

## PROMOTION FISA 2023

Toulouse INP-ENSIACET



“ Imaginer & Entreprendre

L'excellence technique au service du climat ”

# SOMMAIRE

Édito <b>NALDEO</b> .....	4
Édito <b>TOULOUSE INP-ENSIACET</b> .....	6
<b>Matériaux</b> .....	8
<b>Génie chimique</b> .....	24
<b>Génie des procédés</b> .....	38
<b>Génie industriel</b> .....	58



# Édito de **NALDÉO**

## POUR LA PROMOTION 2023



Entreprise d'ingénierie et de conseil engagée intégralement sur les enjeux du climat, la mission de Naldeo est de réduire significativement l'empreinte de l'industrie et des territoires sur l'environnement. Nous souhaitons ainsi contribuer pleinement aux orientations ambitieuses fixées par l'Europe avec le plan « fit for 55 » et la taxonomie européenne pour limiter le réchauffement climatique à +1,5°C d'ici 2050. Le groupe Naldeo est présent sur 12 sites en France à travers quatre filiales spécialisées : "Ingénierie et conseil", "Technologies et industrie", "Stratégies publiques" et "Digital for climate".

Nous sommes convaincus que la diminution de l'impact sur le climat viendra d'une meilleure utilisation des ressources en eau, énergie ainsi que de la réduction /valorisation des déchets, associé à une bonne exploitation des données. Nos experts, ingénieurs et consultants accompagnent les industriels et les collectivités à chaque étape du cycle de vie des projets, depuis les audits initiaux, études techniques, jusqu'au contrôle d'exploitation, en étant assistant à maîtrise d'ouvrage ou maître d'œuvre.

Naldeo est une entreprise indépendante à taille humaine : nos collaborateurs opèrent dans des projets d'envergure tout en bénéficiant d'un environnement agile et convivial. Nous aspirons à former en continu des profils multi compétents capables de concevoir, innover, produire et manager au service de la transition environnementale. Multiplier les expériences est primordial pour y parvenir. C'est pourquoi nous avons à cœur d'intégrer des étudiants de Toulouse INP-ENSIACET, avec qui nous partageons l'ambition "d'excellence technique au service du climat".

Nous savons envisager différents types d'intégration : stage, alternance, CDI ainsi qu'en "Graduate program" qui permet aux jeunes ingénieurs de tester plusieurs services et domaines d'intervention. Ils se familiarisent ainsi avec différents sujets et peuvent mieux orienter leur choix de carrière.

Nous sommes ravis et honorés de parrainer l'ENSIACET cette année qui complète notre participation au sein du conseil de perfectionnement de l'école. Notre présence lors d'interventions, principalement en cours et sur les forums, nous permet d'avoir une relation privilégiée et d'échanger, sur des sujets qui nous passionnent tous, avec les étudiants d'aujourd'hui qui seront les héros écologiques de demain.

Nous avons hâte de vous rencontrer, de découvrir vos personnalités et convictions et serons heureux d'accueillir ceux qui veulent rejoindre nos 250 collaborateurs, qui apportent leur expertise sur plus de 1 000 projets chaque année.

# Édito de l'ENSIACET

## POUR LA PROMOTION 2023

En cohérence avec l'objectif de neutralité carbone en 2050 inscrit dans la loi énergie-climat en novembre 2019, et dans le « pacte vert » à l'échelle européenne, de nombreuses évolutions se mettent en place - et vont s'accélérer- dans le tissu socio-économique et industriel. Le 30 Mars 2023, le président de la république annonçait le lancement du « Plan Eau » pour une meilleure gestion des ressources en eau. Dans le cadre ce plan, les industries grandes consommatrices d'eau seront sollicitées afin d'atteindre l'objectif d'une réduction de 10 % des prélèvements en eau d'ici 2030. En parallèle à des phases de remédiation pour certaines activités, de nouveaux ateliers voient le jour partout en France et en Europe pour accompagner la souveraineté industrielle.

Les enjeux environnementaux et les sociétaux et les prises de conscience par le grand public des enjeux climatiques poussent les industriels à reconsidérer leurs activités et à viser la sobriété énergétique, la sobriété matière dont celle liée à la consommation d'eau. Ces mutations nécessitent une connaissance et une capacité à mettre en œuvre des nouvelles méthodes, technologies et nouveaux produits. La décarbonation de l'industrie, le remplacement du carbone fossile, le respect des ressources en eau, la durabilité des matériaux, le développement de procédés chimiques innovants, la mise en œuvre des principes de l'ingénierie circulaire au service d'éco-territoires en développement sont autant de domaines où les ingénieurs de l'ENSIACET ont des compétences fortes.

La société Naldeo groupe, parrain de la promotion 2023, accompagne aujourd'hui les collectivités publiques et les entreprises industrielles vers l'excellence technologies, l'exemplarité environnementale et l'autonomie énergétique. Les ingénieurs de la société Naldeo développent des expertises métiers pointues et innovantes dans le domaine de l'eau, de l'environnement, l'énergie, les déchets et les infrastructures.

La formation ingénieur ENSIACET, école spécialiste dans la transformation de la matière et de l'énergie, intègre plus particulièrement les thématiques environnement et énergie.



