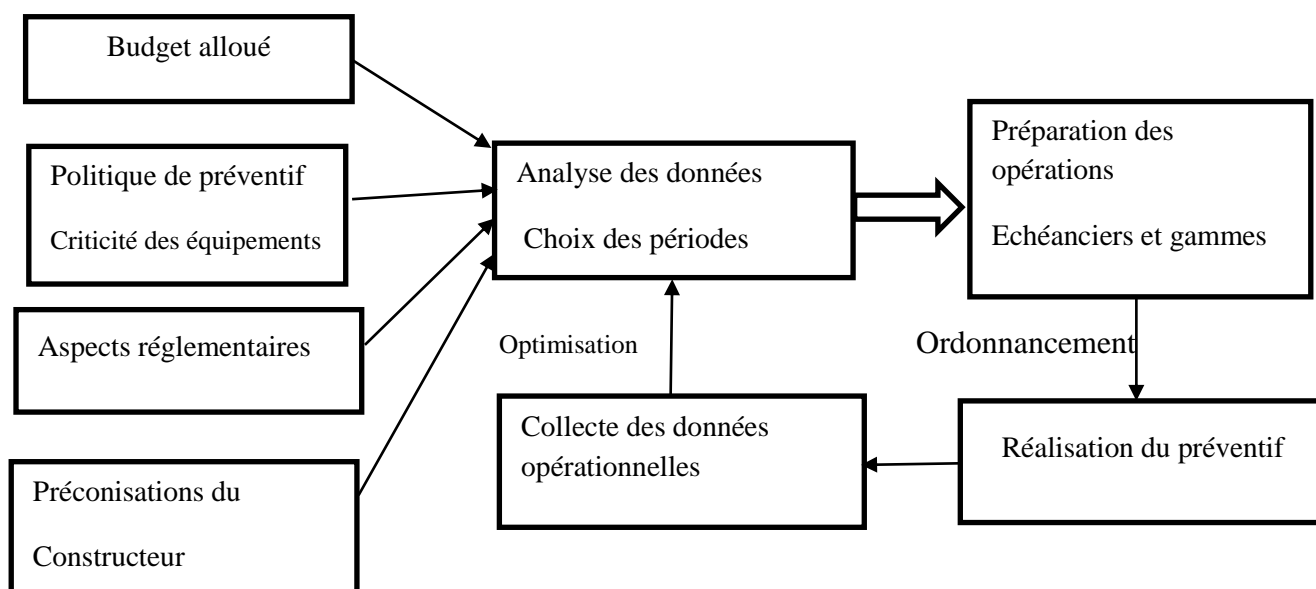


Figure II.1 : Préparation de la maintenance systématique [8].

Dans le cas des arrêts annuels avec des périodicité de 1 à 5 ans, la réussite d'un grand arrêt suppose 0 défaut, 0 surcoût, 0 accident et 0 dépassement de délai. Ce qui implique une préparation rigoureuse lourde (sur plusieurs mois) mais rentable. Par une meilleure organisation des chantiers, par le recours maîtrisé à l'externalisation et par une préparation poussée, il est possible de réduire sensiblement les imprévus et les improvisations, causes de retards, de surcoûts et d'accidents. Chronologie des phases de préparation :

- État des lieux sur les secteurs concernés.
- Liste des travaux de maintenance et d'amélioration établie avec les services concernés.
- Synchronisation des tâches par la recherche des tâches antécédentes et des priorités.
- Intégration de ces tâches à un outil de gestion de projet (type PERT).
- Analyse de chaque tâche (temps alloué, effectif et qualifications, ressources matérielles nécessaires).
- Optimisation des tâches critiques à partir du chemin critique prévu.
- Consultations des tâches à externaliser plusieurs mois à l'avance. Il est possible de laisser le prestataire réaliser sa propre préparation (moyens, délais et prix) et de comparer.
- Anticipation de la procédure de gestion des travaux imprévus, de façon à minimiser leur impact.
- Définition stricte des contrôles et des essais, le démarrage devant amener une disponibilité immédiate des installations.

Notons que certaines entreprises de services peuvent préparer et gérer ces grands arrêts [8].

II.3 L'utilisation de l'ordonnancement des projets l'outil PERT en maintenance :

La maintenance doit parfois engager des travaux lourds, caractérisés par la complexité, le nombre élevé et la durée des opérations à réaliser.

Les arrêts annuels d'unités, certaines révisions générales pluriannuelles, ainsi que les projets de rénovation ou de travaux neufs mobilisent de nombreuses équipes internes et entreprises extérieures sur des périodes pouvant s'étendre d'une semaine à plusieurs mois. Ces interventions, qui s'ajoutent aux activités de maintenance courante, nécessitent une coordination rigoureuse à l'aide de méthodes d'ordonnancement spécifiques issues de la théorie des graphes. En effet, les diagrammes de Gantt, bien que très visuels, atteignent leurs limites au-delà de 50 tâches. C'est pourquoi ils sont généralement utilisés comme sous-programmes d'un réseau PERT global, intégré aux logiciels de gestion de projet disponibles dans le commerce [8].

De nombreuses variantes du PERT existent [8] :

- CPM (critical path method) ou méthode du chemin critique, pour lequel la durée aléatoire des tâches n'est pas prise en compte.
- PERT-COST, qui associe une tâche à des ressources et à des coûts.
- MPA ou <méthode des potentiels>, développée en France. Cette méthode inverse les conventions du PERT : les arcs sont les étapes, les nœuds représentent les tâches.

II.4 Description de la fonction maintenance au niveau de TSS :

II.4.1 Préambule :

Face à l'évolution de l'environnement économique du marché de tubes à usage dans le domaine des hydrocarbures, caractérisé par la concurrence, l'exigence des clients et l'accélération des changements notamment dans la réglementation et la protection de l'environnement; la TSS doit accroître sa compétitivité, renforcer sa flexibilité et améliorer ses résultats, ainsi le processus maintenance joue un rôle très important dans la satisfaction de ces exigences car l'« Ensemble des actions permettant de

maintenir ou rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé est le seul chemin pour répondre à ces attentes.

Nous proposons une procédure de maintenance préventive qu'il est nécessaire de suivre pour une maintenance efficace.

II.4.2 Domaine d'application :

Cette procédure s'applique aux différents services de Méthodes. Technique et Intervention de la Maintenance.

- ✓ Service d'intervention mécanique laminage.
- ✓ Service d'intervention électrique laminage.
- ✓ Service d'intervention machines-outils-ponts roulants et éclairage.
- ✓ Service d'intervention mécanique finissage parachèvement et salle des pompes.
- ✓ Service d'intervention électrique parachèvement-manchon et machines-outils.

II.4.3 Organigramme Fonctionnel de l'unité TSS :

L'Entreprise SIDER TSS est dirigée par une direction générale, située au sommet de l'organigramme. Sous cette direction, l'entreprise est divisée en trois grands départements principaux et plusieurs services. La structure de TSS est schématisée comme suit :

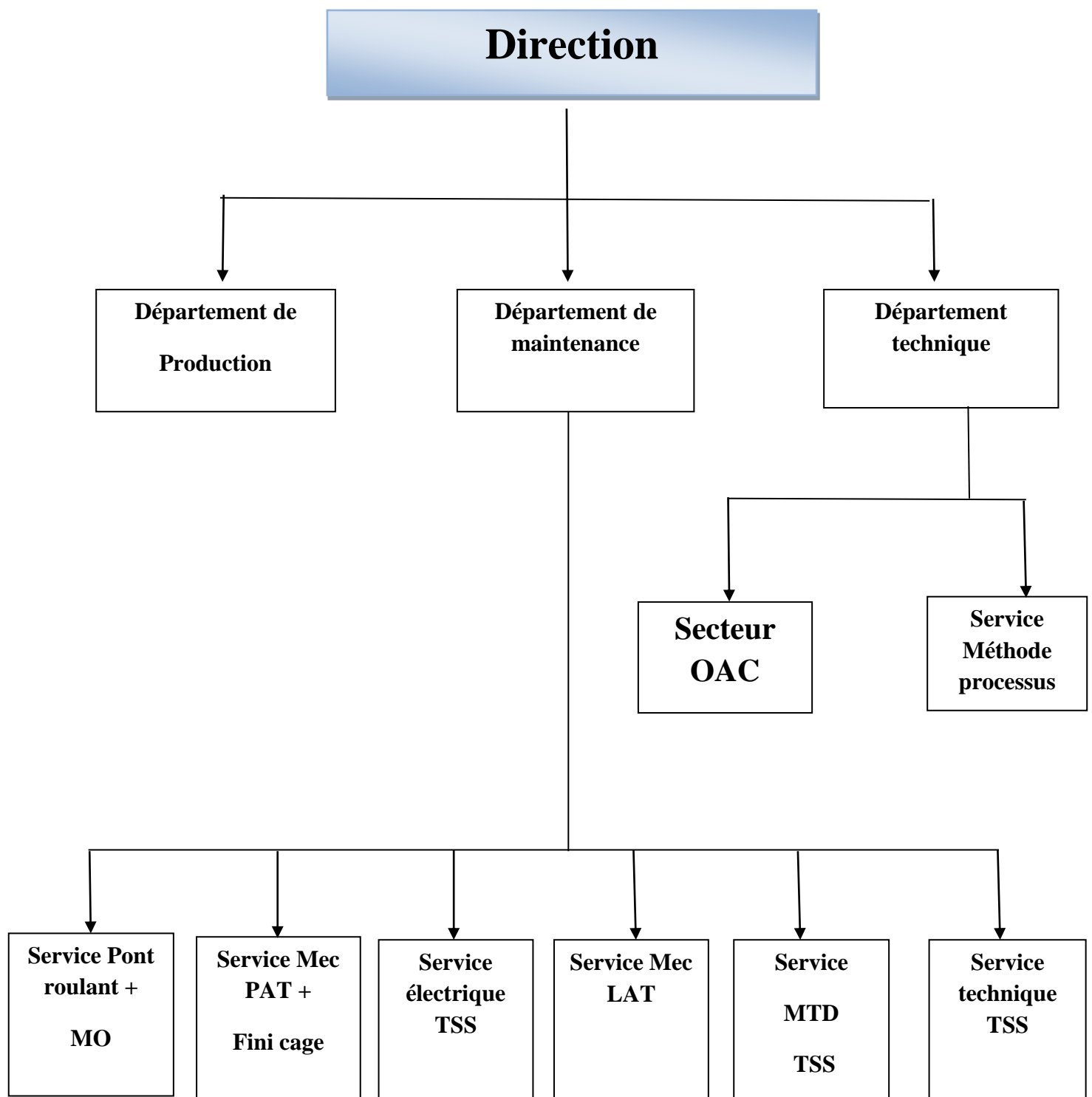


Figure II.2 : Organigramme Fonctionnel de l'unité TSS.

- Cet organigramme permet une répartition claire des responsabilités, et séparant les fonctions maintenance, production et technique.
- Il facilite la coordination entre services, en particulier dans un environnement industriel complexe.

