

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA
BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY



جامعة باجي مختار – غابسة

Faculté : TECHNOLOGIE

Département : GENIE MECANIQUE

Domaine : SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Filière : GENIE MECANIQUE

Spécialité : INGENIERIE DE MAINTENANCE

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Thème:

La mise en œuvre de la méthode TPM dans l'unité de
production Ferroviaire.

Présenté par : *DEFLA AMANI*

Encadrant : *KHELIF RABIA*

Professeur

UBMA

Jury de Soutenance :

KHELIF RABIA	PROF	UBMA	Encadrant
BENAMIRA MOHAMED	MCA	UBMA	Président
DARDAR RAHIM	MCB	UBMA	Examineur

Remerciement :

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mes parents pour leur soutien indéfectible,
à mon encadrant Mr Rabia KHELIF pour son encadrement précieux,
ainsi qu'à toutes les personnes qui m'ont aidée, même par un simple mot.
Je me remercie également pour ma persévérance, mon engagement et les efforts constants
fournis tout au long de ce travail.*

Dédicas :

À mes parents, Noura et Saber, pour leurs sacrifices et leur soutien inconditionnel.

À mes sœurs Nada et Zaineb, et à mes frères Chamso et Ziad,.

À mes cousines Afnene, Razane et Douaa , j'espère être un exemple pour vous et je vous souhaite une belle réussite.

À mon oncle Chaouki et à toute ma famille.

À mes amis, Pour les moments partagés, le soutien moral et les sourires qui ont rendu ce parcours plus doux,

Résumé :

Ce mémoire s'inscrit dans une démarche d'amélioration de la performance industrielle à travers l'introduction de la méthode TPM (Total Productive Maintenance) au sein de l'unité FERROVIAL. Après une analyse approfondie de l'état initial de la maintenance et un calcul du TRS révélant une performance faible, une évaluation complète des pratiques existantes a été réalisée, mettant en évidence un manque d'effectif, de formation, d'outillage et d'organisation. Face à ce constat, une démarche structurée de mise en place de la TPM a été proposée. Elle repose sur plusieurs axes fondamentaux : la constitution d'une équipe TPM dédiée et multidisciplinaire, l'élaboration d'un plan de formation et de sensibilisation adapté au contexte de l'unité, la mise en œuvre progressive et adaptée des huit piliers fondamentaux de la TPM, ainsi que la planification rigoureuse des activités à travers des outils. Le dispositif de pilotage mis en place s'appuie sur le suivi régulier d'indicateurs clés de performance, ainsi que sur un mécanisme de retours d'expérience permettant d'ajuster continuellement les actions engagées. L'application de cette méthode vise non seulement à réduire les pertes et améliorer la fiabilité des équipements, mais également à instaurer une culture d'amélioration continue, impliquer l'ensemble du personnel, et assurer une transformation organisationnelle durable au sein de l'unité FERROVIAL.

Abstract:

This thesis is part of a strategy to improve industrial performance by implementing the TPM (Total Productive Maintenance) methodology within the FERROVIAL unit. Following an in-depth analysis of the initial state of maintenance and a TRS calculation showing a low performance level, a comprehensive evaluation of the current practices was conducted, highlighting a lack of workforce, training, tools, and structured organization. To address these issues, a structured TPM implementation approach was proposed. It includes several key pillars: the creation of a dedicated, multidisciplinary TPM team, the development of a tailored training and awareness plan, the progressive implementation of TPM's eight foundational pillars, and the rigorous planning of activities using tools such as the Gantt chart. The adopted management system relies on regular monitoring of key performance indicators, along with a feedback mechanism that allows for the continuous adjustment of actions undertaken. The application of this methodology aims not only to reduce losses and improve equipment reliability but also to establish a culture of continuous improvement, enhance staff involvement, and ensure long-term organizational transformation within the FERROVIAL unit.

ملخص :

ندرج هذا البحث ضمن إطار السعي إلى تحسين الأداء الصناعي من خلال إدخال منهجية "الصيانة الإنتاجية الشاملة" داخل وحدة "فيروفيال". وبعد إجراء تحليل معمق للحالة الأولية للصيانة وحساب معدل الجاهزية الشاملة الذي أظهر ضعفًا في الأداء، تم تنفيذ تقييم شامل للممارسات المعتمدة، كشف عن وجود نقص في عدد العمال، وغياب التكوين، واستجابةً لهذا الوضع، تم اقتراح منهجية منظمة لتطبيق الصيانة الإنتاجية. وضعف في الوسائل التقنية والتنظيمية الشاملة، تركز على عدة محاور أساسية، من بينها: تشكيل فريق متخصص ومتعدد الكفاءات لتطبيق هذا النظام، إعداد خطة تكوين وتحسين تتماشى مع خصوصيات الوحدة، التطبيق التدريجي والمناسب للأعمدة الأساسية الثمانية لهذه يعتمد نظام القيادة المعتمد على المتابعة. المنهجية، إلى جانب تخطيط دقيق للأنشطة باستخدام أدوات مثل المخطط الزمني. المنتظمة للمؤشرات الأساسية للأداء، إضافة إلى آلية فعالة لتغذية راجعة تسمح بالتعديل المستمر للخطوات المطبقة ويهدف تطبيق هذه المنهجية إلى تقليص الخسائر، تحسين موثوقية الآلات، غرس ثقافة التحسين المستمر، تعزيز انخراط جميع العاملين، وضمان تحول تنظيمي مستدام داخل وحدة فيروفيال.

Sommaire :

Introduction générale :	13
Problématique :	14
Chapitre I : État de l'ar sur la TPM.....	15
I.1. Introduction :	1
I.2. Notion sur l'entreprise :	1
I.2.1. Historique de l'entreprise :	1
I.2.2. Situation géographique :	2
I.2.3. L'effectifs de l'unité:	2
I.2.4. Le rôle du département Maintenance :	3
I.2.5. Le rôle de l'ingénieur de maintenance dans l'unité :	3
I.2.6. L'organigramme général de l'entreprise Ferroviaire :	3
I.2.7. Plan de masse de l'entreprise :	4
I.2.8. L'organigramme des ateliers de l'entreprise Ferroviaire :	5
I.2.9. Gamme de produit :	6
I.3. Notion sur la méthode TPM :	7
I.3.1. Définition :	7
I.3.2. Historique de la TPM :	8
I.3.3. L'objectif de TPM :	9
I.3.4. Les cinq principes de développement de la TPM :	9
I.3.5. Les huit piliers de la TPM :	10
I.4. Le calcul de taux de rendement synthétique (TRS) :	11
I.4.1. Définition du TRS :	11
I.4.2. Objectifs du calcul du TRS :	12
I.4.3. Définition de la norme NF E60-182 :	12
I.4.5. Composition Du TRS :	15
I.4.6. Méthodologie de calcul du TRS :	17
I.4.7. La relève du TRS – Méthodes et enjeux de fiabilité des données :	18
I.4.8. Amélioration du TRS dans une logique de performance continue :	20
I.4.9. Calcul technique du TRS appliqué à l'unité Ferroviaire :	20
I.4.10. Résultat obtenu du calcul du TRS selon différentes approches :	23
I.5. Conclusion :	23
Chapitre II : La maintenance effectuée dans l'unité.	24
II.1. Introduction :	25
II.2. L'organisation du personnel de maintenance :	25

II.2.1. Structure hiérarchique du service maintenance :	25
II.2.2. Répartition des rôles dans le service de maintenance de l'unité :	26
II.2.3. Processus des interventions :	27
II.2.4. Moyens et documents utilisés pour la gestion des interventions de maintenance :	28
II.3. Évaluation de la maintenance effectuée dans l'unité Ferroviaire :	29
II.3.1. Diagnostic initial et analyse des pertes :	29
II.3.2. Analyse technique des limites observées :	31
II.4. Synthèse structurée :	33
II.5. Obstacles rencontrés lors de la proposition de la TPM :	34
II.6. Justification de l'approche TPM :	35
II.7. Conclusion :	35
Chapitre III : La mise en place de la méthode TPM.	36
III.1. Introduction :	37
III.2. Synthèse de l'état de la maintenance dans l'unité :	37
III.3. La mise en œuvre opérationnelle de la TPM dans l'unité Ferroviaire :	38
III.3.1. Constitution de l'équipe TPM :	38
III.3.2. Sensibilisation et formation du personnel :	39
III.3.3 Mise en place progressive des piliers fondamentaux de la TPM	43
III.3.4. Planification et suivi de la démarche TPM :	46
III.3.5. Résultats attendus et perspectives de la démarche TPM :	48
III.4. Conclusion :	50
Chapitre IV : Evaluation des 6S dans l'unité.	51
IV.1. Introduction :	52
IV.2. Notion sur la méthode 6S :	52
IV.2.1. Définition de la méthode 6S :	52
IV.2.3. Origine de la technique 6S :	53
IV.2.4. Les étapes de la méthode 6S :	53
IV.2.5. Les critères de succès de la méthode 6S :	57
IV.2.6. Les bénéfices attendus de la méthode 6S :	59
IV.3. Proposition de questionnaire D'évaluation :	60
IV.3.1. Présentation du questionnaire SAMI appliqué aux 6S :	60
IV.3.2. Méthode de calcul de la note finale du questionnaire 6S :	61
IV.3.3. Synthèse des résultats du questionnaire SAMI appliqué aux 6S dans l'unité Ferroviaire :	61
IV.3.4. Calcul de la note finale du questionnaire SAMI appliqué aux 6S dans l'unité Ferroviaire :	70

IV.4. Évaluation technique du niveau 6S dans l'unité Ferroviaire :	71
IV.4.1. Analyse technique par axe :	73
IV.4.2. Interprétation de la note globale:	74
IV.4.3. Impact des résultats 6S sur la faisabilité de la TPM à Ferroviaire :	74
IV.5. Conclusion :	75
Conclusion générale :	76

Liste des figures :

Figure I.1: Logo D'entreprise [1].	1
Figure I.2 : Situation géographique de l'entreprise [1].	2
Figure I.3 : Diagramme circulaire représentant la proportion du personnel de maintenance par rapport à l'effectif total.	2
Figure I.4 : L'organigramme général de l'entreprise Ferrovia [1].	3
Figure I.5 : Plan de masse de l'entreprise [1].	4
Figure I.6: Organigramme des ateliers de l'entreprise Ferrovia [1].	5
Figure I.14 : Des conteneurs [1].	6
Figure I.12 : Des chassis pour camion [1].	6
Figure I.10 : Des bétonnière diesel, électrique 750L [1].	6
Figure I.9 : Des bennes à béton [1].	6
Figure I.7 : Des locomotives de manœuvre BB800H diesel, hydraulique [1].	6
Figure I.13 : Des produits forgés et de quincaillerie [1].	6
Figure I.8 : Des wagons [1].	6
Figure I.11 : La gamme silos d'entreposage industriel [1].	6
Figure I.15 : Les piliers de la TPM.	11
Figure. I.16 : Présentation du temps d'état du système de production	13
Figure I.17 : Les compositions du TRS.	15
Figure II.1 : Structure hiérarchique du service maintenance.	25
Figure 16 : Processus d'intervention de FERROVIAL	27
Figure II.3 : Bon d'ordre de fabrication de l'unité ferrovia [1].	28
Figure II.4 : Bon de déplacement	28
Figure II.5 : Bon de demande d'achat pour stock [1].	28
Figure II.6: Bon d'intervention [1].	28
Figure III.1: Planification de la formation TPM – unité Ferrovia	43
Figure III.2: Mécanisme de retours d'expérience et ajustement.	48
Figure IV.1 : Organisation systématique des tiroirs de travail [6].	54
Figure IV.2 : Implication individuelle dans le maintien de la propreté [6].	54
Figure IV.3 : Exemple de poste standardisé selon seiketsu [6].	55
Figure IV.4 : Exemple de poste standardisé selon seiketsu [6].	56
Figure IV.5 : Comportements et engagement à travers la discipline [6].	57
Figure IV.6 : Histogramme sur l'évaluation technique des 6S à ferrovia	72

Liste des tableaux :

Tableau I.1: Les avantages et les inconvénients de la relève manuelle du TRS.....	18
Tableau I.2 : Les avantages et les inconvénients de la relève semi-automatique du TRS	19
Tableau I.3 : Les avantages et les inconvénients de la relève automatique du TRS	19
Tableau I.4: Le calcul des temps d'état.	21
Tableau I.5 : Calcul de TRS par les indicateurs de performance.	22
Tableau II.1 : Le rôle et responsabilités dans le service maintenance.	26
Tableau II.2 : Indicateurs de performance de l'unité Ferroviaire.....	29
Tableau II.3 : Principales pertes observées dans l'unité Ferroviaire	30
Tableau II.4 : État des lieux de la maintenance actuelle.	34
Tableau III.1 : Synthèse de l'état de la maintenance dans l'unité.....	37
Tableau II.2 : Rôle et responsabilités au sein de l'équipe TPM.....	39
Tableau III.3: Les modules et les outils pédagogiques.	41
Tableau III.4: Programme de formation TPM adapté à l'unité Ferroviaire.	42
Tableau III.5: Résumé opérationnel des piliers TPM dans le contexte de Ferroviaire.	45
Tableau III.6 : Planning de mise en œuvre sur l'ensemble des ateliers de Ferroviaire.....	46
Tableau III.7 : Résultats attendus de la mise en œuvre de la TPM à l'unité Ferroviaire.	49
Tableau IV.1 : Questionnaire sur l'étape seiri.....	62
Tableau IV.2 : Questionnaire sur l'étape de rangement.	64
Tableau IV.3 : Questionnaire sur l'étape de nettoyage	65
Tableau IV.4 : Questionnaire sur l'étape standardisation.	67
Tableau IV.5 : Questionnaire sur l'étape de respect.	69
Tableau IV.6 : Questionnaire sur l'étape de sécurité.	70
Tableau IV.7 : Questions complémentaires nécessaires pour fixer le niveau de maturité dans la grille.....	70
Tableau IV.8 : Les résultats finaux des calculs réalisés	71
Tableau IV.9 : Évaluation technique du niveau 6S dans l'unité Ferroviaire.	72
Tableau IV.10 : Impact des résultats 6S sur la faisabilité de la TPM à Ferroviaire.....	74

Liste d'abréviation :

TPM : Total productive maintenance.

TRS : Taux de rendement synthétique.

PDCA: Plan-Do-Check-Act.

DMAIC: Define-Measure-Analyze-Improve-Control.

OEE: Overall equipment effectiveness.

MTBF: Mean time before fealure.

MTTR: Mean time to repair.

TPS: Système de production Toyota.

DI : Demande d'intervention.

GMAO : Gestion de la maintenance assistée par ordinateur.

AMDEC : Analyse des modes de défaillance, de leur effet et leur criticité.

EPI : Equipment de protection individuelle.

SHI: Safety, health, environment.

API: Application Programming Interface.

Introduction générale :

Dans le contexte industriel actuel, où la compétitivité, la réactivité et la qualité sont des enjeux majeurs, bien gérer les équipements de production devient un facteur essentiel de réussite. Longtemps considérée comme une activité purement réactive, la maintenance occupe aujourd'hui une place stratégique pour assurer la fiabilité, la disponibilité et la rentabilité des machines. C'est dans cette logique que la démarche TPM (Total Productive Maintenance) s'impose, en repositionnant la maintenance au cœur des priorités de l'entreprise.

Née au Japon dans les années 70, la TPM repose sur la participation active de l'ensemble des employés, en particulier les opérateurs, dans la gestion quotidienne de la maintenance. Contrairement aux approches classiques, elle mise sur la prévention, la réduction des pannes et l'amélioration continue, avec pour objectif de limiter les arrêts imprévus et d'optimiser la performance des équipements.

Ce mémoire porte sur l'introduction de la TPM dans l'unité de production de Ferrovia, une entreprise qui cherche à améliorer sa compétitivité et à optimiser ses processus. Il s'agira d'analyser l'état actuel de la maintenance, d'en identifier les points forts et les limites, et de proposer un plan de mise en œuvre adapté.

En complément de la TPM, l'approche des 6S sera également intégrée, car elle permet d'améliorer l'environnement de travail, la sécurité et l'efficacité. Au-delà des aspects techniques, cette étude mettra en avant le rôle fondamental des équipes et des opérateurs dans la réussite du projet. La TPM n'est pas seulement une méthode, c'est une transformation culturelle qui vise à inscrire durablement des pratiques de rigueur, d'initiative et de collaboration dans le quotidien de l'entreprise.

L'étude se compose de quatre chapitres principaux :

Chapitre I : État de l'art sur la TPM.

Chapitre II : Évaluation de la maintenance actuelle dans l'unité Ferrovia.

Chapitre III : Mise en place de la méthode TPM.

Chapitre IV : Évaluation de la méthode 6S dans l'unité.

Problématique :

Dans un environnement industriel en constante évolution, la maîtrise de la maintenance des équipements est devenue un enjeu majeur pour assurer la continuité de la production et la compétitivité des entreprises. Pourtant, de nombreuses unités, comme celle de Ferrovia, rencontrent des difficultés à gérer efficacement leurs opérations de maintenance, ce qui impacte directement leur performance globale. Dans ce contexte, comment l'implémentation de la maintenance productive totale (TPM) peut-elle contribuer à améliorer la gestion des équipements et à optimiser la performance industrielle au sein de l'unité Ferrovia ? Des éléments de réponses vont être formulés à travers cette étude.

Chapitre I :

État de l'art sur la TPM

I.1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous traiterons de l'importance de la performance industrielle au sein de l'entreprise à travers l'approche de la Maintenance Productive Totale (TPM). Cette méthode permet d'optimiser l'utilisation des équipements tout en réduisant les pertes. Nous verrons également comment le Taux de Rendement Synthétique (TRS) sert à évaluer l'efficacité des processus de production.

I.2. Notions sur l'entreprise :

I.2.1. Historique de l'entreprise :

L'entreprise a connu un développement progressif au fil des années, lui permettant d'atteindre son niveau actuel de performance. Cette évolution a permis la production de matériels ferroviaires, livrés à des clients internationaux, dans le respect des exigences définies par les fournisseurs. Ferroviaire est une société publique spécialisée dans la conception et la fabrication de matériels et équipements ferroviaires, destinés au transport de marchandises, avec une offre diversifiée de wagons. L'entreprise répond largement à la demande du marché national et bénéficie de plus de 60 ans d'expérience dans ce secteur. Fondée en 1936 à la suite de la restructuration de la S.N. METAL, Ferroviaire a été régie par le décret N°83.50 du 1er janvier 1983.

Elle a été transformée en société par actions (S.P.A.) en 1989, avec un capital de 2 254,1 MDA, entièrement détenu par l'État, et fait désormais partie du groupe SGP construction mécanique, également connu sous le nom de « Groupe Construmet ». L'entreprise est dirigée par le Président-Directeur Général, M. Salah Melek, et se compose de deux unités opérationnelles situées au siège de la Direction Générale : l'unité FORGE et l'unité complexe « ALLELICK » (unité de wagonnage) [1].



