

Haute École de Namur-Liège-Luxembourg

Département *Bacheliers en Électromécanique*

Année académique 2020 – 2021



Mise en place d'un plan de maintenance pour un système de filtration d'acide phosphorique

Travail de Fin d'Études présenté par :
SHEMA Jean De La Croix
En vue de l'obtention du diplôme de
Bachelier en Électromécanique
Finalité électromécanique et maintenance

Seraing, le 18 juin 2021

Haute École de Namur-Liège-Luxembourg

Département *Bacheliers en Électromécanique*

Année académique 2020 – 2021



Mise en place d'un plan de maintenance pour un système de filtration d'acide phosphorique

Travail de Fin d'Études présenté par :
SHEMA Jean De La Croix
En vue de l'obtention du diplôme de
Bachelier en Électromécanique
Finalité électromécanique et maintenance

Seraing, le 18 juin 2021

Remerciements

Mes sincères remerciements s'adressent tout d'abord à mon parrain professeur de stage Monsieur LOFORTE Rosario, ingénieur industriel, et mon maître de stage, Monsieur HEREMANS Frédéric, ingénieur industriel, qui ont accepté de consacrer leur temps pour m'encadrer et m'accompagner tout au long de mon stage. Je leur suis très reconnaissant pour leur confiance, leur écoute, leur proximité et leurs conseils pour la réussite de mon stage.

Je remercie plus particulièrement la Direction de PRAYON SA, basée à ENGIS, qui m'a accordé l'opportunité d'intégrer son entreprise afin de bénéficier des compétences pratiques en milieu industriel en complément de la théorie apprise à l'école.

Cette phase de stage qui a commencé en février pour se terminer en mai, constitue le complément de la formation reçue à la Haute École de Namur-Liège-Luxembourg. Le stage m'a permis de vivre en direct mon futur métier.

Ainsi, je ne peux pas oublier de remercier, très respectueusement, tous mes professeurs qui n'ont ménagé aucun effort pour me préparer et me rendre capable d'exécuter toute une complexité de tâches du domaine de l'électromécanique.

Je suis très redevable des efforts déployés par les différentes autorités de la Haute École de Namur-Liège-Luxembourg pour m'avoir donné tout le nécessaire pour un meilleur aboutissement du stage. Je crois pouvoir tirer de leur soutien et de leurs encouragements un grand profit.

Je ne saurais terminer mes remerciements sans témoigner ma gratitude aux employés de PRAYON SA pour l'accueil, le soutien, les encouragements et la franche collaboration pendant toute la durée du stage.

Table des matières

Remerciements.....	4
1 Introduction	8
2 Présentation de l'entreprise	10
2.1 Généralités	10
2.1.1 Nom et forme juridique.....	10
2.1.2 Secteur d'activités	10
2.1.3 Situation géographique	10
2.1.4 Moyens d'accès	11
2.1.5 Historique	12
2.1.6 Organigramme.....	14
2.1.7 Composition du personnel	15
2.1.8 Organisation des locaux	15
2.2 Considérations sociales.....	15
2.2.1 Relation entre les membres du personnel	15
2.2.2 Horaires	16
2.2.3 Hygiène et sécurité	16
2.2.4 Type de management à tous les niveaux	16
2.2.5 Moyens de communication en interne	17
2.2.6 Implication du personnel (ressources humaines).....	17
2.2.7 Une journée type dans l'entreprise	17
2.3 Considérations commerciales	18
2.3.1 Gamme de produit prayon	19
2.3.2 Relations avec les clients et avec les fournisseurs.....	32
2.3.3 Représentation du personnel lié à la vente	32
2.3.4 Normalisation	33
3 Sujet technique	34
4 Cahier de charges.....	34
4.1 But de ce projet	34
4.2 Mode opératoire	34
5 Production de l'acide phosphorique.....	34
6 Filtre Prayon.....	36

6.1	Fonctionnement du filtre Prayon	36
6.1.1	Mouvement de rotation du filtre	37
6.1.2	Filtration	38
6.1.3	Basculement	39
6.2	Composition du filtre Prayon	40
6.2.1	Transmission de rotation	40
6.2.2	Galets porteurs	41
6.2.3	Galets centreurs	41
6.2.4	Cellule	42
6.2.5	Tuyaux de liaison	42
6.2.6	Bras de cellule	43
6.2.7	Chemin de basculement	44
7	Maintenance filtre 18	45
7.1	Cellules	45
7.2	Chemin de basculement	46
7.3	Circulaires	47
7.4	Distributeur/marmite	47
7.5	Niveau de propreté	48
7.6	Supportage filtre	49
7.7	Transmission rotation	49
7.8	Tuyaux de liaison	50
8	Maintenance filtre 24	51
8.1	Cellules	52
8.2	Chemin de basculement	53
8.3	Circulaires	53
8.4	Distributeur/marmite	53
8.5	Niveau de propreté	54
8.6	Supportage filtre	54
8.7	Transmission rotation	55
8.8	Tuyaux de liaison	56

9	<i>Historique des arrêts non planifiés sur les 2 filtres</i>	<i>58</i>
9.1	Base de données.....	58
9.2	Résultats des actions et de fiabilisation	62
10	<i>Analyse des données de vie des pièces.....</i>	<i>64</i>
11	<i>Utilisation du Laser sur les deux filtres.....</i>	<i>65</i>
11.1	Contenu du coffre + accessoires.....	66
11.2	Fixation de l'appareil Laser	66
11.3	Fixation de la cellule (récepteur).....	66
11.4	Allumer le Laser rotatif FL 115H	67
11.5	Allumer la cellule.....	67
11.6	Réception du faisceau Laser.....	67
11.7	Indication cellule (récepteur)	67
11.8	Position 0 relative (point de référence).....	68
11.9	Vérification de niveau.....	68
11.10	Résultats obtenus lors de la vérification de niveau	69
12	<i>Autres réalisations durant le stage</i>	<i>70</i>
12.1	Fiche de contrôle pompes à vide.....	70
12.2	Fiche de contrôle ventilateurs.....	74
12.3	Fiche de contrôle galets porteur	77
13	<i>Conclusion</i>	<i>79</i>
14	<i>Table des illustrations.....</i>	<i>80</i>
14.1	figures	80
14.2	Tableaux.....	81
15	<i>Bibliographie.....</i>	<i>82</i>

1 Introduction

La formation de bacheliers en électromécanique au sein de la Haute École de Namur-Liège-Luxembourg est répartie sur trois années académiques comprenant quatorze semaines minimums de stage en entreprise.

C'est dans ce cadre que j'ai effectué un stage pratique au sein de l'entreprise Prayon SA avec un projet de travail de fin d'études qui consiste à mettre en place un plan de maintenance pour un système de filtration de l'acide phosphorique.

Le projet proposé m'a fort intéressé, en tant qu'électromécanicien en devenir, dans la mesure où cette opportunité offerte par Prayon SA, leader mondial dans la chimie du phosphate, allait, non seulement, me permettre d'acquérir des compétences pratiques en matière de maintenance, mais aussi, de mettre mon savoir-faire à disposition d'une très grande entreprise, dans le cadre d'assurer l'efficacité et l'efficience de son système de production, avec possibilité d'avoir une chance d'y décrocher, tôt ou tard, un emploi.

Pour mettre en place un plan de maintenance pour un système de filtration de l'acide phosphorique, il faut, d'abord, comprendre le fonctionnement d'un filtre. Ensuite, il faut lister les différentes opérations systématiques à réaliser lors des arrêts programmés de l'installation. Enfin, il faut analyser les pannes qui ont eu lieu dans les deux dernières années, leur cause et leur trouver des solutions appropriées.

Le plan de maintenance peut-il éliminer toutes les pannes ou les arrêts non planifiés sur les filtres?

Le groupe Prayon SA construit lui-même les filtres à cellules basculantes, utilisés dans la séparation du liquide et du solide dans la chaîne de production d'acide phosphorique. En tant que constructeur de ces filtres, Prayon SA dispose d'une documentation y relative.

La première partie de mon travail consiste à présenter le groupe Prayon SA qui est une société anonyme, ayant le siège social en Belgique, spécialisée dans la chimie des phosphates destinés à des applications industrielles, alimentaires et pharmaceutiques. Prayon SA possède 4 sites de production dont deux sont situées en Belgique, un en France et un autre aux États-Unis.

La deuxième partie concerne le sujet technique qui consiste à mettre en place un plan de maintenance pour un système de filtration de l'acide phosphorique. Pour mettre en place un

plan de maintenance du système de fonctionnement des filtres à cellules basculantes, j'ai pris mon temps pour consulter toute la documentation relative à la maintenance au sein de l'entreprise. Après avoir demandé avis et conseils, j'ai mis en place un plan de maintenance basé sur l'expérience des mécaniciens de l'atelier ayant en charge la maintenance des filtres de l'unité acide phosphorique et les plans proposés par Prayon SA, le constructeur.

Comme tout plan de maintenance établi nécessite des adaptations et des mises à jour, au fur et à mesure de la vie des équipements, j'ai essayé de vérifier l'adéquation du plan de maintenance à partir de l'historique des arrêts non planifiés sur les filtres, en tenant compte de la fréquence des pannes, pour prévenir certaines pannes avant qu'elles ne se produisent.

2 Présentation de l'entreprise

2.1 Généralités

2.1.1 Nom et forme juridique

Prayon est une Société Anonyme belge qui est située à 4480 Engis, Rue Joseph Wauters 144.

2.1.2 Secteur d'activités

Prayon SA œuvre essentiellement dans la chimie des phosphates dont elle est considérée comme leader mondial. Le phosphate est transformé dans des usines, en acide phosphorique qui, après purification, est soit commercialisé soit transformé en sels de phosphates par réaction avec des alcalis. Ces produits sont ensuite utilisés comme matières premières dans de très nombreux domaines de la vie quotidienne. On les retrouve dans des applications alimentaires, des applications industrielles de pointe et dans des fertilisants spécifiques.

2.1.3 Situation géographique

PRAYON SA travaille dans la chimie des phosphates et possède 4 sites de production dont deux basés en Belgique à savoir ENGIS et PUURS, un en France à savoir la plate-forme chimique des ROCHES-DE-CONDRIEU et un aux États-Unis à AUGUSTA.

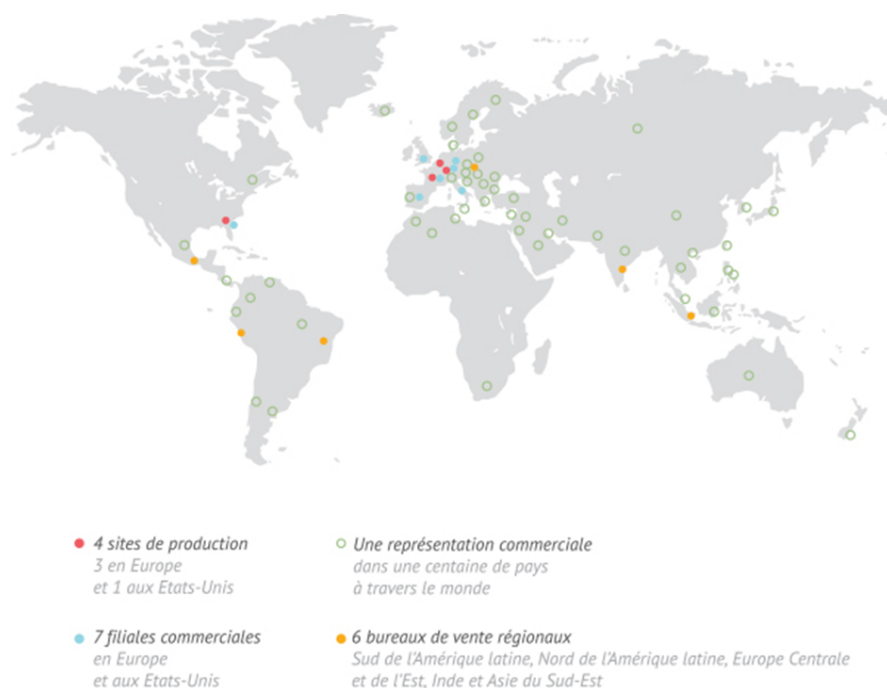


Figure 1 Localisation géographique de Prayon

2.1.4 Moyens d'accès

Pour accéder à Prayon on peut utiliser le transport routier, la voie ferroviaire ou la voie fluviale (la Meuse).

La voie fluviale est généralement utilisée pour les approvisionnements en acide sulfurique, soufre et soude caustique. Prayon SA importe également 400.000 tonnes de phosphate blanc et pur en provenance de Russie. Ce phosphate est amené par bateaux de mer capables de charger 22.000 tonnes par voyage jusqu'au port de Terneuzen aux Pays-Bas. De là, il est acheminé par barges de 1.800 à 2.200 tonnes jusqu'à Engis en passant par la Meuse.

La voie ferroviaire est privilégiée pour le transport des matières premières comme l'ammoniaque et une partie du soufre.

Le transport par camion est utilisé lorsque le recours à la voie ferroviaire n'est plus possible.

En venant de Bruxelles, il faut prendre l'autoroute E411, en direction de Namur, et puis prendre l'autoroute E42 en direction de Liège et continuer sur la N90 en direction du site d'Engis.

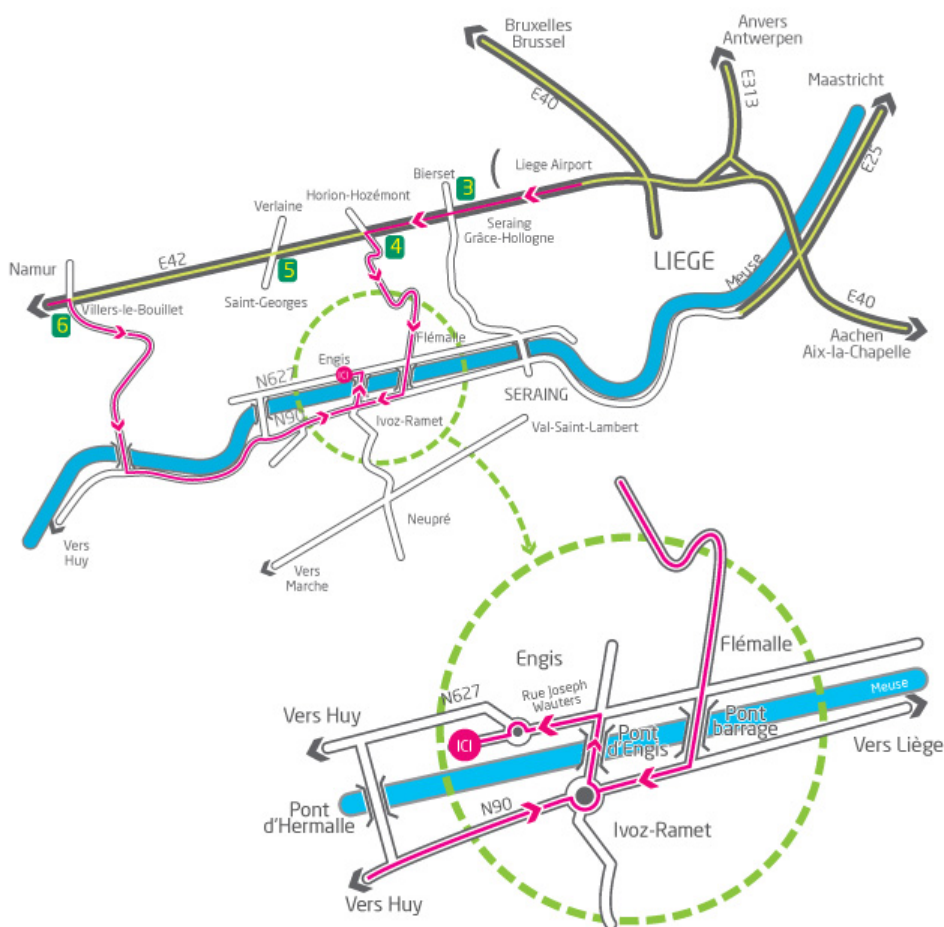


Figure 2 Plan d'accès sur le site de Prayon Engis

En utilisant les transports en commun, les lignes de transport suivantes ont des itinéraires qui passent près de Prayon S.A. - Site D'Engis



Figure 3 Moyens d'accès sur le site Prayon Engis avec Moovit

Bus: 46 ([Horaires pour la ligne 46 du Bus par TEC Liège - Verviers | Moovit \(moovitapp.com\)](#))

Train: L ([Horaires pour la ligne L du Train par NMBS/SNCB | Moovit \(moovitapp.com\)](#))

A l'aide de l'application Moovit, on peut se rendre facilement à Prayon SA en bus ou en train. Il suffit de cliquer sur la ligne de bus ou de train pour connaître les directions étape par étape avec des plans, heures d'arrivée et horaires mis à jour.

Moovit est une société du groupe Intel, leader dans le domaine des solutions de mobilité en tant que service et le créateur de l'application de mobilité urbaine la plus populaire au monde.

2.1.5 Historique

Le 15 mai 1882 création de la Société Anonyme Métallurgique de Prayon à Engis. Prayon devient le plus important producteur de zinc en Belgique. L'entreprise possède 200 travailleurs.

En 1888, création de la première unité de production d'acide sulfurique selon le procédé dit « à chambre de plomb ».

En 1928, premières activités industrielles sur le site de production de Puurs (Anvers, Belgique).

En 1936, une nouvelle activité basée sur les phosphates se crée à Puurs. L'usine est approvisionnée par du phosphate marocain.

En 1951, convention avec Atlantic Refining C° pour produire à Engis le détergent très répandu sur le marché belge « MIR ». Cette fabrication nécessite de l'acide sulfurique concentré dont Prayon est un important producteur.

En 1959, tournant dans l'activité des engrais et de l'acide phosphorique. Grâce à une nouvelle installation de granulation, la palette de produits comprend toutes les formes de superphosphates pulvérulents et granulés dans diverses concentrations.

En 1960, une unité de production de 25T/J de phosphate biammonique est mise en route. Elle laisse entrevoir des débouchés en dehors du secteur des engrais.

En 1973, les méthodes pour obtenir des gypses (sous-produit de la fabrication d'acide phosphorique) commercialisables sont au point, à Engis comme à Puurs.

En 1975, Prayon crée une nouvelle division, la division « Recherche et Développement ».

En 1982, concentration des activités de production des deux sites de Puurs et d'Engis et création de la Société Chimique Prayon-Rupel (en abrégé "Prayon"), maison-mère de notre Groupe dont le siège social est situé à Engis. Principaux domaines d'activités : chimie des phosphates (acide phosphorique et sels dérivés) ainsi que spécialités de la chimie minérale (oxyde de zinc, hydrosulfite de soude, sels fluorés et pigments anti-corrosion).

En 1983, création de la société Silox, productrice d'oxydes de zinc actifs.

En 1992, participation à la création de la société Europhos dont l'unité de production basée en France (Les Roches de Condrieu, Lyon) devient le troisième centre de production du Groupe en Europe, après Engis et Puurs.

En 1996, participation à la création d'Emaphos (Maroc), société active dans la purification d'acide phosphorique en partenariat avec notre actionnaire O.C.P. (Office Chérifien des Phosphates), premier producteur mondial d'acide phosphorique et possédant les plus grandes réserves de minerais de phosphate au monde.

En 1998, acquisition de la totalité des parts de la société Europhos.

En 2000, création de la société Prayon Inc. et acquisition d'unités de production de sels phosphatés à Augusta (Géorgie, USA).

Transfert des activités dans les domaines du zinc et du soufre vers la filiale Silox, faisant de celle-ci un groupe d'envergure mondiale possédant des usines en Europe, en Inde et au Canada.

En 2003, intégration de la société Europhos au sein de Prayon SA. La marque Europhos subsiste comme bannière d'une gamme de produits de qualité reconnus par sa clientèle.

En 2006, ouverture d'un bureau commercial en Chine.

En 2007, ouverture d'un bureau commercial en Inde.

En 2008, accord de coopération avec ALMIN permettant à Prayon d'élargir sa gamme de produits, notamment dans le domaine des réfractaires. Création de SOLUSTEP, joint-venture (50/50) avec la société française Dupuy SAS et spécialisée dans le traitement des eaux usées.

En 2009, prise de participation majoritaire dans la société wallonne T.H.T., spécialisée dans le développement et la production de ferments lactiques destinés aux probiotiques humains, notamment comme compléments alimentaires. Démarrage d'un nouvel atelier de production d'acide sulfurique sur le site d'Engis.