Cette procédure s'applique à tout le personnel de la Maintenance dans les différents services :

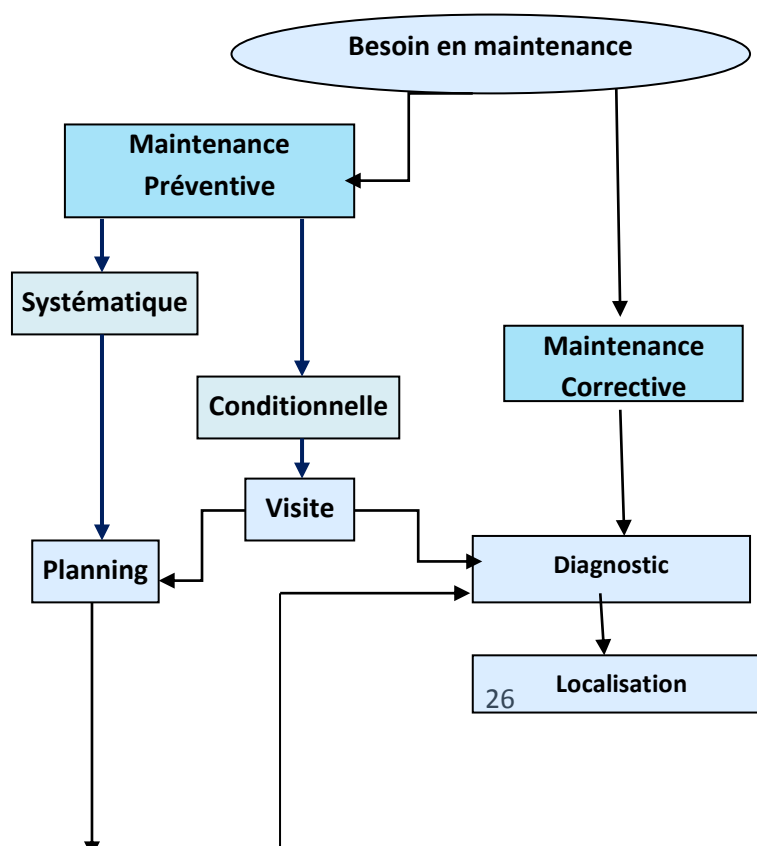
- ✓ Service Méthodes
- ✓ Technique de service
- ✓ Services d'intervention

II.5 La terminologie employée au niveau de TSS :

Dans TSS, les termes suivants sont utilisés [9] :

- **MTBF** : Temps moyen entre deux défaillances
- **MTTR** : Temps moyens pour rétablir la panne
- **TU** : Taux de marche
- **BT** : Bon de Travail
- **BI** : Bon d'Incident généralement établi par l'exploitant
- **TZ** : Technicien de Zone
- **PDR** : Pièce De Rechange
- **BSMC** : Bon de Sortie Magasin pour Consommation
- **DM** : Demande de Modification
- **DA** : Demande d'Achat
- **EXP** : Exploitation
- **DE** : Demande d'Etude
- **EEM** : Entretien Electrique et Mécanique

II.6 Synoptique et Type de Maintenance :



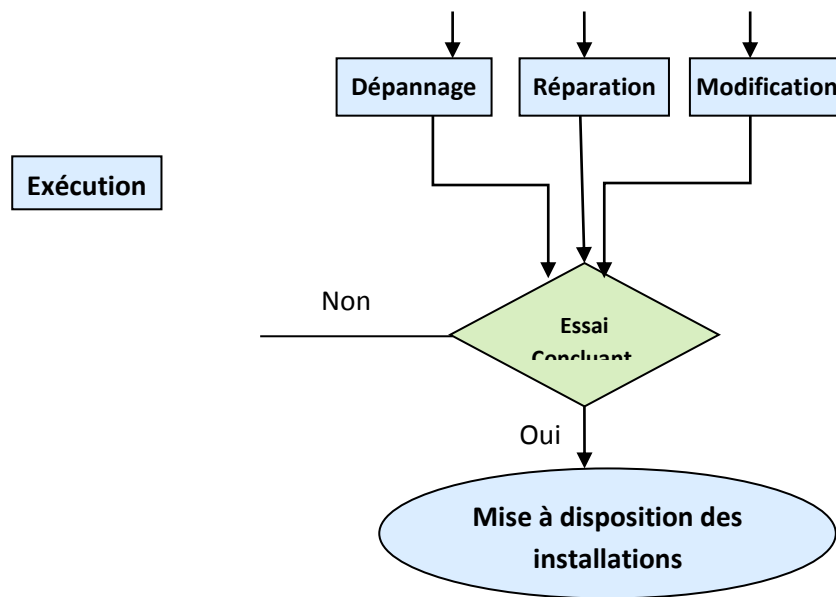


Figure II.3 : Diagramme représente Synoptique et Type de Maintenance, TSS El Hadjar [9].

II.7 Déroulement de la Maintenance Préventive ::

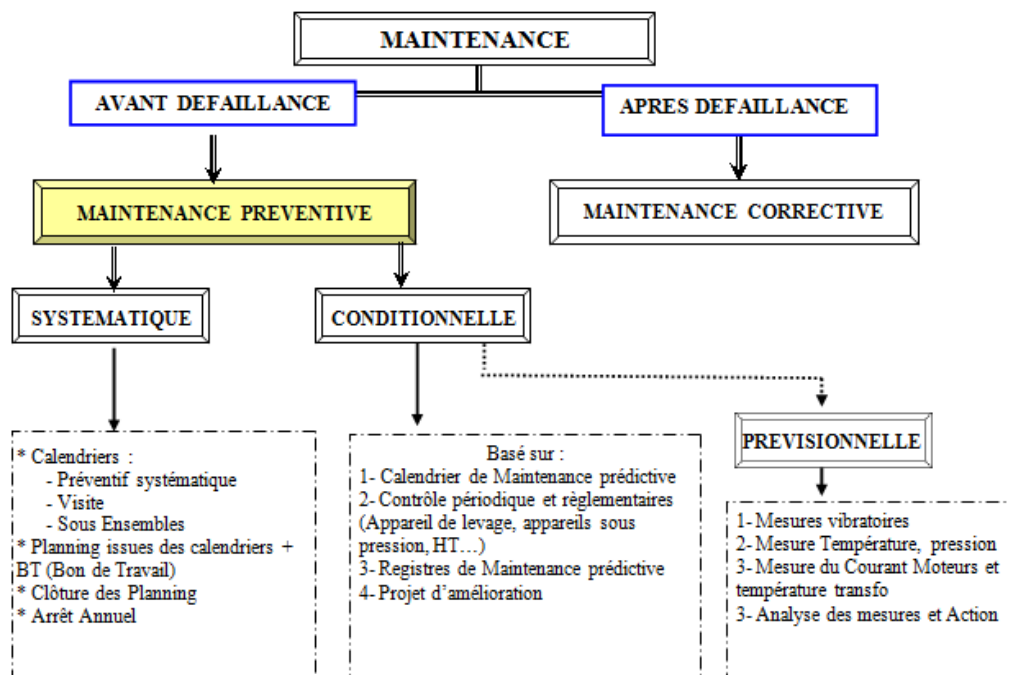


Figure II.4 : Schéma explicatif des types de la maintenance préventive et corrective [9].

Les Objectifs de la Maintenance Préventive :

- Augmenter la durée de vie des matériels
- Diminuer la probabilité des défaillances
- Améliorer la disponibilité de la machine
- Eviter les consommations anormales d'énergie, des lubrifiants
- Améliorer les conditions de travail du personnel
- Optimiser le budget de maintenance
- Supprimer les causes d'accidents graves

Les calendriers de préventif systématique, calendrier de visite ainsi que les calendriers des sous-ensembles sont élaborés annuellement par les Méthodes en collaboration avec le Technique, et approuvé par la Direction et sont transmis aux services Interventions pour exécution [9].

Sur la base des Calendriers annuels **E-DO EEM-007**, le Technique élabore des Plannings de préventifs systématiques et assure le suivi de la bonne exécution et la clôture [9].

Les plannings des contrôles périodiques et réglementaires sont Elaborés par les Méthodes et suivi par le Département Maintenance. Les installations concernées par la préventive systématique et le contrôle périodique et réglementaire sont définies sur les calendriers annuels **E-DO EEM-007** selon la classification et le découpage des installations. La fréquence des préventifs comme définis sur les calendriers annuels est faite sur la base [9] :

- Normes constructrices
- L'analyse des risques
- L'historique
- L'expérience

La classification des installations est revue annuellement selon le logigramme ci-dessous ; les facteurs et niveaux sont expliqués dans la matrice qui suit. Les facteurs suivants sont notés de 1 à 3 par niveau d'importance [9] :

- Sécurité et Environnement : En identifiant le degré d'impact de la défaillance sur la sécurité du travailleur et de l'environnement
- Qualité : Pour exprimer le degré d'impact de la défaillance sur la qualité du produit
- Temps d'utilisation : Pour exprimer le degré d'importance de la disponibilité de la machine ou de l'équipement.
- Production : pour exprimer quel degré d'interruption de la production sera causé en cas de défaillance.
- Fréquence : Le nombre d'arrêt par période
- Coût : Pour exprimer le temps et le coût de la réparation en cas de défaillance.

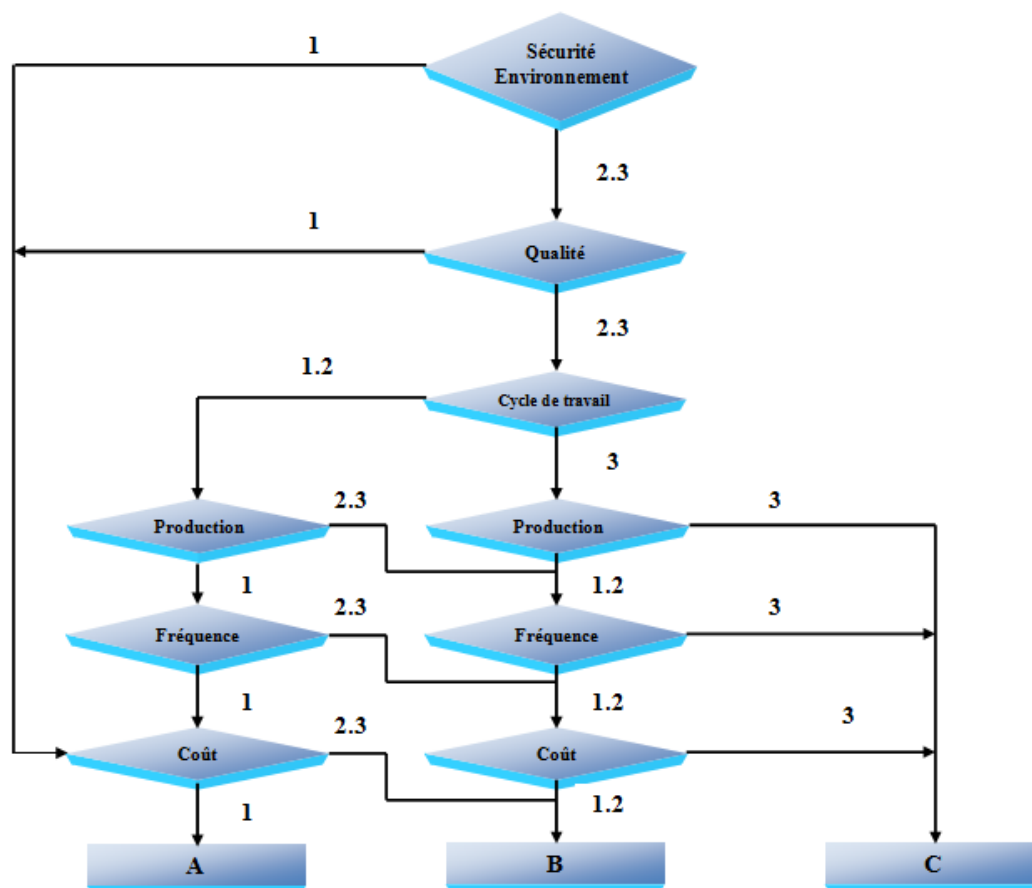


Figure II.5 : Logigramme de Classification [9].

Elle se fait à partir d'un calendrier contenant le total des semaines travaillées durant toute l'année avec les différentes installations qui doivent être entretenues selon les normes d'entretien. Selon ce calendrier un planning des travaux programmés systématiquement ayant des périodicités différentes (J= journalières ; H= Hebdomadaires ; B= Bimensuelles ; T= trimestrielles ; S= Semestrielles et A= Annuelles) sera établi par le TZ accompagnés des BT. Ces documents seront en double (une copie pour l'exécution et une copie chez le TZ).

Lors de l'élaboration du business Plan de production un volume horaire est réservé du temps calendaire pour réaliser ce type de maintenance.

Après l'exécution des travaux et clôture des plannings par le service Technique, le planning et les BT bien remplis seront remis aux Méthodes pour suivi et analyse.