Ce livret présente les résumés des stages effectués par les élèves de 3ème année de l'école. A travers ces résumés, vous pourrez constater la richesse et la diversité de ces stages durant lesquels les élèves de l'école ont su démontrer leurs compétences techniques et leur adaptabilité professionnelle. De plus, grâce à la formation pluridisciplinaire et intégrée reçue à l'ENSIACET, ces élèves, ingénieurs de demain, sauront s'intégrer dans leur future entreprise, être rapidement opérationnel dans leur nouveau poste, et ainsi répondre aux problématiques auxquelles ils seront confrontés.

Les nouveaux ingénieurs de la promotion 2023 pourront bien entendu s'appuyer sur la formation acquise à l'ENSIACET pour réussir dans leur 1er poste. Ils pourront aussi par la suite s'appuyer sur le réseau des nombreux ingénieurs de l'ENSIACET, réuni au sein de l'Association des Ingénieurs de l'ENSIACET. Plusieurs ingénieurs diplômés de l'ENSIACET occupant différents postes au sein de la société Naldéo illustrent ces trajectoires ; comme Anne Boggione, ingénieur ENSIACET (ENSIGC) promotion 2000, aujourd'hui chef de projet trajectoires et Transitions durables pour l'industrie ou encore David Dacharry, ingénieur Génie des procédés ENSIACET promotion 2007, chargé d'affaires au sein de l'équipe Ingénierie, Conseil et Innovation.

**Julien ARDOUVIN**  
Président de l'AIA7

**Laurent PRAT**  
Directeur de Toulouse  
INP-ENSIACET

# Matériaux

MAÎTRISEZ LA MATIÈRE !

L'ingénieur ENSIACET « Matériaux » maîtrise les **bases scientifiques, techniques et socio-économiques** pour conduire et élaborer des projets industriels sur la base d'un choix réfléchi des matériaux et des **procédés associés**. Il contrôle et optimise les **propriétés d'usage** de ces matériaux tout au long du **cycle de vie** du produit et jusqu'à son recyclage. Ses connaissances **techniques, théoriques et pratiques** concernent les trois grandes familles de matériaux (métalliques, polymères, céramiques) et leurs composites.



## COMPÉTENCES

- Connaissiez les différentes familles de matériaux
- Maîtrisez l'élaboration et la mise en forme des matériaux pour améliorer leurs procédés de fabrication et leurs propriétés d'usage
- Appréhendez le rôle des liens microstructure – propriétés
- Prévoyez et contrôlez l'évolution des matériaux en service tout au long de leur cycle de vie
- Conduisez des projets pluridisciplinaires

## POINTS FORTS

- Vision globale et complète des différentes familles de matériaux
- Nombreux débouchés dans des secteurs industriels dynamiques et de pointe
- Enseignement interdisciplinaire pour des compétences complémentaires
- Formation tournée vers l'innovation en lien avec la recherche industrielle et appliquée
- Études de cas concrets au cours de travaux pratiques

Technologies de réparations composites



MBDA Missile Systems – Sébastien RENAULD



BIELINSKI Julien, FISA IMAT

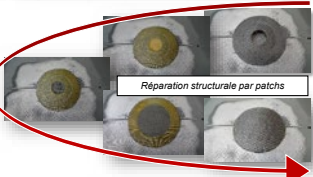
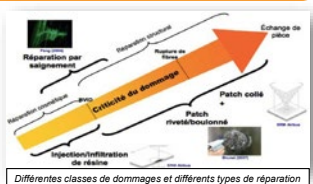
MI / Durabilité

OBJECTIFS

Depuis 2020, les processus de réparation composites ont commencé à être documentés afin de faire état de la réparabilité des matériaux composites, ce qui pourrait avoir des avantages significatifs dans la gestion des produits en série.

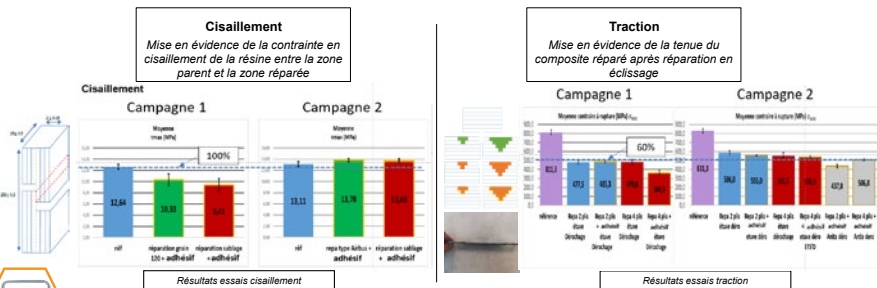
L'objectif a été de proposer des solutions techniques et un processus pour les différents matériaux pré imprégnés en collaboration avec le département Materials & Process, selon les besoins des départements d'analyse mécanique et d'ingénierie de conception (hypothèses de conception des réparations, mode de justification, etc.) et déterminer si les réparations seraient acceptables.

Etant donné l'interchangeabilité complexe d'une structure composite après intégration de systèmes, l'intérêt d'une réparation composite permettrait un gain potentiel « cout/délai ».