En 2010, création de PRAY-LION, filiale consacrée au développement du phosphate de fer lithié pour batteries électriques.

En 2012, Umicore et Prayon s'unissent pour la mise au point et la fabrication de matériaux phosphatés pour cathode destinés aux batteries lithium-ion. Ce partenariat prend la forme d'une joint-venture, baptisée beLife, détenue à concurrence de 51% par Prayon et de 49% par Umicore.

En 2015, Pulead (Chine), producteur de matériaux de cathode de premier plan, et Prayon (Belgique), leader dans le domaine des phosphates, ont conclu un accord visant à créer une co-entreprise de production et de vente de phosphate de fer lithié (LFP) octroyé sous licence par LiFePO4+C Licensing LLC. Les deux entreprises ont également convenu de coopérer étroitement dans d'autres domaines relatifs à la fourniture de matières premières à base de LFP.

2.1.6 Organigramme

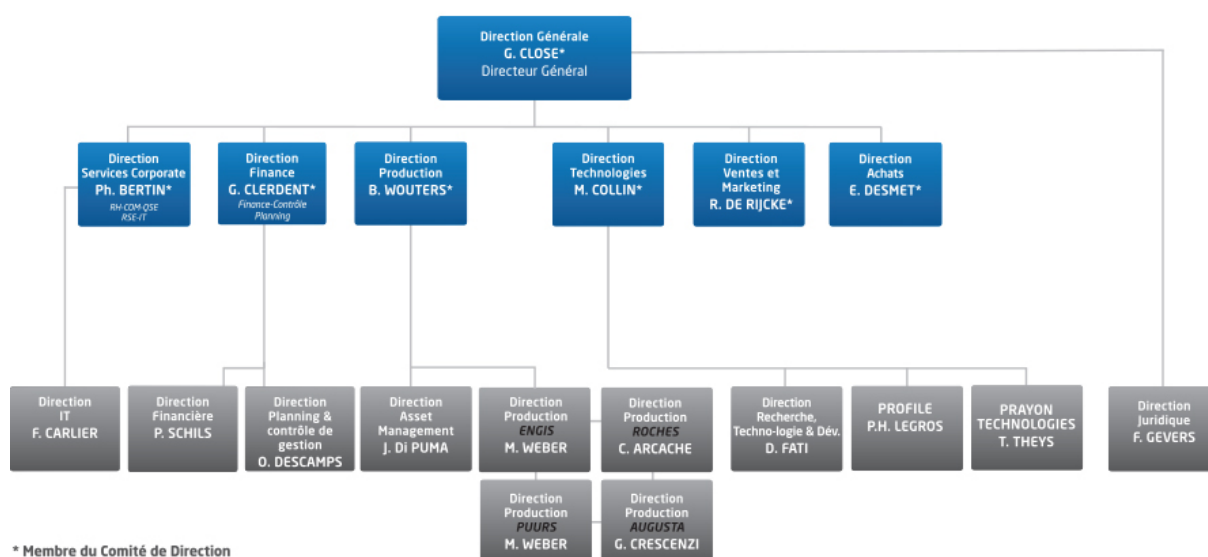


Figure 4 Membre du comité de Direction

Fin 2019, le Groupe Prayon SA comptait 1139 emplois réparties sur 4 sites de production. En Belgique, il y avait 688 emplois à Engis (Liège) et 168 emplois à Puurs (Anvers). En France, il avait 138 emplois sur le site des Roches-De-Condrieu au sud de Lyon. Sur le site d'Augusta, en Géorgie, aux États-Unis, il y avait 112 emplois.

2.1.8 Organisation des locaux

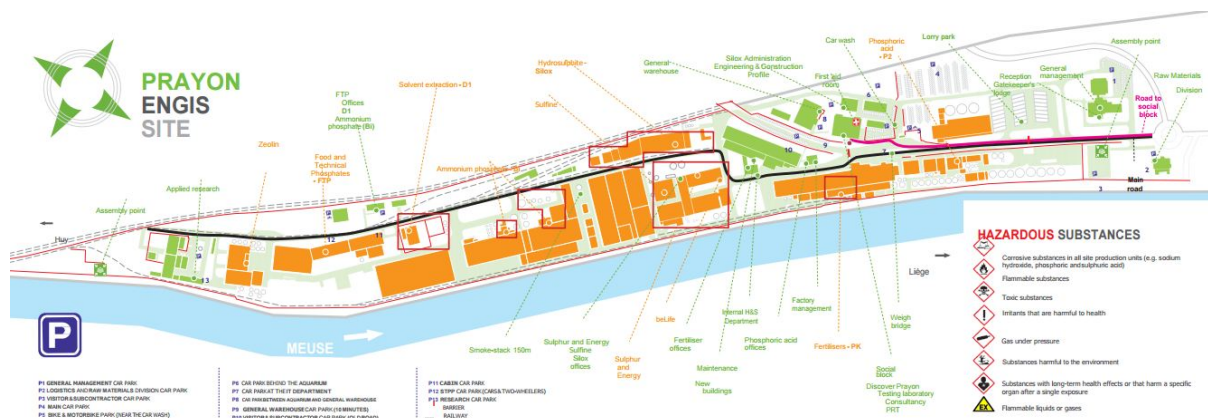


Figure 5 Plan site Engis

2.2 Considérations sociales

2.2.1 Relation entre les membres du personnel

Le respect et la confiance mutuelle entre employeur et employé constituent la règle d'or au sein de PRAYON SA. Le travail se fait en équipe et chaque membre de l'équipe est considéré, au même titre, comme un collaborateur qui œuvre pour la réalisation du résultat escompté par l'entreprise.

Le système de communication entre le personnel est efficace. Il se traduit par des réunions ou des briefings qui se tiennent dans chaque équipe avant de commencer le travail journalier.

La formation du personnel est l'une des stratégies de PRAYON SA qui consiste à motiver les collaborateurs à adhérer à son projet.

Les employés de PRAYON S.A. sont très motivés et cela se justifie par le salaire attractif, l'assurance groupe (pension, décès), l'assurance soins de santé (hospitalisation et ambulatoire, dentaire, optique, etc.), des primes et autres avantages. Il existe aussi d'autres avantages simples mais significatifs, comme la prise de douche sur le lieu du travail, le nettoyage du véhicule sur place, l'octroi des tickets restaurant, des écochèques, des cartes pour carburant, etc.

La bonne relation entre l'employeur et les employés conduit au bien-être de tout un chacun et au succès de l'entreprise.

2.2.2 Horaires

La durée de travail au sein de l'entreprise Prayon SA est de 8 heures par jour. Mais comme l'entreprise fonctionne 24h/24h, les heures normales de travail pour le personnel du jour se situent entre 7h30' et 15h30'. Mais pour le travail par système de pauses où les équipes se relaient au même poste les unes après les autres, les heures de travail sont réparties entre 3 équipes de travail organisées de 6h00' à 14h00' ; de 14h à 22h00' ; et de 22h00 à 6h00'.

2.2.3 Hygiène et sécurité

Concernant l'hygiène, l'entreprise travaille avec les entreprises externes qui effectuent les différentes tâches comme la lessive des vêtements de travailleurs, le nettoyage des locaux, etc.

La sécurité fait partie des priorités de l'entreprise Prayon. Il utilise les différents moyens pour assurer la sécurité des travailleurs. Prayon travaille avec LEM Intérim pour former le personnel qui doit passer et réussir l'examen à la fin de la formation. L'entreprise organise régulièrement différents exercices de simulation en collaboration avec les autorités compétentes pour s'entraîner à gérer tous types d'incidents. Chaque jour, avant de commencer le travail, 5 minutes sont consacrées à parler sur la sécurité et rappeler ainsi les travailleurs quelques règles de sécurité à respecter pendant l'exécution de leur travail.

2.2.4 Type de management à tous les niveaux

PRAYON SA est dirigé par un Conseil d'Administration, composé d'un Président et de sept administrateurs. Le Conseil d'Administration est un organe de direction qui est à la tête de l'entreprise, et qui a comme mission de définir la stratégie de l'entreprise. Sous la direction du Conseil d'Administration se trouve un Directeur Général, qui est à la tête des services de direction de l'entreprise et qui se charge de la gestion des activités commerciales et financières de l'entreprise. C'est le Conseil d'Administration qui nomme le Directeur Général de l'entreprise. Le Directeur général actuel de PRAYON SA s'appelle Geoffrey Close. Parmi les directions, on distingue la Direction Achat Matières Premières ; la Direction des Ressources Humaines ; la Direction Finance, Contrôle § Planning qui comprend la Direction financière et la Direction planning et contrôle de gestion ; la Direction Vente et Marketing ; la Direction de Production Groupe qui comprend la Direction de Production ENGIS, PUURS, ROCHES et

PRAYON Inc. ; la Direction Technologie Groupe qui comprend la Direction recherche, la Direction Engineering § Construction, PROFILE et PRAYON TECHNOLOGIES. Il existe également chez PRAYON SA un Secrétaire Général du Conseil d'Administration et un Directeur Juridique.

2.2.5 Moyens de communication en interne

Dans l'entreprise les travailleurs communiquent par téléphone, internet, affiches, écrans de communications répartis à différents endroits de l'usine, réunions et les briefings.

2.2.6 Implication du personnel (ressources humaines)

Le concept ONE PRAYON initié depuis 2014, qui a pour but de rassembler l'ensemble des collaborateurs répartis à travers le monde, est une bonne démarche de faire participer tous les acteurs à la réalisation des objectifs de PRAYON SA.

2.2.7 Une journée type dans l'entreprise

A la maintenance du jour la journée commence à 7h30'. Le responsable de l'atelier anime une séance sécurité pendant au moins 5 minutes. Après, les contremaîtres donnent aux travailleurs un document reprenant les tâches et l'analyse de risques à transmettre au brigadier de production du site concerné. Le brigadier doit s'assurer que toutes les mesures de sécurité ont été prises par rapport au travail concerné, avant d'autoriser le travailleur à aller sur son site de travail. A 9h00, il y a une courte pause de 15 minutes et après, le travail reprend. A 11h30', il y a une pause de 30 minutes pour dîner et le travail reprend pour terminer la journée à 15h30'.

2.3 Considérations commerciales

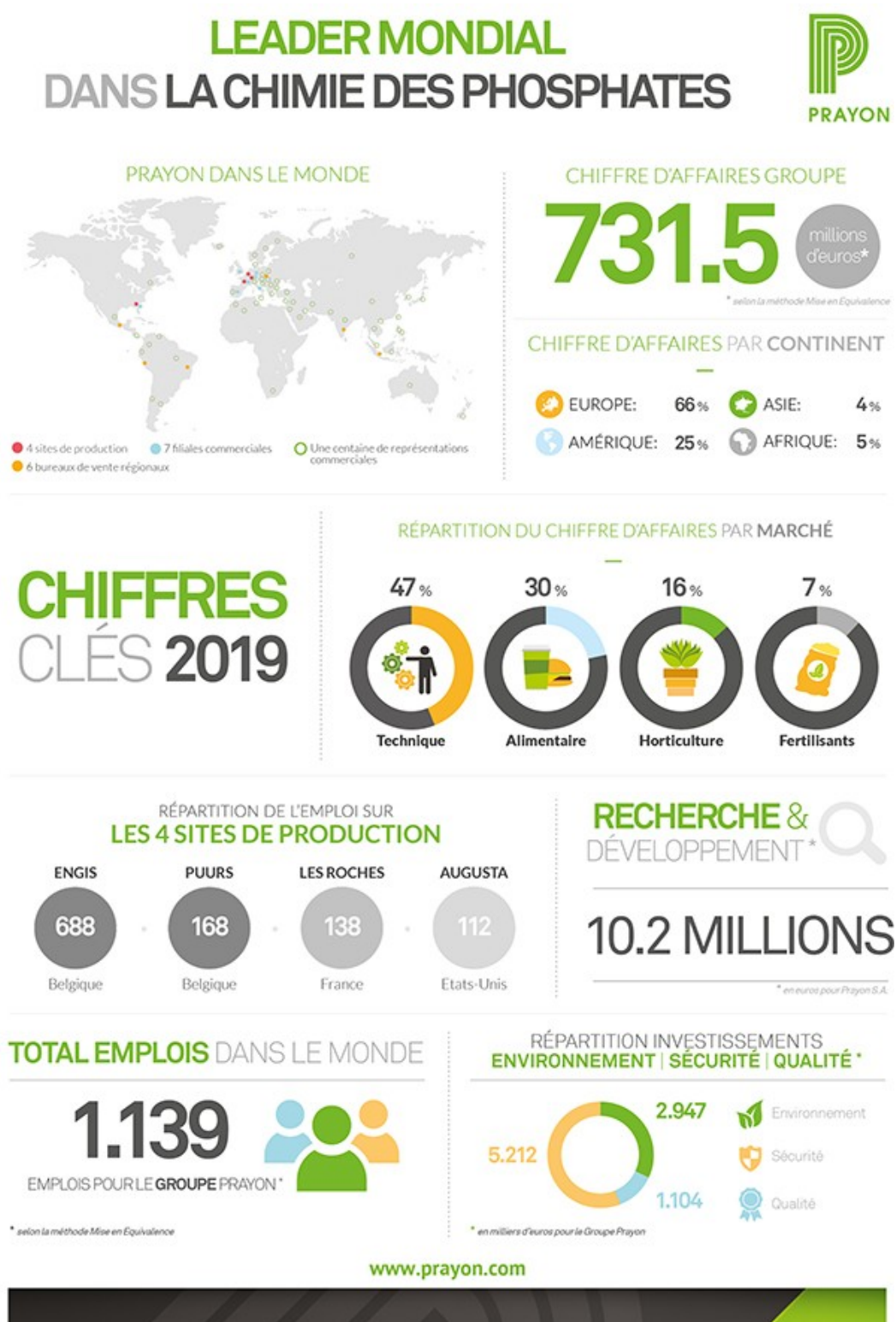


Figure 6 Chiffres-clés 2019

2.3.1 Gamme de produit prayon

La gamme de produits de Prayon est très étendue. Généralement peu connue du grand public, les produits commercialisés sont principalement utilisés comme matières premières dans la fabrication des produits finis.

Prayon fabrique une très large gamme d'acides phosphoriques purifiés, de sels phosphatés et de produits fluorés, ainsi qu'une série de spécialités comme les zéolithes et l'acide sulfurique.

L'entreprise transforme le phosphate issu de la roche en acide phosphorique qui, après purification, est soit commercialisé soit transformé en sels de phosphates qui se retrouvent dans de nombreuses applications.

2.3.1.1 Produits alimentaires

Sels spéciaux sodiques, potassiques et calciques

La gamme des phosphates alimentaires est répartie en phosphates simples (commercialisés sous la marque Prayphos) et en spécialités destinées à des industries bien particulières. Parmi les spécialités, la gamme Carfosel s'adresse à l'industrie de la viande et du poisson, tandis que la gamme Kasomel s'adresse à l'industrie du fromage fondu et Praylev à la pâtisserie.

Les phosphates simples sont des sels sodiques, potassiques ou calciques de l'acide phosphorique.

Selon leur degré de condensation ou et de polymérisation, on distingue habituellement les phosphates suivants :

- Les orthophosphates qui sont réputés pour leur capacité à tamponner ou à maintenir le pH à des valeurs bien définies. Cette propriété permet d'optimiser la charge globale des protéines et ainsi la texture de nombreux produits finis.
- Les pyrophosphates qui sont très efficaces en tant que séquestrant d'ions de petites tailles (ions métalliques), ce qui en fait des auxiliaires précieux dans toutes les applications où ces ions sont promoteurs de réactions biochimiques non désirables.
- Les tripolyphosphates et les polyphosphates sont des séquestrants puissants d'ions de plus grosse taille tels le calcium et le magnésium. Ils sont ainsi des outils précieux au réglage de la " minéralisation " des protéines conditionnant leur capacité à émulsifier, gonfler ou encore précipiter. Les polyphosphates sont réputés pour leur capacité à

freiner le développement de microorganismes et d'améliorer, par ce biais, la durée de vie de nombreux produits.

Acide phosphorique purifié

Commercialisé sous la marque Prayphos, l'acide phosphorique purifié est disponible à des concentrations allant de 30 à 85% de H_3PO_4 , de la qualité technique à la qualité Codex, en passant par la qualité alimentaire, utilisée notamment dans les boissons au cola.

Parmi les propriétés marquantes de l'acide phosphorique, on note :

- Stabilité en présence de la plupart des composés organiques
- Faible volatilité
- Léger goût amer agréable à basse concentration
- Dispersion dans l'alcool et l'eau chaude.

Applications alimentaires

Tableau 1 Applications alimentaires

Photo	Marque	Description
		Dans le traitement de la viande, les phosphates freinent les mécanismes de dessèchement et de détérioration de la couleur et des propriétés nutritionnelles des tissus.
		Très appréciés par l'industrie du poisson, ils préservent les qualités nutritionnelles et améliorent la stabilité microbiologique des fruits de mer.
		Ils contrôlent la texture, la couleur et le goût du fromage fondu.

		Ils contribuent aussi au volume, à l'apparence et au goût de tous les types de gâteaux et de pâtisseries.
		Et ils sont très utiles dans la préparation des pommes de terre, des légumes, des boissons, des céréales, des produits à base d'œufs, des graisses et huiles, des nouilles, des produits alimentaires en poudre, des produits et desserts lactés, des levures et fermentation mais également dans les traitements du sucre.
		Le pyrophosphate acide de sodium est utilisé pour éviter le noircissement des pommes de terre après l'épluchage et la découpe.
		Les phosphates ramollissent la peau des haricots, pois et lentilles (en conserve ou surgelés) ; le temps de cuisson en est dès lors réduit. Ce traitement permet aussi d'éviter les changements de coloration (comme pour les pommes de terre frites). L'hexamétaphosphate de sodium est également utilisé pour améliorer et contrôler la viscosité des sauces et purées de tomate, ainsi que pour améliorer le rendement des jus obtenus à partir de la pulpe de tomate. Le phosphate de calcium est aussi employé pour renforcer la texture de certains légumes en conserves (tomates pelées).
		Les polyphosphates permettent de stabiliser la vitamine C dans le jus d'agrumes. L'hexamétaphosphate de sodium est également utilisé pour stabiliser certaines boissons fruitées. Les

		phosphates de calcium et de potassium sont des apports en sels minéraux dans les boissons énergétiques. L'acide phosphorique est aussi employé comme acidifiant des softdrinks de type cola.
		Les phosphates sont utilisés ici comme correcteurs de pH ou agents tampons. Ils sont également employés comme source de minéraux. En effet, l'organisme ne synthétisant pas le phosphore (*), celui-ci doit être fourni quotidiennement en quantité adéquate par l'alimentation.
		Les phosphates interviennent pour améliorer les propriétés fonctionnelles des œufs. Ils tamponnent le pH à des valeurs optimales, améliorent le volume et la stabilité de la mousse, et inhibent l'activité enzymatique, le développement des micro-organismes et l'oxydation des graisses.
		Divers phosphates sont utiles dans le traitement des huiles et graisses alimentaires. Ils participent à l'extraction de l'huile lors du raffinage, à la stabilisation des graisses contre la détérioration du goût, et à l'obtention d'émulsions stables. L'acide phosphorique est aussi utilisé lors du raffinage des huiles végétales alimentaires.
		L'acide phosphorique et les phosphates sont utilisés pour le blanchiment et la clarification du sucre. Le phosphate tricalcique est utilisé comme agent antiagglomérant ou fluidifiant.

		Les phosphates rendent les nouilles instantanées plus "élastiques" et préservent leur goût. En effet, sans l'addition des phosphates, la consistance des nouilles instantanées serait caoutchouteuse. Nos mélanges sont utilisés pour accélérer la liaison du gluten, pour améliorer l'élasticité et la flexibilité des nouilles ainsi que leur texture, mais aussi pour améliorer la clarté de l'eau lors de la cuisson.
		Dans cette application, le phosphate tricalcique améliore la fluidité de produits tels que le lait en poudre, les poudres instantanées, les épices, etc. Il agit comme agent antimottant.
		Stabilisateurs des protéines du lait, les phosphates sont des additifs précieux dans les procédés de traitement thermique des produits lactés (tels que l'UHT). Leur action sur le calcium du lait en fait également des outils idéaux pour contrôler la fermeté des flans et la stabilité des mousses.
		L'acide phosphorique purifié ainsi que les phosphates (principalement le phosphate monoammonique (MAP), le phosphate biammonique (DAP) et le phosphate monopotassique (MKP)) sont très appréciés comme nutriments dans l'industrie des levures ainsi que dans toute une série de processus bio-industriels basés sur la fermentation (fabrication d'alcools, d'intermédiaires pharmaceutiques, etc ...).