Un rapport hebdomadaire sera établi par le TZ contenant les arrêts et les actions pour y remédier et sera remis au MTD.

- ✓ Le Planning et les BT des travaux doivent être lancés et transmis

À l'exécution chaque fin de semaine.

- ✓ Le service intervention doit remettre le planning et les BT après

Réalisation chaque début de semaine.

- ✓ Si les BT ne sont pas soldés, ils seront quand même remis au MTD tout en signalant le motif de non réalisation des travaux.
- ✓ Les travaux programmés non réalisés sont pris en charge par le TZ et le Service intervention en commun accord et sont alors reprogrammer ou à annuler suivant l'utilité du préventif et la disponibilité de l'installation.

II.8 Circulation du Bon de Travail :

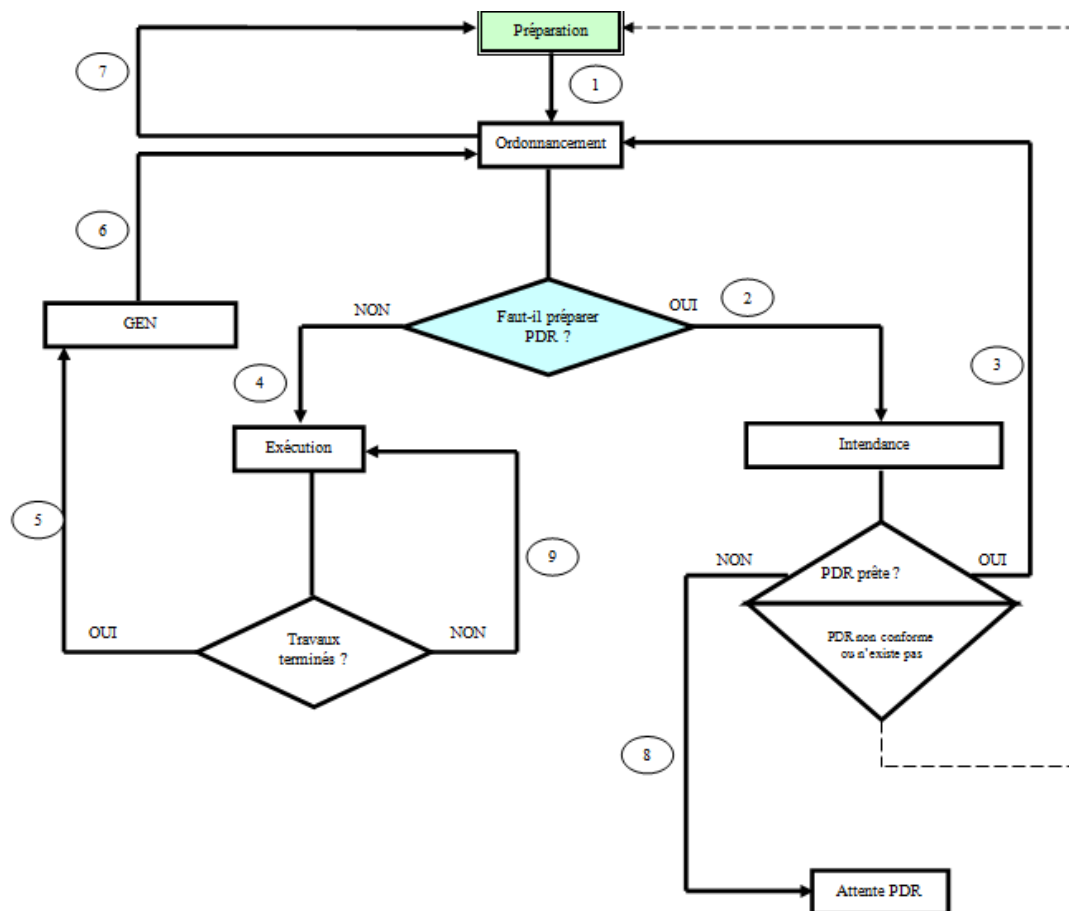


Figure II.6 : Circulation du Bon de Travail [9].

II.9 Suivi Des Modifications :

D'une manière générale toute demande de modification doit suivre la démarche décrite ci-après. Les cas urgents lancés par le secteur intervention doivent être signalés par un rapport écrit aux Méthodes pour étude et décision finale [9].

Phase 1 :

✓ Demande de Modification :

a) La demande de modification (DM) peut être faite par le secteur EEM, l'exploitant de la machine, le service technique et le service Méthodes

b) Sauf pour les cas urgents, les DM doivent être faites par écrit et transmises au Service Méthode (structure chargée du suivi des modifications pour le compte de la Direction)

c) La demande de modification pourrait comprendre :

- La DM visée par le responsable de la structure émettrice.
- Eventuellement des croquis explicatifs du problème posé
- Eventuellement des propositions de solutions.

✓ **Réception de la DM :**

Après enregistrement au niveau des MTD. Les DM sont présentés pour analyse

Au cours des réunions quotidiennes de production ou hebdomadaires de service ou de direction cette analyse- rapide- consiste à se prononcer sur :

- L'opportunité de la modification
- Sa faisabilité
- La structure pouvant prendre en charge l'étude

Des propositions de modification peuvent être faites et discutées directement en cours de réunion.

Toute modification devra être reportée sur le document d'origine ou sur un attachement en annexe. Cachet bon pour exécution fera état de validation du document.

Phase 2 :

✓ **Etude du problème :**

a) Selon les cas l'étude peut être confiée soit aux structures internes de la Direction

(MTD ou BTE) soit aux structures externes (DPT Technique ou autres lorsqu'il s'agit d'une prise en charge externe, celle-ci doit être matérialisée par une demande d'étude.

La demande d'étude (DE) doit être rédigée clairement et avec précision et accompagnée éventuellement des documents nécessaires à l'étude du problème posé (plan croquis, notices, spécifications du travail).

Selon le degré d'importance et la nature du problème, l'étude pourrait comporter :

- Note de calcul
- Plans d'ensemble et de détails
- Schémas
- Nomenclature référenciée du matériel nécessaire à la réalisation de l'étude

Cette nomenclature doit être, si c'est possible, éclatée en 03 volets (Disponible, Fabricable ou à Acheter)

✓ **Approbation du dossier :**

Tout dossier d'étude doit être approuvé par l'utilisateur avant sa mise à exécution l'approbation n'est donnée qu'une fois le dossier sort conforme aux normes et exigences de l'utilisateur, le dossier complet tiré en 05 exemplaires est transmis par la structure chargée de l'étude, ce dernier après enregistrement le transmet aux utilisateurs en vue de recueillir leurs avis et remarques et d'assurer le retour de l'information (Bon Pour Exécution)

Les envois pour approbation sont destinés à :

- EEM/ Exécution (02 ex)
- EEM/ Service Technique (01 ex)
- EEM/ Service Méthodes (01 ex)
- Exploitation (01 ex)

Après un délai d'examen ne dépassant pas les 15 jours, les dossiers doivent retourner au MTD accompagnés des remarques et observations éventuelles.

L'approbation n'est reprise que lorsque la structure chargée de l'étude reçoit le " quitus" (retour d'un exemplaire du dossier avec la mention écrite " APPROUVE "

Phase 3 :**✓ Réalisation de la modification :**

Deux étapes caractérisent la réalisation du travail :

➤ Préparation du travail :

Le dossier approuvé transite en premier lieu par le Service Technique pour y préparer le travail cette préparation consiste en :

- Préparation des pièces de rechange nécessaires à la réalisation du travail (pièces gérées, pièces à fabriquer, pièces à acheter)
- Préparation des outillages et autres moyens nécessaire à la réalisation.
- Emission des demandes de prestation de service dans le cas d'une sous-traitance
- Ouverture des bons de travaux

➤ Réalisation du travail :

Le dossier définitif auquel sont annexés les documents de préparation énumérés ci-dessus et éventuellement le planning et la gamme, est transmis par le Service Technique suffisamment à l'avance à la structure chargée de la réalisation. La supervision des travaux étant toujours sous la responsabilité des Méthodes.

Phase 4 :**✓ Essai de mise en route :**

Après exécution du travail il y a lieu de procéder aux essais de mise en route et de réception des travaux. A ces essais doivent assister les structures concernées (EEM-EXP - TECH – HSE- Sous-Traitant) Les résultats d'essais doivent être consignés sur une fiche d'essais et de suivi dont la mise à jour est assurée par les MTD. Si les essais sont concluants, les travaux sont déclarés soldés Le visa des parties concernées sur la fiche d'essais en fait foi.

Une période de suivi est nécessaire pour se prononcer définitivement sur la modification. A l'issue de cette période et si le résultat du suivi s'avère positif il est

procédé à la généralisation de la modification. Si c'est nécessaire à la mise à jour des documents.

**Chapitre III : Description de l'arrêt annuel de maintenance
au niveau de TSS**

III.1 Définition et importance de l'arrêt annuel :

Dans le contexte industriel, l'arrêt annuel désigne une période planifiée pendant laquelle les équipements d'une installation sont arrêtés de manière totale ou partielle afin de permettre des opérations de maintenance lourde, des contrôles réglementaires, des modifications techniques, ou encore des améliorations de performances. Cet arrêt est stratégique, car il permet d'assurer la disponibilité, la fiabilité et la sécurité des installations tout au long de leur cycle opérationnel suivant [10].

Dans les industries de transformation telles que la sidérurgie, où les équipements fonctionnent en continu sous des conditions sévères, l'arrêt annuel est indispensable pour éviter les défaillances majeures et optimiser les rendements. Il constitue une phase cruciale dans le cycle de maintenance globale de l'entreprise.

III.2 Objectifs de l'arrêt annuel

L'arrêt annuel vise plusieurs objectifs techniques et organisationnels :

- Assurer la conformité réglementaire vis-à-vis des inspections obligatoires.
- Prévenir les défaillances critiques par des actions de maintenance préventive systématique ou conditionnelle.
- Réparer les anomalies détectées durant l'année d'exploitation.
- Effectuer des travaux d'amélioration continue ou de mise en conformité.
- Optimiser les performances énergétiques et la sécurité des installations.
- Réduire les risques de pannes majeurs et d'arrêt imprévus.

III.3 Activités réalisées pendant l'arrêt annuel :

Activités réalisées pendant l'arrêt annuel sont [9]

- Inspection et révision des machines critiques (moteurs, pompes, compresseurs, fours, etc.).
- Remplacement ou reconditionnement des pièces usées.
- Travaux de nettoyage industriel et de peinture.

- Mise à niveau des installations électriques, mécaniques, hydrauliques ou automatisées.
- Amélioration des systèmes de sécurité ou d'environnement (filtration, détection, etc.).

III.4 Grands Travaux et Arrêt Annuel de la TSS :

L'arrêt est généralement préparé à six (6) mois à l'avance en unité TSS et fait appel à une planification rigoureuse [9], avec :

III.4.1 Etude du bilan Arrêt Annuel N-1 :

Pour la préparation de l'arrêt annuel il sera tenu compte des réserves et des anomalies constatées lors de l'arrêt précédent à savoir [9] :

- Consignation des installations
- Eclairage et nettoyage des zones de travail
- Affectation des agents
- Elimination des travaux pouvant se faire hors arrêt annuel
- Préconisation de la PDR

III.4.2 Listing des travaux :

Les travaux de l'arrêt annuel sont décidés sur la base de la classification des machines, l'analyse de l'exercice en matière bilan de production, analyse des arrêts, analyse des incidents et impact sur la sécurité et l'environnement ainsi que le programme de production prévisionnelle pour l'exercice N+1, à cela il faut inclure dans ce listing [9] :

- 1) Tous les travaux d'entretien préventif correspondant à cette périodicité.
- 2) Insertion des améliorations et modifications

III.4.3 Détermination des moyens humains et Matériels :

- 1) Nombre d'exécutant par atelier suivant la charge de travail à réaliser en interne
- 2) Charges de travail à réaliser par la sous-traitante et moyens
- 3) Outillage spécifique

4) PDR et consommable

III.4.4 Affectation des Travaux :

❖ Travaux confiés à la maintenance de l'usine :

- Charge de travail selon effectif de chaque atelier,
- Réglage et mise au point des installations, préparation démarrage et essais.