Figure I.1: Logo D'entreprise [1].

I.2.2. Situation géographique :

L'entreprise Ferrovia se situe à 06 Km de ver l'est de la ville de Annaba et relié au chef-lieu de la wilaya par la route National N°16. Le siège de l'entreprise est situé sur l'axe routier Annaba El-Hadjar a 10 Km du complexe sidérurgique. Elle est distante de 05 Km du port d'Annaba, et desservie par une voie ferrée passant à proximité, et s'étend sur 32 hectares d'ont la surface couverte de 48.500 m² [1].

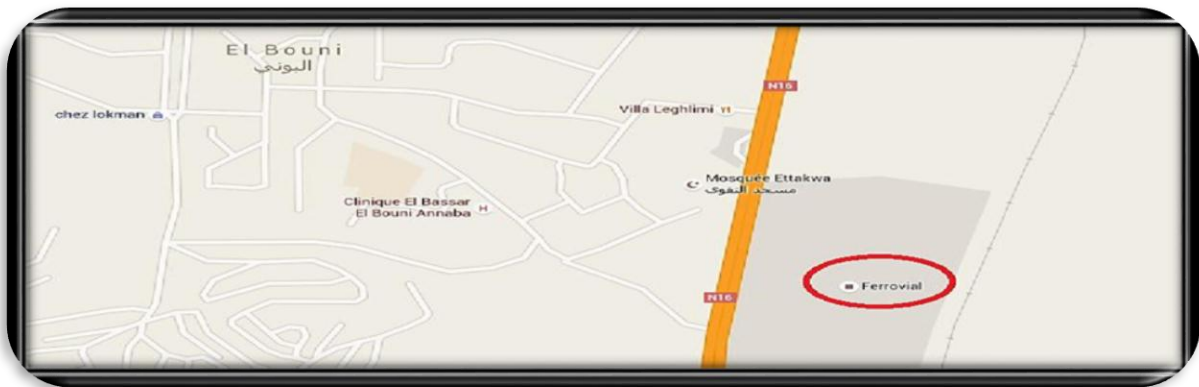


Figure I.2 : Situation géographique de l'entreprise [1].

I.2.3. L'effectif de l'unité:

A fin mars 2025, FERROVIAL emploie 750 travailleurs, 690 permanents et 60 contrats à durée déterminée, parmi cet effectif 32 agents sont affectés au service maintenance [1].

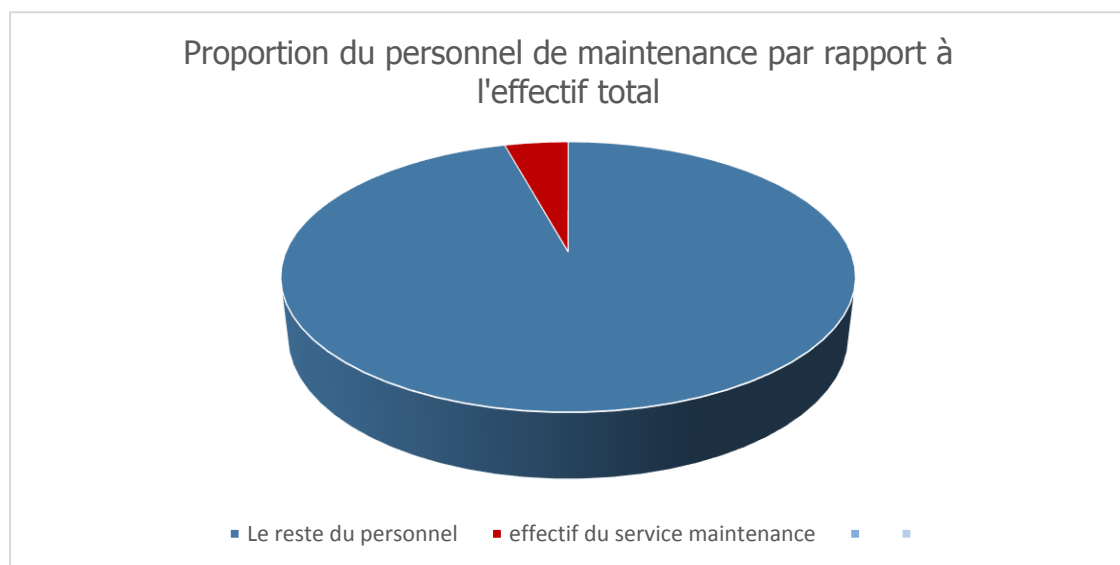


Figure I.3 :_Diagramme circulaire représentant la proportion du personnel de maintenance par rapport à l'effectif total.

I.2.4. Le rôle du département Maintenance :

Le département de maintenance est responsable du bon fonctionnement des différents ateliers. Il est composé de deux services principaux : le service méthodes, qui s'occupe de l'organisation des processus de maintenance, et le service entretien, chargé de l'entretien des équipements et installations. Grâce à une équipe compétente et bien formée, le département est en mesure de surmonter efficacement les divers défis techniques rencontrés [1].

I.2.5. Le rôle de l'ingénieur de maintenance dans l'unité :

L'ingénieur de maintenance joue un rôle clé au sein de l'entreprise. Il supervise une équipe de 32 agents. Sa mission principale consiste à assurer la maintenance de l'ensemble des installations de l'unité, couvrant des domaines variés tels que la mécanique, l'électricité, la régulation, et d'autres secteurs techniques [1].

I.2.6. L'organigramme général de l'entreprise Ferroviaire :

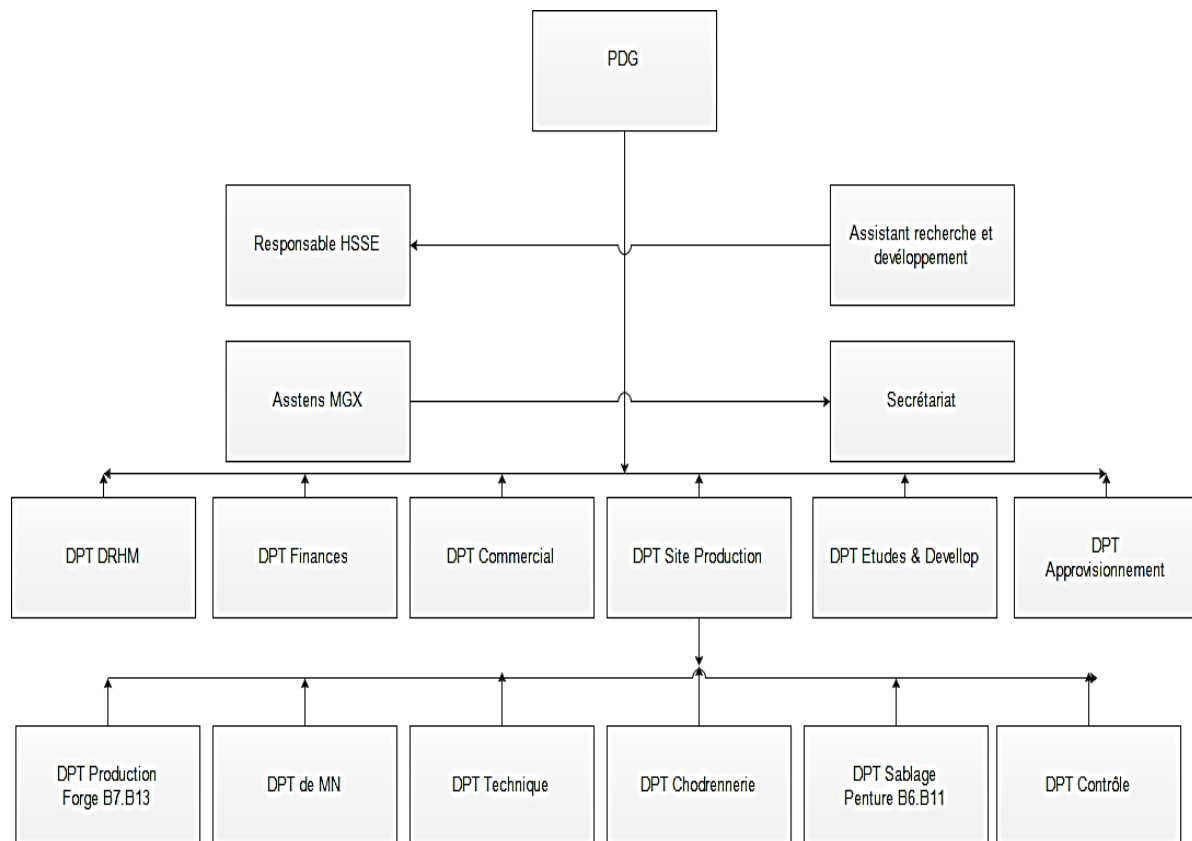
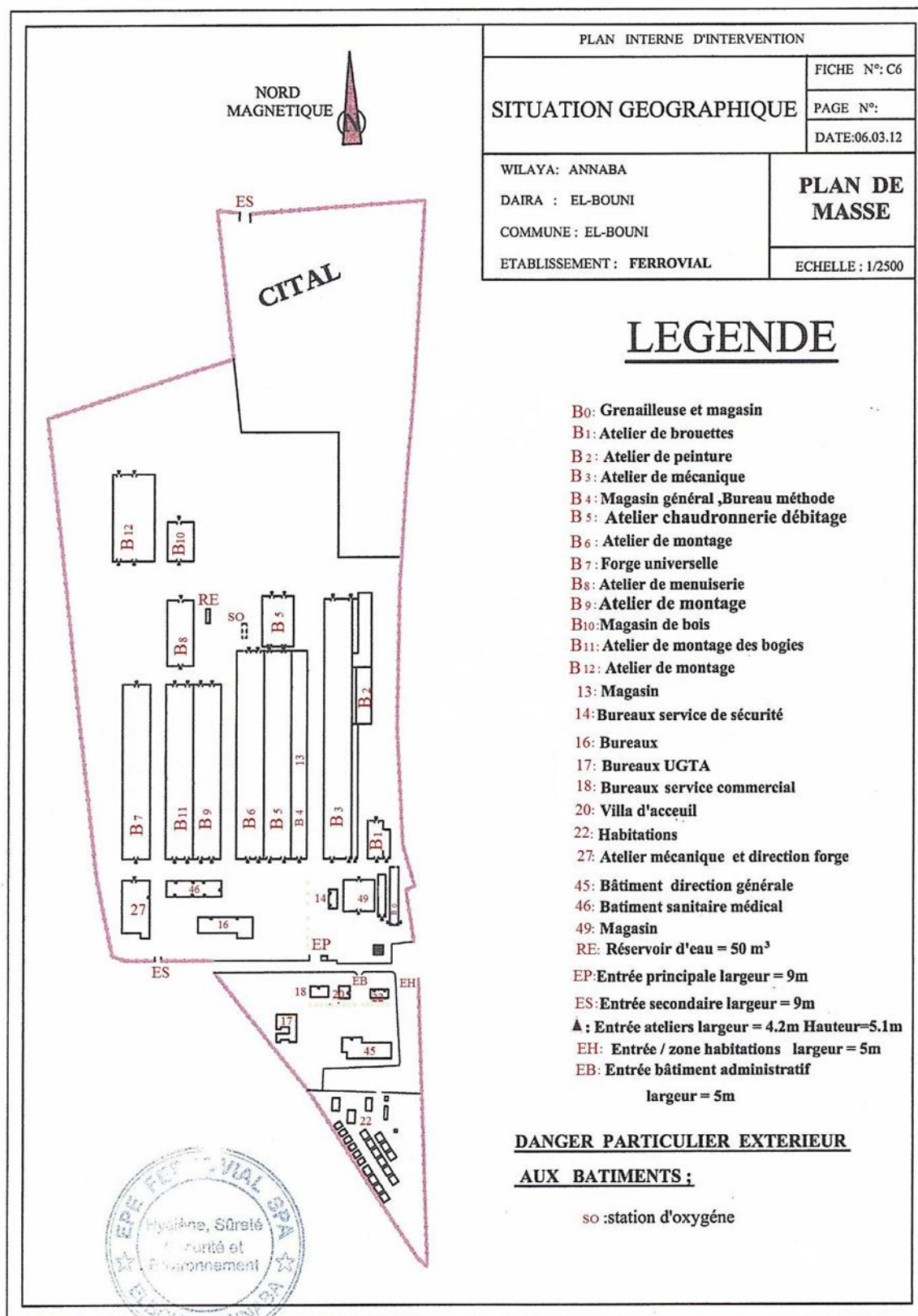


Figure I.4 : L'organigramme général de l'entreprise Ferroviaire [1].

I.2.7. Plan de masse de l'entreprise :



I.2.8. L'organigramme des ateliers de l'entreprise Ferroviaire :

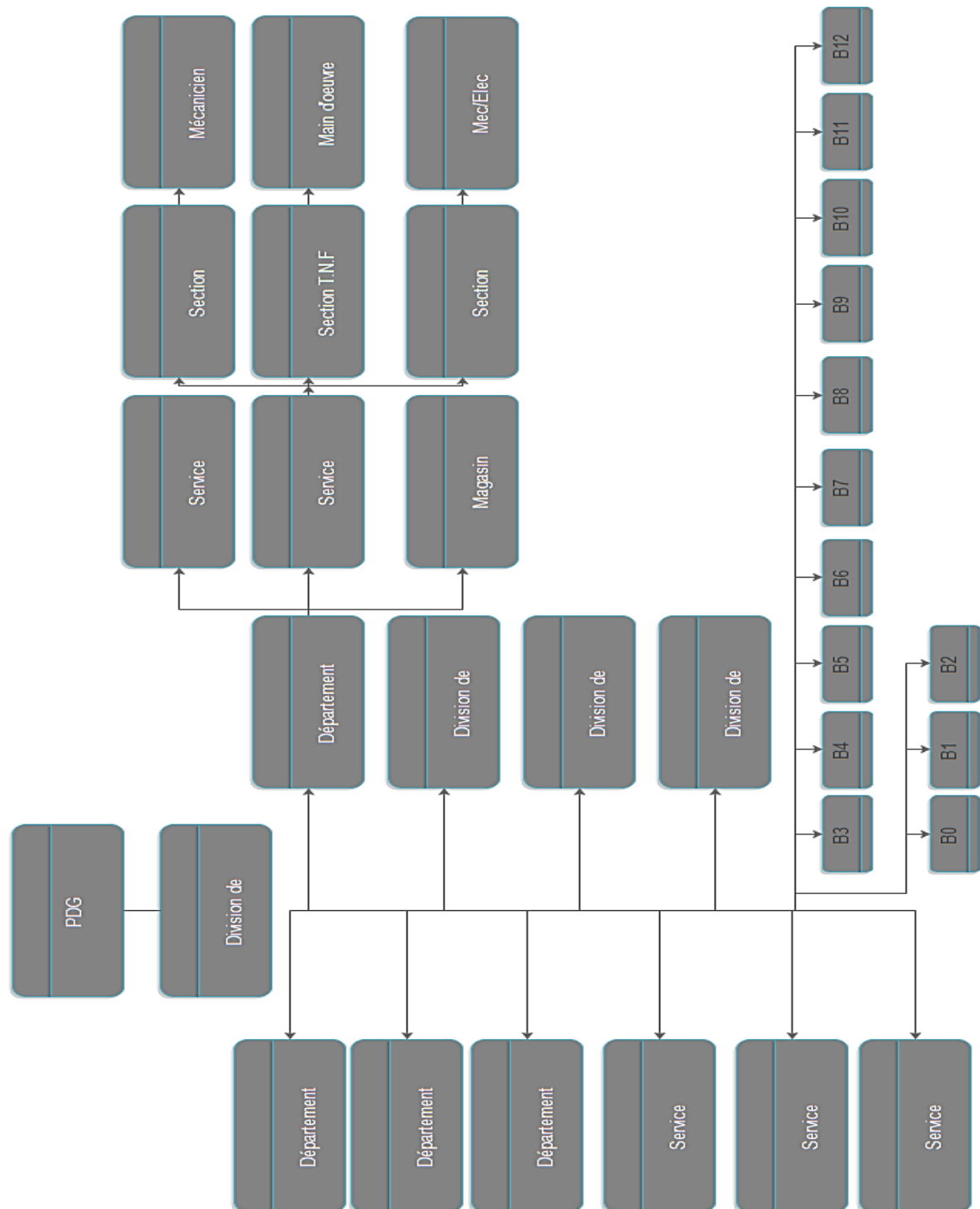


Figure I.6: Organigramme des ateliers de l'entreprise Ferroviaire [1].

I.2.9. Gamme de produits :

Ferrovial a pour objet l'étude, la recherche et le développement, la production, et la commercialisation de matériels et équipements Ferroviaires : wagons de tous types, locomotives de manœuvre, appareils de voie, voitures de transport de voyageurs et métro [1] :



Figure I.7 : Des locomotives de manœuvre BB800H diesel, hydraulique [1].



Figure I.8 : Des wagons [1].



Figure I.9 : Des bennes à béton [1].



Figure I.10 : Des bétonnières diesel, électrique 750L [1].



Figure I.11 : La gamme silos d'entreposage industriel [1].



Figure I.12 : Des chassis pour camion [1].



Figure I.13 : Des produits forgés et de quincaillerie [1].



Figure I.14 : Des conteneurs [1].

I.3. Notions sur la méthode TPM :

I.3.1. Définition :

La TPM (Total Productive Maintenance) est une approche globale d'amélioration continue des ressources de production, visant à optimiser la performance économique des entreprises. Cette démarche concerne l'ensemble des acteurs de l'entreprise, du directeur aux opérateurs, ainsi que toutes les fonctions internes [8].

Les ressources de production se composent de plusieurs éléments [8]:

- Des équipements.
- Des collaborateurs, en particulier ceux impliqués dans la production et la maintenance.
- De l'organisation, qui fait appel à l'ensemble du personnel des autres services.

Ces derniers jouent un rôle crucial en fournissant les moyens et informations nécessaires à la production, mais peuvent également introduire des contraintes qui impactent cette dernière.

Les trois termes composant le nom de cette méthodologie, « Total Productive Maintenance », revêtent les significations suivantes [8] :

- **Maintenance** : Il s'agit de maintenir les équipements en bon état, de procéder à leur réparation, nettoyage, graissage et de consacrer le temps nécessaire pour ces actions.
- **Productive** : Cela implique d'assurer la maintenance tout en poursuivant la production, en minimisant autant que possible l'impact sur cette dernière.
- **Total** : Ce terme possède trois significations : premièrement, la TPM cherche à optimiser le rendement global des installations ; deuxièmement, c'est un système global d'optimisation ; et troisièmement, l'ensemble du personnel est impliqué dans l'organisation de la maintenance. L'objectif est de prendre en compte tous les aspects et d'impliquer tous les acteurs.

I.3.2. Historique de la TPM :

Avant les années 1950, la maintenance était principalement réactive. L'objectif principal n'était pas d'améliorer la fiabilité ou de comprendre les causes des pannes, mais plutôt de réduire le temps d'arrêt des équipements en augmentant la réactivité dans le remplacement des pièces défectueuses.