PRINCIPAUX RÉSULTATS

Evaluation et comparaison des caractéristiques mécaniques d'une éprouvette saine (sans réparation) avec celles d'une éprouvette réparée en composite, en faisant varier différents paramètres process:



CONCLUSIONS

La réparation structurale sur CMO (composite à matrice organique) est une réalité industrielle dans le secteur aéronautique, aussi bien en terme de mise en œuvre que de justification/validation.

Levée de certains verrous

- Processus de justification et de validation primordial (aspect technique / cout / délai) afin d'envisager les réparations structurales comme une solution exploitable.
- Processus de design, validation, contrôle à définir au niveau de la réparation
- Standardisation difficile (cas uniques en général fonction de la localisation et de l'étendue de l'endommagement)

Prochaines étapes

- Mises en place d'un référentiel process / méthodes pour réparations structurales
- Intégration des réparations structurales dès le développement / qualification d'une nouvelle pièce pour constituer une base de données permettant d'apporter les justifications nécessaires

Desiccants for high voltage applications



GE Grid Solutions – JEANNETON Anthony



CABRERA Charlotte, FISA IMAT

Durabilité / MI

OBJECTIVES

New desiccants are used in high voltage equipment with a fluoronitrile gas mixture named g<sup>3</sup>. Three pore sizes are currently used: 5A (Angstrom) and 3A molecular sieves are placed in Gas Insulated Switchgear (GIS) apparatus and 4A are used in Air Insulated Switchgear (AIS) apparatus.

Main functions of these desiccants are the humidity adsorption and, in some cases, the g<sup>3</sup> by-products adsorption.

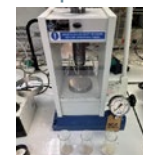
Main tasks on this project are:

- Quick characterization of the different molecular sieves based on pore size by FT-IR (3A/4A/5A)
- Establishment and update of internal documents for 3A, 4A and 5A Molecular Sieves (MS)

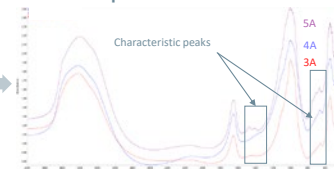
MAIN RESULTS

Molecular Sieve Identification – FT-IR

Set-up - Pelletizer



Obtained spectra



Main observations

- Two ranges between 1525–1375 cm<sup>-1</sup> and 800–625 cm<sup>-1</sup> allows to differentiate 5A from 4A and 3A
- Method have to be improved for the differentiation between 4A and 3A

Humidity Adsorption Capacity



Principle of ΔT measurement

Adsorption releases heat (exothermic reaction) when the MS is in contact with water.

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

T<sub>2</sub> maximum of temperature obtained when adding the MS to the water (°C)

T<sub>1</sub> initial water temperature (°C)

- If ΔT < 37°C the molecular sieve is no longer efficient
- If ΔT > 37°C the molecular sieve is still efficient

Results

ΔT measurements on new desiccants for two suppliers named A and B are given in the table below:

Molecular Sieve	ΔT (°C)	Efficiency
Supplier A – 3A	45	OK
Supplier A – 4A	60	OK
Supplier A – 5A	58	OK
Supplier B – 3A	52	OK
Supplier B – 4A	51	OK
Supplier B – 5A	58	OK

CONCLUSIONS

- First promising results from FT-IR database for characterization of 5A MS and ongoing study to better characterize 4A and 3A MS by FT-IR
- Peak identification have to be done
- Efficiency of new MS validated for all supplier, suitable for water adsorption tests
- Water adsorption tests to be launched for several relative humidities at room temperature

## Étude des propriétés barrières des packagings

TOULOUSE INP Ensiacét



PIERRE FABRE – BENEDICTE ROUCAYROL

GARNIER Louise, FISA IMAT

Técnico (Lisbonne)



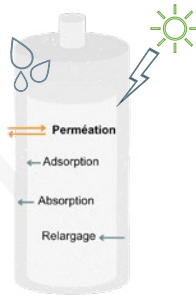
### OBJECTIFS

Le packaging a plusieurs rôles : contenir le produit, le délivrer, le **protéger** et fournir des informations aux consommateurs.

Il est donc important de contrôler la protection apportée par les packagings, ceux-ci étant soumis à diverses agressions telles que les rayons UV, l'humidité et la chaleur ambiante. C'est dans ce cadre que s'articule cette étude, dont l'objectif est d'améliorer les **propriétés barrières** des matériaux pour des applications d'emballage, en prenant l'axe **biomimétique** (résoudre une problématique en s'inspirant du vivant). Voici les différentes étapes de ce Projet de Fin d'Etudes :

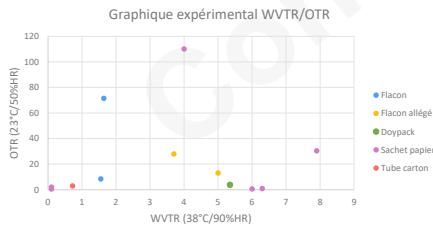
- La compréhension du phénomène de perméation
- L'étude des normes des tests de perméabilité
- La compréhension et la mise en application de la démarche biomimétique
- L'évaluation des besoins packagings en fonction de la formule contenue
- La prospective sur de nouveaux matériaux et de nouvelles technologies

L'objectif final de l'étude sera de pouvoir mieux cibler le niveau de performance du packaging en fonction de la formule choisie. Une étude biomimétique devra permettre la réalisation d'un POC (Proof of Concept).