❖ Travaux confiés aux services prestataires :

- Etude du planning des travaux confiés aux services prestataires
- Préparation dossier de travail (outillage, plan, notices, gammes opératoires liste PDR, etc.) afin de faciliter et préciser l'exécution des travaux.
- Pour les travaux confiés à la maintenance Usine (AMM/ATCX, MRE...) le volume horaire doit être identifié pour la révision et le préventif des moteurs et des sous-ensembles (nombres de moteurs, désignation exacte de la réparation...).

III.4.5 Remise des Plannings aux différents intervenants pour critique :**III.4.6 Elaboration du Document final :**

- Pour la rédaction du document final, il sera tenu compte des remarques signalées par tous les intervenants
- Coordination des travaux : améliorer la prise en charge de la consignation Des installations, veiller à l'enclenchement des opérations, répartition et coordination des différentes équipes.
- Planning de coupure DEL/PDE
- Planning de nettoyage (fait par EXP suivant priorités fixées par la maintenance)
- Planning linéaire des services prestataires ou sous-traitants [9].

III.4.7 Elaboration du Planning Général :

Reprendre dans un planning grand format l'ensemble des travaux retenus dans chaque zone. Ce document, sera affiché au niveau des différents points de

l'atelier après sa validation par le Département Maintenance. Il permet le suivi de l'état d'avancement des chantiers.

III.4.8 Réunions de synthèse

La présence des chefs de service EEM, TZ, chefs de secteurs, prestataires et exploitants est obligatoire.

III.4.9 Planning De l'Arrêt Annuel :

Préparation Planning Grand Travaux :		N-5			N-4			N-3			N-2			N-1		
1	Etude du Bilan N-1															
2	Listing des travaux arrêt annuel															
3	Insertion des améliorations et modification dans le planning															
4	Détermination des moyens humains et matériels															
5	Listing des Travaux conditionnés par la PDR															
6	Ordre de priorité des travaux															
7	Affectation des travaux															
8	Remise des Planning aux différents intervenants pour critique et éventuelle approbation															
9	Elaboration du Document Final															
10	Elaboration du Planning Général															
11	Réunions de synthèse															

Tableau III.1 : Planning de l'arrêt annuel [9].

❖ Commentaire analytique sur les "Grands Travaux d'Arrêt Annuel" :

- * Ces travaux présentent une méthodologie rigoureuse et structurée pour la préparation, la planification et l'exécution des travaux d'arrêt annuel dans un contexte industriel, probablement lié à une unité de production lourde comme

celle de SIDER El Hadjar. Il met en lumière les différentes étapes critiques nécessaires pour garantir une maintenance efficace et minimiser les risques d'arrêts non planifiés durant l'année suivante.

- * Le planning de l'arrêt annuel est issu des calendriers de maintenance préventive (visites générales, contrôles prédictifs, etc.) et se concrétise par l'émission des BT spécifiques à chaque équipement.

[illegible]

Figure III.1 : Exemple de Calendrier de Préventif systématique [9].

III.5 Caractéristiques principales d'arrêt annuel [9] :

Les caractéristiques d'arrêt annuel sont [9]

- Durée : variable selon l'ampleur (quelques jours à plusieurs semaines).
- Coût : investissement significatif, compensé par une amélioration de la performance.

- Risques : sécurité des intervenants, respect des délais, qualité des travaux.
- Suivi : tableaux de bord, audits, réunions quotidiennes, rapport final.

III.6 Mise en œuvre à SIDER El Hadjar – Unité TSS

L'unité TSS (Tuberie Sans Soudure) de SIDER El Hadjar occupe une place stratégique dans la chaîne de production sidérurgique. Elle dispose de plusieurs lignes critiques nécessitant une attention particulière lors des arrêts : fours, laminoirs, bancs d'étirage, lignes de traitement thermique, etc [1][9].

L'arrêt annuel dans cette unité est coordonné par la Direction des Opérations – Service Entretien Électrique et Mécanique (EEM), et implique :

- Des interventions lourdes sur les machines rotatives, moteurs, armoires électriques et fours ;
- La révision ou remplacement d'organes critiques (paliers, roulements, capteurs, etc).
- Des inspections de sécurité obligatoires (vannes de sécurité, dispositifs de coupure, etc).
- Des tests de redémarrage et des essais de performance à l'issue des travaux.

III.7 Organisation et suivi :

L'organisation de l'arrêt annuel à la TSS repose sur :

- Une hiérarchisation claire des responsabilités (Chef de projet arrêt, coordinateurs techniques, superviseurs de zone) ;
- L'utilisation d'outils de suivi tels que les tableaux d'avancement, les rapports journaliers, et les réunions quotidiennes de coordination ;
- L'intégration de la gestion documentaire : BT, rapports d'intervention, fiches de conformité, etc.

Le suivi post-arrêt permet d'évaluer la performance du processus, d'identifier les écarts et de capitaliser l'expérience pour les futurs arrêts. Il s'inscrit dans une logique d'amélioration continue comme souligné dans les bonnes pratiques de la maintenance moderne [10][4].

III.8. Contraintes et enjeux :

L'arrêt annuel, bien que nécessaire, pose plusieurs contraintes opérationnelles et économiques :

- Coût élevé dû à l'arrêt de production, au recours à la sous-traitance et à l'achat de pièces spécifiques ;
- Coordination complexe entre les multiples intervenants internes et externes ;
- Risque de dérive de planning ou de non-conformité si la préparation est insuffisante.

Cependant, une bonne maîtrise de ces éléments peut transformer l'arrêt annuel en un levier de performance pour l'entreprise, notamment à travers l'optimisation des coûts de cycle de vie des équipements et la réduction des incidents majeurs.

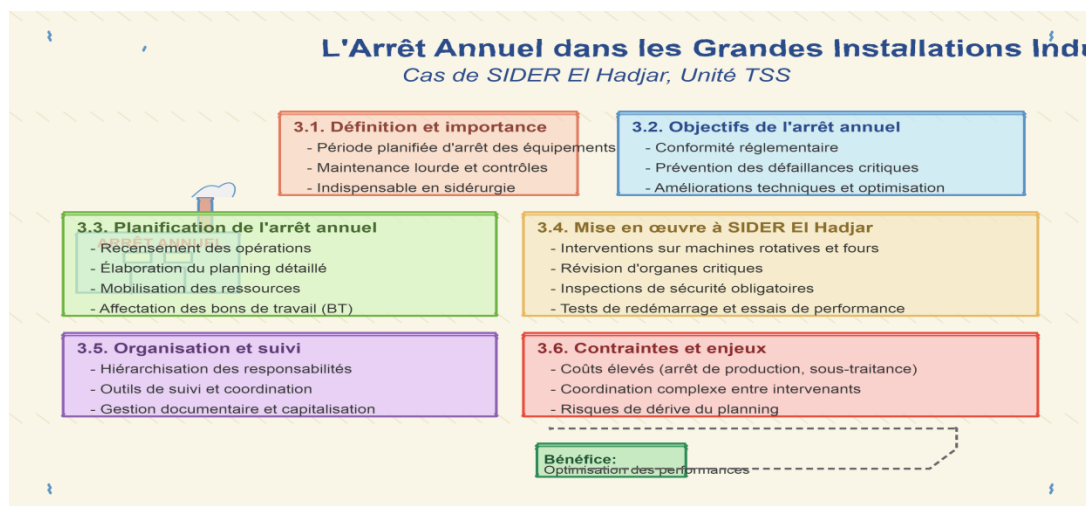


Figure III.2 : Schéma explicatif de l'arrêt annuel dans les grandes installations [10].

Chapitre IV : Application de la méthode PRINC2

IV.1 Description de la méthode PRINCE 2 :

IV.1.1 La définition de la méthode Prince2 :

Prince2(Projects IN Controlled Environments) est une méthode de gestion de projet structurée, fondée sur les meilleures pratiques, qui fournit un cadre clair et organisé pour planifier, diriger et contrôler un projet de bout en bout. Elle est orientée processus, adaptable à tout type de projet.

Elle repose sur trois piliers fondamentaux [11] :

- 7 principes
- 7 thèmes
- 7 processus

IV.1.2 Les sept Principes de la méthode Prince2 :

Cette méthode comprend sept principes [12], qui sont

- ✓ **Justification continue pour l'entreprise** : Le projet doit toujours avoir une raison valable, justifiée du point de vue commercial. Cette justification doit être documentée, approuvée et réévaluée régulièrement tout au long du cycle de vie du projet.
- ✓ **Leçons tirées de l'expérience** : Les équipes doivent apprendre des expériences passées. Cela inclut tirer parti des leçons apprises sur les projets antérieurs, mais aussi documenter et partager les enseignements acquis pendant et après le projet.
- ✓ **Rôles et responsabilités définis** : Chaque personne impliquée dans le projet doit savoir ce qu'on attend d'elle. PRINCE2 définit une structure organisationnelle claire avec des rôles et responsabilités bien définis.
- ✓ **Management par Séquences** : Le découpage du projet en séquences offre à la direction des points de contrôle stratégiques. Ainsi, chaque projet PRINCE2 est planifié, suivi et piloté selon ces phases distinctes.

- ✓ **Management par Exception** : Les projets PRINCE2 reposent sur l'établissement de tolérances pour six dimensions clés (coût, qualité, délai, risque, périmètre et bénéfices). Ces limites définissent l'étendue de l'autorité déléguée, et la gouvernance repose sur trois niveaux de responsabilité : la direction, la gestion opérationnelle et la production des livrables.
- ✓ **Focalisation sur le Produit** : Le projet se concentre sur la définition et la livraison des produits (ou livrables) avec une compréhension claire de leurs exigences en matière de qualité.
- ✓ **Adaptation à l'environnement du projet** : Prince2 doit être adapté en fonction du contexte du projet (taille, complexité, secteur d'activité, risques ...). Cela n'est pas une méthode rigide.

IV.1.3 Les sept thèmes de Méthode Prince2 :

Présentation :

Après les sept principes qui constituent le premier socle sur lequel repose la méthode PRINCE2, le second socle est composé de sept thèmes ou domaines fonctionnels. Les thèmes livrent une explication détaillée de toutes les bonnes pratiques de la gestion de projet, et ils ont pour but d'augmenter les chances de succès d'un projet [12].

Ces sept domaines fonctionnels comprennent le Business case, l'organisation, la gestion de la qualité, la planification, la gestion des risques, la gestion des changements, et le contrôle de la progression. Tous ces aspects du management de projet doivent être continuellement pris en compte et intégrés tout au long du projet afin d'en assurer la réussite [12].

Dans une première approche, chacun des thèmes peut s'interpréter comme la réponse à une question simple [12] :

- **Business case**>>> Pourquoi entreprendre ce projet ce projet ?
- **Organisation**>>> Qui est impliqué et qui fait quoi ?

- **Qualité**>>En demandant Quoi ?
 - **Planification**>>Comment le projet sera -t-il réalisé ? Combien cela coutera-t-il ? Quand les livrables principaux seront ils finalisés et validés ?
 - **Risques**>>Quelles sont les menaces potentielles et leur conséquence ?
 - **Changements**>>Quels sont les impacts des évolutions ou ajustements ?
 - **Progrès**>>Où en est-on actuellement et quelle est la trajectoire prévue ?
- ✓ **Le business case (cas d'affaire) :** La justification d'un projet doit être explicitement formulée et reposer sur des arguments solides. Le Business case joue un rôle central en définissant les critères d'évaluation du projet, permettant ainsi d'en vérifier la faisabilité et la viabilité. Outil clé dans le processus de décision d'investissement, il constitue également un document de référence tout au long du cycle de vie du projet.

Dans la méthodologie PRINCE2, le Business case fait office de guide principal. Il doit assurer la cohérence entre les objectifs du projet et ceux de la stratégie ou du programme de l'entreprise, afin que chaque étape contribue positivement à l'organisation concernée. Il est également essentiel que le lien entre les bénéfices escomptés, les résultats attendus et les livrables soit clairement établi dans ce document.