Dans les années 1950, la "Maintenance Préventive" a vu le jour aux États-Unis, avant d'être introduite au Japon. Pour répondre aux objectifs de réduction des stocks et d'augmentation de la demande, les équipements devaient fonctionner à pleine capacité. Cela a conduit au développement de la "Productive Maintenance". À cette époque, chez Toyota, les membres des équipes TPM étaient affectés à des tâches de réparation ou d'entretien sur des périodes relativement courtes, de trois à quatre jours. De plus, sur une période de six mois, ces spécialistes circulaient entre différents domaines (ventilation, climatisation, chauffage, etc.), ce qui favorisait une diversification des compétences pour répondre aux besoins émergents. En 1961, la Japon Management Association (JMA) a créé pour la première fois des "Plant Maintenance Départements". En 1964, l'Association a lancé le "PM Prize" pour encourager les entreprises japonaises à adopter la Maintenance Productive.

Le JMA a été dissous à la fin des années 1960 et remplacé par le Japon Institute of Plant Engineers (JIPE). Ce dernier a intégré le terme "Total" pour souligner qu'il s'agissait d'une approche globale impliquant tous les employés. Ainsi est née la TPM, et la société DENSO a remporté le premier prix. À cette époque, le JIP définissait la TPM comme suit : *« La TPM vise à maximiser l'efficacité des équipements en établissant un système de maintenance compréhensible, couvrant toute la durée de vie de l'équipement et incluant tous les aspects liés à l'équipement (planification, utilisation, maintenance, etc.). Elle nécessite la participation de tous les employés, du top management aux opérationnels, et promeut la performance de la maintenance à travers la motivation du management et des groupes de travail volontaires ».*

Le Japon Institute of Plant Maintenance (JIPM) a été fondé en 1981 avec l'approbation du ministre de l'Industrie. En 1988, Seiichi Nakajima, le père fondateur de la TPM (Président du JIPM et Vice-Président du JIPE dans les années 1970), a élaboré un modèle complet en 12 étapes pour le déploiement de la TPM. En 1989, il a publié le premier ouvrage majeur sur le sujet, Total Productive Maintenance [8].

I.3.3. L'objectif de la TPM :

Les objectifs de la TPM sont [2] :

1. Créer une culture d'entreprise visant à améliorer l'efficacité du système de production.
2. Mettre en place un système qui élimine toutes les pertes et gaspillages, par exemple : "zéro accidents, zéro défauts et zéro pannes". Ce système repose sur le travail de terrain et sur l'approche concrète tout au long du cycle de vie du système de production.
3. Impliquer l'ensemble des départements, y compris la Production, le Développement, le Marketing et l'Administration.
4. Exiger l'implication totale, du top management aux employés les plus opérationnels.
5. Atteindre l'objectif de zéro perte en favorisant les activités d'amélioration menées par de petits groupes .

I.3.4. Les cinq principes de développement de la TPM :

La compréhension de ces cinq principes est essentielle pour saisir pleinement la démarche TPM. Ils conduisent à la mise en place de huit piliers, qui permettent de construire, tirer profit et pérenniser les résultats de cette approche [8] :

Principe n° 1 : Atteindre l'efficacité maximale du système de production.

Cela nécessite :

- L'élimination des causes de pertes d'efficacité.
- La suppression des causes spécifiques et récurrentes affectant la fiabilité des équipements.
- La prévention des défaillances naturelles.
- L'amélioration des compétences et du savoir-faire des opérateurs ainsi que des techniciens de maintenance.

Principe n° 2 : Lancer rapidement la production de nouveaux produits et équipements.

Principe n° 3 : Stabiliser les 5M à un niveau élevé.

Principe n° 4 : Obtenir une efficacité maximale des services fonctionnels.

Principe n° 5 : Assurer la maîtrise de la sécurité, des conditions de travail et respecter l'environnement.

I.3.5. Les huit piliers de la TPM :

La TPM repose sur huit piliers qui définissent les domaines d'action pour améliorer la performance des équipements. Ces piliers sont les suivants [7] :

- **L'amélioration ciblée** : il s'agit d'identifier et d'éliminer les causes racines des pertes chroniques ou sporadiques qui affectent le TRS. Pour cela, on utilise des méthodes telles que le PDCA (plan-do-check-act) ou le DMAIC (define-measure-analyze-improve-control).
- **La maintenance autonome** : il s'agit d'impliquer les opérateurs dans les tâches quotidiennes de nettoyage, de contrôle, de réglage et de lubrification des équipements. Cela permet de prévenir les pannes, d'améliorer les conditions de travail et de renforcer les compétences du personnel.
- **La maintenance planifiée** : il s'agit d'optimiser la planification et l'exécution des interventions de maintenance préventive, corrective et prédictive. Cela permet de réduire les coûts, les délais et les risques liés à la maintenance.
- **La formation et l'éducation** : il s'agit de développer les connaissances et les aptitudes du personnel en matière de maintenance, de qualité, de sécurité et d'amélioration continue. Cela permet d'accroître la motivation, la responsabilisation et la polyvalence des employés.
- **L'amélioration du niveau initial** : il s'agit d'intégrer les exigences de la TPM dès la conception ou l'achat des nouveaux équipements. Cela permet de garantir leur fiabilité, leur facilité d'utilisation et leur adaptabilité aux besoins du client.
- **La maintenance de la qualité** : il s'agit de prévenir et de réduire les défauts de qualité en améliorant les processus, les méthodes et les outils de contrôle. Cela permet de satisfaire les attentes du client et de réduire les coûts de non-qualité.
- **La maintenance du lieu de travail** : il s'agit d'améliorer l'organisation, la propreté et la sécurité du lieu de travail en appliquant les principes du 6S. Cela permet de créer un environnement propice à la performance et au bien-être des employés.
- **La sécurité, l'hygiène et l'environnement** : il s'agit de prévenir et de réduire les accidents, les maladies professionnelles et les impacts environnementaux liés aux activités de production. Cela permet de protéger la santé des employés, des clients et de la société.



Figure I.15 : Les piliers de la TPM.

I.4. Le calcul du taux de rendement synthétique (TRS) :

I.4.1. Définition du TRS :

Le Taux de Rendement Synthétique (TRS), connu en anglais sous le nom de OEE (Overall Equipment Effectiveness), est l'indicateur de performance de référence dans le cadre de la TPM. Introduit et largement adopté dans l'industrie à la fin des années 1980, le TRS est aujourd'hui l'un des outils de pilotage les plus utilisés pour mesurer l'efficacité globale d'un équipement de production.

Selon la norme NF E60-182, le TRS est défini comme le rapport entre le temps utile et le temps requis, où :

- Le temps utile correspond à la durée pendant laquelle la machine produit des pièces conformes à la cadence nominale.
- Le temps requis désigne le temps pendant lequel l'équipement est engagé pour produire, incluant les aléas.

Le TRS est exprimé en pourcentage et reflète la part effective du temps de production utilisée de manière optimale. Il peut également s'interpréter comme le rapport entre le nombre de pièces bonnes produites et le nombre de pièces théoriquement produisables à cadence nominale sur la même période. Une amélioration du TRS contribue directement à l'augmentation de la

productivité, à la réduction des pertes industrielles, et à l'optimisation de l'utilisation des moyens de production [3].

I.4.2. Objectifs du calcul du TRS :

Les objectifs de TRS sont [3] :

1. Mesurer l'efficacité réelle d'un équipement de production :

- Le TRS met en évidence les pertes liées à la disponibilité, la performance, et la qualité.

2. Identifier les sources de pertes et d'amélioration :

- En analysant les composantes du TRS, on peut détecter les gaspillages : arrêts non planifiés, lenteurs, défauts, etc.

3. Améliorer la productivité industrielle :

- En suivant le TRS dans le temps, les entreprises peuvent piloter des actions d'amélioration continue (ex : démarche Lean Manufacturing, TPM – Total Productive Maintenance).

4. Comparer les équipements, lignes ou sites :

- Standardisé, le TRS offre un moyen de comparer entre différentes unités de production.

5. Justifier les investissements ou les changements organisationnels :

- Une baisse significative du TRS peut justifier un audit, un remplacement d'équipement ou une nouvelle organisation du travail.

6. Piloter les performances industrielles au quotidien :

- Intégré aux tableaux de bord, le TRS devient un outil de gestion opérationnelle.

I.4.3. Définition de la norme NF E60-182 :

La norme NF E60-182, publiée par l'AFNOR, définit les règles de calcul du TRS en standardisant les différents temps d'état d'un système de production. Elle s'applique principalement aux équipements automatiques ou semi-automatiques, mais peut également être utilisée pour des processus manuels. Cette norme permet une évaluation rigoureuse et comparable de la performance des équipements, en distinguant clairement les temps d'activité, d'arrêt, de production et de perte. Elle constitue une base méthodologique essentielle dans toute démarche d'amélioration continue.

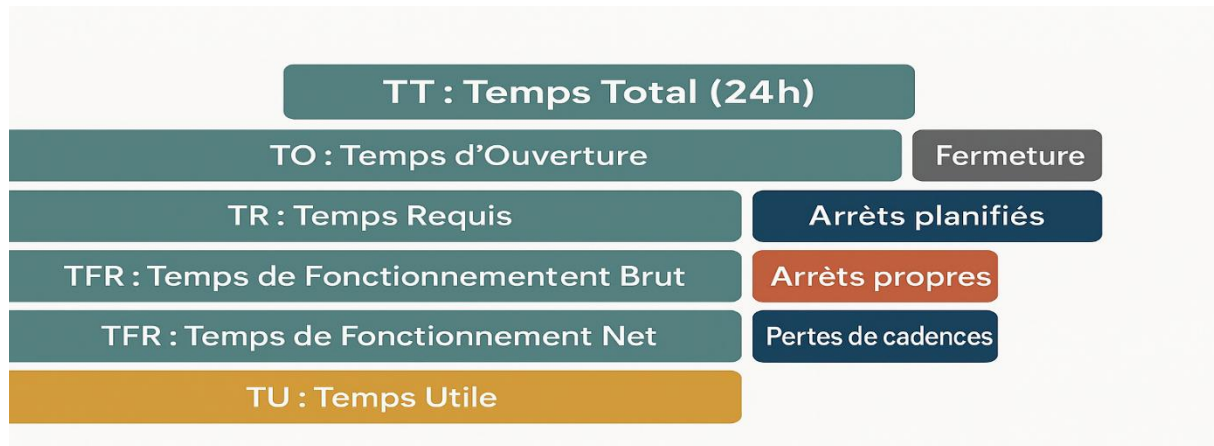


Figure. I.16 : Présentation du temps d'état du système de production .

I.4.4. Les temps d'état pour le calcul du TRS :

Les temps d'état permettent d'évaluer le Taux de Rendement Synthétique (TRS) conformément à la norme NF E 60-182 [8] :

- **Temps Total (TT) :**

Le temps total représente le temps de référence incluant l'ensemble des états possibles d'un moyen de production, c'est-à-dire la période pendant laquelle l'équipement est disponible. Il s'agit du temps théorique durant lequel le moyen peut potentiellement être utilisé pour produire. Par exemple, sur une journée, le temps total est de 24 heures ; sur une semaine, il est de 168 heures, etc. Ce temps englobe donc tous les autres temps d'état.

$$T_T = \text{Temps Calendaire} = 24 \text{ heures} * 365 \text{ jours} = 8760h \dots\dots\dots (1)$$

- **Temps d'ouverture (TO) :**

Le temps d'ouverture correspond à la période de référence liée à l'horaire normal de fonctionnement de l'atelier ou du moyen de production. Il inclut également les périodes de désengagement, c'est-à-dire les moments où le moyen est disponible mais non utilisé pour la production. Ces temps de désengagement peuvent inclure, par exemple, la maintenance préventive, les périodes de sous-charge, le nettoyage, etc.

$$T_O = T_T (\text{Temps calendaire}) - \text{Arrêts planifiés} \dots\dots\dots (2)$$

Ça peut aussi :

$$T_O = T_T - \text{Fermeture De l'atelier} \dots\dots\dots (3)$$

- **Temps Requis (TR) :**

Le temps requis représente la portion du temps d'ouverture durant laquelle l'utilisateur mobilise les moyens de production dans l'intention de produire. Il inclut à la fois les arrêts subis et les arrêts programmés, tels que les changements de série, les pannes, les opérations de réglage ou encore l'absence de personnel.

$$T_R = T_O - \text{Arrêts planifiés} \dots\dots\dots (4)$$

- **Temps de Fonctionnement Brut (TF) :**

Le temps de fonctionnement brut correspond à la durée, au sein du temps requis, pendant laquelle le moyen de production fabrique des pièces qu'elles soient conformes ou non. Ce temps inclut la production réalisée avec ou sans respect du temps de cycle de référence, et ce, que toutes les fonctions de l'équipement soient opérationnelles ou seulement en partie.

$$T_F = T_R - \text{Arrêts Non Planifiés} \dots\dots\dots (5)$$

Ça peut aussi :

$$T_F = T_O - (\text{Arrêts Maintenance} + \text{Arrêts Exploitation} + \text{Arrêts process} + \text{En Amont} + \text{Arrêts planifiés}) \dots\dots\dots (6)$$

- **Temps de Fonctionnement Net (TN) :**

Le temps de fonctionnement net désigne la période durant laquelle le producteur fabrique des pièces en respectant strictement le temps de cycle de référence, c'est-à-dire selon la cadence ou le temps de cycle théorique prévu.

$$T_N \text{ (Net)} = T_F \text{ (Brut)} - \text{micro arrêts} \dots\dots\dots (7)$$

Ça peut aussi :

$$T_N = T_F - \text{Ecart de Cadence} \dots\dots\dots (8)$$

Avec :

$$\text{Ecart de Cadence} = \text{Cadence Théorique} - \text{Cadence Réel} \dots\dots\dots (9)$$

- **Temps Utile (TU) :**

Le temps utile correspond à la durée pendant laquelle le moyen de production fabrique uniquement des pièces conformes. Ce temps n'est pas mesuré directement ; il est calculé en multipliant le nombre de pièces bonnes produites par le temps de cycle théorique.

$$T_U = \text{Nombre de pièces bonnes} * \text{temps de cycle théorique} \dots\dots\dots (10)$$

Et aussi :

$$T_U = \frac{\text{Nombre des pièces bonnes}}{\text{Cadence théorique}} \dots\dots\dots (11)$$

Avec :

$$\text{Nombre de pièces bonnes} = \text{la production conforme vendable (T)}$$

I.4.5. Composition Du TRS :

Le taux de rendement synthétique comprend trois éléments, chacun de ces éléments peut être représenté par un taux propre [3] :

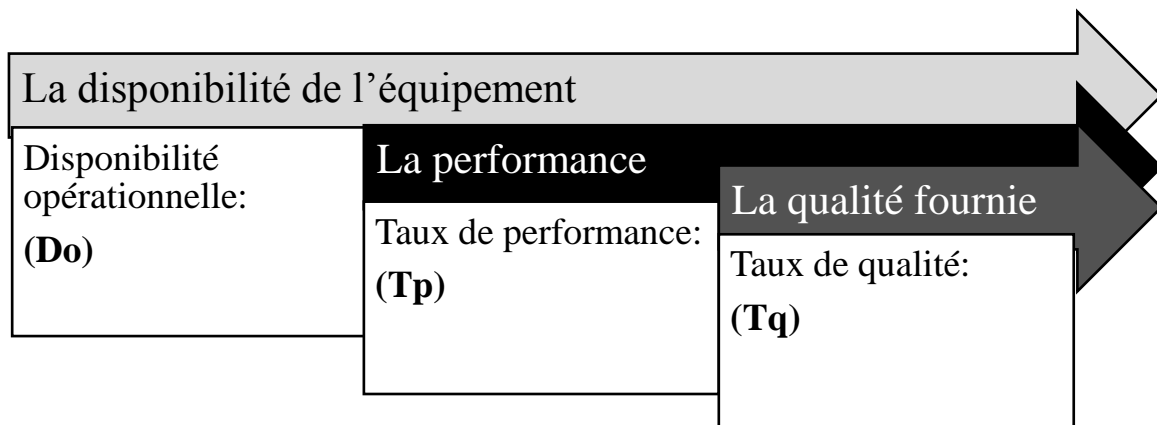


Figure I.17 : Les compositions du TRS.

$$\text{TRS} = \text{Disponibilité} * \text{performance} * \text{qualité}$$

$$TRS = Do * Tp * Tq \dots\dots\dots (12)$$

1. Disponibilité :

La disponibilité représente un indicateur clé de performance permettant d'évaluer l'impact de l'ensemble des arrêts détectés qui réduisent le rendement d'un moyen de production.

Ces arrêts peuvent être :

- **Internes** (ou temps d'arrêt propres) : liés directement à l'équipement (réglages, pannes, etc.)
- **Externes** (ou temps d'arrêt induits) : dus à des facteurs extérieurs (absence de personnel, coupure d'énergie, manque de matière, etc.)

De manière générale, la disponibilité est calculée comme le rapport entre le temps brut de fonctionnement et le temps requis.

Disponibilité = temps brut de fonctionnement / temps requis

$$Do = \frac{T_F}{T_R} \dots\dots\dots (13)$$

2. Performance:

Une fois le temps de fonctionnement connu (temps requis – temps d'arrêt), il existe bien souvent des écarts de cadence entre la performance réelle et la performance nominale ou théorique.

Finalement cette performance réelle se calcule en faisant le rapport entre le temps net (temps pendant lequel le moyen fonctionne à la cadence nominale) et le temps net de fonctionnement.

Performance = temps net / temps net de fonctionnement

$$Tp = \frac{T_N}{T_F} \dots\dots\dots (14)$$

La performance cherche à comparer la quantité réellement produite, par rapport à la quantité maximale (ou nominale) qu'il aurait été possible de réaliser pendant le temps d'engagement de fonctionnement du moyen.

3. Qualité :

Après avoir pris en compte les temps d'arrêt non planifiés (taux de disponibilité) et les écarts de cadence (taux de performance), il est fréquent que la quantité produite diffère de celle attendue. Cette différence peut être expliquée par la production de produits de mauvaise qualité. Ces rebuts, souvent appelés « non-qualité », représentent l'écart entre la quantité totale produite et la quantité conforme. Ils permettent de déterminer le taux de qualité.

Qualité = quantité bonne / quantité réalisée

$$Tq = \frac{\text{Quantité bonne}}{\text{Quantité réalisée}} \dots \dots \dots (15)$$

I.4.6. Méthodologie de calcul du TRS : [3]

Il existe différentes méthodes pour calculer le taux de rendement synthétique, en fonction des données disponibles. Ces méthodes varient car elles requièrent des niveaux de maîtrise de l'outil différents et n'offrent pas toutes le même degré de profondeur analytique.