		Les phosphates et/ou l'acide phosphorique sont utilisés dans nombre d'autres applications, telles que les amidons modifiés, les arômes, les gélamines, l'eau potable, le traitement du sang, la fabrication de levures, les applications pharmaceutiques...
---	---	--

2.3.1.2 Produits industriels

Sels ammoniques et potassiques (MAP, MKP, DAP)

Le phosphate monoammonique (MAP) est utilisé dans la fertirrigation, les céramiques et les émaux, l'ignifugation de divers matériaux, les poudres d'extincteur, les procédés de fermentation.

Le phosphate biammonique (DAP), qui satisfait aux exigences du Codex Œnologique International, est également utilisé comme nutriment de fermentation, comme agent d'ignifugation et encore en fertirrigation.

Le phosphate monopotassique (MKP) ne présente, par nature, aucune propriété ignifugeante. Il est par contre très apprécié comme nutriment dans toute une série de processus bio-industriels basés sur la fermentation (ex : fabrication d'intermédiaires pharmaceutiques, etc.). Il est également utilisé en fertirrigation.

Dérivés fluorés

Le fluorure de sodium (NaF) se présente sous forme d'une poudre blanche et cristalline et ses applications incluent le traitement des eaux, le supplément en fluor (produits dentaires), le traitement des émaux vitreux, etc.

Également sous forme solide, les fluosilicates de sodium (SSF) et potassium (PSF) sont utilisés dans la fluoration des eaux potables, la fabrication du latex (agent coagulant), comme agents opacifiant pour les émaux vitreux, le verre opalescent, etc.

Tripolyphosphates de sodium (STPP)

Cette gamme de produits est spécifiquement adaptée à diverses applications industrielles telles que la détergence, le traitement des métaux, le traitement des eaux mais aussi les céramiques, le papier, le verre, etc.

Les phosphates spéciaux (Phosphates de sodium, de potassium, de calcium et d'aluminium)

La gamme de phosphates spéciaux est adaptée à diverses applications industrielles telles que la détergence, le traitement des métaux, le traitement des eaux mais aussi les céramiques, la porcelaine, le papier, les peintures, la fibre de verre, le verre, les antigels, le polystyrène, etc.

Sulfate de calcium

Le sulfate de calcium est un produit généré lors de la fabrication d'acide phosphorique par attaque de roches phosphatées avec de l'acide sulfurique.

L'optimisation de ces procédés de fabrication et un choix judicieux de matières premières nous permettent de valoriser ce produit dans les domaines suivants :

- Le marché de la construction (plâtre et ciment). L'usine de fabrication d'acide phosphorique d'Engis est la seule usine d'acide phosphorique au monde produisant un sulfate de calcium d'une telle pureté qu'il peut être valorisé dans l'industrie du plâtre (plâtre à projeter, fabrication de panneaux, fabrication de chapes auto lissantes...). Sa blancheur est particulièrement appréciée dans le plâtre à projeter. Dans l'industrie du ciment, le sulfate de calcium est recherché pour son effet "retardateur de prise". La majeure partie de notre production de sulfate de calcium est écoulée dans ce secteur.
- Le marché des fertilisants. Certaines cultures nécessitent la présence de sulfate de calcium pour compenser la pauvreté en soufre de certains sols.

Acide sulfurique

Ils produisent de l'acide sulfurique à partir de soufre élémentaire (99,9% de pureté), ce qui garantit un acide de grande pureté adapté aux divers domaines d'application.

Il est commercialisé sous deux formes distinctes :

- acide concentré
- acide dilué

L'acide sulfurique est utilisé dans les domaines de la chimie (contrôle du pH), de la métallurgie (décapage, électrozingage au sulfate), de l'industrie automobile (batteries), de l'industrie du papier (production de bioxyde de chlore) et de l'industrie alimentaire (contrôle du pH du jus de betterave pour le sucre, contrôle du pH des eaux usées...)

Phosphate de fer / Phosphate de fer lithié

Prayon a créé beLife, spécialisé dans la mise au point et la fabrication de matériaux phosphatés pour cathode destiné aux batteries lithium-ion.

En 2012, une installation pilote de production de phosphate de fer lithié a été établie sur le site de Prayon à Engis, avec une capacité de 100 tonnes par an. Le phosphate de fer lithié produit est destiné d'une part aux véhicules électriques et hybrides, et d'autre part aux applications de stockage d'énergie (issue de l'éolien et du photovoltaïque).

Fertilisants / Horticulture

Pour l'horticulture, Prayon propose toute une gamme de fertilisants solubles dans l'eau :

- micronutri Fe
- MAP & MKP anticalc
- Pbooster
- phosphate monoammonique (MAP)
- phosphate monopotassique (MKP)
- nitrate de potassium
- chlorure de calcium

Commercialisés sous la marque Hortipray, ces fertilisants sont adéquats pour la fertirrigation. Ils apportent les nutriments indispensables à la croissance des légumes, des fruits, des fleurs, etc.

Agriculture

La gamme de fertilisants de plein champ est principalement destinée à la couverture des besoins nutritifs des "grandes cultures" (blé, orge, betteraves, pommes de terre, colza, maïs) en fertilisants phosphatés (P) et en fertilisants binaires contenant azote et phosphore (NP)

Autres applications



Plusieurs de ces produits sont utilisés dans les pâtes dentifrices. Ils polissent, blanchissent, préviennent les dépôts de tartre et constituent un complément en fluor.

L'acide phosphorique purifié entre dans la synthèse de produits pharmaceutiques. Les phosphates et triphosphate de calcium sont également utiles pour l'industrie pharmaceutique.

Dans le domaine du traitement du sang, les sels de phosphates freinent la coagulation et facilitent donc les analyses.

Les animaux de compagnie bénéficient aussi de ces produits. Pour les aliments en boîtes, les phosphates préservent les sauces et l'hydratation de la viande. Dans les croquettes, ils assurent un séchage souple et homogène des aliments.

Applications industrielles

Tableau 2 Application industrielles

Photo	Marque	Description
		L'acide phosphorique purifié ainsi que les phosphates combinent une série de propriétés très utiles qui en font une matière de choix dans la production de la plupart des détergents domestiques et industriels (encore appelés I&I pour "Industrial & Institutional").

		L'acide phosphorique purifié et les phosphates participent notamment au processus de phosphatation des surfaces métalliques. Cette opération permet de réduire les risques de corrosion des métaux et de favoriser l'adhérence de la peinture à la surface ainsi traitée. D'autre part, ces divers produits sont également employés pour le nettoyage des surfaces métalliques et la fabrication de tôles magnétiques. Enfin, l'acide phosphorique purifié et les dérivés fluorés sont utilisés dans l'industrie de l'aluminium.
	  	L'utilisation d'acide phosphorique purifié et/ou de phosphates permet de prévenir le dépôt de calcaire, de contrôler les phénomènes d'eaux rouges et d'eaux noires, ou encore de réduire les risques de corrosion des conduites d'alimentation des eaux. D'autre part, certains phosphates ainsi que l'acide phosphorique purifié participent à l'épuration biologique des eaux industrielles et des eaux usées.
		Dans la fabrication des réfractaires, certains phosphates tel le TSPP (pyrophosphate tétrasodique) ont un rôle d'agent de dispersion, mais facilitent aussi l'élimination du fer par simple lavage. En outre, le MALP (phosphate monoaluminique), le MAP (phosphate d'ammoniac) et l'acide phosphorique purifié

		peuvent être utilisés comme agents liants intervenant directement dans la cohésion du produit fini. De plus, nos produits permettent de maîtriser la vitesse de durcissement et de réduire la migration des agrégats intérieurs vers l'extérieur durant la prise.
		Lors de la préparation des solutions utilisées dans l'industrie des céramiques ou des émaux, il peut être nécessaire d'ajouter des additifs afin d'obtenir une pâte fluide ou une solution bien dispersée. Des phosphates tels le STPP (tripolyphosphate de sodium) ou le SHMP (hexamétaphosphate de sodium) sont alors utilisés comme agents dispersants. Le fluorure de sodium (NaF) possède quant à lui un pouvoir fondant, c'est-à-dire qu'il abaisse la température de fusion de certains mélanges induisant dès lors une réduction des coûts énergétiques. Signalons que les dérivés fluorés (NaF, SSF, PSF) sont également utilisés comme agents émaillants.
		Les phosphates de calcium (DCP et TCP) sont utilisés dans la fabrication de porcelaines de haute qualité (Bone China). Ils participent à l'intensification de l'effet translucide de ces porcelaines.

		Parmi les nombreux produits utilisés dans les industries de pâte à papier, il en est peu qui possèdent des utilisations aussi diverses que les phosphates. Leurs propriétés dispersantes les rendent extrêmement utiles afin de limiter l'agglomération des charges minérales, pigments, résines (et autres solides pulvérulents) lors d'une mise en suspension. Ils jouent ainsi un rôle important lors de la préparation des saucers de couchage.
		Le phosphate monoammonique (MAP) et le phosphate biammonique (DAP) sont souvent utilisés comme retardateurs de flammes. Ils sont ainsi employés pour l'ignifugation de divers matériaux (panneaux de particules, allumettes, textiles, etc.) ainsi que dans la fabrication des poudres à extincteur. Le DAP ainsi que les polyphosphates d'ammoniaque entrent dans la composition des produits employés dans la lutte contre les feux de forêts.
		Les polyphosphates et en particulier l'hexamétophosphate de sodium (SHMP) sont des agents dispersants capables de modifier la répartition des charges ioniques (positives - négatives) des composés solubles. Il en résulte une stabilisation de l'émulsion qui se marque par une amélioration de la fluidité. Cette propriété est très utile dans l'industrie des peintures. Grâce à leur pouvoir séquestrant, les phosphates participent également à l'inhibition de la corrosion par la séquestration des ions de fer.

		Un des grades particuliers de phosphate monoaluminique (MALP) est destiné à la production de matériaux à base de fibre de verre. Ce phosphate est employé comme agent liant en remplacement des composés organiques classiques. Le MALP présente en effet l'avantage de ne pas former, à haute température, de composés organiques volatils nocifs pour la santé.
		Le phosphate dipotassique (DKP) entre fréquemment dans la fabrication d'antigel. Il y joue le rôle d'agent anticorrosion, par exemple dans les radiateurs de voitures. Le DKP permet de maintenir un pH proche de 9, diminuant ainsi les risques de corrosion.
		Le fluosilicate de soude est recherché dans la synthèse de mousses de latex pour les matelas, où il intervient comme agent acidifiant dans la gélification du latex avant vulcanisation. Le pyrophosphate tétrasodique (TSPP) est également utilisé dans le processus de fabrication du latex en tant qu'agent dispersant.
		Le sulfate de calcium est recherché dans l'industrie du plâtre pour son faible taux de P₂O₅ soluble (qui retarde la prise du plâtre), sa blancheur, l'absence de métaux lourds et d'éléments toxiques. Dans l'industrie du ciment, on l'utilise pour son effet "retardateur de prise"; pour cette application, il est également obligatoire de limiter le taux de P₂O₅ soluble dans le sulfate de calcium.

	 L'acide phosphorique purifié est employé pour la purification des huiles végétales, la purification des filtres à charbons actifs, la production de dioxyde de titane, etc. Les phosphates sont aussi utilisés dans nombre d'autres applications telles : les textiles, la fabrication de plaques de plâtre, la photographie, le traitement des boues de forage et la stabilisation de solution d'eau oxygénée, etc. Les dérivés fluorés (NaF, SSF et PSF) sont employés comme insecticides (USA uniquement). Le fluorure de sodium (NaF) est également une des matières premières pour la fabrication de phosphore monofluoré (MFP).
---	--

2.3.2 Relations avec les clients et avec les fournisseurs

Les produits de PRAYON SA sont commercialisés dans le monde entier. Cela est dû par le fait que PRAYON est considéré comme leader mondial dans la chimie des phosphates depuis plus d'un siècle. Les clients font donc confiance à PRAYON et, réciproquement, l'entreprise fait tout son mieux pour garder ses clients.

Les fournisseurs sont en contact régulier avec les contremaîtres qui passent des commandes de matières premières. Les livraisons se font rapidement parce les fournisseurs font confiance à l'entreprise.

L'équipe de recherche collabore avec les clients pour élaborer des solutions et améliorer l'incorporation des produits Prayon dans leur procédé de fabrication.

2.3.3 Représentation du personnel lié à la vente

PRAYON a une représentation commerciale dans une centaine de pays à travers le monde. Cette représentation commerciale est coordonnée par la Direction de Vente et Marketing de PRAYON SA. Toute cette clientèle est attirée par des professionnels engagés à leur fournir des produits et des services de haute gamme.

2.3.4 Normalisation

Tous les produits Prayon répondent aux normes de la réglementation européenne. Le groupe Prayon est certifié ISO 9001 en 2008 (qualité) ; ISO 14001 en 2004 (environnement) ; OHSAS 18001 en 2007 (santé/sécurité) et FSSC 22000 en 2010 (sécurité alimentaire).

Une démarche HACCP sur l'ensemble des lignes de produits alimentaires est adoptée.

Tous les produits répondent aux exigences de la législation européenne.

Le domaine du traitement de l'eau, exige la certification NSF (National Sanitation Foundation) pour divers phosphates, confirmant qu'ils respectent l'eau potable.

Les emballages, étiquetages, conditions de stockage et d'expédition sont également conformes aux exigences de la législation européenne en vigueur ainsi qu'à la réglementation concernant le transport de marchandises dangereuses (ADR¹,ADNR², RID³, etc.)

¹ Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route

² Accord pour le transport des marchandises Dangereuses sur le Rhin

³ Règlement concernant le transport international ferroviaire des marchandises dangereuses

3 Sujet technique

« Mise en place d'un plan de maintenance pour un système de filtration d'acide phosphorique »

Dans la production de l'acide phosphorique, la filtration se fait par 2 filtres à cellules basculantes qui ont été conçus par prayon. Il s'agit du filtre 18 qui est composé de 18 cellules et du filtre 24 qui est composé par 24 cellules. Les deux filtres sont composés par différentes pièces qui nécessitent la maintenance régulière, pour éviter les arrêts non planifiés et le bon fonctionnement de l'installation.

4 Cahier de charges

Dans le cadre de mon TFE, la tâche qui m'a été donnée, par mon maître de stage, consiste à mettre en place un plan de maintenance pour un système de filtration de l'acide phosphorique. Ce système de filtration se fait par deux filtres à cellules basculantes (filtre 18 et le filtre 24).

4.1 But de ce projet

Le but de ce projet est d'améliorer la maintenance de deux filtres pour assurer son bon fonctionnement et diminuer les pannes et les arrêts.

4.2 Mode opératoire

D'abord, je dois comprendre le fonctionnement d'un filtre. Ensuite je dois lister les différentes opérations systématiques à réaliser lors des arrêts programmés de l'installation. En fin je dois analyser les pannes qui ont eu lieu dans les 2 dernières années et utiliser les différents moyens pour trouver les causes des pannes pour pouvoir trouver les solutions possibles.

5 Production de l'acide phosphorique

Le schéma ci-dessous présente la chaîne de production de l'acide phosphorique. Dans cet installation, se trouvent les deux filtres qui ont un rôle important dans la production de l'acide

phosphorique. Toutes pannes entrainant l'arrêt d'un filtre va provoquer la mise à l'arrêt de l'usine de fabrication d'acide phosphorique.

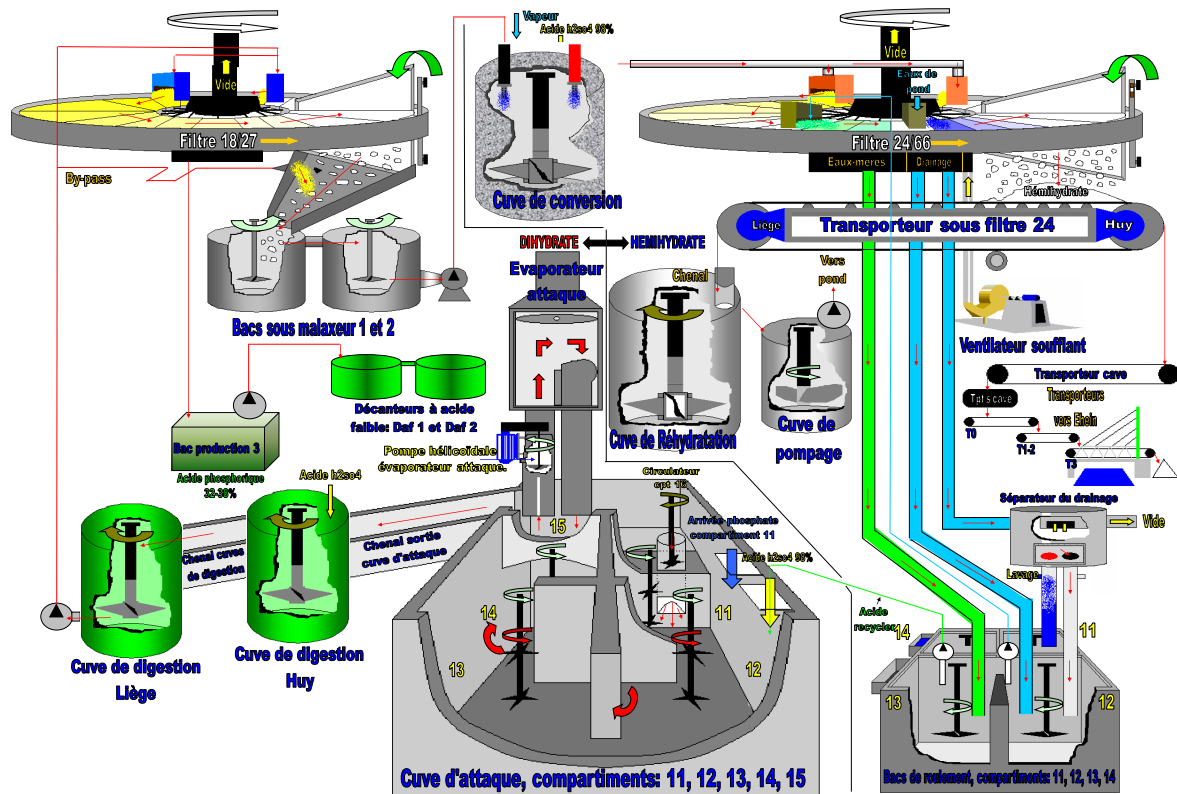


Figure 7 Production de l'acide phosphorique

La production de l'acide phosphorique commence dans la cuve d'attaque où la roche de phosphate est attaquée par l'acide sulfurique. Le produit est agité et mélangé dans les compartiments 11, 12, 13, 14 et 15. A la sortie de la cuve d'attaque, la bouillie de réaction est acheminée vers la section de digestion où elle est désaturée avant d'alimenter le **filtre 18**. Dans la cuve de digestion Huy, est rajouté l'acide sulfurique qui est mélangé avec le produit en provenance de la cuve d'attaque. Le produit déborde de la cuve de digestion Huy vers la cuve de digestion Liège. Une pompe transfère la pulpe dans la cuve de digestion Liège vers le **filtre 18**. Sur le filtre 18, la pulpe est filtrée. Le solide reste au-dessus et le liquide passe sous le tissu filtrant. Le liquide extrait va dans le bac de production et c'est l'acide phosphorique à 32-38%. A l'aide d'une pompe, il est envoyé dans les décanteurs à acide faible. Après décantation, cet acide sera envoyé dans les unités de concentration. La fraction solide sortant du **filtre 18** est déversé dans un bac de pompage. Ensuite, ce produit est envoyé par la pompe dans une cuve de conversion où sont ajoutés de la vapeur et de l'acide sulfurique. Le produit sortant de la cuve de conversion alimente le filtre 24. Dans le **filtre 24**, le solide reste au-dessus et le liquide passe

en dessous. Le liquide est envoyé dans le bac de roulement et recyclé, le solide appelé gypse est transporté vers l'usine KNAUF pour fabriquer du plâtre.

6 Filtre Prayon

Le filtre prayon est considéré par les industriels comme un équipement particulièrement fiable et performant pour la production d'acide phosphorique. Il est aussi utilisé dans d'autres domaines d'applications tels que l'hydrométallurgie du cuivre, du cobalt, du zinc et de l'uranium ; le lavage de charbon actif imprégné de P_2O_5 ; le lavage de phosphates et la filtration d'acide en général.