Figure IV.1 : Produits, Résultats, Bénéfices [12].

La figure ci-dessus met en évidence les relations entre produits, résultats et bénéfices :

- Les produits représentent les livrables générés par le projet. Lorsqu'ils sont conçus par des experts techniques, on les appelle « produits de spécialistes » — par exemple, des modules d'un logiciel de déclaration de revenus en ligne. En revanche, s'il s'agit de documents nécessaires à la gestion du projet,

comme le Business case, le plan de projet ou le plan de communication, on parle alors de « produits de management ».

- Les résultats correspondent aux changements induits par l'utilisation des produits. Par exemple, la mise en place d'un nouveau service de déclaration des revenus en ligne.
- Les bénéfices désignent les améliorations concrètes et quantifiables découlant des résultats. Dans le cas du service de déclaration en ligne, cela peut se traduire par un gain de temps pour les usagers et une amélioration de la productivité pour l'administration.

Le Business case est développé, vérifié, maintenu et confirmé tout au long du projet. Il doit prendre en considération les impacts des changements, ainsi que les conséquences éventuelles des risques....

- ✓ **L'organisation, les rôles et les responsabilités : L'organisation** d'un projet PRINCE2 est composée de 3 niveaux : la Direction de projet, le Management de Projet et la Livraison des produits. La direction du Projet est un Directoire appelé Comité de Pilotage du Projet qui doit représenter les 3 intérêts d'un projet.

✓

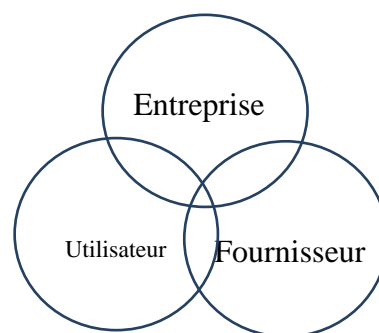


Figure.IV.2 : La direction de projet [11].

Le Chef de Projet gère au jour le jour le projet en fonction d'un « contrat » passé avec le Comité de Pilotage Projet. Ce contrat est appelé la Documentation d'Initialisation

du Projet (DIP), qui contient tous les produits de management référencés (documents faisant référence).

Activités principales du Chef de Projet :

- Planifier
- Déléguer
- Surveiller
- Contrôler

Les rôles d'Exécutif et de Chef de Projet sont des rôles uniques et obligatoires, la plupart des autres rôles, sortes de délégations, sont optionnels et dépendent de l'adaptation du projet à son environnement. L'Exécutif est le décisionnaire du projet et le véritable responsable du projet vis à vis de la Direction de l'entreprise ou du programme. L'Utilisateur Principal est le sachant fonctionnel, il est responsable des exigences et comptable des bénéfices du projet. Le Fournisseur Principal est le sachant technique, il fournit les ressources qui vont réaliser les produits.

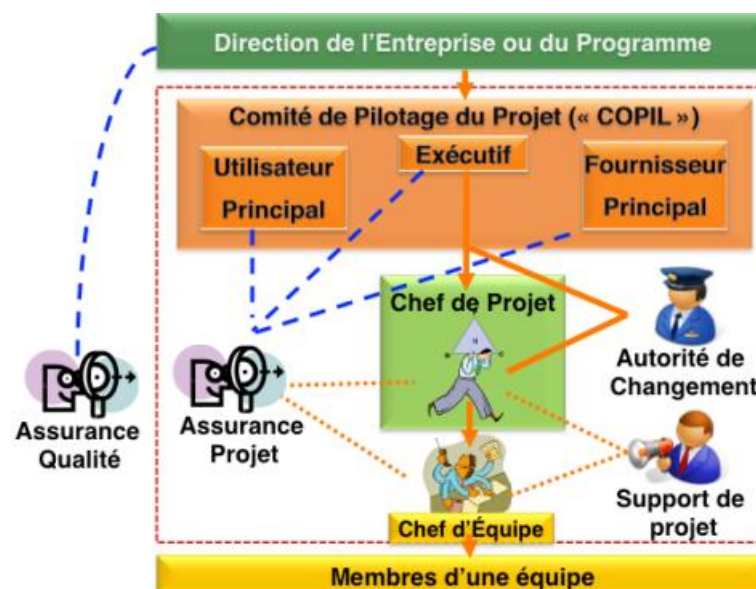


Figure IV.3 : Les membres d'une équipe [11].

L'Assurance Projet peut être triple (Entreprise, Fournisseur, Utilisateur). L'Assurance Qualité est indépendante du Chef de Projet et de l'équipe projet, là où l'Assurance Projet n'est indépendante que du Chef de Projet.

Le Support Projet assiste le Chef de projet dans la gestion de configuration et le maintien des registres.

L'Autorité de changement décide à son niveau de certains changements Assure que les livrables répondent aux exigences et critères de qualité définis.

Questions clés : Que livrer ? Quelle qualité ? Comment la vérifier ?

Produit principal : Plan qualité et dossiers de qualité.

- ✓ **Qualité : Assure** que les livrables répondent aux exigences et critères de qualité définis.

Questions clés : Que livrer ? Quelle qualité ? Comment la vérifier ?

Produit principal : Plan qualité et dossiers de qualité.

- ✓ **Plans : Décrit** comment et quand les objectifs du projet seront atteints.

Questions clés : Que va-t-on faire ? Quand ? Avec quelles ressources ?

Produit principal : Plans (niveau projet, séquence, équipe).

- ✓ **Risque : Gère** les incertitudes pouvant affecter le projet (positives ou négatives).

Questions clés : Quels sont les risques ? Comment les anticiper ou réagir ?

Produit principal : Registre des risques.

- ✓ **Changement : Gère** les demandes de modification, les incidents et les écarts par rapport au plan.

Questions clés : Que faire face à un changement ? Qui décide ?

Produit principal : Registre des modifications.

- ✓ **Progression (Avancement) : Suit** l'évolution du projet, permet de contrôler si tout avance comme prévu. Questions clés : Où en est-on ? Sommes-nous dans les limites prévues ?

Produit principal : Rapports d'avancement, revues de phase.

IV.1.4 Les sept processus de méthode Prince2 :

Les processus décrivent les principales activités que les 3 principaux niveaux de responsabilité doivent déployer pour gérer tout le cycle de vie du projet [11].

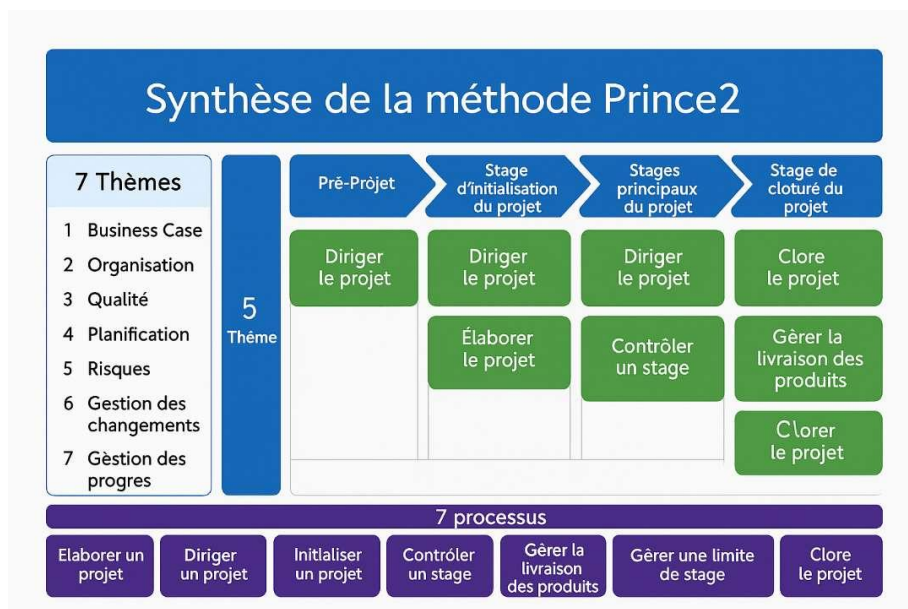


Figure. IV.4 : Synthèse de la méthode PRINCE2 [11].

- ✓ **Elaborer (EP) :** L'étape d'élaborer un Projet (EP) consiste à vérifier que les conditions préalables au lancement du projet sont réunies, en évaluant sa viabilité et sa justification.
- ✓ **Initialiser le projet (IP) :** L'objectif de l'initialisation d'un projet est de lui fournir des bases solides et de permettre à l'organisation de bien appréhender les tâches à accomplir pour livrer les produits attendus, avant d'engager des ressources financières significatives.
- ✓ **Contrôler :** Le contrôle d'une séquence vise à attribuer les tâches, suivre l'avancement des travaux, gérer les incidents, informer le comité de pilotage (COPI) de l'état d'avancement, et mettre en œuvre les actions correctives requises afin de maintenir la séquence dans les limites de tolérance définies.

- ✓ **Gérer la livraison des produits (GLP) :** Vise à encadrer la relation entre le chef de projet et les chefs d'équipe, en définissant des exigences formelles concernant l'acceptation, la réalisation et la livraison des travaux du projet.
- ✓ **Diriger le Projet (DP) :** La direction du projet permet au comité de pilotage (COPIL) d'assumer la responsabilité globale de sa réussite, en prenant les décisions stratégiques et en assurant un contrôle global, tout en confiant la gestion opérationnelle quotidienne au chef de projet.
- ✓ **Gérer la Limite de Séquence (LS) :** La gestion de la limite de séquence a pour objectif de fournir au comité de pilotage les informations nécessaires, transmises par le chef de projet, afin qu'il puisse évaluer le succès de la séquence en cours, valider le plan de la séquence suivante et examiner le plan global du projet.
- ✓ **Clore le projet (CP) :** La clôture du projet vise à établir un point final officiel, confirmant l'acceptation du produit livré et reconnaissant que les objectifs définis dans la documentation d'initialisation ont été atteints ou que le projet n'a plus de valeur ajoutée à offrir.

IV.2 Application à l'arrêt annuel de TSS :

L'application de la méthode PRINCE2 peut aider à gérer efficacement l'arrêt en tenant compte de sa complexité relative au nombreux intervenants, les risques élevés, et les délais imposés. L'objectif est de permettre de structurer la planification, l'exécution et le contrôle, garantissant ainsi une remise en marche sûre, efficace et conforme aux objectifs de l'entreprise.

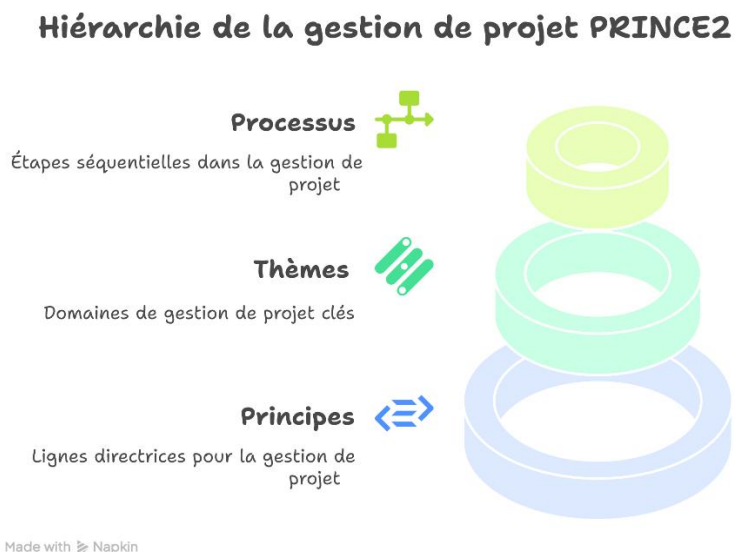


Figure IV.5 : Schéma explicatif de la structure de méthode PRINCE2.