- **Par les Indicateurs de Performance :**

D'après la relation (12), nous trouvons que :

$$TRS = Do * Tp * Tq$$

- **Par Ratio des Temps :**

D'après la relation précédente, nous concluons :

$$TRS = Do * Tp * Tq$$

Et d'après les relations (13), (14) et (15), on trouve que :

$$TRS = \frac{T_N}{T_F} * \frac{T_F}{T_R} * \frac{T_U}{T_N}$$

Donc :

$$TRS = \frac{T_U}{T_R} \dots \dots \dots (16)$$

- **Par les Quantités du TRS :**

$$TRS = \frac{\text{quantité des pièces bonnes fabriquée}}{\text{Quantité possible}} \dots\dots\dots (17)$$

- **Par le Temps de Production :**

$$TRS = \frac{\text{nombre des pièces bonnes} * \text{temps de cycle idéal}}{\text{temps de production planifié}} \dots\dots\dots (18)$$

I.4.7. La relève du TRS – Méthodes et enjeux de fiabilité des données :

Le TRS (Taux de Rendement Synthétique) est un indicateur clé de la performance industrielle. Il permet de mesurer l'efficacité d'un équipement ou d'une ligne de production en tenant compte de trois éléments : la disponibilité, la performance et la qualité. Cependant, la fiabilité du TRS dépend directement de la qualité de la relève des données nécessaires à son calcul. Cette relève peut être effectuée selon trois méthodes principales :

1. La relève manuelle :

Il s'agit de la méthode la plus traditionnelle. Les opérateurs ou techniciens collectent et notent les informations relatives aux arrêts, au temps de production, aux défauts, etc., sur des fiches papier ou dans des fichiers Excel.

Les avantages :	<ul style="list-style-type: none"> • Faible coût de mise en place • Adaptable dans des environnements non automatisés • Donne une visibilité immédiate aux opérateurs
Les inconvénients :	<ul style="list-style-type: none"> • Risque élevé d'erreurs humaines ou d'oublis • Saisie chronophage • Manque de fiabilité ou de traçabilité. • Difficulté pour obtenir des données en temps réel.

Tableau I.1: Les avantages et les inconvénients de la relève manuelle du TRS.

2. La relève semi-automatique :

Cette méthode combine des éléments de saisie manuelle avec des outils technologiques. Les opérateurs valident ou saisissent certaines informations via des interfaces numériques, tandis que d'autres données sont collectées automatiquement par des capteurs ou systèmes de supervision.

Les avantages :	<ul style="list-style-type: none">➤ Réduction des erreurs de saisie.➤ Collecte plus rapide des données.➤ Améliore la traçabilité.➤ Bon compromis entre coût et efficacité.
Les inconvénients :	<ul style="list-style-type: none">➤ Nécessite une formation des opérateurs.➤ Possibilité de décalage entre données automatisées et saisie humaine.➤ Infrastructure technique nécessaire.

Tableau I.2 : Les avantages et les inconvénients de la relève semi-automatique du TRS

3. La relève automatique :

Dans cette méthode, toutes les données nécessaires au calcul du TRS sont collectées en temps réel par des capteurs, automates programmables industriels (API) ou des systèmes, sans intervention humaine.

Les avantages :	<ul style="list-style-type: none">➤ Très grande fiabilité des données.➤ Suivi en temps réel de la performance.➤ Gain de temps significatif.➤ Permet une analyse rapide des causes de pertes.
Les inconvénients :	<ul style="list-style-type: none">➤ Coût d'investissement élevé➤ Complexité d'intégration avec les équipements existants➤ Maintenance des systèmes automatisés nécessaire

Tableau I.3 : Les avantages et les inconvénients de la relève automatique du TRS.

I.4.8. Amélioration du TRS dans une logique de performance continue :

L'amélioration du TRS repose sur l'identification et la réduction des pertes liées à ses trois composantes : la disponibilité, la performance et la qualité. Dans une démarche d'amélioration continue, plusieurs leviers peuvent être activés tels que la maintenance autonome, la réduction des arrêts non planifiés, l'optimisation des changements de série, ou encore la mise en place de contrôles qualité en temps réel. L'analyse régulière des causes de pertes à l'aide d'outils comme les 5 pourquoi ou les Pareto permet de cibler les actions à fort impact. Impliquer les opérateurs, standardiser les bonnes pratiques et suivre les résultats à travers des indicateurs fiables sont essentiels pour progresser durablement et renforcer l'efficacité globale des équipements.

I.4.9. Calcul technique du TRS appliqué à l'unité Ferroviaire :

À partir des données techniques fournies par la société Ferroviaire, nous allons procéder au calcul du Taux de Rendement Synthétique (TRS) par trois méthodes :

- Par les quantités.
- Par les indicateurs de performance.
- Par le ratio des temps.

La base donnée de l'unité : [1]

- **Total heures de marche** = 1650.45 Heures
- **Arrêts exploitation** = 425.6 Heures
- **Arrêts maintenance** = 510.3 Heures
- **Arrêts process** = 350.75 Heures
- **Blocage amont / aval** = 5820.35 Heures
- **Arrêts planifiés** = 15.5 Heures
- **Arrêts non planifiés** = 870.9 Heures
- **Cadence réelle** = 66.42 Tonnes/Heure
- **Cadence théorique** = 74 Tonnes/Heure
- **Écart de cadence** = $74 - 66.42 = 7.58$ Tonnes/Heure
- **Production conforme totale** = 250000 Tonnes
- **Production conforme vendable (pièces bonnes)** = 203800 Tonnes

- **BP de production (production théorique)** = 280000 Tonnes
- **Quantité théorique de production attendue** = 657419 Tonnes
- **Total des arrêts** = 7110.95 Heures

D'après les relations (1), (2), (4), (6), (8), (11) respectivement on va calculer
premièrement les temps, et nous ajoutons les résultats sur ce tableau ci-dessous :

Temps total	TT	= 24 Heures * 365 Jours = 8760 Heures
Temps d'ouverture	TO	= TT – Arrêts planifiées = 8760 – 15.5 = 8749.72 Heures
Temps requis	TR	= TO – Arrêts planifiés = 8744.5 – 15.5 = 8729 Heures
Temps de fonctionnement Brut	TF	= TO – (Arrêts Maintenance + Arrêts Exploitation + Arrêts process + Arrêts planifiés) = 8744.5 – (510.3 + 425.6 + 350.70 + 15.5) = 7442.4 Heures
Temps de fonctionnement net	TN	= TF – Ecart de Cadence = 7442.4 – 7.58 = 7434.82 Heures
Temps utile	TU	= nombre de pièces bonnes / cadence théorique = 203800 / 74 = 2754.05 Heures

Tableau I.4: le calcul des temps d'état.

1.Par les indicateurs de performance :

DO	Disponibilité opérationnelle	$= TF / TR = 7442.4 / 8744.5 = 0.85$
TP	Taux de performance	$= TN / TF = 7434.82 / 7442.4 = 0.995$
TQ	Taux de qualité	$= TU / TN = 2754.05 / 7434.82 = 0.37$

Tableau I.5 : Calcul du TRS par les indicateurs de performance.

D'après la relation (12), nous trouvons que :

$$TRS = Do * Tp * Tq$$

Alors les TRS par les indicateurs de performance :

$$TRS = 0.85 * 0.995 * 0.37 = 0.31$$

$$TRS = 31\%$$

2.Calcul du TRS par le ratio des temps :

D'après la relation (16) on a :

$$TRS = TU / TR$$

Donc :

$$TRS = 2754.05 / 8729$$

$$TRS = 0.31 = 31\%$$

3. Calcul du TRS par les quantités :

D'après la relation (17) on a :

$$TRS = \frac{\text{quantité des pièces bonnes fabriquée}}{\text{Quantité possible}}$$

Donc :

$$TRS = \frac{203800}{657419} = 0.3100$$

TRS = 31%

I.4.10. Résultat obtenu du calcul du TRS selon différentes approches :

Le calcul du Taux de Rendement Synthétique (TRS) a été réalisé selon trois méthodes distinctes : à partir des indicateurs de performance (disponibilité, performance, qualité), du rapport des temps de fonctionnement et enfin des quantités produites et conformes. Les trois approches ont convergé vers un même résultat global de 31 %, confirmant un faible niveau de performance des équipements dans l'unité Ferroviaire. Ce score reflète des pertes importantes sur les trois composantes du TRS, traduisant un besoin urgent d'amélioration au niveau de l'organisation et de la gestion de la production.

I.5. Conclusion :

À travers ce premier chapitre, l'unité Ferroviaire a été présentée afin de situer le cadre industriel de l'étude. La méthode TPM a également été introduite, en précisant ses principes et son importance dans l'amélioration continue des performances. Le calcul du TRS, indicateur clé d'efficacité, a révélé une valeur faible de 31 %, mettant en évidence des pertes importantes au sein du système de production. Ces éléments constituent une base de réflexion pour les chapitres suivants, qui seront consacrés à l'évaluation du système de maintenance actuel et à la proposition d'une mise en œuvre structurée de la TPM.

Chapitre II :

**La maintenance effectuée dans
l'unité.**

II.1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons présenter l'organisation du service maintenance au sein de l'unité FERROVIAL, en mettant en avant la structure hiérarchique et la répartition des rôles. Une analyse détaillée du mode de fonctionnement actuel sera ensuite réalisée, notamment en ce qui concerne les types d'interventions, les ressources disponibles, et les outils utilisés. Cette évaluation mettra en évidence les principales faiblesses de la maintenance corrective prédominante, et permettra de poser les bases pour l'introduction d'une méthode plus performante dans les chapitres suivants.

II.2. L'organisation du personnel de maintenance :

II.2.1. Structure hiérarchique du service maintenance :

Le service maintenance de l'unité ferroviaire est organisé de manière hiérarchique afin d'assurer une répartition claire des responsabilités et une efficacité optimale des interventions. À sa tête, on trouve un directeur maintenance, qui supervise deux branches distinctes : la maintenance mécanique et la maintenance électrique, chacune dirigée par un chef de service. Dans la branche mécanique, le chef de service maintenance mécanique est responsable de la gestion technique et organisationnelle. Il encadre un chef de section mécanique, qui à son tour supervise trois chefs d'équipe maintenance mécanique. Chaque chef d'équipe dirige un groupe de techniciens de maintenance mécanique, chargés des opérations de maintenance préventive et curative sur les équipements industriels [1].

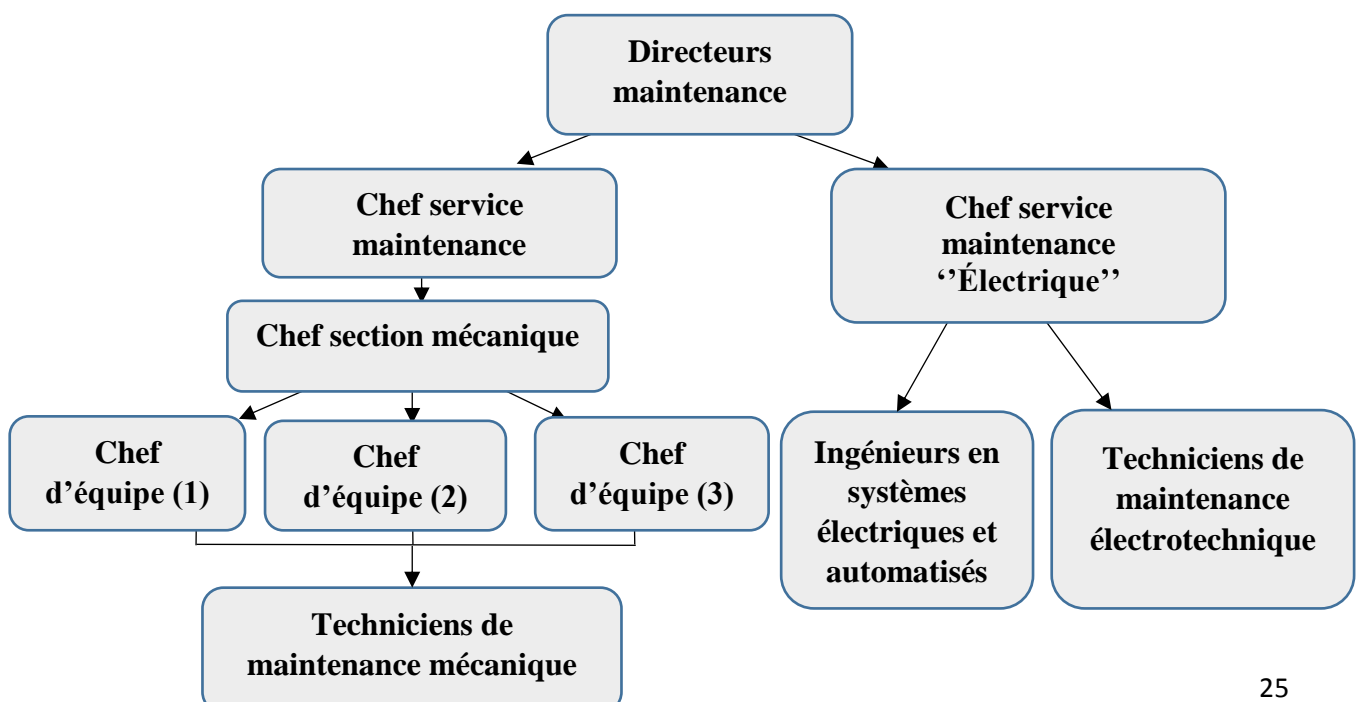


Figure II.1 : Structure hiérarchique du service maintenance

II.2.2. Répartition des rôles dans le service de maintenance de l'unité :

Le tableau suivant présente la structure organisationnelle du service de maintenance, ainsi que les rôles et responsabilités spécifiques de chaque membre dans les pôles mécanique et électrique [1] :

Poste	Rôle et responsabilités
Chef d'équipe Mécanique	Supervise un groupe de techniciens en maintenance mécanique et assure la bonne exécution des tâches.
Chef de section Mécanique	Coordonne les actions des chefs d'équipe, assure le suivi des interventions mécaniques.
Chef de service Maintenance Mécanique	Dirige le pôle mécanique, organise et supervise les activités des équipes mécaniques
Directeur Maintenance	Supervise l'ensemble du service de maintenance, assure la coordination entre les deux pôles.
Technicien Maintenance Électrotechnique	Effectue la maintenance des systèmes électriques et électrotechniques, diagnostique et répare les pannes.
Chef de service Maintenance Électrique	Dirige le pôle électrique, coordonne les actions des ingénieurs et techniciens électrotechniques.
Ingénieur Systèmes Électriques et Automatisés	Conçoit, supervise et optimise les systèmes électriques et automatisés de l'usine.

Tableau II.1 : Rôle et responsabilités dans le service maintenance [1].

II.2.3. Processus des interventions :

Lorsqu'une défaillance est détectée sur une machine, le processus d'intervention s'enclenche par l'émission d'une Demande d'Intervention (D.I) par le service utilisateur. Cette demande est transmise au service maintenance, plus précisément au bureau des méthodes, qui se charge de l'enregistrement et de la planification de l'intervention. Une phase de concertation permet de fixer une date d'exécution adaptée à la disponibilité des ressources..

Le bureau des méthodes élabore un dossier de préparation technique et émet un ordre de travail formel à destination de l'équipe d'intervention. Celle-ci procède à la réalisation de l'opération de maintenance sur le terrain. À la fin de l'intervention, un rapport est rédigé, détaillant les actions effectuées, les causes identifiées, ainsi que les temps d'arrêt. Ce rapport, accompagné d'un compte rendu global, est retourné au bureau des méthodes pour analyse et archivage. L'ensemble de ce processus repose sur une utilisation exclusive de documents papier: bons d'intervention, bons d'approvisionnement, bons de sortie de matériel, ordres de travail et rapports. Cette gestion manuelle constitue un frein en termes de traçabilité, de réactivité et de consolidation des données [1].

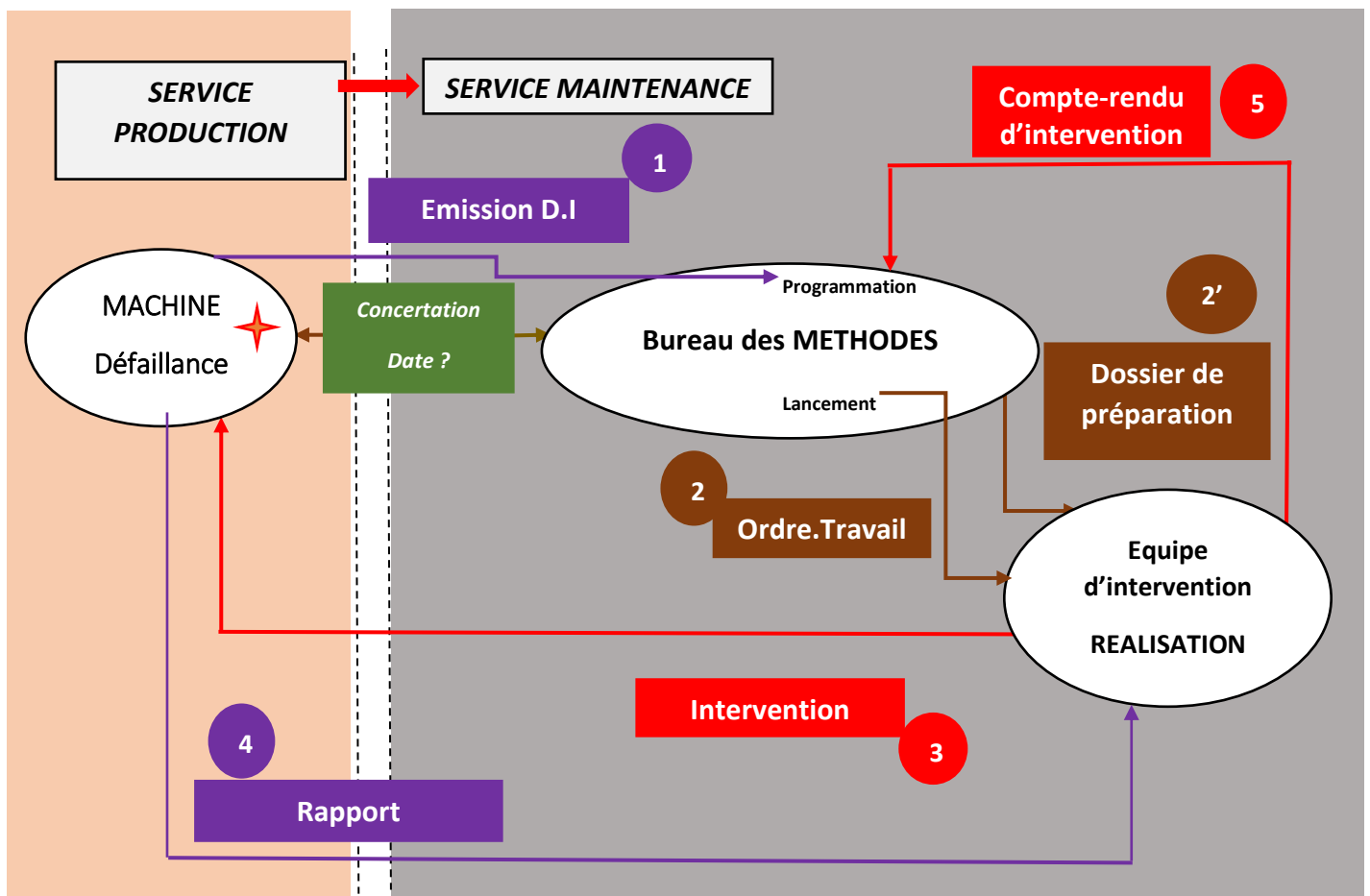


Figure 16 : Processus d'intervention de FERROVIAL

II.3. Évaluation de la maintenance effectuée dans l'unité Ferroviaire :

II.3.1. Diagnostic initial et analyse des pertes :

II.3.1.1. État des indicateurs :

L'évaluation des performances actuelles des équipements au sein de l'unité Ferroviaire repose principalement sur trois indicateurs clés : le Taux de Rendement Synthétique, le MTBF et le MTTR. Le TRS calculé dans le premier chapitre atteint seulement 31 %, ce qui reflète une faible efficacité globale et des pertes importantes en termes de disponibilité, de performance et de qualité. De plus, les observations de terrain ont montré que le MTBF est particulièrement bas, ce qui signifie que les machines tombent fréquemment en panne. À l'inverse, le MTTR est relativement élevé, traduisant une durée moyenne de réparation excessive et un manque de réactivité dans les interventions. Ces résultats traduisent une maintenance largement corrective, non planifiée, et souffrant d'un manque de structure.