6.1 Fonctionnement du filtre Prayon

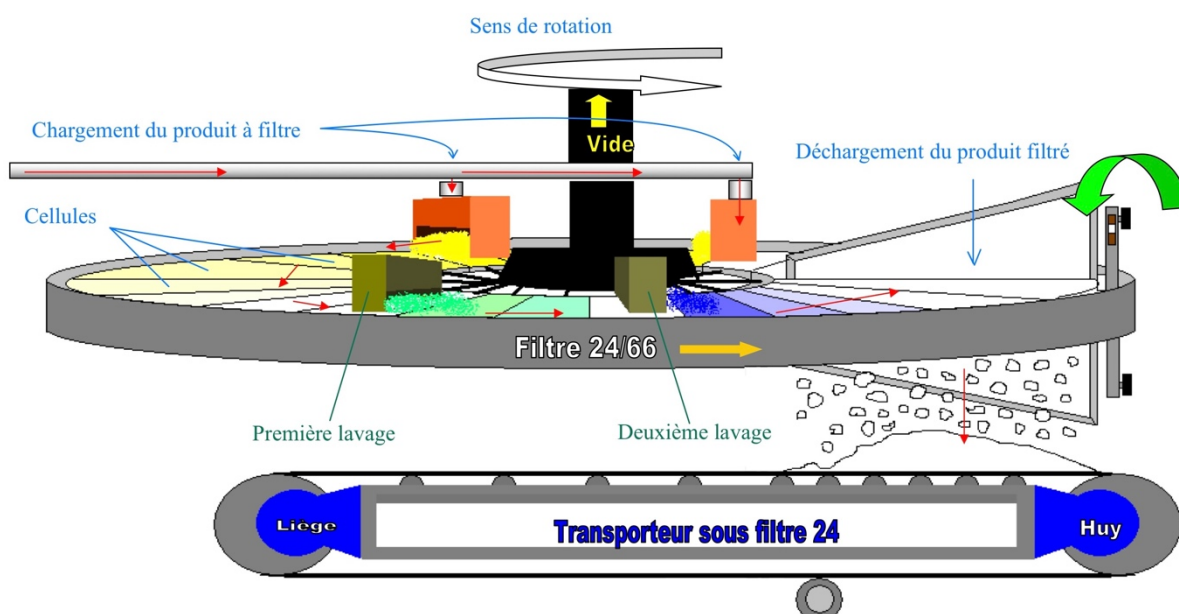


Figure 8 Fonctionnement du filtre à cellules basculantes

6.1.1 Mouvement de rotation du filtre

Le filtre est mis en rotation par un moteur asynchrone triphasé, qui fait tourner le réducteur à vis sans fin. Le réducteur fait tourner l'arbre et le pignon engrène dans tourner la crémaillère. La crémaillère fait tourner la partie circulaire qui supporte les cellules filtrantes basculantes. Une fois que le filtre est mis en rotation, il tourne en boucle sans arrêt.

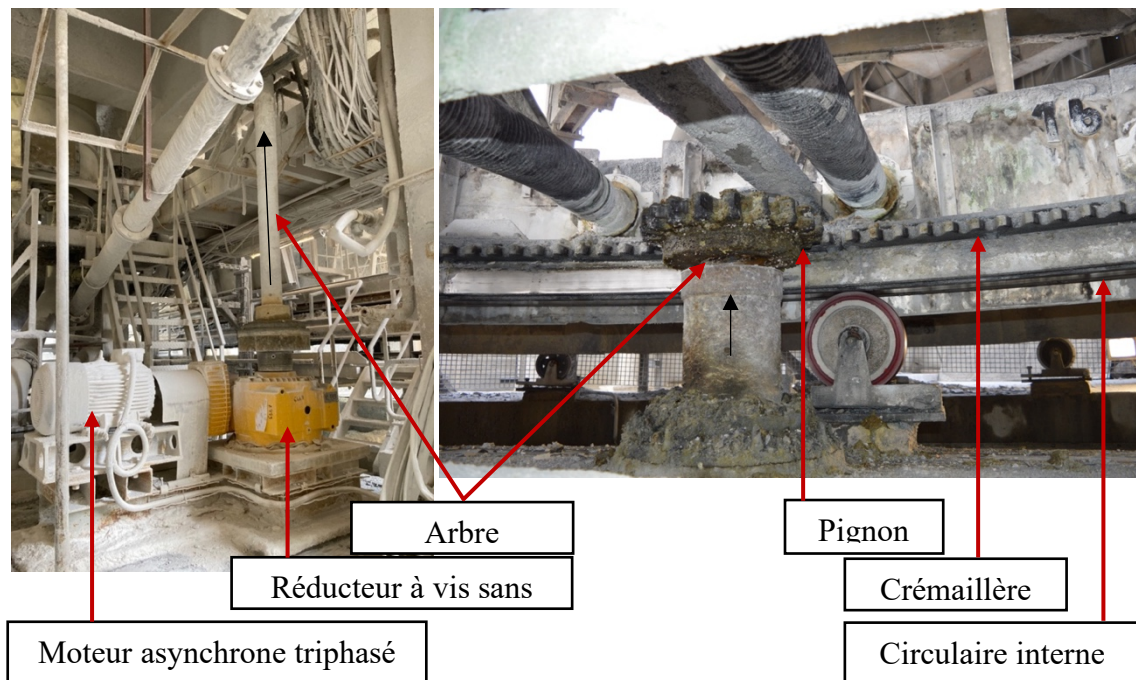


Figure 9 Mis en rotation du filtre

6.1.2 Filtration

Après avoir mis en rotation le filtre, le produit est chargé sur les cellules qui supportent les grilles et les tissus de filtration. Après le chargement du produit, le premier lavage est fait, puis le deuxième. Le liquide est aspiré vers le distributeur par les pompes à vide. Quand la cellule arrive dans le chemin de basculement, elle se retourne pour décharger le solide qui est resté sur le tissu. Après le déchargement, la cellule et le tissu vont être lavée par les rampes de lavage et après elle va se retourner pour pouvoir recharger le produit à nouveau.

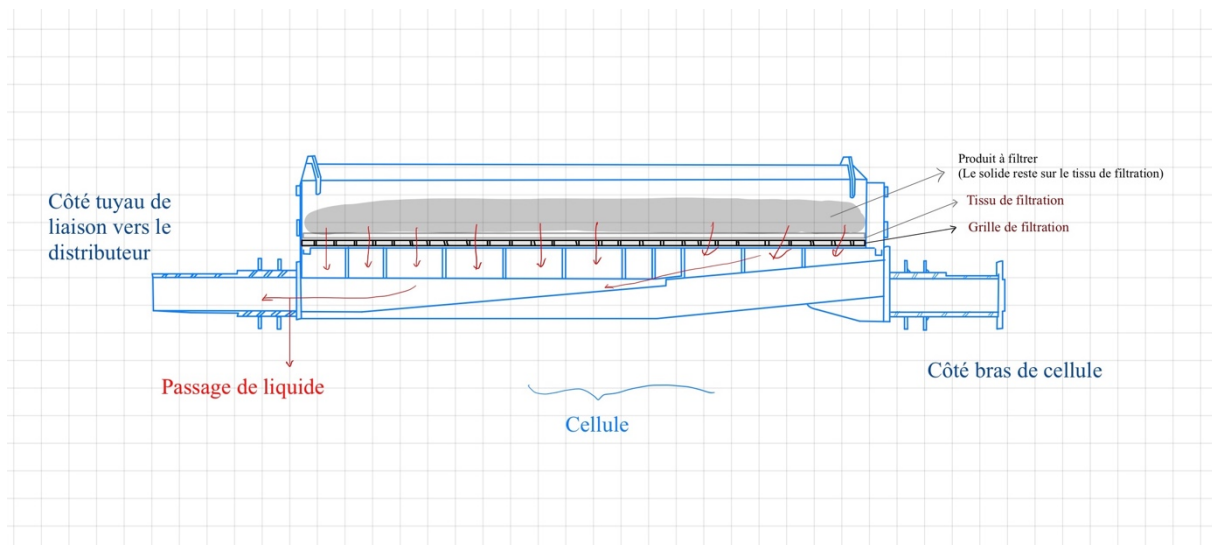


Figure 10 Filtration

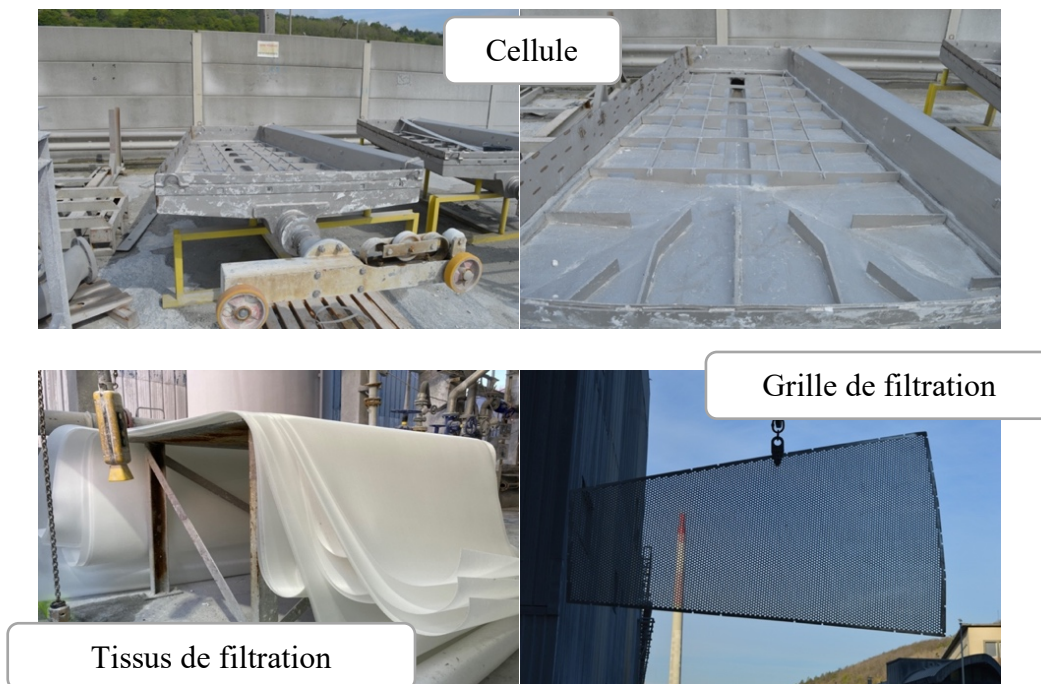


Figure 11 Composition de la cellule

6.1.3 Basculement

Le basculement d'une cellule se fait sur le chemin de basculement par les galets bras de cellule. Les deux galets (galet avant et galet arrière) sont attachés sur le bras d'une cellule (levier de commande) qui est fixé avec la cellule. Si le bras d'une cellule tourne, la cellule tourne également.

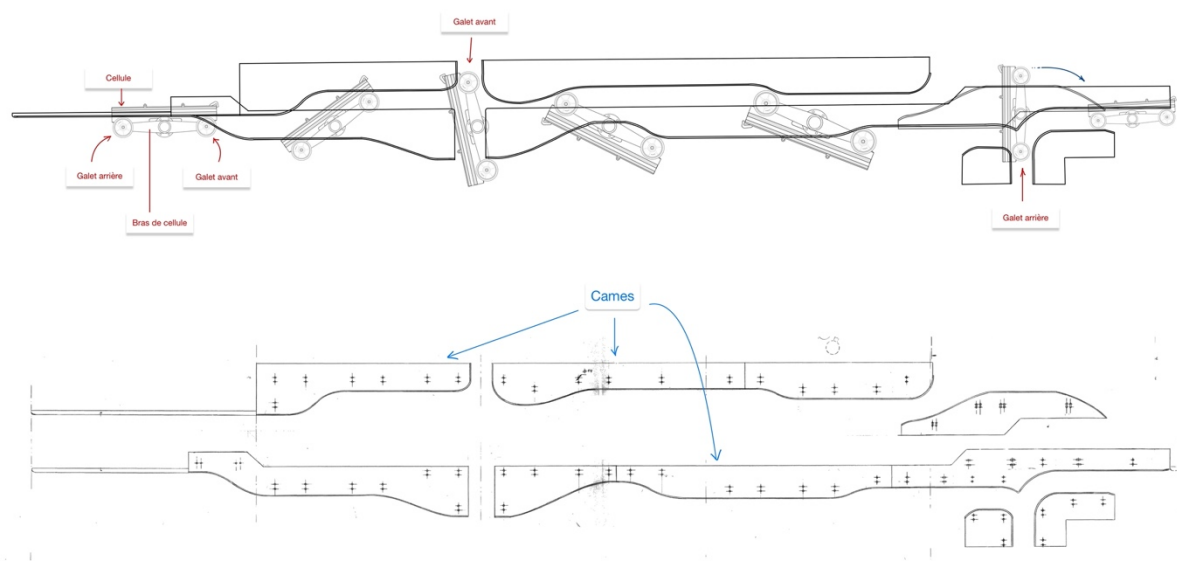


Figure 12 Chemin de basculement

6.2 Composition du filtre Prayon

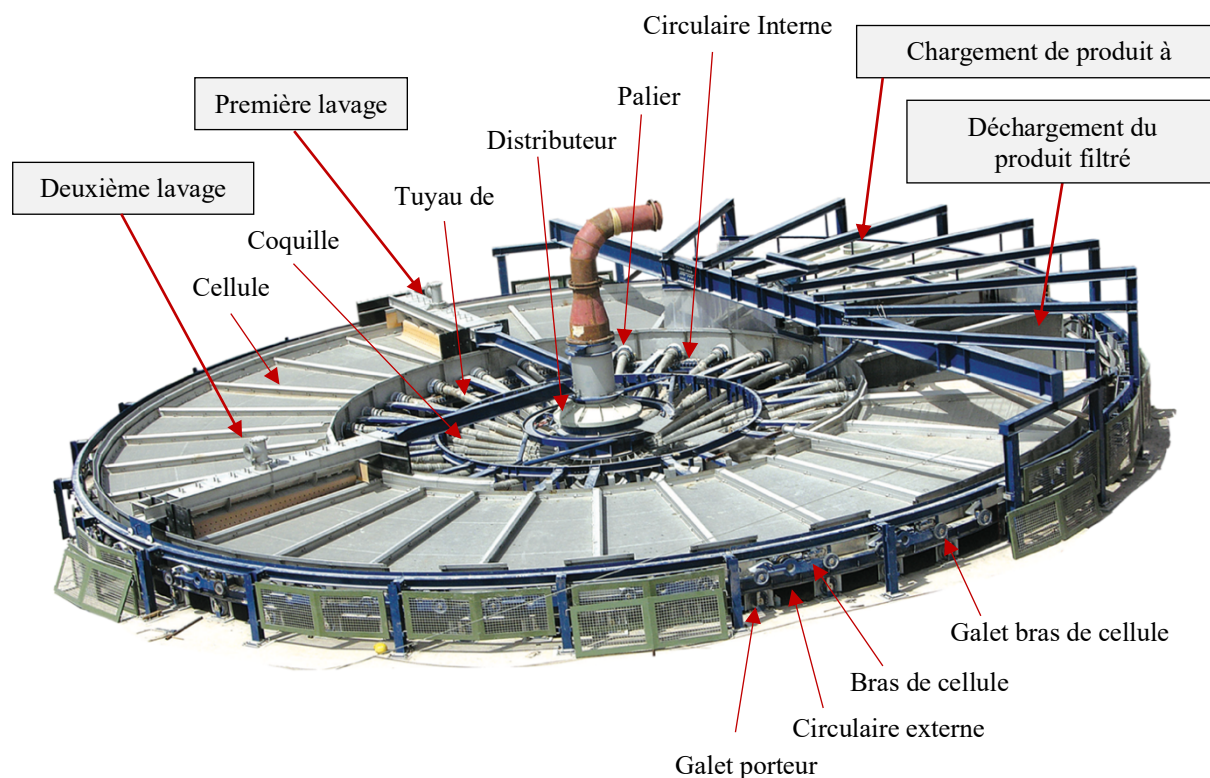


Figure 13 Composition du filtre.

6.2.1 Transmission de rotation

La photo ci-dessous présente la mise en rotation du filtre. A gauche se trouve le moteur, le réducteur et l'arbre. Les machines sur la photo de gauche se trouvent au 3^e étage. A droite se trouve l'arbre, le pignon et la crémaillère sur la circulaire interne du filtre. Les dents du pignon engrènent avec la crémaillère pour faire circuler la partie circulaire du filtre. Le filtre se trouve au 6^e étage. La réduction de vitesse est de 1475 tours/min à 6,70 tours/min. Sur le filtre 24, la circulaire tourne à la vitesse de 1 tour/90sec. Les segments de crémaillère sont réalisés en inox super duplex Uranus 47N, c'est acier inoxydable ayant des performances résistant à la corrosion comparable à l'inox 904 et avec des performances mécaniques meilleures.

Voir figure 9, Page 37

6.2.2 Galets porteurs

Les galets porteurs sont des supports des parties tournante du filtre. Sur le filtre 18, la circulaire externe repose sur 12 galets et la circulaire interne repose sur 8 galets. Sur le filtre 24, la circulaire externe repose sur 24 galets et la circulaire interne repose sur 16 galets. Les galets sont formés d'un moyeu métallique recouvert d'un bandage polyuréthane dureté 90 shore.

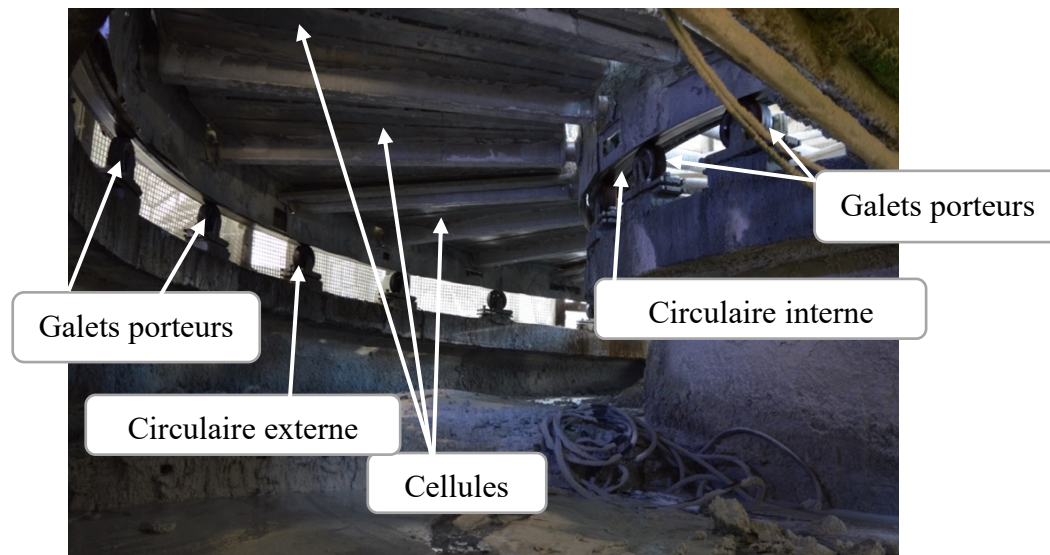


Figure 14 Galets porteurs

6.2.3 Galets centreurs

Les galets centreurs centrent le filtre et permettent au filtre de conserver sa trajectoire circulaire pendant la rotation. Ils doivent être bien fixés et bien réglés pour que le filtre reste bien centré.