IV.2.1 Les principes :

- ✓ **Justification continue pour l'entreprise :** Il faut commencer à admettre le caractère Réurrence de l'arrêt annuel. En d'autres termes, ce n'est pas un projet unique mais un programme récurrent. Chaque itération annuelle peut être considérée comme un projet distinct au sein du programme global de maintenance. Considérer chaque l'arrêt annuel est comme un "projet" annuel distinct au sein d'un "programme" de maintenance. Cela permet d'appliquer les principes de gestion de projet à chaque année. Les point points suivants peuvent être développer :
 - Engagement sur la période d'arrêt annuel spécifiée.
 - Assurer la maintenance, la conformité, sécurité, fiabilité des équipements critiques.
 - Réduire les risques de pannes futures.
 - Respecter les normes de securit é et règlementaires.
 - Élaborer un Business Case détaillé : Avant le lancement de l'arrêt, documentez les raisons claires de l'arrêt

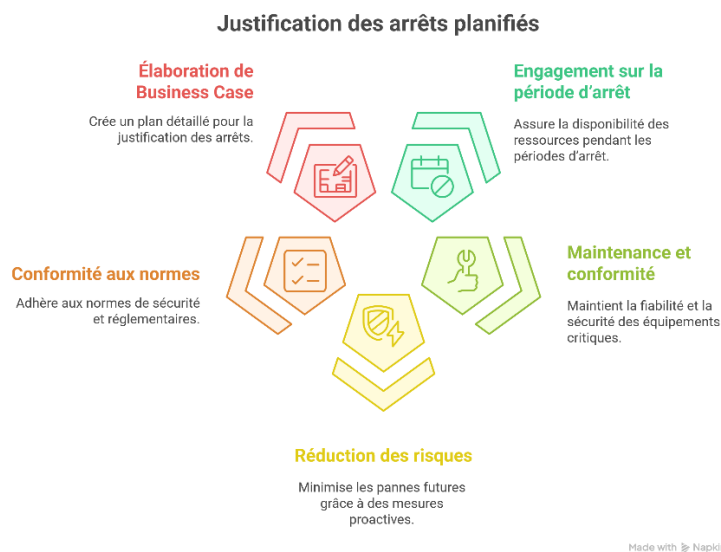


Figure IV.6 : Schéma explicatif de la justification continue appliquée à la gestion des arrêts planifiés de TSS.

✓ **Leçons tirées de l'expérience :** Il est crucial d'apprendre du déroulement des arrêts précédents. Des éléments tels que les succès, échecs, et problèmes rencontrés sont à considérer pour améliorer la planification et l'exécution de l'arrêt actuel. Les points suivants sont à développer :

- Analyser les informations documentées en termes D'intervention ET Imprévus.
- Revue des arrêts précédents : analyser les succès et les échecs pour identifier les améliorations possibles concernant la durée intervention et les recours nécessaires.
- Identification des meilleures pratiques : traduire les leçons de façon à les intégrer dans le futur plan d'arrêt annuel.
- Mettre l'accent sur la capitalisation de l'expérience d'une année à l'autre. Le "Journal des Leçons" devient un document vivant et essentiel pour l'amélioration continue du programme AAM.
- Adopter les modèles évolutifs pour le retour d'expérience (REX) et les Check-list

Cycle d'apprentissage de l'expérience



Figure IV.7 : Application du principe de Leçons tirées de l'expérience aux arrêts planifiés de TSS.

✓ **Rôles et responsabilités définis :** Chaque acteur : intervenant équipes, membre du comité de pilotage ou contractant, doit avoir des fonctions et des responsabilités clairement établis pour éviter toute confusion. Les points suivants sont à développer :

- Chaque acteur doit connaître ces responsabilités de manière explicite avant et pendant la période d'arrêt (répartition des tâches).
- Etablir un organigramme temporaire relatif l'ensemble des acteurs à Impliquer dans l'arrêt annuel.
- Etablir et partager un graphique pour gérer les tâches critiques.
- Organigramme du projet d'arrêt : Créez un organigramme visuel montrant la structure de l'équipe de l'arrêt, les lignes de reporting et les interactions entre les rôles internes et externes (contractants).
- Descriptions de poste pour l'arrêt : Rédigez des fiches de rôle claires pour les postes clés (Chef d'Arrêt, Coordinateur Sécurité, Responsable

Logistique, Chef de lots de travaux) détaillant leurs responsabilités et leur autorité.

- Kick-off meeting : Organisez une réunion de lancement avec tous les acteurs clés pour présenter la structure, les rôles et les attentes de chacun.



Figure IV.8 : Application du principe de Rôles et responsabilités définis aux arrêts planifiés de TSS.

- ✓ **Management par Séquences :** L'arrêt doit être découpé en phases les quelles prises individuellement sont considérés gérables par rapport à la préparation et l'exécution avec un contrôle étape par étape :

- **Étape 1 : Planification et préparation**
 - Déterminer les durées des taches.
 - Placement dans le temps.
 - Etablir un diagramme de Gant.
 - Définition des objectifs et des tâches.
 - Planification des ressources et des coûts.
 - Logistique PDR
- **Étape 2 : Exécution des travaux (pendant l'arrêt).**
 - Supervision des travaux de maintenance et de réparation.
 - Suivi des opérations.

- Gestion des imprévus.
- Gestion des risques et des problèmes.
- **Étape 3 : Remise en service et évaluation (après l'arrêt).**
 - Vérification de la qualité des travaux
 - Évaluation des résultats et identification des améliorations possibles

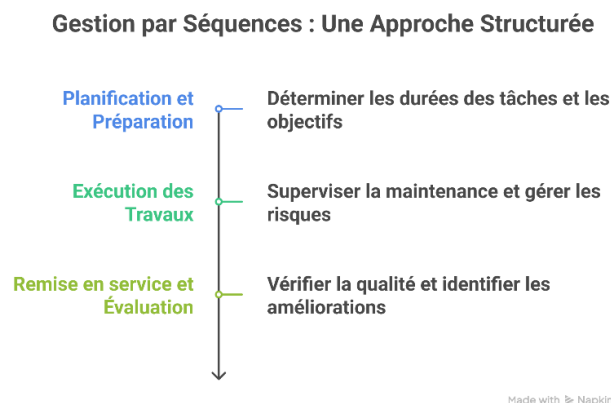


Figure IV.9: Application du principe de Management par Séquences aux arrêts planifiés de TSS.

On peut adopter un Plans spécifiques par séquence : Chaque séquence doit avoir son propre plan détaillé (calendrier, ressources, budget) qui est ajusté en fonction des résultats de la séquence précédente.

✓ **Management par Exception : Admettre** que l'autonomie du Chef projet (d'Arrêt) pour gérer les opérations quotidiennes peut être affecter par des évènements qui nécessite l'intervention des responsables. On distingue :

- Des seuils de tolérance (temps, budget, qualité) sont définis.
- Prévoir des zones tampons dans le planning
- Le management n'intervient que si ces seuils sont dépassés.
- Processus d'escalade : procédure pour remonter les exceptions au niveau décisionnel approprié.

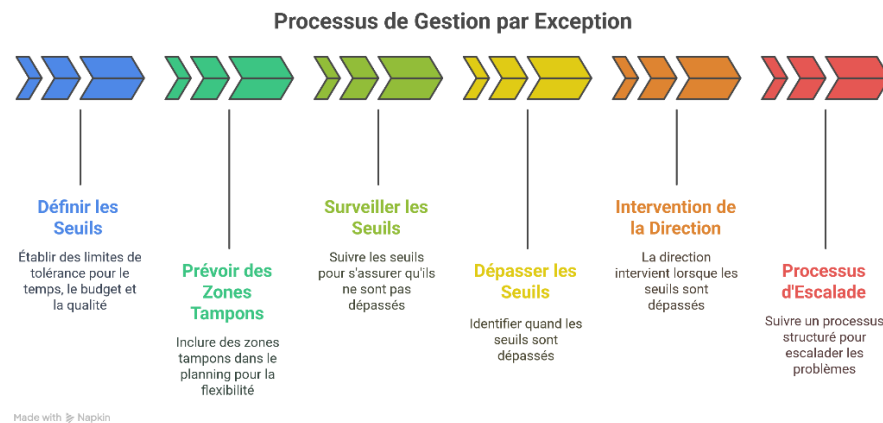
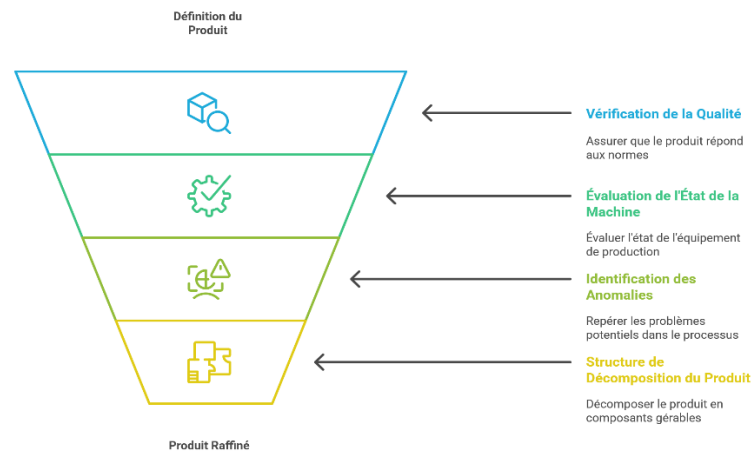


Figure IV.10: Application du principe de Management par Exception aux arrêts planifiés de TSS.

- ✓ **Focalisation sur le Produit :** La terminologie « produit ». L'accent est mis sur la définition et la livraison de produits finis et testés, plutôt que sur les seules activités :
- Définition des produits : les travaux de maintenance et de réparation doivent être effectués selon les normes de qualité requises.
 - Vérification de la qualité : les produits sont vérifiés pour s'assurer qu'ils répondent aux normes de qualité.
 - L'état de machine
 - Les anomalies, les obstacles, difficultés.
 - Structure de Décomposition des Produits (SDP) : hiérarchie visuelle de tous les livrables de l'arrêt, du produit final principal aux composants les plus détaillés

Processus de Raffinement du Produit



Made with Napkin

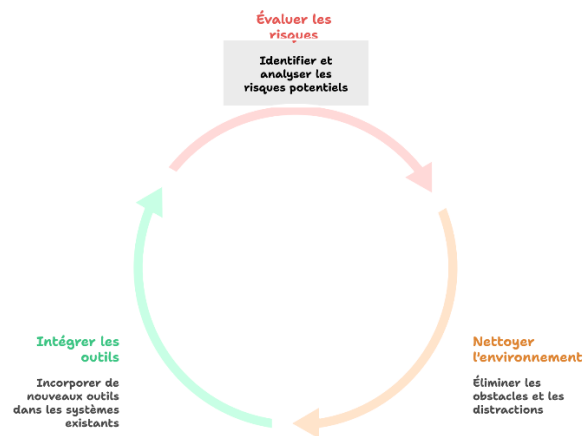
Figure IV.11: Application du principe de Focalisation sur le Produit aux arrêts planifiés de TSS.

✓ Adaptation à l'environnement du projet :

Ajuster en fonction de la taille et de la complexité de l'arrêt :

- Évaluation des risques : identifier les risques liés à l'arrêt annuel et élaborer des plans pour les atténuer.
- Nettoyage (considérer tous les éléments de l'environnement).
- Intégration aux outils existants : Utilisez les systèmes SAP, ERP ou GMAO.

Cycle d'adaptation à l'environnement du projet



Made with Napkin

Figure IV.12: Application du principe d'adaptation à l'environnement du projet aux arrêts planifiés de TSS.

IV.2.2 Les thèmes :

- ✓ **Le business case (cas d'affaire) : La justification économique et stratégique de l'arrêt**
 - Justification de l'arrêt annuel : garantir la sécurité et la fiabilité de l'usine.
 - Objectifs : minimiser les coûts, réduire les risques et assurer la qualité des travaux.
 - Effectuer des revues régulières : Avant chaque phase majeure de l'arrêt.