### PRINCIPAUX RÉSULTATS

Différents types de packagings (papier, plastique) ont été envoyés à un centre spécialisé pour des **tests de perméabilité** (CTCPA). Le graphique ci-dessous montre le positionnement des différents packagings en fonction de leur taux de transmission à la vapeur d'eau (WVTR) et à l'oxygène (OTR).



En parallèle, des tests de compatibilité avec différentes formules sont en cours de réalisation. Cette étude a permis d'évaluer le besoin en taux de transmission maximal des formules testées, ce qui nous permettra d'identifier le juste packaging.



La démarche biomimétique a aussi été choisie pour répondre aux problématiques de propriétés barrières. Les besoins ont été traduits en 3 **concepts fonctionnels** :

- Packaging « high tech » avec plus de performances et plus de matières naturelles
- Packaging « respirant et communiquant » où la formulation respire et échange avec son environnement
- Packaging « enveloppe » qui fait partie intégrante de la formule



2 modèles biologiques ont été identifiés (épicea et lotus) et leurs modes de fonctionnement vont être transposés à des technologies existantes de traitement et/ou transformation de matériaux.



### CONCLUSIONS

Ces études permettront au groupe Pierre Fabre de mieux comprendre les enjeux de perméabilité au sein du packaging, mais aussi leurs mécanismes. La méthodologie du biomimétisme permet d'identifier plusieurs modèles pour structurer les matériaux du packaging. Le prototype pour la POC biomimétique est en cours de création.

- Compétences acquises :
- Démarche biomimétique
  - Compréhension des phénomènes de perméabilité
  - Développement d'un plan de tests
  - Gestion de projet
  - Traitement de surface
  - Technologies d'emballage

## Corrosion assessment on metal product with serrations

TOULOUSE INP Ensiacét



HILTI – Marta SAEZ-RIOS

GROS Vincent, FISA IMAT

Durabilité, MI



### OBJECTIF

Serrations on carbon-steel multi-duty channels are a critical area for corrosion. For corrosion protection, a zinc layer is deposited but can delaminate on these areas especially when it is bent. Self-healing property of zinc coating need to be assessed to see if it can keep corrosion under control.



A part of this channel is extracted, and 3 samples are cut, embedded, grinded, polished and observed with microscope: **standard bent**, **over-bent without serrations** and **over-bent with serrations**.

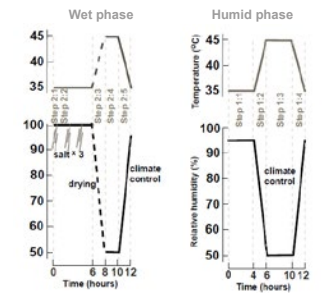
Some parts are also put in a cyclic corrosion chamber for 12 weeks to assess behavior in an environment with chloride ions.

One cycle of a cyclic corrosion test (ISO 16701) lasts a week and is composed of two phases.

Wet phase: samples are sprayed with a salt solution (1% NaCl, pH 4,2) for 15 minutes every two hours, three times, twice per cycle.

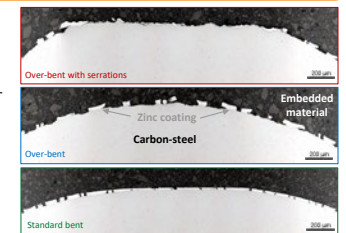
Humid phase: humidity is cycled between 95 and 50%, and the temperature, between 35°C and 45°C.

First phase and subsequently every 8th phase are wet phases while the remaining are humid phases.

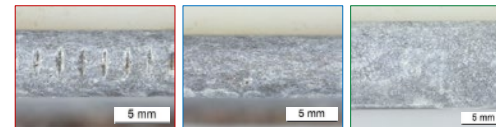


### PRINCIPALS RESULTS

The outside part shows cracks and delimitation in the zinc coating. On **standard bent** it seems to be controlled. On **over-bent**, it is more developed especially **with serrations**.



Thickness is not different between **standard** and **over-bent**. **With serrations** thickness goes down drastically.



White rust can be observed on every sample which is normal after the test. Since no critical red rust can be detected, the zinc layer is still effective.



### CONCLUSION

Results shown that the self-healing property of the zinc alloy coating is enough to maintain a good corrosion resistance even with serrations where the thickness is lower and the delamination higher.

Développement de la fabrication additive chez MAN ES FRANCE



MAN ENERGY SOLUTIONS – Brigitte CHASSAING



HENRION Alexandre, FISA IMAT

Echange : Université de Malte

OBJECTIFS

L'ENTREPRISE

MAN Energy Solutions est une société qui produit des moteurs à combustion interne de puissance unitaire de plus de 500kW. Ces moteurs réunissent mécanique, thermodynamique et électronique complexe dans le but de produire de la puissance mécanique ou électrique pour diverses applications.

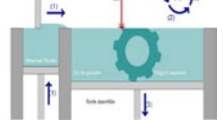
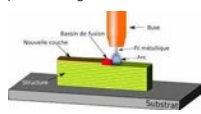


LE PROJET

L'objectif de ce projet est la modernisation de certains composants en développant la fabrication additive métallique pour MAN ES FRANCE en relation avec d'autres partenaires industriels. Pour le moment, aucune pièce de moteur n'est réalisée en fabrication additive, des moyens plus conventionnels tels que la fonderie ou la forge sont privilégiés. Plusieurs pièces initialement réalisées par fonderie ont été choisies pour étudier la possibilité de les réaliser cette fois par fabrication additive.