Figure 15 Galets centreurs

6.2.4 Cellule

La cellule est constituée par une grille métallique, avec des petits trous qui laissent passer le liquide et un tissu qui retient le solide sur la cellule. Un levier de commande (bras de cellule) avec les galets bras de cellules tournants permettent à la cellule de passer sur le chemin de basculement c'est-à-dire de tourner et de se renverser. Les cellules et les grilles sont réalisées en inox 904L

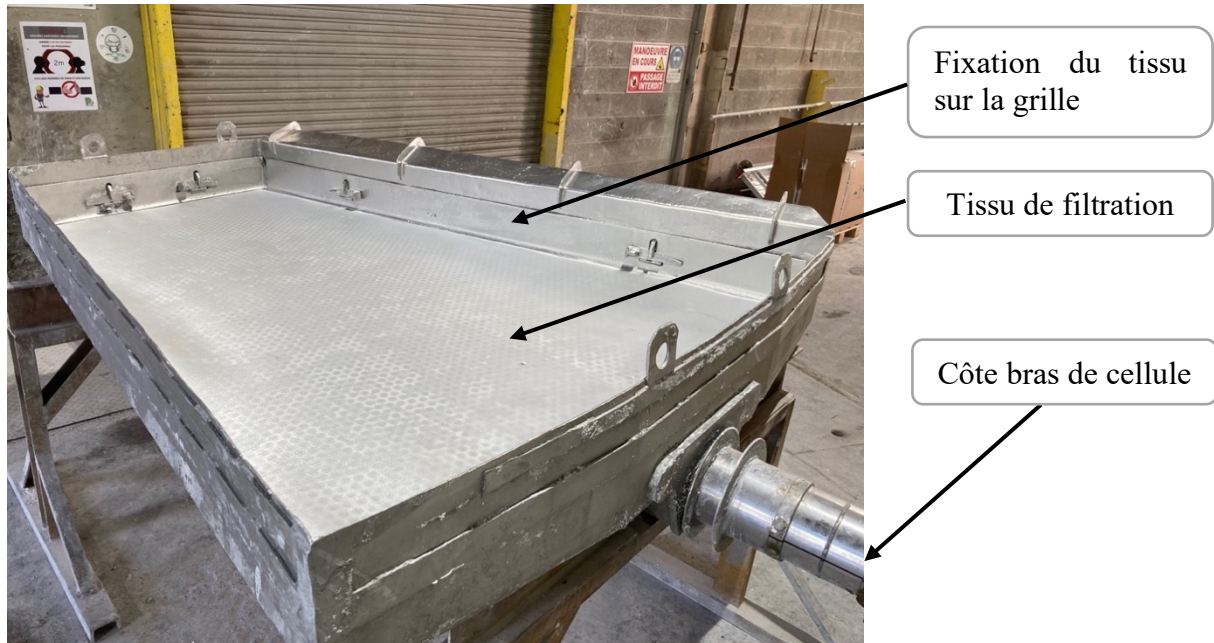


Figure 16 Cellule

6.2.5 Tuyaux de liaison

Les tuyaux de liaison font passer le liquide qui a été aspiré par le vide. Le liquide est envoyé depuis les cellules vers le distributeur. Les coquilles protègent les tuyaux de liaison contre le flottement sur le support métallique.

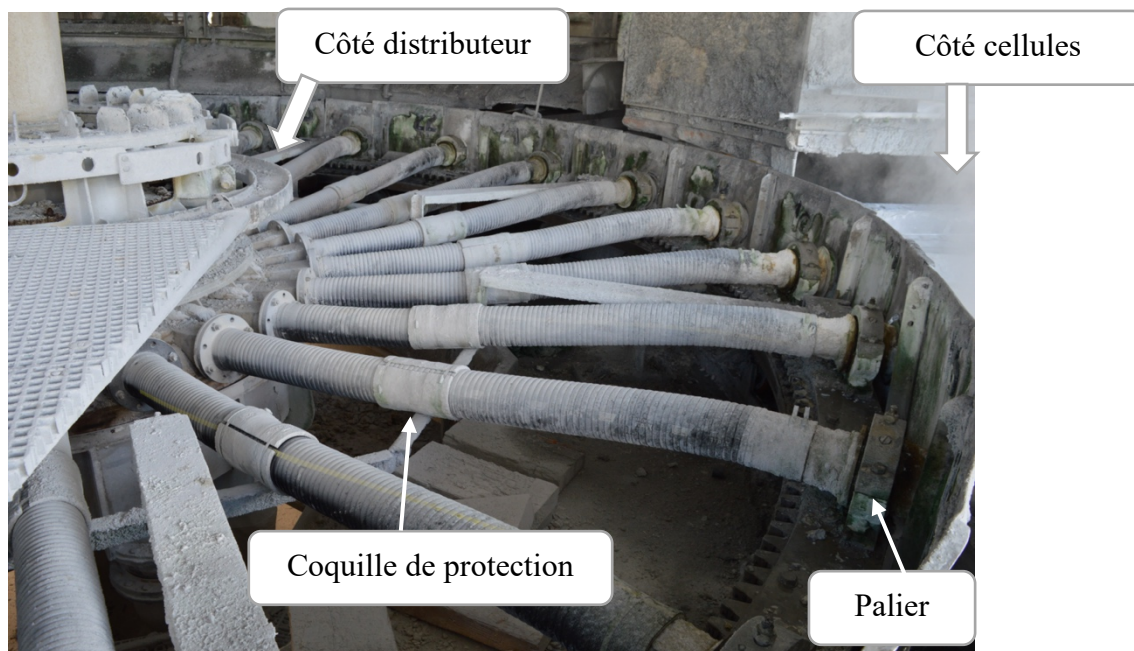


Figure 17 Tuyaux de liaison

6.2.6 Bras de cellule

Le bras de cellule est fixé sur la cellule et il est constitué de deux galets. Les galets dirigent la cellule dans le chemin de renversement pour décharger le produit puis, le retourner à sa position initiale pour le recharger à nouveau.

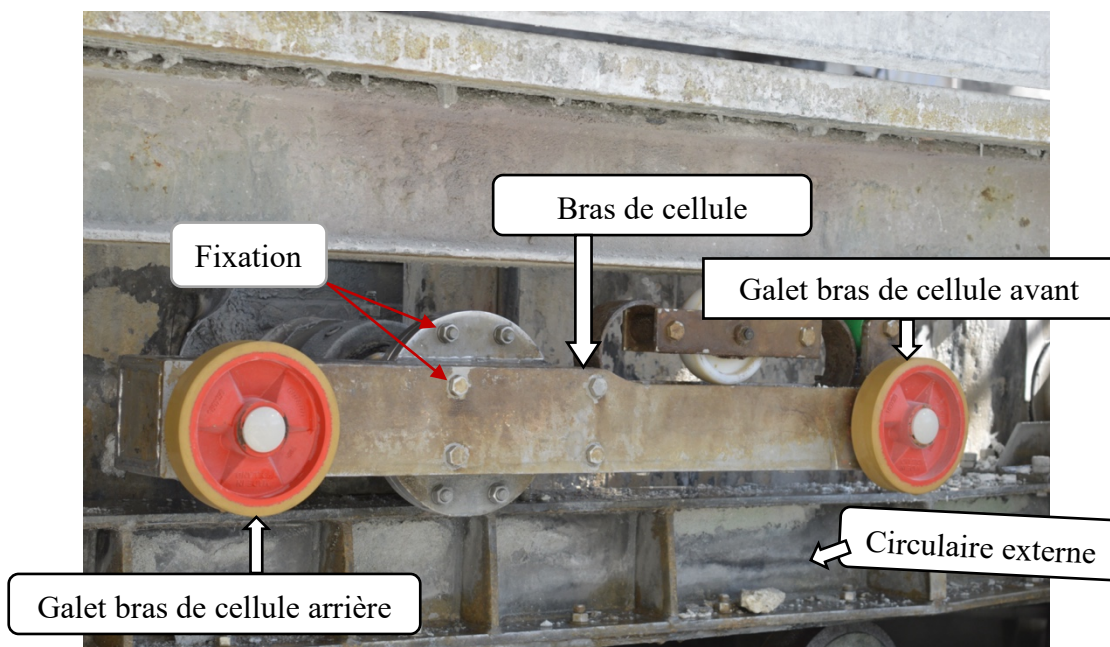


Figure 18 Bras de cellule

6.2.7 Chemin de basculement

Le chemin de basculement sert à renverser la cellule pour décharger le solide resté pendant la filtration. Il retourne à sa position initiale, après nettoyage par les rampes de lavage, pour recharger le produit à filtrer. Il est constitué des différentes comes conçues sur mesure pour renverser la cellule en toute sécurité. Le réglage de la position de ces comes est primordial pour assurer un fonctionnement sans choc sur les axes de galets des bras de cellule.

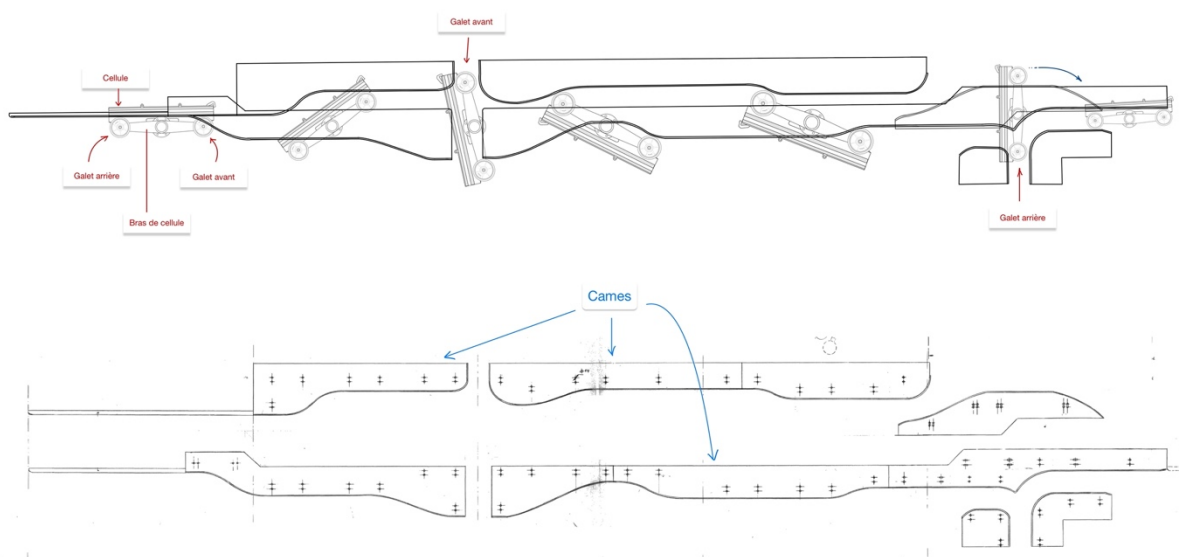


Figure 19 Chemin de basculement

7 Maintenance filtre 18

Le tableau ci-dessous représente les différentes parties du filtre 18 et la maintenance qu'on peut faire sur chaque partie. On y retrouve le nom, la description de la fonctionnalité à obtenir, l'action ponctuelle et l'action plan de maintenance. Ce tableau est établi sur base des plans de maintenance proposés par le constructeur et l'expérience des mécaniciens de l'atelier Est ayant en charge la maintenance des filtres de l'unité acide phosphorique.

Tableau 3 Maintenance filtre 18

Nom	Description de la fonctionnalité à obtenir	Action ponctuelle	Action plan de maintenance
7.1 Cellules			
Bras de cellule	Les bras de cellule doivent être bien fixés sur la bride de la cellule.		Lors d'un remplacement de bras pour cellule du Filtre 18, finaliser la fixation du bras sur le Filtre 18 : positionner la cellule à l'horizontal et régler la position du bras (sens anti horlogique). Fixation avec visserie inox316 + serrage de l'écrou avec allonge + mise en place d'un contre écrou et 3 cordons de soudure. Lors d'un remplacement de bras cellule au sol, placer l'étiquette sur le bras pour attirer l'attention lors du montage : «finaliser la fixation du bras sur le F18» ; Inspection hebdomadaire des fixations des bras de cellules :

			présence des contre écrous et pas de fissure aux soudures.
Bras de cellule	Les axes de galets de bras de cellule ne doivent pas casser.	Établir une liste de suivi du remplacement des bras et axe de galets de bras de cellule pour gérer la maintenance systématique. Lors de la révision des cellules F18, indiquer le N° sur les cellules et bras. Tenir l'historique de suivi des remplacements.	Remplacer systématiquement, une fois par an, les axes de galet de bras de cellule. A réaliser en atelier lors de la dépose des 3 cellules pour nettoyage.
Bras de cellule	Les galets de bras de cellule doivent bien guider la cellule dans le chemin de basculement (pas de jeu entre roulement galet et axe du bras, pas d'axe du bras plié, galet avec bandage PU correct).		En marche, inspecter la position des galets et identifier les galets avec axe plié pour prévoir le remplacement (si nécessaire en crash). En arrêt hebdomadaire, inspecter les galets de bras de cellule et remplacer les galets avec jeu excessif ou axe plié.
7.2 Chemin de basculement			
Cames	Les cames doivent être correctement fixées.	Acheter UPN100 inox 316 et cornières avec trous oblongs.	En arrêt hebdomadaire, inspecter les soudures des fixations des cames du chemin du basculement et ressouder les éléments fissurés. En marche, inspecter le chemin de basculement et les fixations pour détecter les éventuelles fissures à

			ressouder lors de l'arrêt hebdomadaire.
7.3 Circulaires			
Bras de liaison	Les bras de liaison doivent être correctement fixés aux circulaire interne et externe.		Circulaire interne : nettoyer et vérifier les fixations par boulons des 9 bras de liaison sur la circulaire interne. Circulaire externe : nettoyer et vérifier les fixations par boulons des 9 bras de liaison sur la circulaire externe.
7.4 Distributeur/marmite			
Chaine étoile	La chaine de liaison entre circulaire interne et étoile doit être bien réglée.		Vérifier la tension suffisante de la chaine (réglage avec tige filetée) et l'absence de contact métal-métal sur le taquet. Protéger la vis de réglage avec la bande denso. Sur la circulaire interne : la chaine doit être un peu détendue. Sur l'étoile : la chaine doit être tendue.
Chaine étoile	Les éléments de la chaine de liaison entre circulaire et étoile doivent être bien fixés.		Sur la circulaire interne : vérifier les fixations boulonnées. Vérifier l'absence de fissures et l'état d'usure dans les maillons. Vérifier l'absence de fissures dans les soudures des fixations de la chaine de liaison de la circulaire interne. Sur l'étoile : vérifier l'absence de fissures et l'état d'usure dans les maillons. Vérifier l'absence de fissures dans les soudures des fixations de la chaine de liaison avec l'étoile.

7.5 Niveau de propreté

Bavettes autour de la circulaire	Les bavettes placées autour de la circulaire et l'étoile doivent être bien fixés.	Établir un plan d'implantation des bavettes autour du F18. Après le remplacement des profilés sur les tôles de propreté de la circulaire externe, fabriquer de nouvelles bavettes. Réaliser le plan de détails des bavettes fabriquées.	Remplacer les bavettes usées ou déchirées.
Galets porteurs	Les galets doivent être libres et propres.		Circulaire externe : nettoyage en marche. Circulaire interne : nettoyer l'environnement autour des galets et le plancher isophthalique autour du distributeur du F18.
Motorisation	Le réducteur doit être protégé contre les projections acides.	Nettoyer manuellement le réducteur de la motorisation pour inspecter les fixations et le niveau d'huile. Fabriquer et placer la protection PP en U autour du réducteur de la commande du F18.	Garder l'espace propre autour de la motorisation : vérifier la présence de la protection PP, vérifier les fixations et l'accès au voyant d'huile.
Pulvérisateurs sur circulaires	Les pulvérisateurs doivent nettoyer les circulaires. En fonctionnement, les circulaires doivent être propres, le métal à nu.		Installation en marche, inspecter le bon fonctionnement des pulvérisateurs et la bonne orientation.

Tôles de propreté	Les tôles de propreté doivent retenir les projections.	Acheter 35m de profilé inox 316 pour la circulaire externe. Remplacer les profilés à placer sur les tôles de propreté de la circulaire externe. Remplacer les profilés à placer sur les tôles de propreté de la circulaire interne.	Vérifier la présence des tôles de propreté. Vérifier les fixations avec la visserie inox 316. Remplacer les tôles manquantes.
-------------------	--	---	---

7.6 Supportage filtre

Galets porteurs	Le bandage PU des galets porteurs ne doit pas être fissuré. Le bandage PU doit tourner avec le moyeu métallique.		En arrêt hebdomadaire, inspecter les galets porteurs de la circulaire interne et déterminer les galets à remplacer. En marche, inspecter les galets porteurs de la circulaire externe et déterminer les galets à remplacer.
Galets porteurs	Les galets doivent être réglés en hauteur pour positionner correctement les circulaires.		En arrêt annuel, relever la position en hauteur des circulaires et régler les supports de galets pour corriger la position des circulaires.
Galets porteurs	Les axes de galet porteurs doivent être graissés.		Graissage de l'axe de tous les galets porteurs de circulaires interne et externe.
Galets porteurs	Les pivots du support de galet doivent rester en position.		Vérifier la présence de goupille pour le maintien du pivot de la chaise, support du galet porteur.

7.7 Transmission rotation

Arbre de commande	Le guidage dans l'arbre de commande		Vérifier l'absence de jeu dans l'arbre de commande : faire le
-------------------	-------------------------------------	--	---

	doit se faire sans jeu (usure) interne.		levier entre les dents du pignon et de la crémaillère.
Arbre de commande	L'arbre de commande doit être graissé		Graissage de l'arbre de commande : 1 point de graissage.
Arbre de commande	L'arbre de commande doit être bien fixé.		Vérifier les fixations de la taque sur le béton. Nettoyer et vérifier les fixations du collier + placer une protection de la bande denso.
Arbre de commande	L'accouplement doit être protégé contre la corrosion.	Nettoyer et remplacer la protection denso autour de l'accouplement de l'arbre de commande du filtre 18.	Vérifier la présence de la bande denso autour de l'accouplement de l'arbre de commande.
Crémaillère	Les dents de la crémaillère doivent permettre l'engrènement avec le pignon.		Retourner les segments de crémaillère selon l'usure. A réaliser après 2 ans de fonctionnement minimum. Après usure de 2 flancs de denture, prévoir le remplacement des segments.
Crémaillère	Les segments de crémaillère doivent être bien fixés.		Vérifier les fixations par boulons. Vérifier la présence éventuelle de fissures.
Pignon	Les dents du pignon doivent engrener avec la crémaillère.		Retourner le pignon après 6 mois de fonctionnement. Prévoir déposer le pignon pour prise de mesures de l'arbre avant usinage du pignon. Remplacer le pignon 1X/an. Inspecter le flanc de travail de la denture du pignon. Attention : le pignon a peut-être été retourné.
7.8 Tuyaux de liaison			
Support tuyau liaison	Le support en tubes doit être bien fixé.		Vérifier les fixations boulonnées et l'absence de fissures sur le support.
Tuyau de liaison	Les tuyaux de liaison entre cellule et		Placer 1 collier de serrage coté cellule sur le tuyau de liaison.

	distributeur doivent être bien fixé pour éviter le déboitement et empêcher une entrée d'air dans le circuit de vide du filtre 18.		
Tuyau de liaison	Les tuyaux de liaison entre cellule et distributeur doivent être étanches pour empêcher une entrée d'air dans le circuit de vide du filtre 18.		Inspecter visuellement les tuyaux de liaison du filtre 18 et remplacer les tuyaux troués.
Tuyau de liaison	Les tuyaux de liaison entre cellule et distributeur doivent garder leur section de passage à l'intérieur (pas d'écrasement ou décollage du caoutchouc lors de la mise sous vide).		Inspecter visuellement l'intérieur des tuyaux de liaison du filtre 18 démontés lors des arrêts hebdomadaires.
Tuyau de liaison	Les tuyaux de liaison entre cellule et distributeur doivent être protégés extérieurement contre le frottement sur le support métallique.		Mise en place de coquilles en PP maintenues avec 2 colliers de serrage autour du tuyau de liaison. Les coquilles en PP portent sur le support métallique. Attention : les coquilles mal positionnées sur le support métallique peuvent provoquer un déboitement du tuyau de liaison lorsque le tuyau passe au-dessus du pignon d'entraînement.

8 Maintenance filtre 24

Le tableau ci-dessous représente les différentes parties du filtres 24 et la maintenance qu'on peut faire sur chaque partie. On retrouver le nom, la description de la fonctionnalité à obtenir, l'action ponctuelle et l'action plan de maintenance. Ce tableau est établi sur base des plans de

maintenance proposés par le constructeur et l'expériences des mécaniciens de l'atelier Est ayant en charge la maintenance des filtres de l'unité acide phosphorique.