Indicateur	Évaluation qualitative	Observation technique
TRS	Faible (31 %)	Faible efficacité globale des équipements, pertes importantes à tous les niveaux.
MTBF	Faible	Fréquence élevée des pannes, fiabilité des machines remise en cause.
MTTR	Élevé	Temps de réparation longs, interventions lentes et peu structurées.

Tableau II.2 : Indicateurs de performance de l'unité Ferroviaire [1].

II.3.1.2 Identification des pertes majeures :

Selon les principes de la TPM, plusieurs types de pertes peuvent affecter la performance des équipements industriels. Dans le cas de Ferroviaire, les pertes les plus significatives ont été identifiées au niveau des arrêts non planifiés, souvent causés par des pannes mécaniques récurrentes. Ces pannes sont majoritairement dues à une mauvaise utilisation des machines par les opérateurs, à une absence de maintenance préventive, et à un manque de procédures

standards de fonctionnement et de nettoyage. En plus des pertes de disponibilité, l'unité souffre également de baisses de vitesse, de défauts de qualité liés à l'état des équipements, ainsi que de démarrages instables. Ces constats révèlent une organisation qui fonctionne principalement en mode curatif, sans anticipation ni mobilisation des opérateurs autour de la fiabilité des machines [1].

Type de perte	Manifestation dans l'unité	Impact estimé
Arrêts non planifiés	Pannes mécaniques fréquentes	Élevé
Baisse de vitesse	Utilisation à capacité partielle	Moyen
Défauts de qualité	Produits non conformes	Moyen
Démarrages instables	Longs temps de montée en cadence	Faible
Mauvaise organisation maintenance	Interventions lentes, peu planifiées	Élevé

Tableau II.3 : Principales pertes observées dans l'unité Ferroviaire [1].

II.3.1.3 Analyse des pannes :

Une analyse des données de panne collectées sur une période d'un an a permis de construire un diagramme de Pareto afin de mieux visualiser les causes principales des défaillances. Les résultats montrent que la majorité des arrêts sont concentrés autour de quelques causes récurrentes. Les pannes les plus fréquentes sont liées à la mauvaise manipulation des machines, à l'absence de lubrification régulière, à la dégradation des pièces mécaniques, et à un entretien non structuré [1].

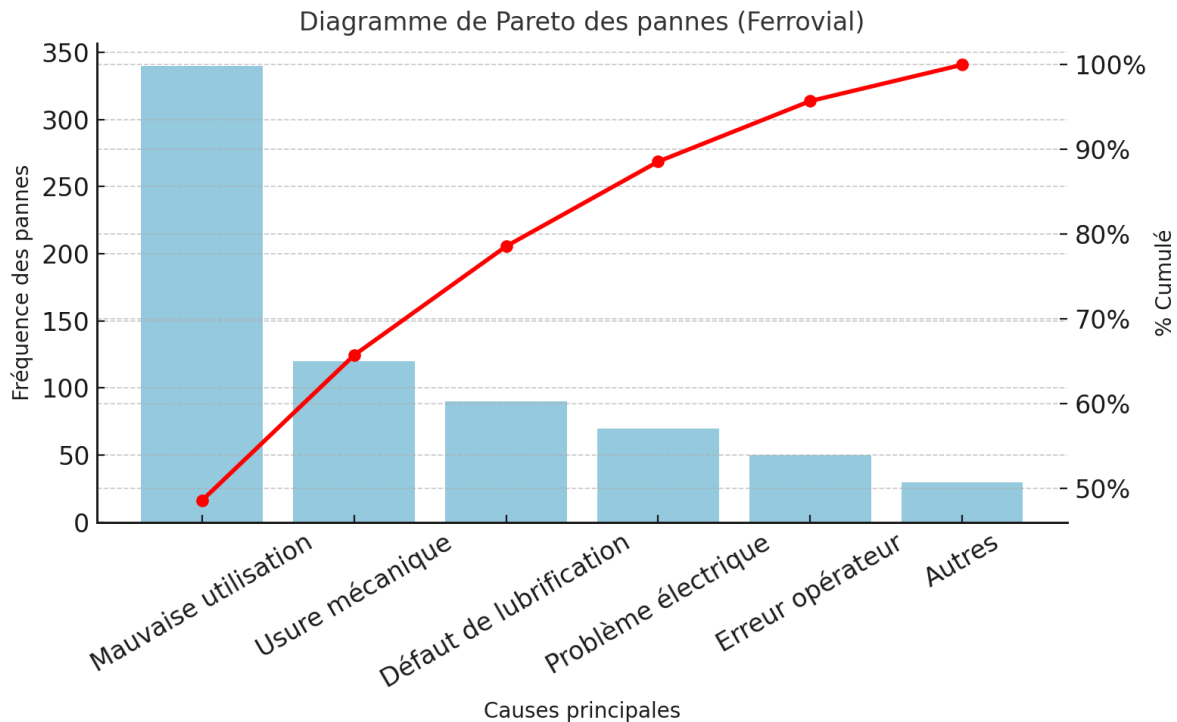


Figure II.7 : Diagramme de Pareto des pannes de Ferrovia.

II.3.2. Analyse technique des limites observées :

Dans le cadre de l'évaluation du système de maintenance actuellement appliqué au sein de l'unité de production Ferrovia, plusieurs lacunes structurelles et fonctionnelles ont été identifiées. Ces faiblesses affectent directement la performance globale des équipements ainsi que la rentabilité de la production. Elles peuvent être regroupées autour des axes suivants :

2.1. Dépendance excessive à la maintenance corrective :

L'analyse du mode de fonctionnement démontre une forte dépendance à la maintenance curative, c'est-à-dire à des interventions réalisées après la survenue d'une panne. Ce mode réactif, bien que toléré dans certains contextes industriels, engendre dans le cas présent des conséquences significatives :

- Multiplication des arrêts non planifiés, qui perturbent les flux de production et provoquent des délais supplémentaires dans les livraisons.
- Temps d'intervention prolongés, dus à l'absence de diagnostic en amont et à l'impréparation des équipes.

- Épuisement des équipes de maintenance, souvent sollicitées en urgence sans planification, ce qui accroît les risques d'erreurs humaines.
- Coûts de maintenance élevés, notamment en raison du remplacement non optimisé des pièces, du recours fréquent à des solutions temporaires, et de l'absence de mutualisation des tâches.

2.2. Absence de maintenance préventive structurée :

À l'exception notable des compresseurs situés dans le bâtiment B4 qui font l'objet d'un minimum de maintenance préventive en raison de leur rôle stratégique dans l'alimentation en air comprimé, l'ensemble des autres équipements de production ne bénéficie d'aucune action préventive planifiée. Cette absence de démarche proactive entraîne :

- Une usure prématurée des composants critiques non surveillés.
- Une incapacité à anticiper les défaillances récurrentes, pourtant détectables avec des inspections régulières simples.
- Un déséquilibre dans la charge de travail, avec des pics d'activité en situation de crise et une sous-exploitation des périodes creuses.
- Un manque de fiabilité globale de l'outil de production.

2.3. Faible TRS et absence de suivi des indicateurs :

Le Taux de Rendement Synthétique (TRS) calculé sur plusieurs postes critiques de production s'élève à environ 31 %, soit un niveau très faible par rapport aux standards industriels. Cette faiblesse s'explique par plusieurs facteurs cumulés :

- Des taux de disponibilité réduits, dus à la fréquence élevée des arrêts techniques.
- Un manque d'indicateurs de pilotage, comme le MTBF, le MTTR, ou le taux de maintenance planifiée.
- L'absence de tableaux de bord de suivi, qui empêche toute visibilité sur les tendances de performance et freine les décisions d'amélioration.
- Une surcharge du personnel technique, qui n'a ni le temps ni les outils pour analyser les causes profondes des dysfonctionnements.

Le faible TRS est ainsi la conséquence directe d'un système non maîtrisé, à la fois dans ses opérations quotidiennes et dans sa stratégie globale de maintenance.

2.4. Inadéquation des ressources humaines :

L'organisation actuelle du service maintenance repose sur un effectif limité à 32 agents, ce qui est insuffisant pour couvrir les besoins d'une unité de production aussi étendue et complexe. Cette contrainte se traduit par :

- Un manque de réactivité dans les interventions, dû à la surcharge constante des équipes.
- Une faible spécialisation des techniciens, souvent affectés à plusieurs tâches sans formation adaptée.
- L'absence de formation continue, notamment sur les outils modernes d'amélioration continue tels que la TPM, l'AMDEC, la méthode 6S, ou encore la GMAO.
- Une culture technique restreinte, orientée uniquement vers le dépannage d'urgence, sans approche globale d'optimisation de la performance industrielle.

II.4. Synthèse structurée :

Afin de compléter l'analyse technique détaillée des limites observées dans le système de maintenance en place, la synthèse suivante permet de regrouper les constats majeurs de manière structurée. Ce résumé met en évidence les points critiques identifiés, en lien avec l'organisation, les méthodes, les ressources humaines et les performances mesurées, et sert de base pour proposer une stratégie d'amélioration adaptée :

Aspect évalué	Observations
Type de maintenance prédominant	Maintenance curative (réactive).
Maintenance préventive	Pratiquement absente, excepté pour les compresseurs du bâtiment B4.
Effectif maintenance	32 agents, nombre insuffisant au vu du volume d'équipements à entretenir.
Moyens de gestion	Papier (bons de travail, ordres d'intervention) ; aucune GMAO utilisée.
Suivi des interventions	Non structuré, absence d'historique centralisé.
Taux de Rendement Synthétique	Faible : TRS = 31 % (disponibilité et performance affectées).
Connaissance TPM	Inexistante : le personnel ne maîtrise ni la méthode ni ses piliers.
Niveau de formation	Faible : techniciens peu ou pas formés aux méthodes modernes de maintenance.
Maintenance autonome	Non appliquée.
Analyse des pannes	Faible ou inexistante (aucune démarche d'analyse causale ou d'amélioration).

Tableau II.4 : État des lieux de la maintenance actuelle.

II.5. Obstacles rencontrés lors de la proposition de la TPM :

Au cours de l'analyse du système de maintenance en place dans l'unité ferroviaire, plusieurs obstacles ont été identifiés concernant l'introduction de la méthode TPM. Le plus marquant reste la mentalité de certains responsables, profondément attachés à la logique de maintenance corrective. Pour eux, tant que la production est assurée et que l'entreprise réalise un chiffre d'affaires, il n'y a pas lieu de changer. Cette vision à court terme minimise les impacts négatifs des arrêts imprévus. Cette résistance au changement, souvent liée à une méconnaissance des bénéfices de la TPM et à l'absence de culture d'amélioration, constitue un véritable frein à toute démarche de transformation. Elle nécessite un travail en profondeur sur la sensibilisation, la formation et l'implication progressive des acteurs concernés.

II.6. Justification de l'approche TPM :

Face à ce diagnostic préoccupant, la mise en place de la TPM apparaît comme une solution incontournable pour améliorer la fiabilité et la productivité des équipements. La TPM propose une approche globale qui ne se limite pas à la maintenance technique, mais qui implique également les opérateurs dans des activités de nettoyage, d'inspection, et de suivi quotidien des machines. Elle favorise une culture de prévention, de discipline et d'amélioration continue. Dans le contexte de l'unité Ferroviaire, où les ressources sont limitées et les pratiques actuelles peu efficaces, la TPM permettrait non seulement de réduire le nombre et la durée des pannes, mais aussi d'augmenter la motivation du personnel et la qualité du service rendu. Sa mise en œuvre progressive, accompagnée d'un encadrement adéquat, constitue ainsi une orientation stratégique à fort potentiel.

II.7. Conclusion :

L'analyse de la maintenance en vigueur au sein de l'unité Ferroviaire révèle une dépendance quasi exclusive à la maintenance corrective, au détriment de toute logique préventive. Les indicateurs de performance sont faibles, la planification inexistante, et la culture d'amélioration continue reste absente. Une négligence organisationnelle, et un manque d'implication globale. Ces constats confirment la nécessité d'un changement en profondeur, et justifient le passage à une démarche plus structurée et participative .

Chapitre III :

La mise en place de la méthode TPM.

III.1. Introduction :

L'analyse des chapitres précédents a montré que la maintenance dans l'unité Ferroviaire est insuffisante, avec un TRS faible de 31 % et une organisation interne défaillante. Face à cette situation, il devient nécessaire de mettre en place une démarche structurée pour améliorer la performance globale des équipements. La TPM (Total Productive Maintenance) représente une solution adaptée, visant à réduire les pannes, impliquer le personnel et améliorer la productivité. Ce chapitre propose un plan de mise en œuvre de la TPM dans l'unité Ferroviaire, en commençant par un diagnostic des pertes, la formation d'une équipe TPM, et le déploiement progressif des piliers essentiels.

III.2. Synthèse de l'état de la maintenance dans l'unité :

Aspect évalué	État constaté
Organisation	Manque de structure définie, coordination insuffisante entre les départements.
Ressources humaines	Effectif trop faible : 32 agents pour plus de 750 employés dans l'unité.
Moyens matériels	Insuffisance d'outils, matériel obsolète et inadapté
Méthodes de maintenance	Prépondérance du traitement curatif, presque absence de maintenance préventive.
Documentation technique	Faible capacité de traçabilité, manque de dossiers de suivi ou d'historique des pannes.
Formation du personnel	Pas de formation continue, culture de maintenance autonome peu développée.
Communication et mentalité	Participation limitée des opérateurs, manque de culture d'amélioration.
Impact sur la production	Problèmes fréquents, manque de disponibilité, faible taux de rendement synthétique.

Tableau III.1 : Synthèse de l'état de la maintenance dans l'unité.

III.3. La mise en œuvre opérationnelle de la TPM dans l'unité Ferroviaire :

III.3.1. Constitution de l'équipe TPM :

Pour l'implémentation de la TPM au sein de l'unité Ferroviaire, la première phase cruciale est la formation d'une équipe dédiée, responsable de gérer et garantir le déroulement graduel de l'approche. Cette équipe représente le cœur du changement organisationnel, assurant la coordination entre les diverses fonctions de l'unité : maintenance, production, qualité, sécurité et ressources humaines. Cette équipe est constituée de façon à refléter une représentation équilibrée des différents services, afin d'assurer une démarche intégrale et transversale. Elle comprend généralement:

1. Un chef de projet TPM
2. Des représentants de la maintenance
3. Des opérateurs de production.
4. Un référent qualité et sécurité.
5. Un responsable formation ou RH

III. 3.1.1. Organisation technique de l'équipe TPM :

Chez Ferroviaire, l'équipe TPM est organisée selon une structure matricielle axée sur les fonctions de l'unité. Cette organisation permet de concilier l'approche hiérarchique avec une dynamique transversale, favorisant ainsi une meilleure coordination des actions.

L'objectif principal de cette équipe est de faciliter la communication entre les différents départements concernés et de renforcer la réactivité dans la prise de décision. Un coordinateur TPM joue un rôle central dans ce dispositif : il assure le lien entre la direction générale et les équipes sur le terrain. Chaque membre de l'équipe est responsable d'un pilier TPM spécifique, avec des missions définies, des objectifs clairs et des indicateurs de suivi bien établis.

L'équipe se retrouve à intervalles réguliers pour :

1. Suivre l'avancement du plan d'action TPM.
2. Identifier les écarts et proposer des actions correctives.
3. Partager les retours d'expérience terrain.
4. Mettre à jour les indicateurs de performance liés à chaque pilier.

III.3.1.2. Rôle et responsabilité au sein de l'équipe TPM :

Pour réussir la mise en œuvre de la démarche TPM au sein de l'unité Ferroviaire, il est fondamental de clarifier les rôles et les responsabilités de chacun. L'équipe TPM se compose de profils issus de différents domaines, formant ainsi un groupe multidisciplinaire où chaque membre apporte son expertise au service de l'amélioration continue.

La composition de cette équipe, les fonctions attribuées à chacun ainsi que leurs responsabilités spécifiques sont présentées en détail dans le tableau suivant. Cette organisation rigoureuse favorise une véritable synergie entre les départements concernés (maintenance, production, qualité, ressources humaines) et assure une prise en charge complète des piliers clés de la TPM. Elle permet également d'impliquer tous les niveaux hiérarchiques dans la dynamique de changement, tout en maintenant une cohérence dans les actions menées sur le terrain.

Membre de l'équipe	Rôle principal	Responsabilités spécifiques
Chef de projet TPM	Coordinateur de la démarche TPM	<ul style="list-style-type: none"> - Concevoir le plan d'action TPM. - Conduire les réunions de suivi. - Maintenir la liaison avec la direction.
Représentants de la maintenance	Experts techniques	<ul style="list-style-type: none"> - Contribuer à l'étude des pannes. - Exécuter la maintenance programmée. - Diminuer les pertes associées aux interruptions techniques.
Opérateurs de production	Acteurs de la maintenance autonome	<ul style="list-style-type: none"> - Effectuer les contrôles de base (nettoyage, lubrification). - Signaler les irrégularités. - Prendre part aux cercles de qualité.
Référent qualité et sécurité	Intégration des normes QHSE	<ul style="list-style-type: none"> - Veiller à la conformité avec les normes de sécurité. - Surveiller les problèmes de qualité. - Suggérer des mesures correctives préventives.
Responsable formation / RH	Gestion des compétences	<ul style="list-style-type: none"> - Cerner les exigences en matière de formation TPM. - Planifier les séances de sensibilisation. - Surveiller le développement des compétences des employés.

Tableau II.2 : Rôle et responsabilités au sein de l'équipe TPM.