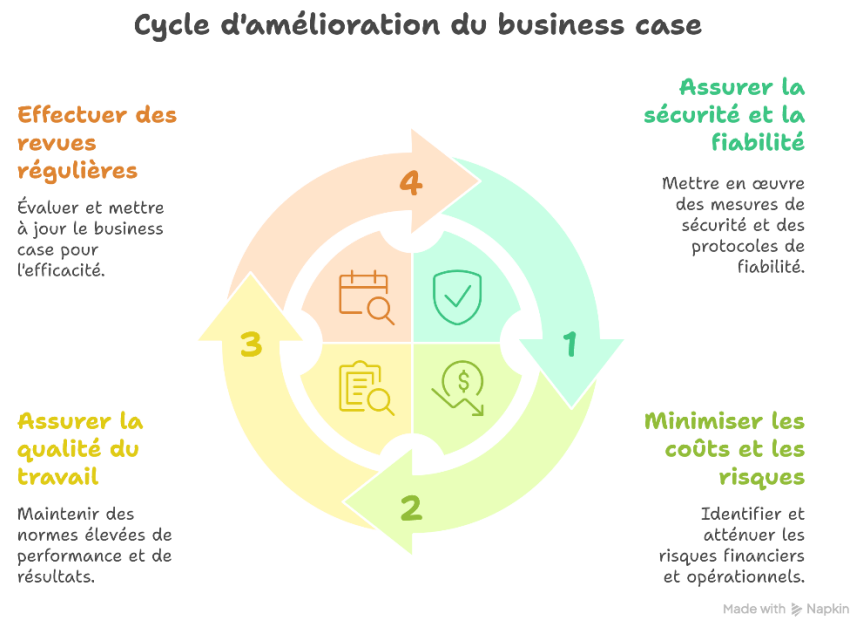


Figure IV.13: Optimisation du thème de business case (cas d'affaire) aux arrêts planifiés de TSS.

✓ **L'organisation, les rôles et les responsabilités :**

- Définir la structure de gestion spécifique pour l'arrêt (chef de projet, équipe technique, sous traitement, sécurité, ect).
- Définir le rôle du Chef de projet : Gère le planning, les ressources, les risques.
- Mettre en place une Charte du Projet d'Arrêt : Ce document initial résume les objectifs, les rôles principaux, les contraintes et la justification du projet.
- Définir la stratégie de communication : Établissez un plan de communication clair pour assurer une circulation de l'information entre toutes les parties prenantes, internes et externes.



Figure IV.14 : Application du thème d'organisation aux arrêts planifiés de TSS.

✓ **Qualité :**

- Définir les critères de qualité des travaux réalisés pendant l'arrêt.
- Élaboration d'un plan qualité spécifique : contrôle des opérations, respect des normes, inspections finales.
- Mise en place de fiches de validation pour chaque intervention (par exemple : changement de pompe, nettoyage de cuves...).
- Mettre en place des Points d'Arrêt et de Contrôle (PAC) : Intégrez dans le planning des points jalons où des inspections, des vérifications doivent être effectuées.
- Assurer la traçabilité des actions

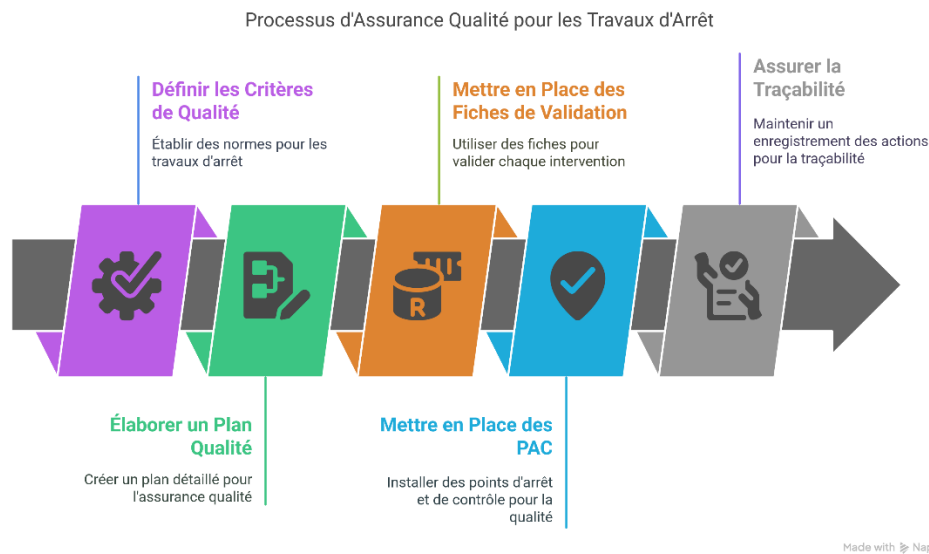


Figure IV.15 : Application du thème de la Qualité aux arrêts planifiés de TSS.

✓ **Plans :**

- Planification de l'arrêt annuel.
- Définition des objectifs et des tâches.
- Planification des ressources et des coûts.
- Identification des risques et des problèmes potentiels.

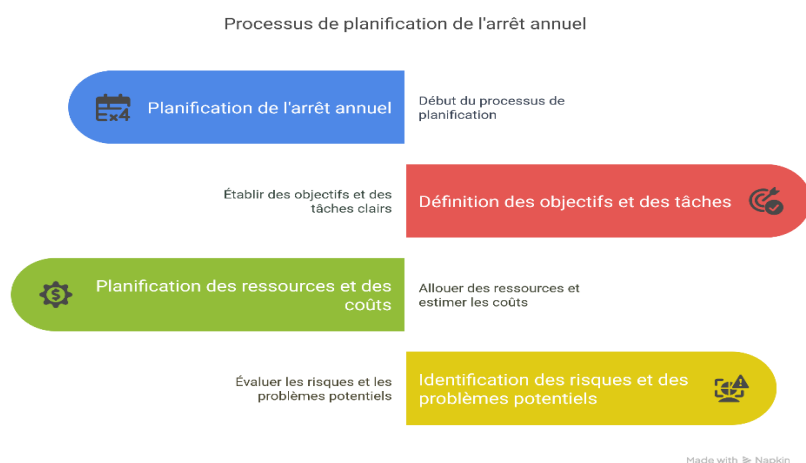


Figure IV.16 : Application du thème des plans aux arrêts planifiés de TSS.

✓ **Risque :**

- Identifier et gérer les risques liés à l'arrêt.
- Analyse des risques techniques (retard de livraison, indisponibilité de pièces, conditions météo...).
- Analyse des risques sécurité (interventions en espace confiné, coactivités).
- Mise en place de plans de mitigation (ressources de secours, scénarios alternatifs...).
- Mettre en place une revue régulière des risques liés à l'arrêt annuel et à son déroulement.

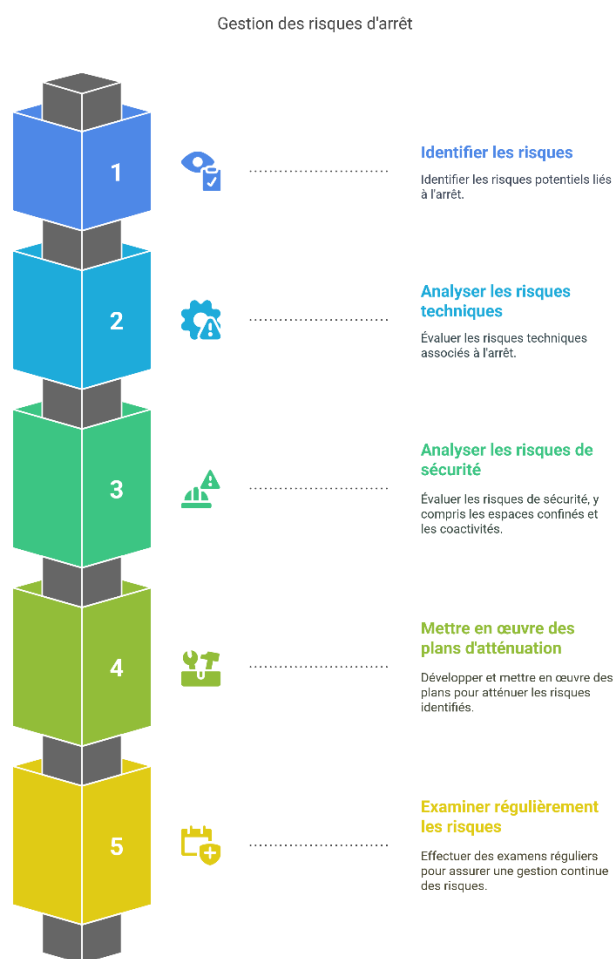


Figure IV.17 : Application du thème de risque aux arrêts planifiés de TSS.

✓ **Changement :**

- Gérer les demandes de modifications pendant l'arrêt.
- Mise en place d'un processus clair de validation des travaux imprévus.
- Journal des demandes de modification.
- Analyse d'impact des changements sur le planning, le budget et la sécurité.
- L'environnement des équipements : dans l'industrie, l'environnement des équipements correspond aux conditions extérieures qui affectent le fonctionnement, la performance et la maintenance des machines, comme : La température, L'air, Poussière/ Saleté, Vibrations/ Chocs, Produits chimiques, Humidité.

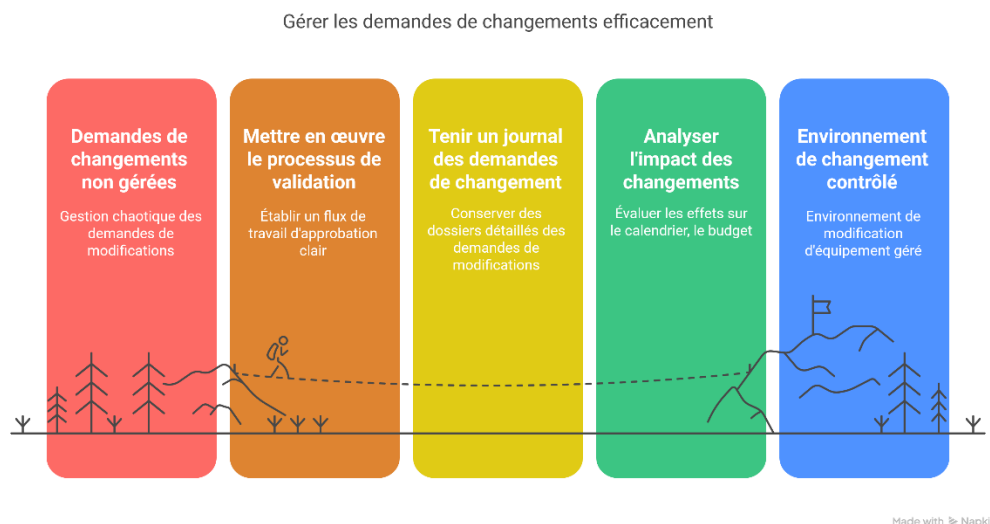


Figure IV.18 : Application du thème de changement aux arrêts planifiés de TSS.

✓ **Progression (Avancement) :**

- Check points et Rapports de Progression
- Utiliser un Tableau de Bord de l'Arrêt : tableau de bord visuel et mis à jour
- Suivre l'avancement et décider de la continuité du projet.
- Réunions périodiques de suivi avec mise à jour des indicateurs clés.
- Point d'étape à mi-arrêt : réévaluation des délais et des ressources.
- Rapport final d'arrêt avec retour d'expérience (REX) et clôture formelle.



Figure IV.19 : Application du thème de Progression (Avancement) aux arrêts planifiés de TSS.

IV.2.3 Les processus :

✓ Élaborer le projet (EP) : phase initiale de pré-étude et de faisabilité

- Évaluation des besoins pour l'arrêt annuel, vérification des ressources, planification préliminaire de la clôture (budget, personnel, délais).
- Identifier les services ou projets concernés par la fin d'exercice, préparer un plan de clôture administrative.

Processus de Planification de l'Arrêt Annuel



Made with Napkin

Figure IV.20 : Application du processus d'élaborer le projet (EP)aux arrêts planifiés de TSS.