Tableau 4 Maintenance filtre 24

Nom	Description de la fonctionnalité à obtenir	Action ponctuelle	Action plan de maintenance
8.1 Cellules			
Bras de cellule	Les bras de cellule doivent être bien fixés sur la bride de la cellule.		
Galets bras de cellule	Les axes de galets de bras de cellule ne doivent pas casser.	Établir une liste de suivi du remplacement des bras et axe de galets de bras de cellule pour gérer la maintenance systématique.	Remplacer systématiquement une fois par an les axes de galet de bras de cellule. A réaliser sur le filtre 24
Galets bras de cellule	Les galets de bras de cellule doivent bien guider la cellule dans le chemin de basculement (pas de jeu entre roulement, galet et axe du bras, pas d'axe du bras plié, galet avec bandage PU correct).		En marche, inspecter la position des galets et identifier les galets avec axe plié pour prévoir son remplacement (si nécessaire en crash). En arrêt hebdomadaire, inspecter les galets de bras de cellule et remplacer les galets avec jeu excessif ou axe plié.
Horizontalité	Les cellules du filtre 24 doivent être placées à l'horizontale		Contrôle de l'horizontalité : en marche, observer chaque cellule et repérer les cellules mal positionnées.

	sur le filtre 24. (Bonne utilisation du filtre).		Réglage de l'horizontalité : en arrêt hebdomadaire, avec le niveau à bulle placé sur la grille de la cellule, ajuster la vis de réglage de l'horizontalité.
8.2 Chemin de basculement			
Cames	Les cames doivent être correctement fixées.		En arrêt hebdomadaire, inspecter les soudures des fixations des cames du chemin du basculement et ressouder les éléments fissurés. En marche, inspecter le chemin de basculement et les fixations pour détecter les éventuelles fissures à ressouder lors de l'arrêt hebdomadaire.
8.3 Circulaires			
Bras de liaison	Les bras de liaison doivent être correctement fixés aux circulaire interne et externe.		Circulaire interne : nettoyer et vérifier les fixations par boulons des 9 bras de liaison sur la circulaire interne. Circulaire externe : nettoyer et vérifier les fixations par boulons des 9 bras de liaison sur la circulaire externe.
8.4 Distributeur/marmit			
Chaine étoile	La chaine liaison entre circulaire interne et étoile doit être bien réglée.		Vérifier la tension suffisante de la chaine (réglage avec tige filetée) et l'absence de contact métal-métal sur le taquet. Protéger la vis de réglage avec la bande denso. Sur la circulaire interne : la chaine doit être un peu détendue. Sur l'étoile : la chaine doit être tendue.
Chaine étoile	Les éléments de la chaine de liaison entre		Sur la circulaire interne : vérifier les fixations boulonnées. Vérifier

	circulaire et étoile doivent être bien fixés.		l'absence de fissures et l'état d'usure dans les maillons. Vérifier l'absence de fissures dans les soudures des fixations de la chaîne de liaison de la circulaire interne. Sur l'étoile : vérifier l'absence de fissures et l'état d'usure dans les maillons. Vérifier l'absence de fissures dans les soudures des fixations de la chaîne de liaison avec l'étoile.
8.5 Niveau de propreté			
Galets porteurs	Les galets doivent être libres et propres.		Circulaire externe : nettoyage en marche si nécessaire. Circulaire interne : nettoyer l'environnement autour des galets et le plancher isophtalique autour du distributeur en arrêt hebdomadaire.
Pulvérisateurs sur circulaires	Les pulvérisateurs doivent nettoyer les circulaires. En fonctionnement, les circulaires doivent être propres, métal à nu.		Installation en marche, inspecter le bon fonctionnement des pulvérisateurs et la bonne orientation.
8.6 Supportage filtre			
Galets porteurs	Le bandage PU des galets porteurs ne doit pas être fissuré. Le bandage PU doit tourner avec le moyeu métallique.		En arrêt hebdomadaire, inspecter les galets porteurs de la circulaire interne et déterminer les galets à remplacer. En marche, inspecter les galets porteurs de la circulaire externe et déterminer les galets à remplacer.
Galets porteurs	Les galets doivent être réglés en hauteur pour positionner		En arrêt annuel, relever la position en hauteur des circulaires et régler les supports de galets pour corriger la position des circulaires.

	correctement les circulaires.		
Galets porteurs	Les axes de galet porteurs doivent être graissés.		Graissage de l'axe de tous les galets porteurs de circulaires interne et externe.
Galets porteurs	Les pivots du support de galets doivent rester en position.		Vérifier la présence de goupille pour le maintien du pivot de la chaise support du galet porteur.
8.7 Transmission rotation			
Arbre de commande	Le guidage dans l'arbre de commande doit se faire sans jeu (usure) interne.		Vérifier l'absence de jeu dans l'arbre de commande : faire levier entre dents du pignon et de la crémaillère.
Arbre de commande	L'arbre de commande doit être graissé		Graissage de l'arbre de commande : 1 point de graissage.
Arbre de commande	L'arbre de commande doit être bien fixé.		Vérifier les fixations de la taque sur le béton. Nettoyer et vérifier les fixations du collier + placer la protection de bande denso.
Arbre de commande	L'accouplement doit être protégé contre la corrosion.		Vérifier présence de bande denso autour de l'accouplement de l'arbre de commande.
Crémaillère	Les dents de la crémaillère doivent permettre l'engrènement avec le pignon.		Retourner les segments de crémaillère selon l'usure. A réaliser après 2 ans de fonctionnement minimum. Après usure de 2 flancs de denture, prévoir le remplacement des segments.
Crémaillère	Les segments de crémaillère doivent être bien fixé.		Vérifier les fixations par boulons. Vérifier présence éventuelle de fissures.
Motorisation	Le réducteur doit être protégé contre les projections de poussière au 3 ^{ème} étage.	Remise en ordre du toit protégeant la commande du filtre 24.	Garder l'espace propre autour de la motorisation : vérifier la présence de la protection PP, vérifier les fixations et les accès au voyant d'huile.

Pignon	Les dents du pignon doivent engrener avec la crémaillère.		Retourner le pignon après 6 mois de fonctionnement. Prévoir déposer le pignon pour prise de mesures de l'arbre avant usinage du pignon. Remplacer le pignon une fois par an.
Pignon	Les dents du pignon doivent engrener avec la crémaillère.		Inspecter le flanc de travail de la denture du pignon. Attention : le pignon a peut-être été retourné.

8.8 Tuyaux de liaison

Support tuyau liaison	Le support en tubes doit être bien fixé.		Vérifier les fixations boulonnées et absence de fissures sur le support.
Tuyau de liaison	Les tuyaux de liaison entre cellule et distributeur doivent être bien fixés.		Côté distributeur : assemblage par bride boulonnée. Côté cellule : mise en place de 2 colliers de serrage pour appliquer le tuyau de liaison sur le tourillon.
Tuyau de liaison	Les tuyaux de liaison entre cellule et distributeur doivent être protégés extérieurement contre le frottement sur le support métallique.		Mise en place de coquilles en PP maintenues avec 2 colliers de serrage autour du tuyau de liaison. Les coquilles en PP portent sur le support métallique.
Tuyau de liaison	Les tuyaux de liaison entre cellule et distributeur doivent être étanches pour empêcher une entrée d'air dans le circuit de vide du filtre 24.		Inspecter visuellement les tuyaux de liaison du filtre 18 et remplacer les tuyaux troués.
Tuyau de liaison	Les tuyaux de liaison entre cellule et distributeur doivent garder leur section de passage à l'intérieur (pas d'écrasement ou décollage du		Inspecter visuellement l'intérieur des tuyaux de liaison du filtre 24 démontés lors des arrêts hebdomadaire.

	caoutchouc lors de la mise sous vide.		
--	--	--	--

9 Historique des arrêts non planifiés sur les 2 filtres

Le plan de maintenance qui est établi, nécessite adaptation et mise à jour. C'est un outil de travail qui est vivant et doit-être complété au fur et à mesure de la vie de l'équipement. Les pannes et les casses sur les équipements sont des sources d'amélioration du plan de maintenance. A partir de l'historique des arrêts non planifiés sur les filtres 18 et 24, et en tenant compte de la fréquence des pannes, j'ai essayé de vérifier l'adéquation du plan de maintenance pour prévenir certaines pannes avant qu'elles ne se produisent.

9.1 Base de données

Dans le tableau ci-dessous, on retrouve les différentes pannes avec la date, la durée, l'équipement et la désignation de la panne.

Tableau 5 Historique des arrêts non planifiés

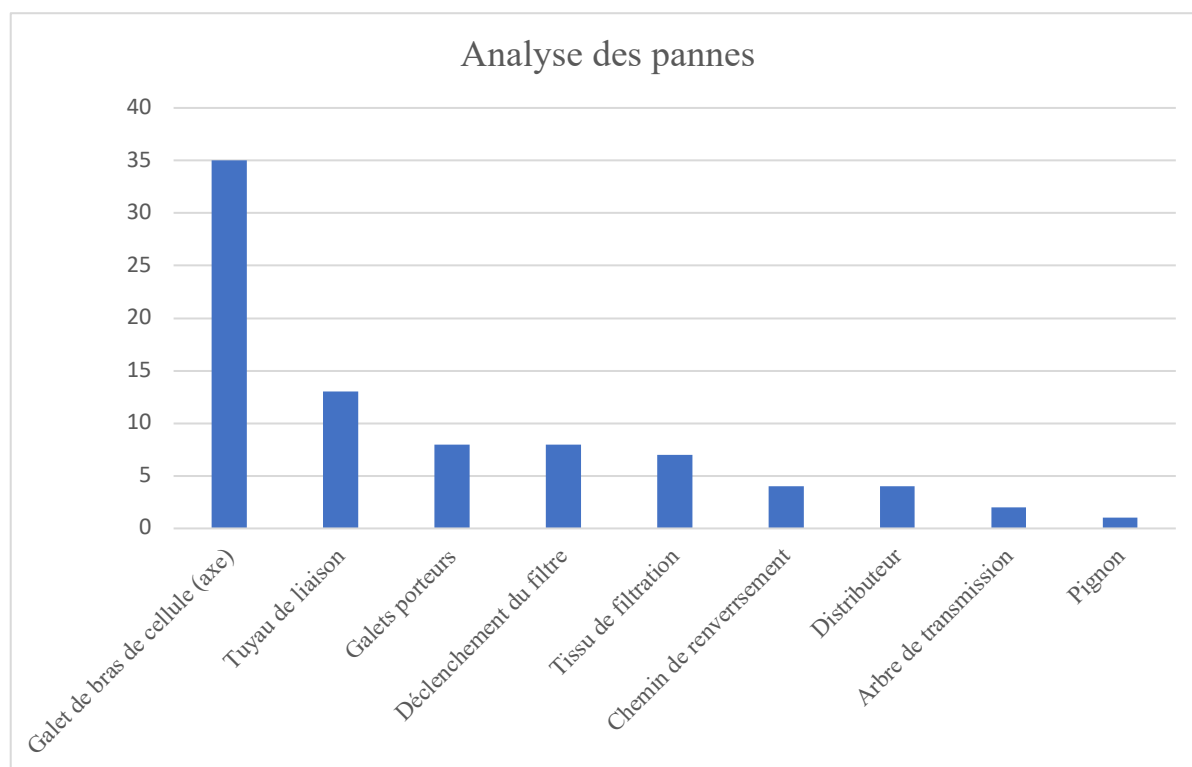
Date	Durée	Équipement	Libellé panne	Mois	Année
20/01/19	1,25	Filtre 18	Remplacer tuyau de liaison 15 au filtre 18	1	2019
9/02/19	1,3	Filtre 18	Galet 14 filtre 18 cassé.	2	2019
9/02/19	0,12	Filtre 18	Filtre 18 déclenche	2	2019
24/02/19	1,16	Filtre 18	Galet 15 déjanté au filtre 18	2	2019
17/03/19	4,92	Filtre 18	Remplacer bras de cellule 17 au filtre 18	3	2019
19/04/19	1,25	Filtre 18	Fin de course filtre 18	4	2019
5/05/19	0,4	Filtre 18	Remplacer clame cellule filtre 18	5	2019
10/05/19	0,1	Filtre 18	Filtre 18 déclenche	5	2019
25/06/19	0,25	Filtre 18	Remplacer clame cellule 9 au filtre 18	6	2019
26/06/19	0,5	Filtre 18	Filtre 18 déclenche	6	2019
26/06/19	1,45	Filtre 18	Remplacer bras de cellule 15 au filtre 18	6	2019
10/07/19	0,6	Filtre 18	Réparer bras de cellule emplacement n°15 au filtre 18	7	2019
27/09/19	0,2	Filtre 18	Refixer plat de cellule.	9	2019
9/10/19	4,3	Filtre 18	Galet de cellule 14 cassé	10	2019
28/11/19	2,8	Filtre 18	Axe galet cellule emplacement n°10 cassé	11	2019
5/12/19	0,83	Filtre 18	Refixer chemin de roulement du filtre 18	12	2019
10/12/19	1,17	Filtre 18	Remplacer tuyau de liaison cellule emplacement n°13 au filtre 18	12	2019

29/12/19	4,16	Filtre 18	Ressouder chemin de roulement du filtre 18	12	2019
18/02/20	3,5	Filtre 18	Ressouder chemin de roulement	2	2020
2/03/20	5,7	Filtre 18	Galet déjanté au filtre 18, remplacer bras de cellule.	3	2020
6/03/20	2,3	Filtre 18	Changer galet n°4 au filtre 18.	3	2020
23/05/20	1,1	Filtre 18	Remplacer galet bras de cellule.	5	2020
25/05/20	1,0	Filtre 18	Remplacer tuyau de liaison au filtre 18	5	2020
1/06/20	10,3	Filtre 18	Galet centreur filtre 18 cassé. 6 cellules retournées.	6	2020
9/06/20	0,65	Filtre 18	Galet bras de cellule filtre 18.	6	2020
14/06/20	2,0	Filtre 18	Filtre 18 ne démarre pas.	6	2020
14/06/20	1,1	Filtre 18	Bras de cellule dessoudé au filtre 18	6	2020
14/06/20	0,9	Filtre 18	Filtre 18 déclenche	6	2020
21/07/20	0,5	Filtre 18	Remplacer 4 galets bras de cellule filtre 18	7	2020
17/08/20	2,0	Filtre 18	Cellule retournée	8	2020
17/08/20	1,5	Filtre 18	Remplacer tuyau de liaison déchiré	8	2020
21/08/20	2,6	Filtre 18	Remplacer galet cellule emplacement n°2 au filtre 18	8	2020
24/08/20	0,3	Filtre 18	Remplacer galet au filtre 18	8	2020
31/08/20	1,4	Filtre 18	Galet bras de cellule emplacement n°1 déjanté au f18	8	2020
15/09/20	0,8	Filtre 18	Remplacer galet bras de cellule emplacement n°3 au filtre 18	9	2020
18/09/20	0,5	Filtre 18	Filtre 18 déclenche	9	2020
28/09/20	1,4	Filtre 18	Filtre 18 arrêté par défaillance contact moustache 2x (10'+75')	9	2020
5/10/20	0,4	Filtre 18	Fin de course sécurité remplacé	10	2020
19/10/20	1,9	Filtre 18	Bras de cellule n°16 déboulonné.	10	2020
22/10/20	1,1	Filtre 18	Replacer tuyau de liaison n°13 au filtre 18 (déboité)	10	2020
3/11/20	0,5	Filtre 18	Remplacer galet cellule 17	11	2020
13/11/20	0,6	Filtre 18	Remplacer tuyau de liaison	11	2020
16/11/20	0,8	Filtre 18	Remplacer galet des cellules 5 et 6.	11	2020
20/11/20	0,2	Filtre 18	Remettre coquille sur tuyau de liaison	11	2020
7/12/20	0,5	Filtre 18	Remplacer tuyau de liaison	12	2020
9/12/20	2,7	Filtre 18	Remplacer galet cellule filtre 18	12	2020
21/12/20	3,3	Filtre 18	Cellule 14 retournée au filtre 18	12	2020
30/12/20	3,8	Filtre 18	Axe galet arrière cellule 15 cassé	12	2020
3/01/19	2,5	Filtre 24	S sous distributeur filtre 24 pas remonté après changement de lavage	1	2019
4/01/19	1,42	Filtre 24	Remplacer tuyau liaison 8-9 au filtre 24	1	2019

2/02/19	1,08	Filtre 24	Déclenchement filtre 24	2	2019
10/02/19	0,66	Filtre 24	Fin de course sécurité f24	2	2019
11/02/19	1,08	Filtre 24	Remplacer tuyau liaison 21 au filtre 24	2	2019
12/02/19	0,84	Filtre 24	Remplacer tuyau 1 ^{ère} lavage	2	2019
12/02/19	8,16	Filtre 24	Cellule filtre 24 retournée	2	2019
7/03/19	0,75	Filtre 24	Remplacer tissu filtre 24	3	2019
27/03/19	1	Filtre 24	Remplacer tuyau liaison 9 au filtre 24	3	2019
27/03/19	1	Filtre 24	Remplacer tissu 6 au filtre 24	3	2019
29/03/19	3,25	Filtre 24	Cellule 21 du filtre 24 retournée	3	2019
30/03/19	5	Filtre 24	Cellule 21 du f24 retournée	3	2019
11/04/19	1,66	Filtre 24	Remplacer tuyau liaison 11 au filtre 24	4	2019
14/04/19	1,5	Filtre 24	Remplacer tuyau liaison 10 au filtre 24	4	2019
26/04/19	1,83	Filtre 24	Remplacer tissu 9 et 11 au filtre 24	4	2019
30/04/19	1	Filtre 24	Cellule 4 au filtre 24 ne passe pas.	4	2019
31/05/19	0,5	Filtre 24	Rupture bras de cellule filtre 24	5	2019
16/06/19	6,92	Filtre 24	Cellule 1 retournée au filtre 24	6	2019
26/06/19	6,6	Filtre 24	Cellule 24 retournée au filtre 24	6	2019
31/07/19	0,3	Filtre 24	Moustache filtre 24 endommagée pendant remplacer rampe dos de cellule	7	2019
4/11/19	0,7	Filtre 24	Ressouder chemin de roulement du filtre 24	11	2019
7/11/19	2,4	Filtre 24	Remplacer tissus au filtre 24.	11	2019
13/12/19	7,55	Filtre 24	Cellule retournée au filtre 24	12	2019
14/12/19	4,9	Filtre 24	Cellule retournée au filtre 24	12	2019
15/12/19	0,16	Filtre 24	Détecteur rotation filtre 24	12	2019
26/12/19	0,5	Filtre 24	Changer tuyau de liaison cellule emplacement n°3 au filtre 24	12	2019
7/01/20	5,4	Filtre 24	Cellule f24 retournée.	1	2020
7/01/20	0,6	Filtre 24	Remplacer tissu n°2 au filtre 24.	1	2020
15/01/20	0,1	Filtre 24	F24 déclenche	1	2020
4/02/20	5,3	Filtre 24	Cellules 3 et 21 ne passent pas.	2	2020
10/02/20	0,6	Filtre 24	Ressouder chemin de roulement	2	2020
22/03/20	3,4	Filtre 24	Changer 3 galets porteurs au filtre 24.	3	2020
10/05/20	0,3	Filtre 24	Entrée d'air dans distributeur filtre 24 (placer para)	5	2020
11/05/20	0,8	Filtre 24	Entrée d'air dans distributeur filtre 24 (placer para)	5	2020
30/06/20	4,0	Filtre 24	Réparer + souder pignon de commande du filtre 24	6	2020
17/07/20	1,3	Filtre 24	Changer tissu 15 rétracté au filtre 24	7	2020

21/07/20	0,5	Filtre 24	Remplacer tissu n°2 du filtre 24.	7	2020
31/07/20	4,5	Filtre 24	Changer galet porteur + souder circulaire interne filtre 24 (vendredi après ah)	7	2020
15/09/20	0,8	Filtre 24	Remplacer galet bras de cellule emplacement n°22 au filtre 24	9	2020
8/11/20	7,1	Filtre 24	Cellule 5 retournée au filtre 24	11	2020
19/11/20	0,3	Filtre 24	Remplace galet droit bras de cellule 20	11	2020
20/11/20	2,0	Filtre 24	Cellule 2 retournée au filtre 24	11	2020
22/11/20	1,3	Filtre 24	Galet bras de cellule n°2	11	2020
6/12/20	4,9	Filtre 24	Arbre de transmission cassé: soudure bride d'accouplement à l'intercalaire 5e étage.	12	2020
9/12/20	4,8	Filtre 24	Arbre transmission rotation filtre 24: soudure bride d'accouplement à l'intercalaire 5e étage.	12	2020
24/12/20	2,9	Filtre 24	Distributeur fissure sur entrée gaz dans distributeur (étanchéité avec mousse pu)	12	2020

Après analyse de la base de données, une cause principale apparaît : casse de l'axe de galet de bras de cellule.



L'axe de galet arrière du bras de cellule casse à cause des chocs sur la came. Si la came est trop basse, il y a l'effort qui s'applique sur l'axe, si c'est répétitif l'axe risque de casser.