II.3.2. Sensibilisation et formation du personnel :

La réussite d'une démarche TPM repose en grande partie sur l'engagement du personnel et le développement de ses compétences. Dans cette optique, il est indispensable de mettre en place un programme structuré de sensibilisation et de formation, afin de s'assurer que chacun comprenne clairement les objectifs, les outils et les méthodes liés à la TPM. Ce processus de montée en compétences constitue le socle du changement culturel et organisationnel attendu, en préparant les équipes à adopter de nouvelles pratiques de manière durable et cohérente.

III.3.2.1 Objectifs de la formation TPM :

Les objectifs de la sensibilisation et de la formation sont les suivants :

- Intégrer tous les échelons hiérarchiques dans le processus TPM : garantir une implication significative de la direction, des gestionnaires intermédiaires et des opérateurs pour assurer l'engagement collectif et la cohérence des initiatives entreprises.
- Fournir une formation de base sur les 8 piliers de la TPM : assurer que tout le personnel impliqué comprend les principes méthodologiques de l'approche pour une implémentation organisée et performante.
- Promouvoir l'indépendance des équipes dans l'identification et la résolution des problèmes mineurs : enseigner aux opérateurs à utiliser des outils d'analyse et d'intervention simples pour diminuer la dépendance du service de maintenance.
- Incorporer les standards de sécurité, de qualité et de performance dans les routines quotidiennes : transformer ces normes en habitudes inhérentes aux tâches professionnelles afin d'accroître durablement la fiabilité des matériels et l'efficacité opérationnelle.

III.3.2.2. Contenus et outils pédagogiques :

La formation TPM prévue au sein de l'unité Ferroviaire s'articule autour de contenus ciblés et adaptés aux besoins opérationnels du personnel. Elle couvre à la fois les bases théoriques de la TPM et son application concrète sur le terrain. Pour garantir une transmission efficace des savoirs, divers supports didactiques seront utilisés. Le tableau ci-dessous récapitule les principaux modules de formation et les ressources pédagogiques correspondantes :

Les modules :	<ul style="list-style-type: none"> • Principes et objectifs de la TPM. • L'application et la réalisation des piliers, en particulier la maintenance autonome, le 6S et l'analyse des pannes. • L'emploi de méthodes qualitatives basiques (Ishikawa, 5 Pourquoi, Pareto...). • Les indices de performance : TRS, MTTR, MTBF. • La sûreté au travail et la détection anticipée des irrégularités.
Les outils pédagogiques :	<ul style="list-style-type: none"> • Des supports visuels tels que des présentations PowerPoint ou des affiches explicatives. • Des exemples pratiques tirés de l'unité Ferroviaire. • Des démonstrations pratiques sur le lieu de travail. • Des descriptions de poste actualisées comprenant les pratiques TPM.

Tableau III.3: Les modules et les outils pédagogiques.

III.3.2.3. Plan de communication interne :

Un accompagnement efficace de la gestion du changement nécessite une communication interne performante. Elle aura pour objectif d'éclairer, d'impliquer et d'encourager les employés autour de l'initiative TPM. Le plan de communication inclura :

1. La présentation de supports TPM dans les ateliers (tableaux de performance, résultats TRS, fiches d'intervention).
2. Des séances d'information fréquentes avec les équipes.
3. La publication de bulletins internes ou de newsletters consacrées à la progression de la TPM.
4. La mise en place de journées « TPM » (ateliers participatifs, compétitions 6S, visites réciproques entre départements).
5. La mise en valeur des bonnes pratiques et des succès collectifs.

III.3.2.4. Programme de formation TPM adapté à l'unité Ferroviaire :

Jour	Module / Thème	Durée	Participants concernés	Méthodologie
Dimanche (S1)	Introduction à la TPM (enjeux, historique, objectifs)	2h	Tout le personnel	Présentation interactive + Questions/Réponses
Lundi (S1)	Les grandes pertes industrielles & TRS	2h	Opérateurs + Maintenance	Cas pratiques + TRS Ferroviaire
Mardi (S1)	Pilier 1 : Maintenance autonome (Jishu Hozen)	1h30	Opérateurs	Démonstration + Fiches standards
Mercredi (S1)	Pilier 2 : Maintenance planifiée	1h30	Agents de maintenance	Atelier + planning préventif
Jeudi (S1)	Outils TPM (6S, checklist, Ishikawa, Pareto)	2h	Tous	Exercices pratiques + analyse TRS
Dimanche (S2)	Pilier 3 : Amélioration ciblée (Kobetsu Kaizen)	2h	Techniciens, encadrement	Études de cas Ferroviaire + diagrammes
Lundi (S2)	Pilier 4 & 5 : Formation continue + Sécurité	1h30	Tous	Présentation + jeux de rôle
Mardi (S2)	Pilier 6 : Qualité intégrée + gestion des nouveaux équipements	1h30	Qualité + Maintenance	Schémas + grille d'analyse
Mercredi (S2)	Pilier 7 & 8 : Fonctions support + implication du personnel	2h	Chefs d'équipe + direction	Réunion atelier + outils visuels
Jeudi (S2)	Simulation pratique + Évaluation finale	2h	Tous	QCM + mise en situation sur terrain

Tableau III.4: Programme de formation TPM adapté à l'unité Ferroviaire.

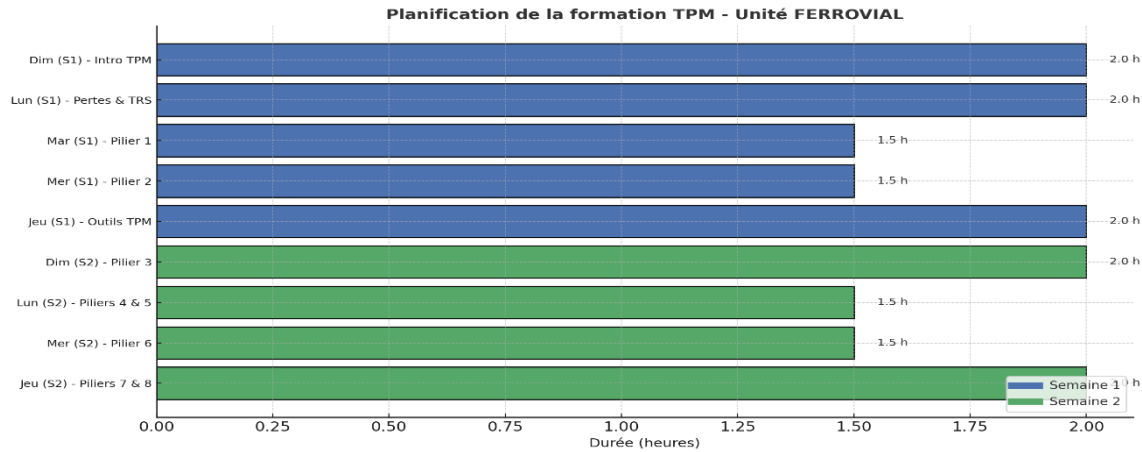


Figure III.1: Planification de la formation TPM – unité Ferroviol.

III.3.3 Mise en place progressive des piliers fondamentaux de la TPM:

Dans le cadre actuel de l'unité Ferroviol, marquée par une performance médiocre de l'équipement (TRS = 31%), un déficit en équipements modernes et une organisation de maintenance déficiente, l'application graduelle des huit piliers de la TPM représente une stratégie organisée pour renverser cette situation. Cette approche se concentre sur les ateliers critiques relevés dans le plan de masse (B3, B6, B7, B11, B12, B2...) et repose sur une équipe TPM récemment formée.

1. Maintenance autonome (Jishu Hozen) :

L'objectif de ce pilier est d'inculquer aux opérateurs des ateliers de montage (B6, B11, B12) les gestes fondamentaux de nettoyage, de lubrification et d'inspection visuelle. Dans un contexte où il y a une pénurie de techniciens, cela offre la possibilité de décharger la maintenance pour des opérations techniques plus avancées.

2. Maintenance planifiée (Keikaku Hozen) :

Il est vital de réorganiser le système de maintenance préventive, en particulier pour les ateliers mécaniques (B3, B7) et de peinture (B2). Il faudrait instaurer des programmes d'intervention optimisés, des registres d'inspection régulière et un système de suivi des pannes par le biais d'outils digitaux à déployer graduellement (GMAO simplifiée ou tableaux numériques via tablettes).

3. Amélioration ciblée (Kobetsu Kaizen) :

Les groupes de travail Kaizen seront prioritairement organisés sur les ateliers de montage et la forge (B6, B11, B7) pour traiter les pertes significatives identifiées dans l'analyse de Pareto (pannes mécaniques répétées, arrêts de ligne, problèmes de qualité). L'objectif est de diminuer les causes fondamentales grâce à des mesures correctives simples, mais constantes.

4. Formation et développement des compétences :

Le centre de formation (B45) sera utilisé pour la diffusion des compétences TPM : modules concernant la maintenance de premier niveau, la sécurité, les outils de résolution de problèmes (5 pourquoi, Ishikawa) et l'utilisation d'outils numériques (QR code, suivi tablette). On peut envisager la mise en place d'une plateforme de formation en ligne à moyen terme.

5. Gestion précoce des équipements:

Lors des acquisitions futures de matériel, il est crucial d'intégrer dès la conception les retours d'expérience du personnel de maintenance et des opérateurs. Cela permettra d'éviter les défauts récurrents liés à l'ergonomie, à la sécurité ou à la maintenance difficilement accessible.

6. Qualité intégrée :

La TPM permet d'insérer des contrôles qualité directement sur poste. Par exemple, dans l'atelier de peinture (B2) ou l'atelier de menuiserie (B8), des fiches de vérification standards et des capteurs de surveillance simples peuvent être installés pour prévenir les défauts avant qu'ils ne quittent le poste.

7. Sécurité, hygiène et environnement :

Ce pilier sera consolidé autour des zones critiques, en particulier la station d'oxygène (SO) et la forge (B7), grâce à des procédures TPM spécifiques pour identifier de manière proactive les risques, un balisage constant et une formation spécialisée. Des contrôles 6S seront également mis en place.

8. TPM dans les services supports :

Dans le cadre de la démarche TPM, les services administratifs (Bureaux 16, 18), les boutiques (B0, B4, 49) et les zones de gestion qualité (B14) seront intégrés grâce à la normalisation des procédures, la gestion visuelle et l'amélioration constante des flux d'informations.

II.3.3.1. Résumé opérationnel des piliers TPM dans le contexte de Ferroviaal :

Pilier TPM	Objectif spécifique	Application	Moyens utilisés	Indicateurs de suivi
Maintenance autonome	Impliquer les opérateurs dans la maintenance de 1er niveau	Fiches d'inspection journalières, nettoyage standardisé	Checklists visuelles, brosses, éclairage	% d'équipements inspectés quotidiennement
Maintenance planifiée	Réduire les arrêts non planifiés	Planning de maintenance préventive, GMAO	Logiciel GMAO, fiches de maintenance	MTTR, MTBF
Kaizen ciblé	Réduire les pertes récurrentes	Groupes de résolution de problèmes (pont roulant)	5 Pourquoi, Ishikawa	Nb de pertes éliminées par mois
Formation	Développer l'autonomie des techniciens	Sessions sur TRS, 6S, outils qualité	PowerPoint, cas pratiques, terrain	Taux de participation
Qualité intégrée	Réduire les défauts à la source	Inspection après maintenance, liste de vérification pour la soudure.	Fiches qualité, visuels standards	Taux de retours qualité
Sécurité	Créer un environnement sûr	Audit sécurité, affichage des EPI	Panneaux SHE, EPI, formation	Taux d'accidents, Nb de non-conformités
Nouveaux équipements	Anticiper la maintenance dès la conception	Implication maintenance dans l'achat	Dossiers techniques, formation réception	Taux de panne sur nouveaux équipements
Fonctions support	Mobiliser les services indirects	RH planifie la formation TPM	Planning RH, ISO 9001 docs	Nb de formations réalisées

Tableau III.5: Résumé opérationnel des piliers TPM dans le contexte de Ferroviaal.

III.3.4. Planification et suivi de la démarche TPM :**III.3.4.1 Planning de mise en œuvre sur l'ensemble des ateliers de Ferroviaal :**

Phase	Période	Atelier / Zone	Objectif TPM prioritaire	Acteurs concernés
1	Mois 1-2	B6 - Atelier mécanique	Formation TPM, lancement 6S, maintenance autonome niveau 1	Chef TPM, opérateurs, techniciens maintenance
2	Mois 2-3	B11 - Maintenance wagons	Maintenance planifiée et standardisation	Référent maintenance, qualité
3	Mois 3-4	Forge	Lancement Kaizen + sécurité machine	Animateur TPM, responsable sécurité
4	Mois 4-5	B3 - Traitement thermique	Application des standards visuels + audit 6S	Chef d'équipe, opérateurs
5	Mois 5-6	Magasin central	Organisation visuelle, amélioration des flux internes	Logistique, TPM
6	Mois 6-7	Parc matériel	Mise en place de la maintenance préventive	Maintenance mobile, planificateur
7	Mois 7-8	Atelier soudure	Réduction des arrêts mineurs, maintenance autonome niveau2	Chef TPM, référent qualité
8	Mois 8-9	Bâtiment administratif	Sensibilisation à la culture TPM (formation continue)	RH, responsable TPM

Tableau III.6 : Planning de mise en œuvre de la TPM sur l'ensemble des ateliers de Ferroviaal.

III.3.4.2. Mécanisme de retours d'expérience et ajustement continu :

Dans le cadre de la TPM, la planification à elle seule ne suffit pas pour assurer la réalisation des objectifs. Il est crucial d'établir un système organisé de retours d'expérience, qui facilite la capitalisation sur les actions réalisées, l'identification des possibles divergences et l'adaptation des stratégies en fonction des circonstances sur le terrain.

Ce mécanisme repose sur plusieurs niveaux d'interaction et d'analyse :

1. Réunions hebdomadaires d'évaluation TPM :

Chaque week-end, l'équipe TPM (chef de projet, référents en maintenance, opérateurs) tient une réunion de suivi durant laquelle sont exposés :

- Les performances des indicateurs (TRS, MTBF, arrêts mineurs, 6S....)
- Les difficultés identifiées et les progrès constatés.
- Les suggestions pour la rectification ou l'ajustement des mesures en cours.

2. Fiches de retour d'expérience (REX) :

À la fin de chaque phase TPM, chaque atelier complète une fiche REX normalisée qui inclut:

- Les divergences observées par rapport aux estimations.
- Les causes fondamentales présumées (employant Ishikawa ou la méthode des 5 pourquoi).
- Les mesures correctrices suggérées.
- Les recommandations pour les étapes à venir.

3. Boucle d'ajustement mensuelle :

Chaque mois, une réunion de pilotage centralisée est tenue avec la direction, permettant de :

- Approuver les feedbacks signalés par les équipes.
- Réviser l'emploi du temps initial si besoin (retard, surcharge, nouvelles exigences).
- Actualiser les indicateurs de suivi en tenant compte d'une perspective consolidée

4. Mise à jour continue des standards :

Les standards de maintenance autonome, les checklists 6S, les procédures de maintenance planifiée sont revus et mis à jour trimestriellement pour s'assurer qu'ils restent adaptés aux réalités du terrain.

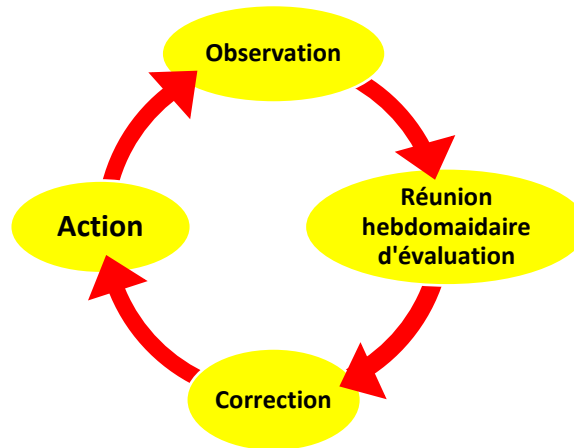


Figure III.2: Mécanisme de retours d'expérience et ajustement.

III.3.5. Résultats attendus et perspectives de la démarche TPM :

Mettre en place la démarche TPM chez Ferroviaire peut avoir des retombées très positives, à la fois sur le plan technique, organisationnel et humain. L'un des objectifs principaux est d'améliorer le TRS, qui est aujourd'hui à un niveau préoccupant de 31 %. En agissant sur les bases de la TPM (comme la maintenance autonome et programmée), on peut espérer réduire les pannes récurrentes et les arrêts imprévus, ce qui devrait faire augmenter le MTBF et diminuer le MTTR, deux indicateurs clés pour le bon fonctionnement de la production.

Au-delà des aspects techniques, la TPM permet aussi d'instaurer une meilleure organisation du travail : la création d'une équipe dédiée renforce la communication entre services, clarifie les responsabilités et encourage une collaboration active entre maintenance, production, qualité et ressources humaines. Cette approche transversale améliore la réactivité face aux problèmes et aide à mieux maîtriser les coûts liés aux arrêts.

Sur le plan humain, former et impliquer les opérateurs dans le processus transforme progressivement leur rapport à l'équipement. L'idée est d'ancrer une vraie culture de rigueur, de propreté et d'amélioration continue dans les gestes quotidiens.

À long terme, la TPM peut devenir un levier de transformation stratégique pour Ferrovia. Elle ouvre la porte à d'autres approches comme le Lean ou le Kaizen, et peut même mener à des démarches de certification en qualité ou sécurité (ISO 45001). C'est aussi une opportunité de modernisation progressive, à travers l'introduction d'outils numériques, l'automatisation des contrôles et l'exploitation des données de maintenance pour mieux piloter les décisions.

Résultat attendu	Indicateur de performance	Méthode de vérification / Suivi
Amélioration du TRS global	TRS (%)	Suivi mensuel à l'aide de fiches de production et GMAO
Réduction de la fréquence des pannes	MTBF	Calcul à partir des historiques de pannes
Réduction du temps moyen d'intervention	MTTR	Analyse des bons d'intervention et chronométrage des durées
Diminution des pertes liées aux arrêts non planifiés	Nombre et durée des arrêts non planifiés	Enregistrement automatique ou manuel dans les ateliers
Amélioration de l'implication du personnel	Taux de participation aux activités TPM	Feuilles de présence aux réunions / formations TPM
Amélioration des conditions de travail	État des zones selon les 6S	Audits internes et grilles d'évaluation visuelle
Élévation des compétences techniques	Taux de réussite aux tests post-formation	Évaluations post-formation et mises en situation
Fluidification de la communication interservices	Nombre de réunions croisées / points hebdo	Planification et compte-rendu d'équipe
Adoption de la culture d'amélioration continue	Nombre de suggestions d'amélioration	Registre des idées et comité d'évaluation
Déploiement progressif de la TPM	Nombre de zones couvertes	Suivi de déploiement par zone avec Gantt TPM

Tableau III.7 : Résultats attendus de la mise en œuvre de la TPM à l'unité Ferrovia.