Deux procédés ont été retenus pour être étudiés et développés :

- La technologie WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing) permettant d'imprimer des pièces de grandes dimensions
- Le procédé L-PBF (Laser Powder Bed Fusion) compte tenu des bonnes tolérances dimensionnelles obtenues.



PRINCIPAUX RÉSULTATS

WAAM

J'ai contribué à la réalisation d'éprouvettes (murs soudés sur une plaque en acier) à l'aide d'un robot de soudage interne. Cela a nécessité la recherche et la maîtrise de différents paramètres tels que les vitesses du fil et de la torche, les trajectoires, les températures, les temporisations...



Eprouvette réalisée en WAAM

Un fois les éprouvettes terminées, il est nécessaire de les caractériser :

- CND (ressuage, magnétoscopie, ultrasons, radiographie)
- Scans 3D
- Coupes micrographiques
- Essais mécaniques

Ces caractérisations sont en cours de réalisation

Laser Powder Bed Fusion

Une pièce en alliage d'aluminium de petites dimensions a été réalisée en fabrication additive par procédé laser sur lit de poudre chez un fournisseur du groupe MAN.

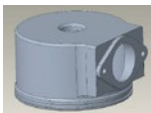


Schéma de la pièce étudiée

Cette pièce est caractérisée dans son ensemble :

- Dimensionnel
- CND (ressuages, tomographie)
- Coupes micrographiques
- Essais mécaniques

L'ensemble des contrôles non-destructifs a pu démontrer que la pièce ne présente pas de défaut impactant en surface ou à l'intérieur de la matière, ainsi qu'un dimensionnel plus proche des tolérances attendues qu'une pièce réalisée en fonderie. Les autres caractérisations sont en cours de réalisation.

CONCLUSIONS

L'entreprise a une volonté forte d'introduire la fabrication additive dans la production de ses moteurs afin de sécuriser l'approvisionnement de certains composants. Les deux projets qui m'ont été confiés (WAAM et procédé L-PBF) sont en cours de réalisation et les premiers résultats de caractérisation sont de bon augure pour la suite. L'étape finale de mon projet sera d'interpréter tous les résultats obtenus, proposer des actions correctives si besoin et conclure pour la poursuite de l'étude.

Si les différents tests réalisés sur les éprouvettes WAAM sont concluants, la prochaine étape sera de réaliser d'autres éprouvettes avec des trajectoires plus complexes afin de s'approcher à terme de la forme la pièce finale. → 2024

Pour la pièce réalisée par procédé L-PBF, si les résultats concordent avec les attentes cela pourra permettre de qualifier ce procédé et ainsi tester cette solution sur des pièces plus complexes. → Fin 2023

Compteur d'endommagement oxydation / corrosion HT Application pale de turbine de moteur d'hélicoptère



SAFRAN HELICOPTER ENGINES – YOAN GAZAL



Lefillastre Léa, FISA IMAT

Riga Technical University (Lettonie)

OBJECTIFS

Contexte :

Ce projet vise à prédire l'endommagement en oxydation / corrosion haute température des pales de turbine d'un moteur d'hélicoptère en fonction de son régime d'utilisation et de son environnement de vol. Le but est d'assurer un service de maintenance sur mesure auprès des clients de Safran HE.

- 1 Récupération des données thermiques et géographiques du moteur en fonctionnement
- 2 Incrémentation du compteur oxydation / corrosion : Lois matériaux qui dépendent de l'environnement de vol (offshore, côtier ou continental) et de la température de fonctionnement du moteur
- 3 Suivi personnalisé auprès des clients de Safran HE : service de recommandation de maintenance individualisé et optimisé

PRINCIPAUX RÉSULTATS

- 1 Délimitation de 3 zones géographiques en fonction de la quantité d'espèces salines dans l'atmosphère
- 2 Détermination des champs thermiques de la pale en fonctionnement
- 3 Caractérisations métallographiques du système revêtu après essais au banc cyclique d'oxydation / corrosion
- 4 Mise en forme d'une loi de durée de vie en oxydation / corrosion correspondant aux conditions du banc cyclique
- 5 Caractérisations métallographiques de pales de turbine ex-service
- 6 Correction de la loi de durée de vie en oxydation / corrosion par un facteur représentatif de la zone géographique

CONCLUSIONS

Pour la suite :

Effectuer des caractérisations d'autres pièces ex-service pour améliorer et ajuster le modèle.

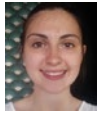
Réaliser ce travail sur les autres systèmes matériau / revêtement utilisés chez Safran Helicopter Engines pour application pale de turbine.