Pour l'axe de galet avant du bras de cellule, quand la came est plus haute, le galet avant applique plus d'effort sur la came, si c'est répétitif l'axe casse.

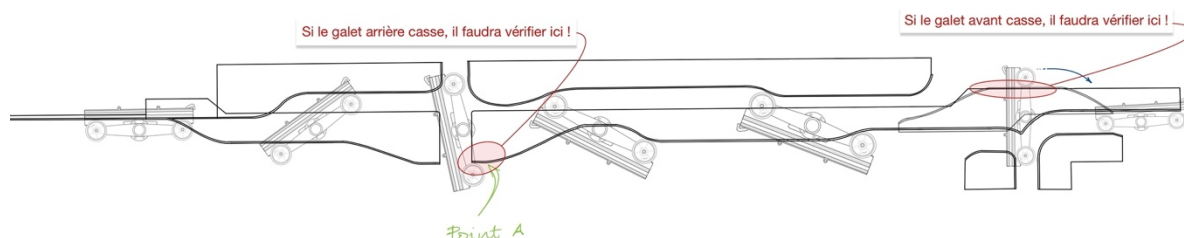


Figure 20 Casse des galets sur le chemin de basculement

Plus d'espace entre galet et chemin de renversement entraîne les chocs et rebondissements. Sur le point A, l'atelier a ajouté une plaque métallique pour réduire l'espace constaté entre le galet de la cellule et le chemin de basculement. Ceci pour combler l'espace trop important entre ceux-ci.

9.2 Résultats des actions et de fiabilisation

Dans le tableau ci-dessous, on retrouve la désignation poste technique, le mois, la durée totale d'arrêt maintenance et la perte financière des arrêts non planifiés des filtres pour l'année de 2020.

Tableau 6 Calculs de coûts des arrêts non planifiés filtre 18 et filtre 24 2020

Désignation poste technique	Mois	Durée totale	Perte financière
Filtre 18	2	3,5	10500
	3	8,03	24090
	5	2,1	6300
	6	14,94	44820
	7	0,5	1500
	8	7,75	23250
	9	2,7	8100
	10	3,4	10200
	11	2,06	6180
	12	10,23	30690
Total Filtre 18		55,21	165630€
Filtre 24	1	6,07	18210

	2	5,93	17790
	3	3,4	10200
	5	1,1	3300
	6	3,97	11910
	7	6,26	18780
	9	0,8	2400
	11	10,65	31950
	12	12,58	37740
Total Filtre 24		50,76	152280€

Estimation de la perte financière d'une heure d'arrêt de l'unité de production attaque filtration

500 Tonnes/jour => 1 heure de production = $\pm$ 20 Tonnes

150€/Tonne d'acide (écart entre prix d'achat de l'acide phosphorique sur le marché international et le prix de revient de l'acide phosphorique produit au P2 de Engis).

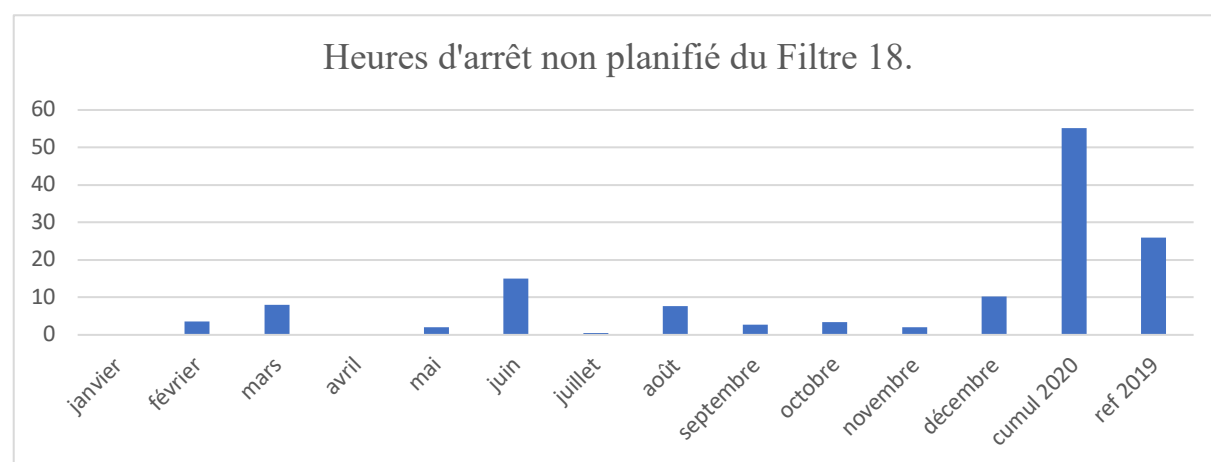
Une heure d'arrêt de maintenance = $\pm$ 3000€

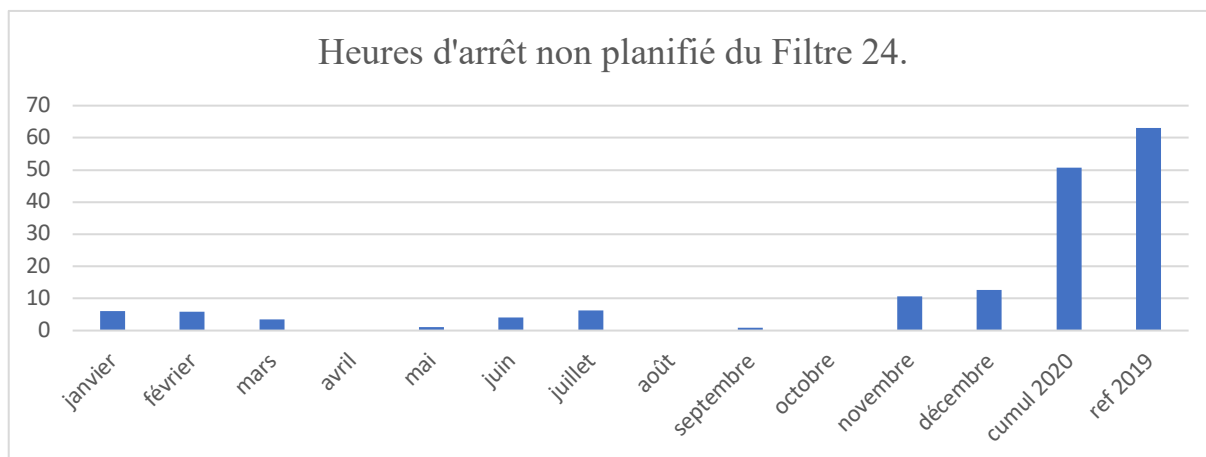
L'estimation totale des pertes financières pour l'année 2020 est de $\pm$ 318000€ causées uniquement par le filtre 18 et le filtre 24.

Les équipements critiques comme les filtres sont soumis à un suivi mensuel des pannes. Chaque mois, une mise à jour des heures de pannes est réalisée et un suivi des actions en cours, ou à réaliser, est effectué.

Tableau 7 Tableau de graphiques d'arrêts non planifiés filtre 18 et filtre 24

	Janv.	Fév.	mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Cumul 2020	Réf. 2019
F18	0	3,5	8,03	0	2,1	14,94	0,5	7,75	2,7	3,4	2,06	10,23	55	26
F24	6,07	5,93	3,4	0	1,1	3,97	6,26	0	0,8	0	10,65	12,58	51	63





10 Analyse des données de vie des pièces

Analyse du tableau de remplacement des galets porteurs filtre 18 : les galets porteurs cassent souvent à cause de hauteurs différentes entre les galets porteurs. Le niveau de hauteur se mesure sur la circulaire externe par le Laser. Quand il y a un galet porteur qui est plus bas, le galet suivant supporte plus de charge que le galet qui précède, ce qui peut provoquer la casse du galet qui supporte plus de charge. La hauteur ne provoque pas seulement la casse des galets porteurs, mais aussi la casse des galets de bras de cellule ou leurs axes. Si la hauteur change sur la partie de chemin de renversement, les galets de bras de cellule cassent à cause des chocs ou des rebondissements sur le chemin de renversement.

Tableau 8 Tableau de suivi des galets porteurs filtre 18

N°	Date	Date	Date	Date	Date	Date	Date
1	6/05/21						
2	29/12/20	7/01/21	21/01/21	18/02/21	11/03/21	22/04/21	
3	29/10/2020	21/01/21	18/02/21	11/03/21	22/04/21		
4							
5							
6							
7	17/11/2020						
8	24/02/21	15/04/21					
9	15/04/21						
10	29/10/2020						
11	7/01/21	11/03/21					
12	10/12/20	21/01/21	18/02/21	24/02/21			

Après avoir constaté qu'on change souvent le galet N°2 sur le filtre 18, nous avons décidé de vérifier le niveau de hauteur pour les galets 1,2,3 et 4.

11 Utilisation du Laser sur les deux filtres

Nous avons utilisé le Laser sur le filtre pour vérifier le niveau du filtre par rapport à la hauteur des galets porteurs. La hauteur peut changer au niveau des galets porteurs et si cela change, il peut y avoir des pannes sur les différentes parties d'un filtre, comme la casse des galets porteurs, la casse des galets bras de cellule sur le chemin de renversement, l'usure des cames qui constituent le chemin de renversement, ...



Figure 21 Utilisation du Laser sur le filtre

11.1 Contenu du coffre + accessoires



Bloc de piles pour des piles alcaline

Support de la cellule

Cellule FR 77-MM

Laser rotatif FL 115H

Support Accu Li-Ion

Chargeur

Télécommande



Trépied en aluminium



Mire telescopique

Figure 22 Contenu du coffre Laser + accessoires

11.2 Fixation de l'appareil Laser



Fixer l'appareil sur une surface
à peu près plane ou sur un

Vis de fixation



Figure 23 Fixation du Laser sur le trépied

11.3 Fixation de la cellule (récepteur)



Il est possible de fixer la cellule sur
la mire de nivellement ou d'autre
objets, à l'aide du support de cellule

Figure 24 Fixation de la cellule (récepteur)

11.4 Allumer le Laser rotatif FL 115H

Presser le bouton MARCHÉ / ARRÊT pour mettre l'appareil en marche.



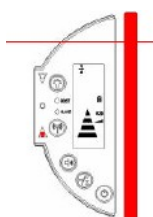
11.5 Allumer la cellule

Presser le bouton MARCHÉ/ARRÊT.



11.6 Réception du faisceau Laser

Allumez le récepteur et après avoir fait tous les réglages nécessaires (c'est-à-dire la précision, le son). Déplacez le récepteur soigneusement de haut en bas pour détecter le faisceau laser.



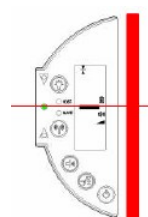
Le voyant „monter vers le laser“ est allumé.

Signal acoustique:
Petit bip lent.



Le voyant „descendre vers le laser“ est allumé.

Signal acoustique: Petit bip rapide.



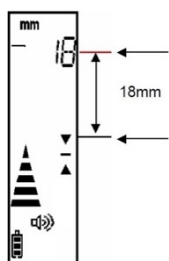
Le voyant „position 0“ est allumé.

Signal acoustique: Bip continu.

Figure 25 Réception du faisceau Laser

11.7 Indication cellule (récepteur)

Si le point 0 de référence du récepteur est par exemple de 18 mm au-dessous du faisceau laser, alors une valeur numérique exacte sera affichée (voir le graphique de gauche).



Le faisceau laser est exactement



Le faisceau laser est 19 mm au-dessus du point de



Le faisceau laser est 35 mm en-dessous du point de

Figure 26 Indication cellule

11.8 Position 0 relative (point de référence)

Dans la plage de ± 20 mm du point de référence standard (= 0-position) une nouvelle position 0 relative peut être déterminée. Appuyez sur le bouton « 0SET » si le faisceau laser frappe la fenêtre de réception, le symbole « 0SET » clignote sur l'écran. Cette position actuelle du faisceau laser est considérée comme la position 0 relative. Appuyez sur le bouton « 0SET » pour revenir au mode standard.



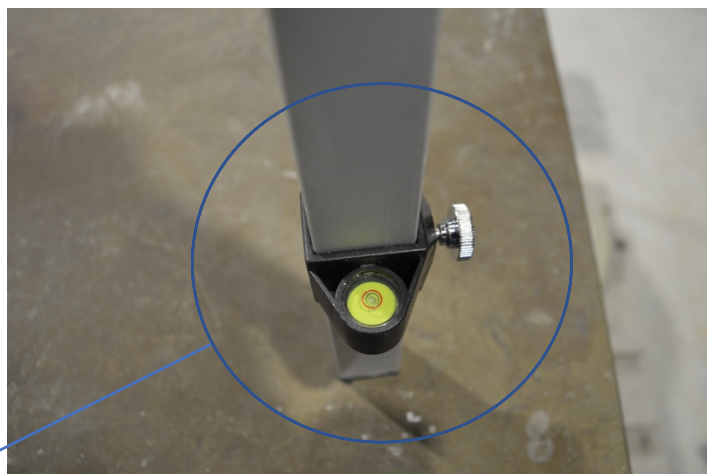
Figure 27 OSET

11.9 Vérification de niveau

Avec la cellule (récepteur) vérifier le niveau sur la partie tournante supporté par les galets.



Figure 28 Vérification du niveau sur le filtre



Pour bien prendre les mesures sur les différents points la bulle doit-être bien au milieu

Figure 29 Vérification du niveau sur la cellule

11.10 Résultats obtenus lors de la vérification de niveau

Suite au nombre important de galets porteurs N°2 cassés sur le filtre 18, nous avons décidé de vérifier le niveau de hauteur entre les galets porteurs. Nous avons effectué les mesures sur les 4 galets porteurs (N°1, N°2, N°3 et le N°4) nous avons constaté que le galet N°3 est 3 mm plus bas que les autres galets ce qui explique la casse de galet N°2. Il était cassé parce qu'il supportait plus de charge que les autres. Le filtre est plus grand mais il doit être bien réglé, quelques millimètres de différence peuvent provoquer les pannes. Le constructeur préconise un réglage de la hauteur du filtre au millimètres.

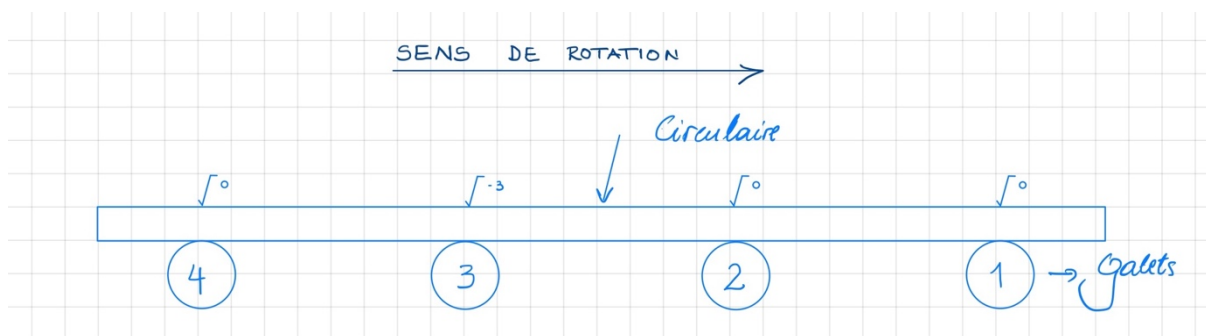


Figure 30 Résultats obtenu lors de la vérification de niveau

Action : remonter le galet par le vis de réglage de hauteur.

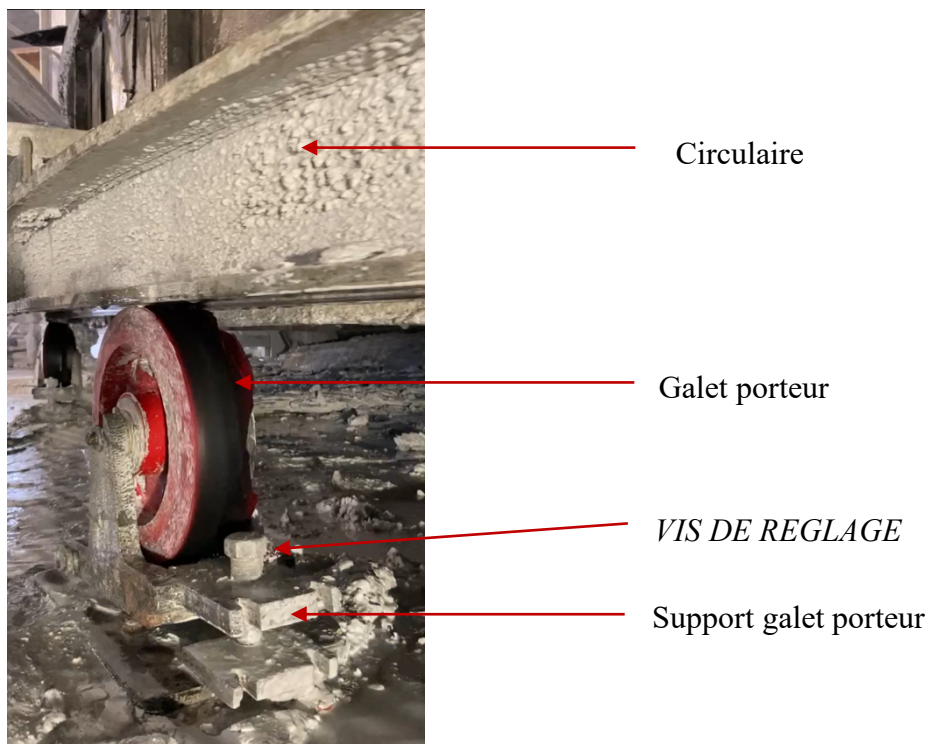


Figure 31 Galet porteur N°2 filtre 18 cassé

Le contrôle de la hauteur du filtre est réalisé en arrêt annuel. Au P2 un arrêt long est programmé tous les deux ans. Avant l'arrêt long était programmé tous les 6 mois. L'application d'utilisation du laser permet de contrôler la hauteur plus rapidement. Maintenant, on peut le faire en arrêt plus court.

12 Autres réalisations durant le stage

En complément du plan de maintenance des filtres, j'ai réalisé différentes fiches de contrôle qui sont actuellement utilisées par la maintenance mécanique pour faciliter le contrôle des machines qui fonctionnent avec le filtre.

12.1 Fiche de contrôle pompes à vide

Les pompes à vide ont pour fonction de créer le vide dans le distributeur du filtre pour aspirer le liquide pendant la filtration. Sur le filtre 18, se trouvent 3 pompes à vide et sur le filtre 24 se trouvent 4 pompes à vide. On contrôle les pompes à vide chaque semaine pour voir s'il y a des entretiens à faire sur les pompes.