III.4. Conclusion :

La démarche de mise en œuvre de la méthode TPM présentée dans ce chapitre repose sur une approche projetée et structurée, adaptée au contexte organisationnel de l'unité Ferroviaire. À travers la constitution d'une équipe dédiée, des actions de sensibilisation et l'introduction progressive des piliers, cette modélisation a permis d'illustrer les étapes clés d'un déploiement TPM réussi. Bien que les résultats évoqués soient issus d'une démarche étendue et non d'une expérimentation complète sur le terrain, ils offrent une base de réflexion concrète sur les conditions nécessaires à l'ancrage de la TPM dans une logique d'amélioration continue.

Chapitre IV :

Evaluation des 6S dans l'unité.

IV.1. Introduction :

Dans le cadre de l'application de la méthode TPM, ce chapitre examine le niveau d'organisation de l'espace de travail à l'aide de la méthodologie 6S. C'est sur cette base opérationnelle que se fondent les divers piliers de la TPM. Ce chapitre se propose d'examiner de manière objective la situation présente dans l'unité Ferroviaire via une présentation de la méthode 6S, de ses fondements, de ses principes et de l'instrument d'évaluation choisi « le questionnaire SAMI ». Le but est de repérer les différences, de souligner les faiblesses et de suggérer des mesures correctives appropriées.

IV.2. Notion sur la méthode 6S :

IV.2.1. Définition de la méthode 6S :

L'approche 6S est une stratégie de gestion visuelle et d'organisation des espaces de travail, dérivée du modèle japonais d'amélioration continue. Elle est issue du système de fabrication de Toyota et se base sur six principes clés, tous commençant par la lettre « S » en japonais. Initialement axée sur les 5S, la technique a progressé pour inclure un sixième élément dédié à la sécurité, en réponse aux besoins de plus en plus pressants de prévention des dangers professionnels dans les contextes industriels contemporains. Les six « S » se composent de [4] :

- **Seiri (整理) – Débarrasser** : éliminer les objets inutiles du poste de travail pour libérer l'espace et faciliter l'organisation.
- **Seiton (整頓) – Ranger** : organiser les outils, documents et matériaux de manière logique pour les rendre accessibles facilement.
- **Seiso (清掃) – Nettoyer** : maintenir l'environnement propre pour prévenir les pannes et détecter rapidement les anomalies.
- **Seiketsu (清潔) – Standardiser** : définir des règles claires pour maintenir l'ordre et la propreté à travers des standards visuels et des routines.
- **Shitsuke (躰) – Discipliner** : instaurer une culture de rigueur et d'autodiscipline, impliquant chaque collaborateur dans le respect durable des règles établies.
- **Sécurité – 安全 (Anzen)** : prévenir les risques d'accidents par l'identification, l'évaluation et le traitement des dangers liés aux conditions de travail.

IV.2.3. Origine de la technique 6S :

L'approche 6S découle de la philosophie japonaise axée sur la gestion de qualité totale, spécifiquement du Système de Production Toyota (TPS) élaboré suite à la Seconde Guerre mondiale. Initialement, la méthode des 5S était structurée autour de cinq principes, visant à optimiser l'espace de travail via le tri, l'organisation, le nettoyage, la normalisation et la discipline. Les 5S ont été établis au Japon dans les années 1980 en tant que fondement de toute approche Kaizen, avant d'être progressivement adoptés dans les systèmes de production occidentaux à partir des années 1990. On les considère désormais comme une approche universelle d'organisation industrielle et de gestion des postes de travail. Avec l'accroissement des enjeux de sécurité au travail, un sixième pilier a été introduit au début des années 2000 : la Sécurité (Safety). Cette progression a engendré la méthode 6S, qui incorpore à présent la prévention des risques professionnels en tant qu'élément essentiel de l'organisation. Cette intégration est particulièrement significative dans les contextes industriels à exigences élevées (mécanique, chimique, électrique...) [4].

IV.2.4. Les étapes de la méthode 6S :

Les étapes de cette méthode sont [6] :

Étape 1 : Seiri (整理) – Trier :

Cette première phase vise à supprimer tous les éléments inutiles de l'espace de travail. Il faut faire la distinction entre les éléments qui sont absolument indispensables et ceux qui sont inutiles, désuets ou qu'on utilise rarement. Le tri comprend les outils, les documents, le matériel, les composants de rechange et même les fichiers numériques.

- **Méthode :**

On a souvent recours à une étiquette rouge pour identifier les objets considérés comme suspects ou sans utilité. Ces articles sont par la suite mis en quarantaine avant leur élimination, recyclage ou transfert.

- **Avantages :**

Diminution de l'espace occupé, renforcement de la sûreté, amélioration de la clarté visuelle du lieu de travail et simplification du nettoyage.

Étape 2 : Seiton (整頓) – Ranger :

Cette phase implique de structurer les éléments retenus de façon logique et opérationnelle. Chaque objet doit avoir un emplacement déterminé, qui soit rapidement et aisément localisable.

- **Méthode :**

L'organisation est généralement déterminée par la fréquence d'emploi : les éléments les plus fréquemment utilisés sont positionnés à proximité, alors que ceux qui sont moins souvent utilisés sont rangés plus loin. On peut avoir recours à des systèmes de signalisation au sol, de panneaux d'affichage ou de codage par couleur.

- **Objectif :**

« Un emplacement pour chaque objet, et chaque objet en son emplacement dédié ». Ceci minimise les pertes de temps associées à la recherche d'outils, réduit les déplacements superflus et optimise l'efficacité générale.

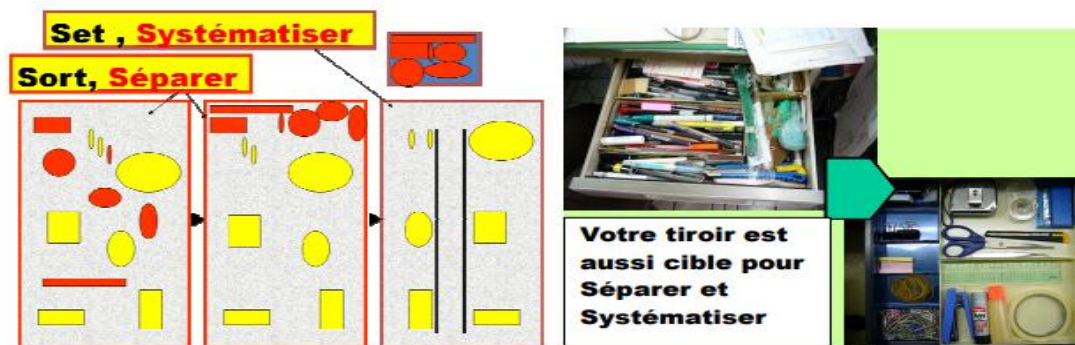


Figure IV.1 : Organisation systématique des tiroirs de travail [6].

Étape 3 : Seiso (清掃) – Nettoyer :

Dans la méthode 6S, le nettoyage est considéré comme une action proactive. Elle ne cherche pas seulement à garantir la propreté, mais également à détecter des problèmes potentiels.



Figure IV.2 : Implication individuelle dans le maintien de la propreté [6].

- **Méthode:**

Effectuer le nettoyage des sols, des équipements, des panneaux, des outils, etc. lors de routines programmées. Le but est de créer une culture où chaque opérateur est chargé de maintenir la propreté de son poste de travail.

- **Résultats attendus :**

- Identification anticipée des irrégularités (fuites, dégradations, fissures).
- Allongement de la longévité des équipements.
- Diminution des incidents et amélioration de la réputation de l'atelier.

Étape 4 : Seiketsu (清潔) – Standardiser :

Cette étape a pour objectif de pérenniser et d'harmoniser les trois premières phases grâce à des processus standardisés.

- **Méthode :**

Élaboration de listes de vérification, procédures, modes d'emploi, panneaux visuels et contrôles internes.

L'application d'indices visuels aide à conserver en permanence l'organisation, la propreté et la rigueur.

- **Objectif :**

Assurer une mise en œuvre uniforme des méthodes 5S dans tous les ateliers, indépendamment des opérateurs ou des horaires de travail.



Figure IV.3 : Exemple de poste standardisé selon seiketsu [6].

- **Méthode:**

Effectuer le nettoyage des sols, des équipements, des panneaux, des outils, etc. lors de routines programmées. Le but est de créer une culture où chaque opérateur est chargé de maintenir la propreté de son poste de travail.

- **Résultats attendus :**

- Identification anticipée des irrégularités (fuites, dégradations, fissures) ;
- Allongement de la longévité des équipements ;
- Diminution des incidents et amélioration de la réputation de l'atelier.

Étape 4 : Seiketsu (清潔) – Standardiser :

Cette étape a pour objectif de pérenniser et d'harmoniser les trois premières phases grâce à des processus standardisés.

- **Méthode :**

Élaboration de listes de vérification, procédures, modes d'emploi, panneaux visuels et contrôles internes. L'application d'indices visuels aide à conserver en permanence l'organisation, la propreté et la rigueur.

- **Objectif :**

Assurer une mise en œuvre uniforme des méthodes 5S dans tous les ateliers, indépendamment des opérateurs ou des horaires de travail. Ceci favorise le renforcement des compétences et garantit la persistance de l'amélioration.



Figure IV.4 : Exemple de poste standardisé selon seiketsu [6].

Étape 5 : Shitsuke (躰) – Maintenir la discipline :

La dernière étape repose sur la mise en place d'une discipline personnelle et collective visant à ancrer les habitudes instaurées.

• Méthode :

L'idée est de promouvoir les comportements positifs à travers des formations fréquentes, des évaluations, des récompenses et principalement grâce à l'exemple donné par les supérieurs hiérarchiques. La discipline n'est pas contrainte, elle est choisie et internalisée.

• Résultats :

Un environnement d'amélioration continue où chaque membre de l'entité s'implique dans le maintien et l'amélioration des normes 6S.



Figure IV.5 : Comportements et engagement à travers la discipline [6].

IV.2.5. Les critères de succès de la méthode 6S :

L'application de la méthode 6S dans le cadre du TPM ne peut aboutir à des résultats durables et performants qu'à condition que certaines conditions favorables soient réunies. Ces conditions dépendent simultanément de l'implication organisationnelle, de la dynamique humaine et de la minutie dans l'exécution [4] :

- **Rôle de la direction :**

L'appui direct de la direction est impératif. Cela se traduit par des choix précis, la distribution de moyens (temps, finances, équipe) et une communication fréquente sur les buts de l'initiative. Un leadership dévoué valide les efforts et stimule la ténacité des équipes sur le terrain.

- **Conscientisation et formation des employés :**

En grande partie, l'efficacité de la méthode dépend de la compréhension et de l'adhésion des opérateurs. Des séances de sensibilisation préliminaires, suivies de sessions pratiques sur les outils 6S, garantissent une appropriation collective de la méthode. Le but est de modifier les habitudes et les pratiques de travail en faveur d'une plus grande rigueur et autodiscipline.

- **Engagement actif et collaboration en équipe :**

La méthode 6S n'est pas un devoir imposé par la direction, mais un processus collaboratif où chaque employé joue un rôle actif. La formation d'équipes pluridisciplinaires, comprenant des opérateurs, des techniciens de maintenance et des superviseurs, encourage le partage d'idées, renforce le sentiment d'appartenance et améliore les procédures.

- **Gestion par le biais d'indicateurs et de contrôles périodiques :**

Pour garantir la durabilité des efforts, l'instauration d'outils de suivi est indispensable : matrices d'audit 6S, indicateurs visuels (degré de propreté, taux de conformité, fréquence des écarts, etc.) et tableaux d'affichage. Ces outils offrent la possibilité d'apprécier de manière objective la progression de l'approche et de repérer les zones de recul.

- **Récompense et reconnaissance des initiatives :**

La valorisation des efforts personnels et communautaires aide à stimuler la motivation. Cela peut inclure des récompenses symboliques, des publications internes ou encore des compétitions 6S entre ateliers. Ceci génère une dynamique durable et favorable.

IV.2.6. Les bénéfices attendus de la méthode 6S :

La mise en œuvre de la méthode 6S dans le contexte du TPM offre un éventail d'avantages tangibles, aussi bien pour l'environnement de travail que pour la performance générale de l'entreprise. En optimisant la structuration physique des lieux de travail et en instaurant une culture d'autodiscipline, la méthode 6S agit comme un outil crucial pour rehausser la qualité, la sécurité, la productivité et l'engagement des opérateurs [4] :

- **Renforcement de la sécurité :**

Un environnement propre, ordonné et exempt d'objets superflus diminue considérablement les dangers d'accidents. Les passages sont dégagés, les équipements remis à leur emplacement d'origine et les risques sont plus aisément détectables et rectifiables. Cette amélioration aide à sauvegarder la santé des travailleurs tout en minimisant les dépenses associées aux interruptions de service ou aux dommages matériels.

- **Augmentation de la productivité :**

En supprimant les pertes de temps dues à la quête d'instruments, à l'encombrement ou à l'improvisation dans les tâches, la technique 6S favorise une amélioration significative de l'efficacité. Les procédures sont optimisées, les actions superflues sont éliminées, et les interruptions liées à un désordre ou des pannes d'équipement sont réduites au minimum.

- **Perfectionnement de la qualité :**

Un milieu de travail soigneusement structuré facilite l'identification rapide des irrégularités et évite la contamination ou l'altération des produits. Cela favorise une conformité plus rigoureuse aux normes de production, diminue les fautes humaines et renforce la fiabilité des opérations.

- **Diminution des dépenses :**

L'élimination des pertes conduit à une réduction directe des coûts de fabrication. En outre, le nettoyage régulier des équipements contribue à étendre leur longévité, à minimiser les défaillances inattendues et à réduire les coûts associés à la maintenance corrective

- **Accroître la motivation et la responsabilisation :**

En associant les opérateurs à la gestion et à l'optimisation de leur propre espace de travail, la démarche 6S souligne leur importance et fortifie leur sentiment d'appartenance. Cette responsabilisation renforce la cohésion d'équipe, stimule l'initiative et établit une culture d'amélioration continue indispensable à la TPM.

- **Bonne réputation de l'entreprise :**

Pour finir, un espace de travail organisé et propre projette une image professionnelle, aussi bien au sein de l'entreprise qu'à l'extérieur ceci est avantageux lors des visites chez les clients, des audits de qualité ou des embauches. Une usine qui met en œuvre les principes du 6S inspire la confiance et illustre une gestion stricte.

IV.3. Proposition de questionnaire d'évaluation :

IV.3.1. Présentation du questionnaire SAMI appliqué aux 6S :

Le questionnaire SAMI (Self-Assessment Maturity Indicator) sert d'instrument d'auto-évaluation pour évaluer le degré de maturité d'une organisation en termes de bonnes pratiques, basé sur une échelle progressive. Cette recherche s'applique aux six piliers du 6S : Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke et Sécurité. Chaque dimension dispose d'une grille d'évaluation SAMI comprenant une série de questions spécifiques. Pour chaque question, on évalue le degré de maturité en se basant sur l'échelle suivante [5] :

1. S (Satisfaisant)
2. A (Acceptable)
3. M (Moyen)
4. I (Insuffisant)
5. Ignorance

À chaque niveau correspond une valeur chiffrée :

par exemple : S = 4 points, A = 3 pts, M = 2 points, I = 1 point, Ignorance = 0 point.

IV.3.2. Méthode de calcul de la note finale du questionnaire 6S :

Le calcul s'effectue en deux étapes distinctes [5] :

Étape 1 : Évaluation de chaque axe

- Chaque réponse est associée à une valeur numérique selon l'échelle SAMI :
S = 4 points, A = 3 points, M = 2 points, I = 1 point, Ignorance = 0 point.
- Le total des points obtenus est comparé au total maximal possible pour l'axe.
- La note est exprimée en pourcentage selon la formule :

$$Note\ axe = \frac{Points\ obtenus}{points\ maximum} * 100 \dots \dots \dots (1)$$

Avec :

Points max = nombre de questions \times 4 = 44 points

Étape 2 : Calcul de la note globale

- Les six notes en pourcentage obtenues pour chaque axe (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke, Sécurité) sont additionnées.
- La somme est ensuite divisée par 6 pour obtenir la moyenne générale.
- Cette moyenne représente la note globale du système 6S.

$$Note\ globale = \frac{\sum Note\ des\ 6S}{6} \dots \dots \dots (2)$$

IV.3.3. Synthèse des résultats du questionnaire SAMI appliqué aux 6S dans l'unité

Ferroviaire :

- **Seiri :**

N°	Question	S	A	M	I	Ignorance
N1	Aucun objet (inutiles, périmés, cassés....) n'est présent dans les zones suivantes de votre entreprise :					
1	Extérieur (arrière-cour, autour du bâtiment)		Quelques Uns			

2	Zone de production (dans les armoires, en dessous des établis, des bureaux ou des Machines)		Quelques Uns			
3	Services périphériques (maintenance, méthode)		Quelques Uns			
4	Services administratifs (accueil, direction, commandes, comptabilité, archives,,,))	Aucun				
5	Zones communes (vestiaire, réfectoire, toilettes,,,,,))		Quelques Uns			
N2 * Pour débarrasser l'entreprise des objets devenus inutiles :						
6	Des actions sont effectuées (bennes, ferrailleurs)			Rarement		
N3 * Pour systématiser le débarras des objets devenus inutiles :						
7	Des zones d'accumulation ont été créées (bennes, local)		Quelques zones Ateliers et bureaux			
8	Le personnel y a recours	systématiquement				
N4 * Pour éviter l'accumulation d'objets inutiles :						
9	Les causes ou sources sont clairement Identifiées				Pas du tout	
10	Des actions préventives sont menées				Ponctuelle	
N5 * Le débarras des objets devenus inutiles est prévu :						
11	Dès l'acquisition des objets (ce qui évite-les attentes de décision souvent source d'accumulation)				Parfois	

Tableau IV.1 : Questionnaire sur l'étape seiri [5].

• **Rangement:**

N°	Question	S	A	M	I	Ignorance
N1	* La recherche des objets dans les zones suivantes est facile (aucune perte de temps) :					
1	Localisation du site, places de parking, accueil téléphonique ou physique		Facile			
2	Ateliers (allées marquées et libres, outillages identifiés et rangés,,)		Facile			
3	Bureaux (locaux identifiés, documents rangés,,)		Facile			
4	Zones communes (uniformes, chaises, plateaux repas, rangées)	Très facile				
N2	* On distingue facilement les flux et zones relatives aux :					
5	Matières (premières, en-cours, produits finis)		Facile			
6	Matières conformes/non conformes	Très facile				
7	Objets (outillage, uniformes,,,) propres/sales				Très difficile	
N2	* La signalétique et le marquage sont étendues aux zones suivantes :					
8	Parking, locaux, bureaux					Pas du tout
9	Site de production					Pas du tout
10	Allées de circulation entre les zones et intra zone					Pas du tout
N3	* Les objets utiles (moyens, matières, documents) :					

11	Sont identifiés, ont un emplacement déterminé et y sont rangés,		Bien			
12	Les quantités nécessaires ou les durées de stockage sont identifiées et respectées		Bien			
13	Le marquage est étendu aux conteneurs et aux moyens de Manutention			Correcte		
N4	* Le rangement des objets et leur recherche sont :					
14	Facilités par des repérages visuels (photos, code de couleur,,,,)				Un peu	
15	Tracés en cas d'absence (nom de l'utilisateur/lieu et durée d'utilisation)	Excellent				
N5	* Le rangement des objets est sans cesse amélioré par :					
16	Des réimplantations en cas de changement d'activité			Correct		
17	Une recherche systématique des emplacements les plus adaptés		Bien			

Tableau IV.2 : Questionnaire sur l'étape de rangement [5].