Ce que ça m'a apportée :

- Connaissances dans le domaine des revêtements et matériaux haute température
- Familiarisation avec les techniques de caractérisations métallographiques
- Modélisation de l'endommagement en oxydation / corrosion haute température



Valorisation de rebuts de production à base de polypropylène



APLIX – LAURENT GOUJON

LOISEL Anna, FISA IMAT

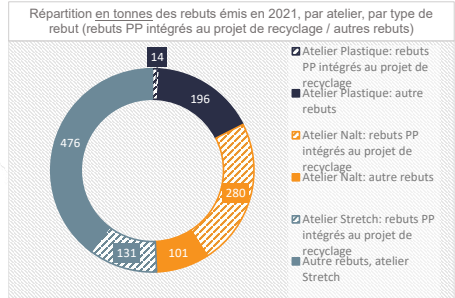
Universitatea Politehnica din București (Roumanie)



OBJECTIFS

Contexte :

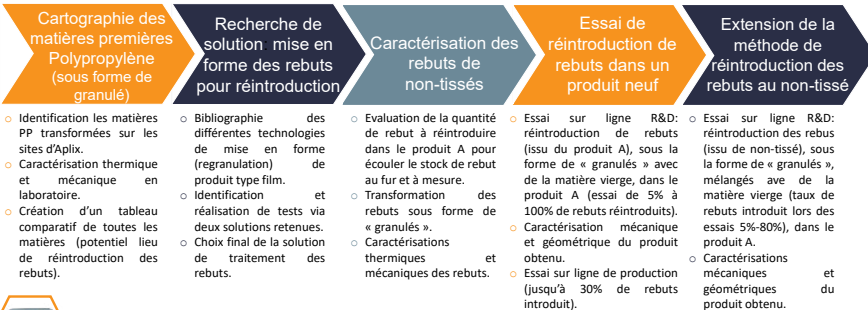
En 2021, Aplex a généré l'équivalent de 3.9M d'euros de déchet (rebuts de production, tout venant, films plastiques, cartons...). Une étude a alors été lancée pour mieux comprendre l'origine de ces déchets et organiser différents plans d'actions visant à les réduire. 3 ateliers ont alors été identifiés comme principale source de déchets (l'atelier Plastique, Nalt et Stretch). L'une des actions mise en place concerne les rebuts de production de ces ateliers.



**Objectif :** Trouver une solution peu coûteuse pour recycler/valoriser en interne les rebuts de production de non-tissés en polypropylène (PP)



PRINCIPAUX RÉSULTATS



CONCLUSIONS

A la suite des essais réalisés et des résultats obtenus, il est possible de réintroduire les rebuts du produit A dans ce même produit et d'obtenir un produit aux propriétés équivalentes. La principale difficulté pour augmenter le pourcentage de rebuts réintroduits réside dans l'acheminement des « granulés » de rebuts de la trémie à la vis d'extrusion. En effet, de par leur forme rectangulaire et leur poids léger, les « granulés » de rebuts sont plus compliqués à mettre en œuvre que les granules « standard », sur les extrudeuses actuellement utilisées.

Lorsque l'on réintroduit des rebuts PP de non-tissés dans le produit A (= apport d'une nouvelle matière PP) il est possible d'obtenir des produits équivalents pour des pourcentages compris entre 5% et 30%. Il y aura toute fois plus de variation dans la géométrie du produit final.

Évaluation de la réticulation et de la structuration d'élastomères renforcés par de la silice via des méthodes de gonflement



SOLVAY – Pascaline LAURIOL

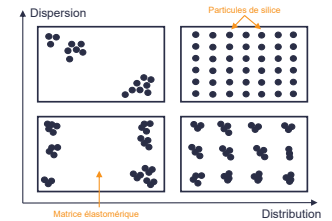
MANDIRAC Aurore, FISA IMAT

Université de Sherbrooke (Canada)



OBJECTIFS

- Faire varier le procédé de mélangeage de manière à obtenir différents niveaux de dispersion/distribution de la charge (silice) dans la matrice
- Évaluer l'impact de ces différents niveaux de dispersion sur le gonflement du polymère par un solvant
  - Variable: processus de mélangeage
  - Constante: formulation des mélanges



PRINCIPAUX RÉSULTATS

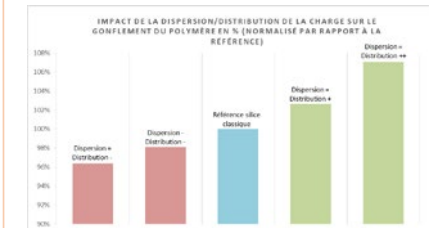
- Leviers du procédé de mélangeage ayant un impact sur la dispersion/distribution de la charge:

Phase de mélangeage	Description
Phase 1	Cisaillement des élastomères en mélangeur interne puis ajout de la silice et de l'agent de couplage
Phase 2	Introduction des additifs en mélangeur interne
Phase 3	Incorporation des agents de vulcanisation sur mélangeur à cylindres

- Coefficient de remplissage du mélangeur interne: **limite la dispersion si élevé**
- Incorporation de la silice dans deux phases distinctes: mettre une partie de la silice en 2<sup>ème</sup> phase avant la réaction de \*silanisation **limite la dispersion ainsi que la distribution de la charge**

- Impact dispersion/distribution de la charge:
  - Différents niveaux de dispersion/distribution obtenus pour une même formulation en jouant sur différents leviers de mélangeage du caoutchouc pour améliorer ou limiter le cisaillement de la silice (agglomérats plus ou moins importants)
  - Pas d'impact notable de la dispersion sur le gonflement
  - Impact bien visible de la distribution sur le gonflement