Nom :

Date :

FICHE DE CONTRÔLE POMPES À VIDES FILTRE 24

Désignation de la pompe	Vérification des bourrages				Évacuation d'eau du séparateur	Voir échappement (mise à l'air) du séparateur	Entrée d'air au clapet à bille	Vanne de recirculation ouverte	Évacuation des eaux fuite bourrage	État général de la pompe
	Meuse		Route							
Pompe à vide drainage P2238 L03.03	Fuite d'eau bourrage Oui ☐ Non ☐ Oui ☐ Non ☐ Avant réglage Si nécessaire Après réglage Avant réglage Si nécessaire Après réglage Fort ☐ ☐ Fort ☐ ☐ Ok ☐ ☐ Ok ☐ ☐ Pas d'eau ☐ ☐ Pas d'eau ☐ ☐ Contrôle manuel température palier Normal ☐ Élevée ☐ Normal ☐ Élevée ☐ Contrôle manuel température du corps de la pompe Normal ☐ Élevée ☐ Normal ☐ Élevée ☐				Oui ☐ Non ☐	Présence d'eau Oui ☐ Non ☐	Oui ☐ Non ☐	Elle doit toujours être ouverte ! Oui ☐ Non ☐	Boitier propre, tuyau d'évacuation propre Oui ☐ Non ☐	
Pompe à vide drainage P2237 L25.02	Fuite d'eau bourrage Oui ☐ Non ☐ Oui ☐ Non ☐ Avant réglage Si nécessaire Après réglage Avant réglage Si nécessaire Après réglage Fort ☐ ☐ Fort ☐ ☐ Ok ☐ ☐ Ok ☐ ☐ Pas d'eau ☐ ☐ Pas d'eau ☐ ☐ Contrôle manuel température boîte à bourrage Normal ☐ Élevée ☐ Normal ☐ Élevée ☐ Contrôle manuel température de la pompe Normal ☐ Élevée ☐ Normal ☐ Élevée ☐				Oui ☐ Non ☐	Présence d'eau Oui ☐ Non ☐	Oui ☐ Non ☐	Elle doit toujours être ouverte ! Oui ☐ Non ☐	Boitier propre, tuyau d'évacuation propre Oui ☐ Non ☐	

Figure 32 Fiche de contrôle pompes à vide Page 1



Pompe à vide eau mère P2236 L18.01	Fuite d'eau bourrage Oui ☐ Non ☐ Oui ☐ Non ☐ Avant réglage Si nécessaire Après réglage Avant réglage Si nécessaire Après réglage Fort ☐ ☐ Fort ☐ ☐ Ok ☐ ☐ Ok ☐ ☐ Pas d'eau ☐ ☐ Pas d'eau ☐ ☐ Contrôle manuel température boîte à bourrage Normal ☐ Élevée ☐ Normal ☐ Élevée ☐ Contrôle manuel température de la pompe Normal ☐ Élevée ☐ Normal ☐ Élevée ☐				Oui ☐ Non ☐	Présence d'eau Oui ☐ Non ☐	Oui ☐ Non ☐	Elle doit toujours être ouverte ! Oui ☐ Non ☐	Boitier propre, tuyau d'évacuation propre Oui ☐ Non ☐	
Pompe à vide eau mère P2235 L11.03	Fuite d'eau bourrage Oui ☐ Non ☐ Oui ☐ Non ☐ Avant réglage Si nécessaire Après réglage Avant réglage Si nécessaire Après réglage Fort ☐ ☐ Fort ☐ ☐ Ok ☐ ☐ Ok ☐ ☐ Pas d'eau ☐ ☐ Pas d'eau ☐ ☐ Contrôle manuel température boîte à bourrage Normal ☐ Élevée ☐ Normal ☐ Élevée ☐ Contrôle manuel température de la pompe Normal ☐ Élevée ☐ Normal ☐ Élevée ☐				Oui ☐ Non ☐	Présence d'eau Oui ☐ Non ☐	Oui ☐ Non ☐	Elle doit toujours être ouverte ! Oui ☐ Non ☐	Boitier propre, tuyau d'évacuation propre Oui ☐ Non ☐	

Figure 33 Fiche de contrôle pompes à vide Page 2



Plaque signalétique de l'emplacement des pompes

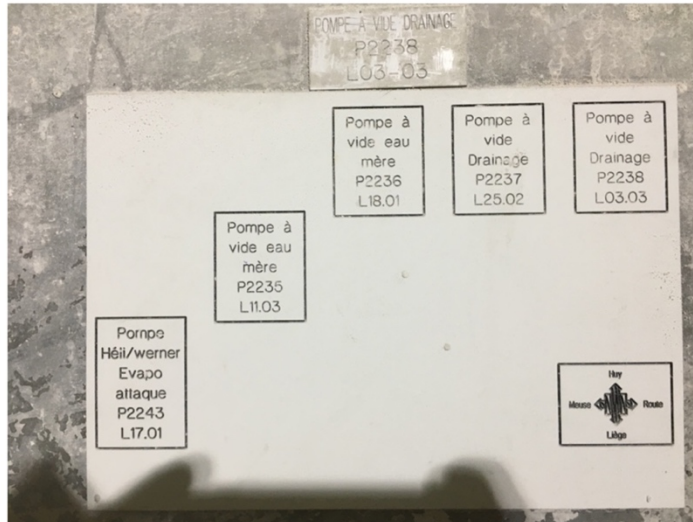


Figure 34 Fiche de contrôle pompes à vide Page 3



- Entrée Flux air
- Réseau circuit de vide
- Sortie Flux air
- Conduite d'échappement mise à l'air de la Pompe à Vide
- Vanne alimentation d'eau d'isolement
- Séparateur air/eau
- Évacuation d'eau du séparateur
- Collecteur d'entrée
- Soupape casse vide
- Palier + Boîte à bourrage (presse étoupe + étanchéité à tresses)
- Clapet à bille pour remplissage eau

Figure 35 Fiche de contrôle pompes à vide Page 4

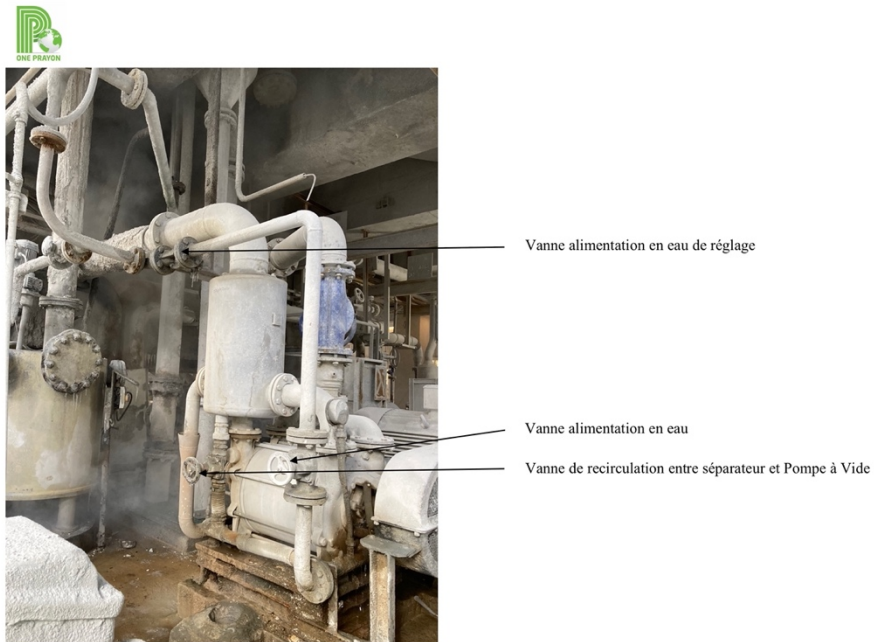
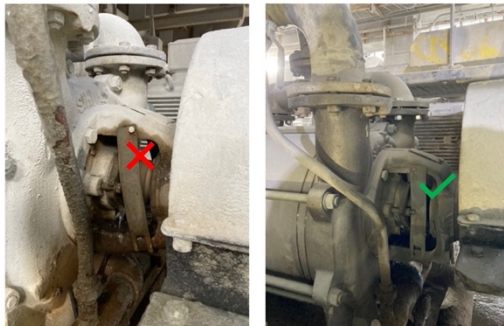


Figure 36 Fiche de contrôle pompes à vide Page 5



NOTES

La protection qui se trouve sur le palier doit être bien mise pour qu'on puisse bien faire le réglage en cas des fuites d'eau (Fort).



Dans le bac de récolte des mises à l'air des Pompes à vides, il ne doit pas y avoir de l'eau. Dans le cas contraire ça veut dire que il y a un problème au niveau du séparateur.



Figure 37 Fiche de contrôle pompes à vide Page 6



Si il y a de l'eau pendant la remplissage sur **clapet à bille pour remplissage eau** = eau suffisant dans la pompe à vide. Pendant que la pompe fonctionne il ne peut pas y'avoir la présence d'eau parce que le vide aspire une bille qui se trouve à l'intérieure du **clapet à bille**.

Si il y a une aspiration d'air sur **la soupape casse vide** = Un problème, ça veut dire que le vide extérieur est plus grand que le vide de la pompe.

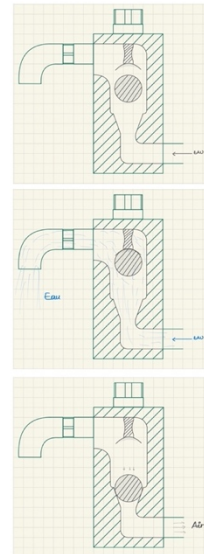


Figure 38 Fiche de contrôle pompes à vide Page 6

12.2 Fiche de contrôle ventilateurs

Les ventilateurs ont pour fonction de dégazer le filtre. On contrôle les vibrations, les courroies et l'état des ventilateurs chaque semaine pour voir si on doit faire l'entretien pendant l'arrêt de l'installation tels que le nettoyage de la roue.



FICHE DE CONTRÔLE VENTILATEURS

Nom.....

Date.....

	Mesure de vibrations avec l'appareil SKF		Température paliers		Contrôle visuel Courroies en marche	État des manchettes		Commentaire si un autre problème est constaté (bruit, fuites, ...).
	Palier côté courroies	Palier côté ventilateur	Palier côté courroies	Palier côté ventilateur		Aspiration	Refolement	
Ventilateur dégazage D0	Max : 20 mm/s							
Ventilateur dégazage filtre 18	Max : 15 mm/s							
Ventilateur dégazage Attaque	Max : 10 mm/s							
Ventilateur dégazage filtre 24	Max : 10 mm/s							



SKF Quick Collect

Figure 39 Fiche de contrôle ventilateurs Page 1

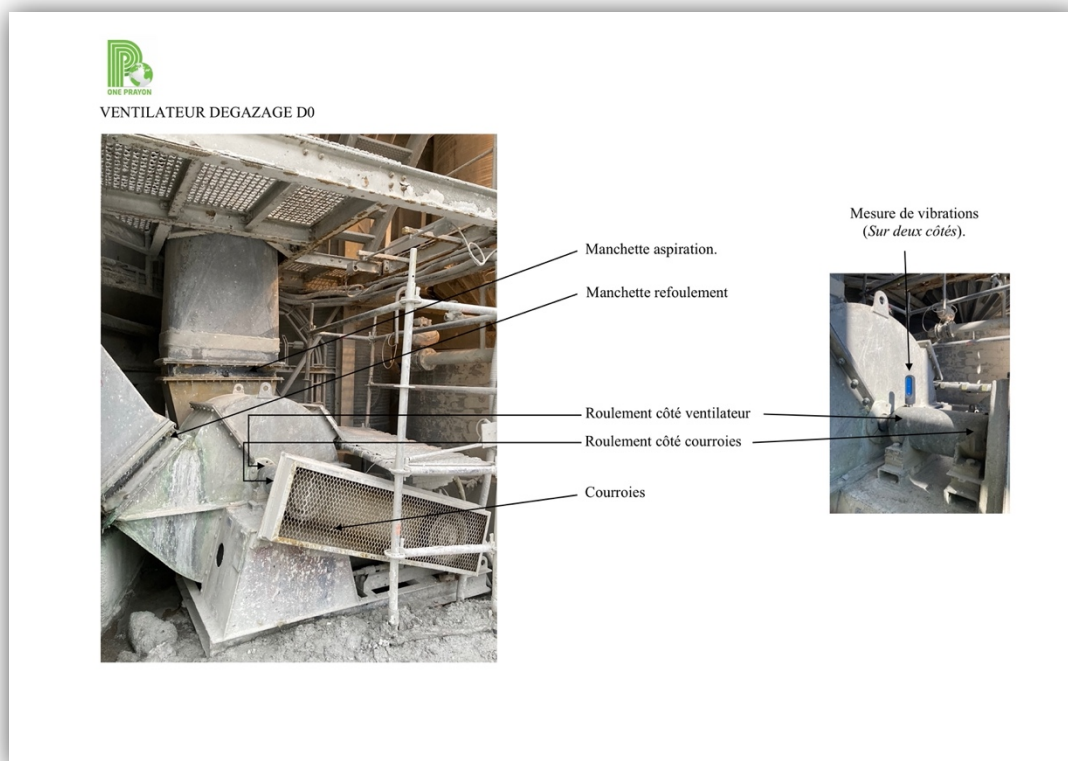


Figure 40 Fiche de contrôle ventilateurs Page 2



VENTILATEUR DEGAZAGE FILTRE 18



Manchette refoulement

Roulement côté ventilateur

Roulement côté courroies

Manchette aspiration

Courroies



Figure 41 Fiche de contrôle ventilateurs Page 3



VENTILATEUR DEGAZAGE ATTACK



Manchette refoulement

Manchette aspiration.

Roulement côté ventilateur

Roulement côté courroies

Courroies

Figure 42 Fiche de contrôle ventilateurs Page 4



VENTILATEUR DEGAZAGE FILTRE 24



Manchette refoulement

Manchette aspiration.

Roulement côté courroies

Roulement côté ventilateur

Courroies

Figure 43 Fiche de contrôle ventilateurs Page 5

12.3 Fiche de contrôle galets porteur

Les galets doivent être contrôlés régulièrement pour éviter les arrêts imprévus.

Fiche de visite galets porteurs F18

Date: _____
Etabli par: _____

N°	Circulaire externe			Circulaire interne		
	BON	surveiller	A remplacer	BON	surveiller	A remplacer
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						

Figure 44 Fiche de contrôle galets porteurs filtre 18

Fiche de visite galets porteurs F24

Près de IP.

LIÈGE ← Route → HUY

Date: _____
Etabli par: _____

N°	Circulaire externe			Circulaire interne		
	BON	surveiller	A rempl	BON	surveiller	A rempl
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						

Figure 45 Fiche de contrôle galets porteurs Filtre 24

13 Conclusion

Le travail de fin d'études m'a permis de passer un bon moment dans le groupe Prayon SA qui est une grande entreprise, considérée comme leader mondial dans la chimie du phosphate.

Le groupe Prayon SA a son siège social en Belgique et dispose deux sites de production en Belgique, un en France et un autre aux États-Unis.

Durant mon stage effectué à Prayon Engis, j'ai travaillé dans la maintenance des filtres de l'unité acide phosphorique sur un sujet technique intitulé : « Mise en place d'un plan de maintenance pour un système de filtration d'acide phosphorique ».

Pour aborder ce sujet, j'ai pu m'appuyer sur la sagesse de mon responsable de stage et sur l'expérience des mécaniciens de l'atelier ayant en charge la maintenance des filtres, de l'unité acide phosphorique, qui m'ont prodigué des conseils utiles pour réaliser mon projet. Je devais, aussi et surtout, compter sur la documentation de Prayon SA qui est le constructeur des filtres à cellules basculantes utilisées dans la filtration d'acide phosphorique.

Grâce à cette documentation, avec l'aide des techniciens et de mon responsable de stage, j'ai compris le fonctionnement de filtres à cellules basculantes utilisées dans la production de l'acide phosphorique.

Après avoir compris le fonctionnement du système, j'ai pu mettre en place un plan de maintenance permettant d'améliorer le système de prévention des pannes des filtres.

Cependant, le plan de maintenance mis en place ne peut pas éliminer toutes les pannes ou les arrêts non planifiés sur les filtres. Il faudra des adaptations et des mises à jour au fur et à mesure de la vie des équipements en place.

Le stage m'a permis de nouer des relations professionnelles et amicales avec mon équipe de travail. Ce sont des mécaniciens expérimentés, qui m'ont appris beaucoup de choses sur la maintenance des équipements. Je n'oublierai jamais les moments merveilleux vécus ensemble pendant toute la durée de mon stage.

14 Table des illustrations

14.1 figures

Figure 1 Localisation géographique de Prayon	10
Figure 2 Plan d'accès sur le site de Prayon Engis	11
Figure 3 Moyens d'accès sur le site Prayon Engis avec Moovit	12
Figure 4 Membre du comité de Direction	14
Figure 5 Plan site Engis	15
Figure 6 Chiffres-clés 2019	18
Figure 7 Production de l'acide phosphorique	35
Figure 8 Fonctionnement du filtre à cellules basculantes	36
Figure 9 Mis en rotation du filtre	37
Figure 10 Filtration	38
Figure 11 Composition de la cellule	38
Figure 12 Chemin de basculement	39
Figure 13 Composition du filtre	40
Figure 14 Galets porteurs	Erreur ! Signet non défini.
Figure 15 Galets centreurs	41
Figure 16 Cellule	42
Figure 17 Tuyaux de liaison	43
Figure 18 Bras de cellule	43
Figure 19 Chemin de basculement	44
Figure 20 Casse des galets sur le chemin de basculement	62
Figure 21 Utilisation du Laser sur le filtre	65
Figure 22 Contenu du coffre Laser + accessoires	66
Figure 23 Fixation du Laser sur le trépied	66
Figure 24 Fixation de la cellule (récepteur)	66
Figure 25 Réception du faisceau Laser	67
Figure 26 Indication cellule	67
Figure 27 OSET	68
Figure 28 Vérification du niveau sur le filtre	68
Figure 29 Vérification du niveau sur la cellule	69

Figure 30 Résultats obtenu lors de la vérification de niveau	69
Figure 31 Galet porteur N°2 filtre 18 cassé	70
Figure 32 Fiche de contrôle pompes à vide Page 1	71
Figure 33 Fiche de contrôle pompes à vide Page 2	71
Figure 34 Fiche de contrôle pompes à vide Page 3	72
Figure 35 Fiche de contrôle pompes à vide Page 4	72
Figure 36 Fiche de contrôle pompes à vide Page 5	73
Figure 37 Fiche de contrôle pompes à vide Page 6	73
Figure 38 Fiche de contrôle pompes à vide Page 6	74
Figure 39 Fiche de contrôle ventilateurs Page 1	75
Figure 40 Fiche de contrôle ventilateurs Page 2	75
Figure 41 Fiche de contrôle ventilateurs Page 3	76
Figure 42 Fiche de contrôle ventilateurs Page 4	76
Figure 43 Fiche de contrôle ventilateurs Page 5	77
Figure 44 Fiche de contrôle galets porteurs filtre 18	78
Figure 45 Fiche de contrôle galets porteurs Filtre 24	78

14.2 Tableaux

Tableau 1 Applications alimentaires.....	20
Tableau 2 Application industrielles	27
Tableau 3 Maintenance filtre 18	45
Tableau 4 Maintenance filtre 24	52
Tableau 5 Historique des arrêts non planifiés.....	58
Tableau 6 Calculs de coûts des arrêts non planifiés filtre 18 et filtre 24 2020	62
Tableau 7 Tableau de graphiques d'arrêts non planifiés filtre 18 et filtre 24.....	63
Tableau 8 Tableau de suivi des galets porteurs filtre 18.....	64

15 Bibliographie

LE GROUPE PRAYON, « *Prayon dans le monde* », site internet de l'entreprise Prayon, <https://www.prayon.com/fr/le-groupe-prayon/le-groupe/prayon-dans-le-monde.php>, février 2021.

LE GROUPE PRAYON, « *Management* », site internet de l'entreprise Prayon, <https://www.prayon.com/fr/le-groupe-prayon/le-groupe/management.php>, février 2021.

CONTACT PRAYON, « *Plan d'accès* », site internet de l'entreprise Prayon, <https://www.prayon.com/fr/contact/acces.php>, février 2021 ;

MOOVIT, « *Comment aller à Prayon S.A.* », site internet pour les transports en commun, https://moovitapp.com/index/fr/transport_en_commun-Prayon_S_A_Site_D_Engis-Belgium-site_11345690-1682, février 2021.

LE GROUPE PRAYON, « *Histoire* », site internet de l'entreprise Prayon, <https://www.prayon.com/fr/le-groupe-prayon/le-groupe/histoire.php>, février 2021.

LE GROUPE PRAYON, « *Chiffres-clé* », site internet de l'entreprise Prayon, <https://www.prayon.com/fr/le-groupe-prayon/le-groupe/chiffres-cles.php>, février 2021.

LES ACTIVITÉS PRAYON, « *Applications industrielles* », site internet de l'entreprise Prayon, <https://www.prayon.com/fr/nos-activites/produits/applications-industrielles.php>, février 2021.

LES ACTIVITÉS PRAYON, « *Applications alimentaires* », site internet de l'entreprise Prayon, <https://www.prayon.com/fr/nos-activites/produits/applications-alimentaires.php>, février 2021.

RESPONSABILITÉS SOCIÉTALE PRAYON, « *Qualité des produits* », site internet de l'entreprise Prayon, <https://www.prayon.com/fr/responsabilite/qualite-des-produits.php>, février 2021.

LES ACTIVITÉS PRAYON, « *Fabrication d'acide phosphorique* », site internet de l'entreprise Prayon, <https://www.prayon.com/fr/nos-activites/technologies/fabrication-acide-phosphorique.php>, mars 2021.

LES ACTIVITÉS PRAYON, « *Filtration* », site internet de l'entreprise Prayon, <https://www.prayon.com/fr/nos-activites/equipements/filtration.php>, mars 2021.

geo-FENNEL FL 115H, Mode d'emploi, p.43 à 60, décembre 2016.

Fichiers + PDF propres à l'entreprise (documents confidentiels)