✓ **Initialiser le projet (IP) :**

- Élaboration d'un plan de fermeture détaillé : activités de clôture, communications, échéanciers, rôles et responsabilités.
- Exemple : Créer le dossier d'initialisation pour l'arrêt annuel précisant la méthodologie de mise en œuvre.

Étapes pour initialiser un projet

Créer un dossier d'initialisation

Préparer un document complet décrivant la méthodologie de mise en œuvre pour la clôture du projet.

Définir les rôles et responsabilités

Attribuer des rôles et des responsabilités clairs aux membres de l'équipe pour la clôture du projet.

Élaborer un plan de fermeture

Créer un plan détaillé pour la clôture du projet, y compris les activités, les communications et les échéanciers.



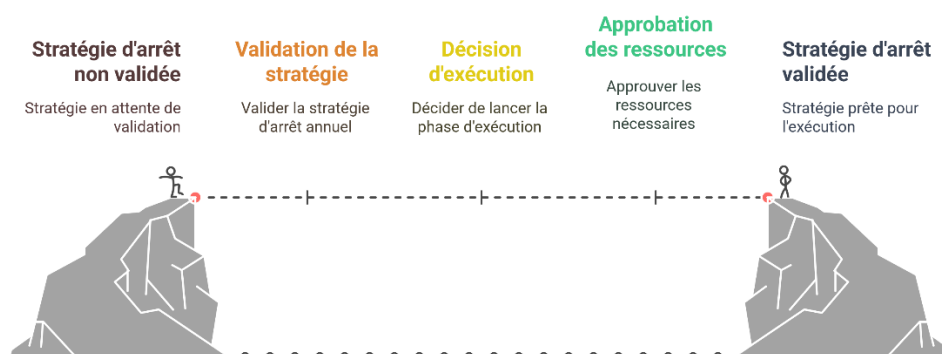
Made with Napkin

Figure IV.21 : Application du processus d'initialiser le projet (IP) aux arrêts planifiés de TSS.

✓ Contrôler :

- Validation de la stratégie d'arrêt annuel, décision de lancer la phase d'exécution, approbation des ressources.
- Exemple : Le comité de direction valide les étapes et le calendrier de l'arrêt annuel.

Contrôle de l'arrêt annuel



Made with Napkin

Figure IV.22 : Application du processus de contrôler aux arrêts planifiés de TSS.

✓ **Gérer la livraison des produits (GLP) :**

- Suivi des actions de clôture par étape (par service, département, ou projet), traitement des problèmes éventuels.
- Exemple : Suivre les remises de rapports, bilans comptables, ou inventaires.

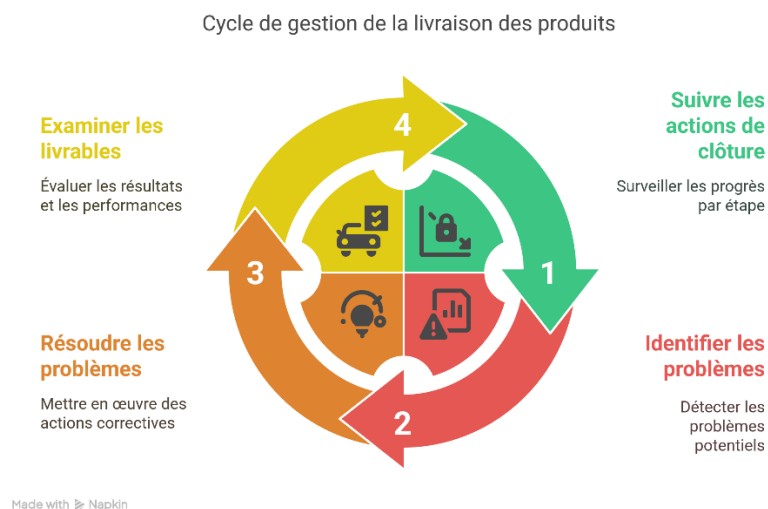


Figure IV.23 : Application du processus de gérer la livraison des produits (GLP) aux arrêts planifiés de TSS.

✓ **Diriger le Projet (DP) :**

- Exécution des tâches concrètes de l'arrêt annuel : fermeture budgétaire, archivage, remises de documents.
- Exemple : Collecter les rapports finaux, vérifier la conformité, clôturer les comptes.

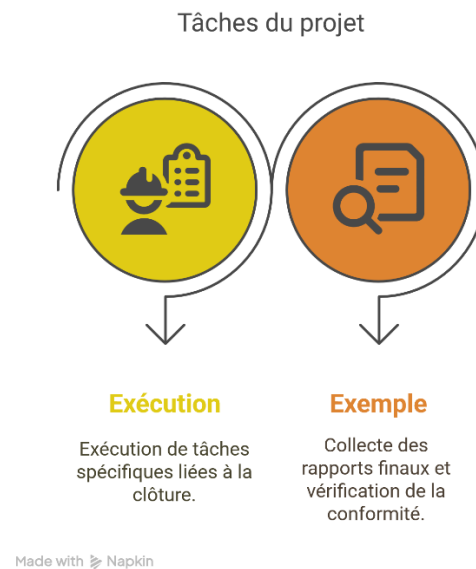


Figure IV.24 : Application du processus de diriger le Projet (DP) aux arrêts planifiés de TSS.

✓ **Gérer la Limite de Séquence (LS) :**

- Passage entre les étapes clés de la clôture (ex. : passage de la clôture financière à l'évaluation RH).
- Exemple : Faire un bilan intermédiaire pour ajuster le plan si nécessaire.

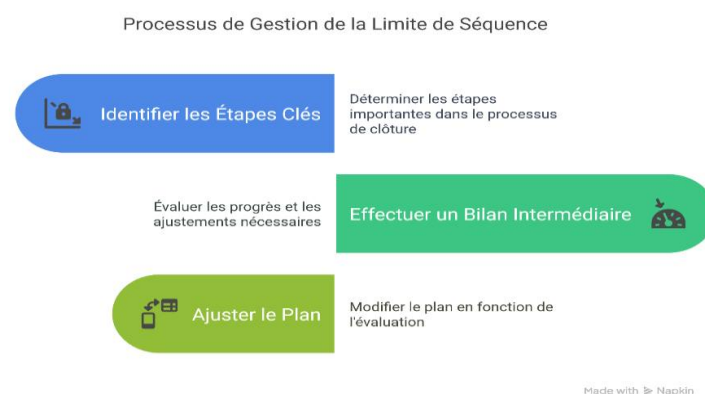


Figure IV.25 : Application du processus de gérer la Limite de séquence (LS) aux arrêts planifiés de TSS.

✓ Clore le projet (CP) :

- Finalisation de toutes les activités, vérification que tout est conforme, retour d'expérience (REX).
- Exemple : Rédiger un rapport de clôture, faire une réunion de bilan de l'arrêt annuel avec les responsables.

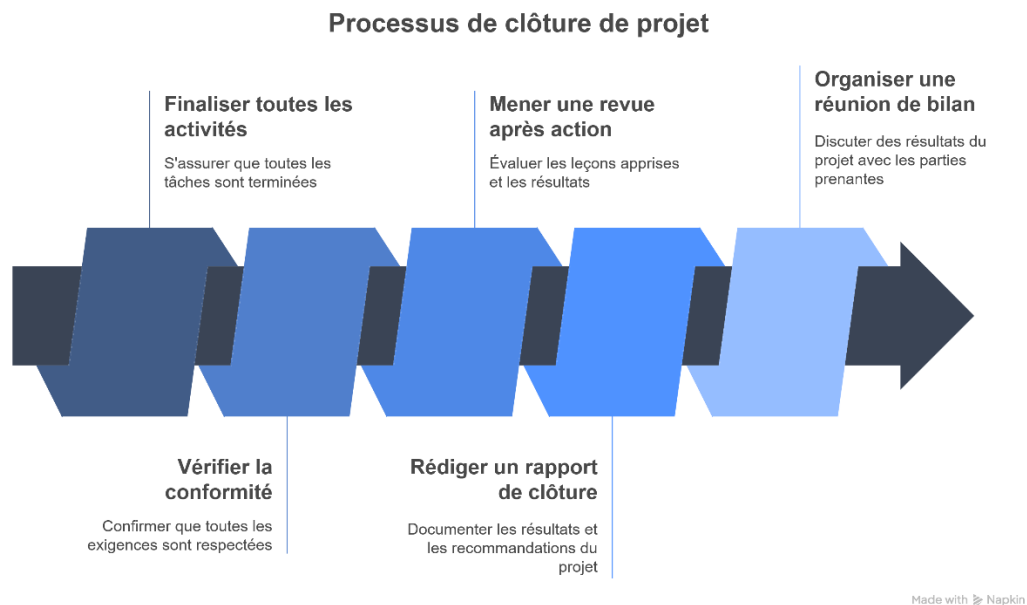


Figure IV.26 : Application du processus de Clore le projet (CP) aux arrêts planifiés de TSS.

Conclusion

Conclusion générale

À la fin de ce travail, il s'est avéré que la gestion efficace de l'arrêt annuel de l'unité de Tubes Sans Soudure (TSS) constitue un élément crucial pour assurer la continuité des bonnes performances et réduire les pannes et les perturbations. Cette étude nous a permis de comprendre les problématiques organisationnelles et techniques liées à ce processus, et a montré que l'adoption de la méthode PRINCE2 peut représenter une alternative pour améliorer la gestion de l'arrêt annuel.

Dans le cadre de l'arrêt annuel, l'application de cette méthodologie peut contribuer à une meilleure clarté des rôles et des responsabilités, à une coordination facilitée entre les équipes, ainsi qu'à un suivi rigoureux des différentes étapes du projet. Elle ouvre de nouvelles perspectives en faveur de l'adoption de méthodologies modernes de gestion de projet dans la gestion de la maintenance.

Références bibliographiques

- [1] **Sofresid.** (1980). *S.N.S. – Tuberie Sans Soudure d’El Hadjar – Descriptif technique, Tome I*. Document interne, bureau de méthode, SIDER El Hadjar.
- [2] **Documentation technique du complexe sidérurgique Sider El Hadjar (unité TSS)**, Les processus de fabrication d’unité TSS, <<Service maintenance, Bureau des méthodes>>.
- [3] **Hafsaoui Farouk**, Maîtrise du transfert de technologie dans l’industrie algérienne : étude du complexe sidérurgique d’El-Hadjar, Université Lyon 2, Thèse de doctorat, (1989).
- [4] **Kadi, M.** Contribution à l’amélioration de la maintenance industrielle à travers la modélisation des interventions préventives et correctives, Université Abou Bekr Belkaïd – Tlemcen, Algérie. Thèse de doctorat. (2013).
- [5] **PANTAZICA, LUCRETIA.** OFPPT, Initiation à la gestion de la maintenance – Résumé théorique et guide de travaux pratiques. Documentation technique du complexe sidérurgique Sider El Hadjar (unité TSS). <<Service maintenance, Bureau Technique >>, (2006).
- [6] **Lala, H.** (2022). Modélisation et optimisation de la maintenance préventive des équipements de production pétroliers en Algérie (Thèse de doctorat). Université Frères Mentouri - Constantine 1.
- [7] **L, BENALI.** Maintenance industrielle (5ème Année d’ingénieurs en Génie Mécanique). Office des Publications Universitaires, Alger. (2006).
- [8] **FRANCOIS, MONCHY.** Maintenance, Méthode et organisation. Paris : Dunod. ISBN. Livre. (2001).
- [9] **Sider TSS. (2018).** *Procédure de Maintenance P – DO EEM-001*, Direction des Opérations, Annaba.

[10] Mobley, R. K. Maintenance Fundamentals (3e éd.). Oxford: Elsevier. (2011).

[11] Mentor'S SARL. PANORAMA DE LA METHDE PRINCE2 ; Organisation liée (© 2016 PREST@GILE COPYRIGHT) ; Présentation Pédagogique ; 2015

[12] Eric Noir. PRINCE2 ; Editions ENI ; (3e édition) ; 11 janvier 2023