- Concentration importante de silice en première phase: **amélioration du cisaillement donc de la dispersion**



CONCLUSIONS

- Les différents procédés de mélangeage ont bien permis d'obtenir des niveaux de dispersion/distribution différents qui ont pu être appréciés dans différentes caractérisations, notamment le test de gonflement
- L'impact de la distribution de la charge sur le gonflement est bien visible, ce qui implique une certaine nécessité de prendre en compte les interactions entre charges en tant que points de contraintes à la base de la densité de réticulation, en plus des ponts soufres, enchevêtrements, et liens silice-polymère via l'agent de couplage

Co-cristallisation du principe actif Acoziborole

TOULOUSE INP Ensiacét



SANOFI – ISABELLE ZIRI

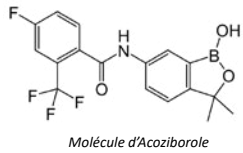
NIMOD Léa, FISA IMAT

Université LAVAL (Canada)

sanofi



OBJECTIFS

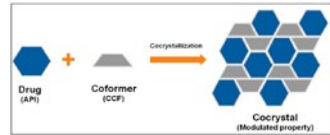


👍 Essais cliniques concluants, traitement simple et efficace de la maladie du sommeil qui pourrait mener à son élimination.

👎 Produit complexe : Cristallisation compliquée par la présence de solvates, de polymorphes et réactions avec certains solvants dont les alcools.

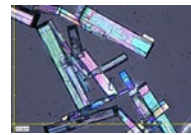
Recherche d'une nouvelle espèce solide (co-cristal) pour obtenir de nouvelles propriétés physico-chimiques.

- Sélection de molécules « co-former ».
- Screening des co-cristaux par mécanochimie.
- Développement d'un procédé de co-cristallisation robuste en solution en réacteur.

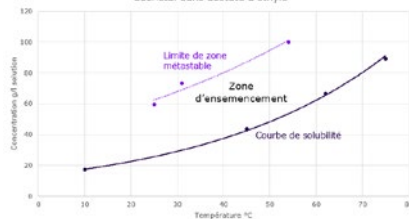
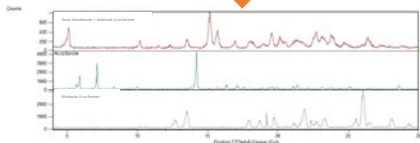


PRINCIPAUX RÉSULTATS

Plus de 20 molécules potentielles « co-former » testées en mécanochimie (technique de broyage) avec différents paramètres.  
Seule une molécule a permis de former un co-cristal : molécule A



Développement d'un procédé de cristallisation en solution par refroidissement



CONCLUSIONS

Un co-cristal de l'Acoziborole a pu être identifié avec la molécule A comme co-former.  
→ RMN confirme une stœchiométrie 1:1 (caractéristique d'un co-cristal) + nouveau diffractogramme RX.  
→ Structure monocristal en cours de réalisation pour identifier les liaisons hydrogènes.

L'acétate d'éthyle a été choisi comme solvant de cristallisation. Le développement d'un procédé par ensemencement en réacteur est en cours.

Modélisation d'une hybridation pile à combustible et batterie Lithium-ion

TOULOUSE INP Ensiacét



DGA Techniques navales – JACQUEMOUD-COLLET Pierre

PAGNUCCO Juliette, FISA IMAT

Eco-E0 EPI / FEP



OBJECTIFS

Préparer la flotte de demain aux objectifs climats internationaux

Hybrider une pile à combustible et une batterie Lithium-ion

Permettre aux navires de manœuvrer dans les ports sans émettre de gaz polluants

Réduire la pollution sonore des bâtiments de surface

Promouvoir l'électrification des ports



Profil de mission étudié : manœuvre portuaire d'un navire de 80m de long



PRINCIPAUX RÉSULTATS

Fournit la puissance moyenne du profil de mission  
 $P_{PAC} = P_{MOYENNE}$

HYBRIDATION : DIMENSIONNEMENT DES SOURCES



Profil de mission ( $P_{CONSO} = f(t)$ ) permet le dimensionnement des sources

Régulation de l'hybridation  
Permet la gestion et le contrôle de l'énergie

Stockage Batterie

Soulage la PAC quand  
 $P_{CONSO} > P_{MOYENNE}$

PILE A COMBUSTIBLE

Modélisation quasi-statique

$$U_{cell} = E_{rev} - \eta_{act} - \eta_{diff} - \eta_{ohm}$$

Dimensionnement : PAC 700kW + stockage H<sub>2</sub> 35kg ~ 560kWh

BATTERIE

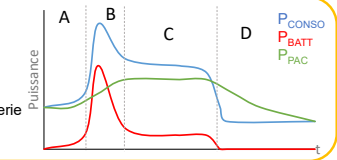
Modélisation dynamique

$$V_{batt} = V_{oc} - R_p C_{DC} \frac{dU_c}{dt} + \frac{R_{ohm} + R_p}{R_{ohm}} U_c$$