- **Nettoyage:**

N°	Question	S	A	M	I	Ignorance
N1	* La propreté se caractérise par :					
1	L'absence de souillures (taches, mégots) sur les sols, murs ou plafonds		Peu de souillure			
2	Des peintures ou revêtements neufs ou rafraîchis				Dans les plus vieux endroits	
3	Des uniformes propres et entretenus (tâches, trous,,,,) pour les fonctions sensibles à la saleté			Entretien variable		

4	Des uniformes propres et entretenus pour tout le personnel		En général			
N3	* Le nettoyage se caractérise, à des fréquences adaptées (jours, semaines, en fin d'équipe ou de saison) par les actions suivantes :					
5	Nettoyage approfondi (mur/sol/plafond, armoires, moyens)			Aux Endroits sensibles		
6	Des actions de peinture/rafraîchissement				Localisées	
7	Le changement/nettoyage des uniformes Manutention				Jamais	
N4	* Le nettoyage est optimisé par :					
8	Des actions pour éviter les salissures			Parfois		
9	La recherche et la suppression des sources de malpropretés (canalisation, aspiration)			Parfois		
10	La mise en place de moyens techniques adaptés				De façon locale	
N5	* Le niveau de propreté s'améliore sans cesse par :					
11	L'utilisation de moyens de nettoyage plus performants				Rarement	
12	La recherche d'une esthétique (affiche, recours à des spécialistes, ergonomie des postes..)				Par hasard	
13	Des campagnes systématiques de sensibilisation et de formation					Jamais

Tableau IV.3 : Questionnaire sur l'étape de nettoyage [5] .

• **Standardisation:**

N°	Questions	S	A	M	I	Ignorance
N1	* La documentation actuelle en matière de débarras/ rangement/nettoyage se traduit par :					
1	Des règles ou consignes écrites					Aucune règle, aucun affichage, aucune responsabilité définie
2	Des responsabilités clairement définies					
N1	* Sur la base des caractéristiques de l'activité concernée, la documentation (écrite) relative au nettoyage/rangement/propreté :					
3	Est adaptée au contexte et aux besoins particuliers de l’entreprise					Totalement inadaptée
4	Est affichée aux endroits appropriés					Pas du tout
5	Est gérée (mise à jour, diffusée) par une personne qualifiée					Pas du tout gérée
N2	* Les responsabilités en matière de 6S (nettoyage, rangement et propreté) :					
6	Sont clairement établies					Pas du tout définies
7	Sont adaptées au contexte et aux besoins particuliers de l'entreprise					Pas du tout adaptées
8	Un responsable est nommé pour chacune des zones					Aucun responsable nommé

N3	* Les actions et résultats 6S sont suivis :					
9	Par des enregistrements périodiques					Aucun enregistrement
10	Par des auto-évaluations périodiques					Aucune auto-éval,
11	Par des auto-évaluations dans toutes les zones de l'entreprise					Pas d'auto-évaluation par zone
N4	* Les actions et la gestion des résultats 6S sont formalisées :					
12	Dans une procédure générale exprimant les règles et principes de mise en œuvre du 6S (conformité et efficacité des actions 6S).					Inexistante
13	Avec un guide présentant les principes et la méthode, d'auto-évaluation et des documents pratiques					Inexistant
14	Avec un manuel de bonnes pratiques (standards 6S					Inexistant
N5	* L'amélioration permanente en matière de 6S se traduit :					
15	Par des indicateurs formalisés, actualisés, affichés et utilisés					Pas du tout
16	Par l'intégration des standards 6S dans les cahiers des charges produits, machines, installations....					Jamais
17	Par la prise en compte dans le développement produits et procédés, installations et infrastructures.					Jamais

Tableau IV.4 : Questionnaire sur l'étape standardisation [5].

• **Respect:**

N°	Question	S	A	M	I	Ignorance
N1	* Le management en matière de 6S se traduit par :					
1	Une politique 6S					Pas de politique ni de volonté, ni de prise de conscience
2	Des auto-évaluations 6S					Pas du tout
3	Des actions avant une visite importante ou des périodes clés					Pas d'actions ou des actions coup de gueule
N2	* Le lancement du projet 6S s'est traduit par :					
4	Une formation régulière aux 6S					Pas du tout
5	Un état des lieux (évaluation initiale)					Pas fait
6	Un plan d'actions 6S (actions, moyens)					Pas de plan
N3	* Le pilotage du projet 6S :					
7	Est clairement assuré					Pas du tout
8	Dispose des moyens nécessaires (temps, budgets, investissements....)					Limités
9	Repose sur une évaluation périodique des résultats					Aléatoirement
N4	* La pérennisation des 6S est assurée par :					
10	Des audits					Jamais
11	Un système de reconnaissance des mérites 6S					Pas du tout
N5	* L'amélioration permanente des 6S est encouragée par :					
12	Des opérations faisant appel à l'externe (visites, portes ouvertes,...)					Jamais d'opérations avec l'externe
13	Un système formalisé de suggestions 6S (propositions nombreuses et matérialisées).					Système inexistant

14	Une veille permanente benchmark, visite, salon, lecture...)					Aucune veille
----	---	--	--	--	--	---------------

Tableau IV.5 : Questionnaire sur l'étape de respect [5].

• **Sécurité :**

N°	Question	S	A	M	I	Ignorance
N1	Risques identifiés et cartographiés					
1	Les risques professionnels sont identifiés pour chaque zone (chaleur, électricité, chimie, etc.)	Tous identifiés				
2	Une cartographie des risques est affichée dans chaque zone				Une zone seulement	
N2	Équipements de protection et conformité					
N°	Question	S	A	M	I	Ignorance
3	Les équipements de protection individuelle (EPI) sont disponibles et adaptés aux tâches		Disponibles mais inadaptés parfois			
4	Les équipements de sécurité collective (extincteurs, signalisation...) sont en bon état et accessibles			Rarement contrôlés		
N3	Sensibilisation et formation à la sécurité					
N°	Question	S	A	M	I	Ignorance
5	Le personnel est formé à la sécurité (incendie, gestes de secours, EPI...)			Quelques-uns		
6	Des campagnes régulières de sensibilisation à la sécurité sont organisées (affiches, réunions, rappels...)					Jamais
N4	Accidents et prévention					

N°	Question	S	A	M	I	Ignorance
7	Les incidents/accidents sont enregistrés, analysés et suivis					Aucun suivi
8	Des actions préventives sont mises en place suite aux analyses d'accidents				Rarement	
N5	Intégration de la sécurité dans l'organisation					
N°	Question	S	A	M	I	Ignorance
9	La sécurité est prise en compte dans les procédures, postes, et équipements (dès la conception)		Souvent			
10	Un responsable sécurité est désigné pour chaque zone ou atelier	Pour chaque zone				

Tableau IV.6 : Questionnaire sur l'étape de sécurité [5].

• Questions complémentaires nécessaires pour fixer le niveau de maturité dans la grille						
N°	Question	S	A	M	I	Ignorance
1	Votre projet 6S est-il récent? Mesure de la durée					On découvre que le 6S ça existe !
2	Quel est le degré de couverture du plan d'action ? Mesure de l'étendue					Aucune zone touchée
3	Votre projet 6S est-il généralisé? Mesure de la profondeur					Il y a des choses plus importantes

Tableau IV.7 : Questions complémentaires nécessaires pour fixer le niveau de maturité dans la grille [5].

IV.3.4. Calcul de la note finale du questionnaire SAMI appliqué aux 6S dans l'unité

Ferrovial :

$$Note\ axe = \frac{Points\ obtenus}{points\ maximum} * 100 \dots \dots \dots (1)$$

Avec :

Points max = Nombre de questions × 4

Le tableau suivant expose les résultats finaux des calculs réalisés :

L'axe	Nombre de questions	Points max	Points obtenus	Note d'axe
SEIRI	11	44	28	$\frac{28}{44} * 100 = 63\%$
SEITON	17	68	39	57%
SEISO	13	52	20	38%
SEIKETSU	17	68	0	0
SHITSUKE	14	56	0	0
SECURITE	10	40	20	50%

Tableau IV.8 : Les résultats finaux des calculs réalisés.

La note globale :

D'après l'équation (2) suivante, nous procéderons au calcul de la note globale :

$$Note\ globale = \frac{\sum \%Note\ des\ 6S}{6} \dots\dots\dots (2)$$

On a :

$$Note\ globale = \frac{63\% + 57\% + 38\% + 50\%}{6} = 34.6\%$$

Donc :

La note globale=34.6%

IV.4. Évaluation technique du niveau 6S dans l'unité Ferroviaire :

Lors de l'application de la technique TPM au sein de l'entité Ferroviaire, une évaluation du degré de maturité organisationnelle a été effectuée en suivant la méthode SAMI, en se référant aux six éléments clés du 6S. Voici les résultats que l'on a obtenus.

Axe du 6S	Résultat (%)	Niveau de maturité interprété
Seiri	63 %	Acceptable à bon – tri globalement respecté
Seiton	57 %	Moyen – organisation partielle
Seiso	38 %	Insuffisant – absence de routines de nettoyage
Seiketsu	0 %	Inexistant – absence totale de standardisation
Shitsuke	0 %	Inexistant – aucune discipline formelle
Sécurité	50 %	Moyen – pratiques présentes mais incomplètes

Tableau IV.9 : Évaluation technique du niveau 6S dans l'unité Ferroviaire.

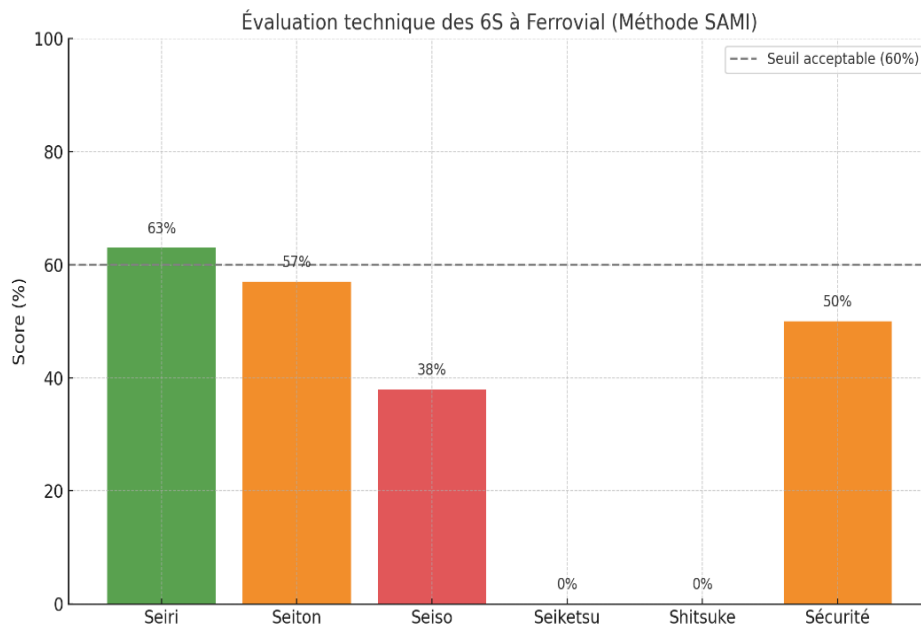


Figure IV.6 : Histogramme sur l'évaluation technique des 6S à ferroviaire.

IV.4.1. Analyse technique par axe :

- **Seiri (Débarras – 63%) :**

L'unité a entrepris un effort significatif pour trier les objets superflus. De nombreuses zones sont partiellement nettoyées et les postes de travail sont assez dépouillés. Ce score représente un départ solide pour la TPM, qui nécessite un environnement exempt de surcharge.

- **Seiton (Rangement – 57%) :**

La structure spatiale demeure précaire. Quelques instruments sont repérés et organisés, alors que d'autres sont éparpillés, sans position définie ni indication visuelle. Cela rend la maintenance indépendante plus complexe, car les interruptions de service sont courantes.

- **Seiso (Nettoyage – 38%) :**

Le nettoyage est réalisé de façon sporadique et sans protocole établi. Les postes n'ont pas de responsabilités définies, ni de listes de vérification. Cependant, la propreté est un critère indispensable pour repérer des fuites ou des irrégularités mécaniques.

- **Seiketsu (Standardisation – 0%) :**

Aucune règle ni méthode standard n'est formalisée. L'absence complète de normalisation rend impossible la reproduction des bonnes pratiques. Ceci représente un frein significatif à la stabilisation durable des actions de TPM.

- **Shitsuke (Discipline–0%) :**

L'adhésion aux directives, aux horaires de nettoyage ou de rangement dépend de l'initiative personnelle. Il n'y a pas de culture de discipline organisée qui soit apparente. Or, la rigueur comportementale est un pilier fondamental du maintien de la performance

- **Sécurité – 50% :**

Des aspects de sécurité sont en place (agents HSE, équipements de protection individuelle de base, certaines mesures préventives). Cependant la gestion demeure, sans cartographie visible ni contrôle systématique du matériel. Il est nécessaire d'améliorer la sécurité afin de consolider le pilier « Sécurité » du TPM.

IV.4.2. Interprétation de la note globale:

Le score global moyen de 34,6 % indique que l'initiative 6S chez Ferroviaal est à un stade de maturité très bas. Cela indique que les conditions fondamentales pour mettre en place efficacement une approche TPM ne sont pas présentes, notamment en ce qui concerne la stabilité, la clarté et l'uniformité.

IV.4.3. Impact des résultats 6S sur la faisabilité de la TPM à Ferroviaal :

Axe du 6S	Résultat obtenu	Impact sur la TPM	Pilier(s) TPM concerné(s)
Seiri	63 %L	L'environnement est relativement débarrassé, ce qui facilite l'entretien autonome	Maintenance autonome
Seiton	57 %	L'organisation reste partielle, ce qui limite la rapidité d'intervention	Maintenance planifiée, gestion des pièces
Seiso	38 %	Faible niveau de propreté, freine la détection des anomalies	Maintenance autonome
Seiketsu	0 %	Aucune standardisation, les pratiques ne sont pas reproductibles	Tous les piliers (standardisation)
Shitsuke	0 %	Manque total de discipline, risque d'abandon des efforts 6S	Maintenance autonome, amélioration continue
Sécurité	50 %	Niveau moyen, les pratiques de prévention sont insuffisantes	Sécurité, maintenance autonome

Tableau IV.10 : Impact des résultats 6S sur la faisabilité de la TPM à Ferroviaal.

IV.5. Conclusion :

L'évaluation de la méthode 6S au sein de l'unité Ferroviaire, menée à travers le questionnaire SAMI, a permis de dresser un état des lieux précis du niveau de maturité organisationnelle. Le score global obtenu, estimé à 34,6 %, reflète une application partielle et non structurée des principes du 6S, marquée par l'absence de standardisation, un faible niveau de propreté, et une culture de discipline peu développée. Ces résultats mettent en évidence des dysfonctionnements importants dans l'environnement de travail, susceptibles d'impacter négativement toute démarche de performance industrielle. Ce diagnostic justifie pleinement la nécessité d'engager un plan d'amélioration progressif, en lien direct avec les exigences de la TPM, afin d'assurer un cadre plus stable, sûr et propice à la maintenance productive.

Conclusion générale :

L'objectif de ce mémoire était d'analyser en profondeur l'état de la maintenance au sein de l'unité FERROVIAL, puis de proposer une démarche structurée d'amélioration à travers la mise en œuvre de la méthode TPM (Total Productive Maintenance). À travers les différents chapitres, nous avons pu constater que l'unité souffre d'une faiblesse notable en termes de performance globale, comme en témoigne un TRS très faible de 31 %, révélateur de pertes importantes dues aux arrêts machines, à la faible disponibilité, et à une organisation de maintenance largement perfectible.

L'évaluation initiale a mis en lumière plusieurs lacunes : un effectif limité (32 agents de maintenance pour 750 employés), une absence d'outillage moderne, un manque de formation continue, et surtout une culture organisationnelle peu tournée vers l'amélioration continue. Ces constats ont justifié pleinement le choix de la TPM comme levier de transformation.

La mise en place de la TPM dans l'unité a été pensée de manière réaliste et structurée : constitution d'une équipe pluridisciplinaire, définition claire des rôles et responsabilités, programme de sensibilisation et de formation adapté au contexte local, déploiement progressif des piliers fondamentaux de la TPM, et introduction d'un système de pilotage avec suivi d'indicateurs. L'intégration de techniques comme les 6S a permis de renforcer la dimension organisationnelle, sécuritaire et disciplinaire du projet.

Les résultats escomptés de cette démarche visent non seulement à améliorer les performances opérationnelles de l'unité (réduction des pannes, amélioration du TRS, montée en compétence du personnel), mais aussi à instaurer une culture de maintenance proactive, autonome et durable. En outre, les perspectives de ce travail ouvrent la voie vers la digitalisation de la maintenance, l'intégration d'outils de GMAO, et l'adoption d'indicateurs de pilotage en temps réel.

Ce mémoire constitue ainsi une base de réflexion et d'action concrète pour les responsables de FERROVIAL souhaitant engager leur unité dans une dynamique d'excellence industrielle.

Références :

- [1]. FERROVIAL, Documentation de l'entreprise.
- [2]. **Masson, Charles.** 2023. *TPM: Guide complet sur la total productive maintenance*. Shizen.io.
- [3]. **Nakajima, S.** 1988. *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Productivity Press.
- [4]. **Osada, T.** 1991. *The 5S's: Five Keys To Total Quality Environment*. Tokyo, Asian productivity organization: Asian Productivity Organization.
- [5]. **Rabia Khelif**, formation : La méthode des 5S, ENAP, 12 & 13 Mai 2023.
- [6]. **JICA** (Agence Japonaise de Coopération Internationale). *Méthodologie de mise en œuvre des 5S dans les établissements de santé en Afrique francophone* ; Guide technique, ED. JICA Afrique de l'ouest, S.d, 55page.
- [7]. **Hugo Gervais.**2023. *Les 8 piliers du TPM : La maintenance Productive Totale pour une meilleure performance*, s.d. urbest.io.
- [8]. **C.AIT OUALI** et **M. M.F.R. MEZOUAR**, *Contribution à l'amélioration de la performance industrielle application : Danone Djurdjura Algérie*. Mémoire de projet de fin d'étude d'ingénieur, Ecole nationale polytechnique, 2012.