Dimensionnement : système batterie 605kWh

RESULTATS ETUDE MODELISATION

- A : Régime permanent assuré par la PAC ( $P_{CONSO} < P_{PAC}$ )
- B : Régime transitoire assuré majoritairement par la batterie
- C : Régime permanent à  $P_{CONSO} > P_{PAC}$  assuré par la PAC et la batterie
- D : Régime transitoire assuré par la PAC ( $P_{CONSO} < P_{PAC}$ )



CONCLUSIONS

ANALYSE DES RESULTATS: HYBRIDATION FAVORABLE

- ✓ Augmente l'efficacité énergétique du système grâce à la complémentarité des dynamiques de réponse
- ✓ Évite le surdimensionnement énergétique de la PAC par rapport au profil de mission (sans hybridation, la PAC ferait 1,7MWh)

POUR ALLER PLUS LOIN

- Améliorer le modèle PAC utilisé (vers une modélisation dynamique)
- Comparer l'efficacité énergétique à d'autres solutions (volant inertie, super condensateur, ...)

PAC: Pile à Combustible  
U<sub>cell</sub>: Tension cellule PAC  
E<sub>rev</sub>: Tension réversible

$\eta_{act}$ : Pertes d'activation  
 $\eta_{diff}$ : Pertes par diffusion  
 $\eta_{ohm}$ : Pertes ohmiques

V<sub>oc</sub>: Tension/Courant batterie  
V<sub>oc</sub>: Tension en circuit ouvert  
R<sub>ohm</sub>: Résistance ohmique

R<sub>p</sub>: Résistance de polarisation  
C<sub>DC</sub>: Capacité double couche  
U<sub>c</sub>: Tension aux bornes du condensateur

Improvement and characterization of an electronic assembly



KIT, IAI (Karlsruhe, Germany) – Dr-Ing. KOKER Liane

RAVIER Thomas, FISA IMAT

Fonctionnalité



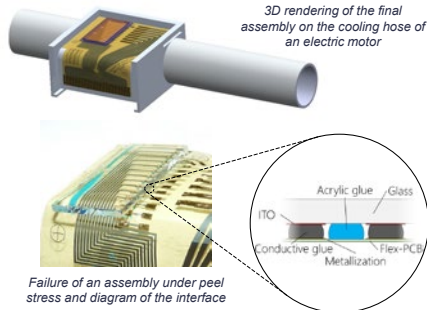
OBJECTIVES

Project

Characterization and improvement of the mechanical and electrical interface between an electronic component and a flexible printed circuit.

Product

Demonstrator for the continental company which has the function of encrypting the information of a temperature sensor by means of organic transistors deposited by inkjet on a glass covered with indium oxide and titanium (ITO), all assembled with 2 glues (acrylic glue and a "conductive" glue) on a flexible polyimide printed circuit.



Failure of an assembly under peel stress and diagram of the interface

Objectives

- Improve the mechanical resistance and repeatability of the assembly.
- Characterize the mechanical and electrical properties of the product after modifications.



PRINCIPLE RESULTS

Improvement

- New bonding geometry deposits non-conductive glue by bonding border instead of simple line.
- Realization of a plasma cleaning before assembly.
- Implementation of a protocol and centering tool to improve repeatability and alignment.

Mechanical and electrical characterization of the final assemblies

- Improvement of peeling resistance by 7 times and shear resistance by 3 times.
- Establishment of mechanical and electrical properties with a confidence interval.



Disposal of non-conductive glue on the edge of the component with the centering tools



CONCLUSIONS

The improvements made to the assembly sufficiently resistant product to be able to handle it without degrading the interface. The installation of a centering tool facilitates the repeatability and alignment of the product.

Perspective

- Automation of the process with a computer program.
- Reduction of the dimensions of the components by a better control of the deposit.



Final assembly in bending without presenting any malfunction

CND sur une structure en béton par émission acoustique



Institut de Radioprotection et de Sureté Nucléaire – DURVILLE Benoit

SEMPEREZ Guénaël, FISA IMAT

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sevilla (Espagne)



OBJECTIFS

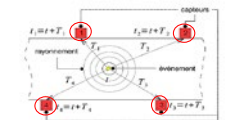
Dans le cadre du **vieillessement** du parc nucléaire Français, la **sureté** des installations nucléaires demeure un enjeu majeur. Un des objectifs principaux du programme international **ODOBA** est de **développer et qualifier** des outils permettant d'analyser l'évolution d'une structure en **béton** atteinte d'une pathologie (Réactions de Gonflements Internes).

L'Emission acoustique est une méthode de contrôle non destructif dite **passive** qui permet de suivre l'endommagement de structures. C'est **une des pistes** pour **détecter et localiser en 3D la formation de microfissures** internes sur des pièces massives de béton. Jusqu'à alors, seul des essais sur des **épreuves** de laboratoire (5 kg) ont été réalisés. Des capteurs ont été installés sur un bloc de **grandes dimensions** (30 t) présent sur la plateforme expérimentale ODE en extérieur afin d'initier les premiers essais.

A terme, on s'intéressera à suivre l'endommagement en vieillissement naturel puis en vieillissement accéléré (immersion en eau chauffée) dans le but de corréler les résultats avec nos mesures d'expansions internes et externes, de fissurométrie surfacique et de nos essais mécaniques.



Vue face Nord et Est du bloc instrumenté (capteurs et système d'acquisition MISTRAS)



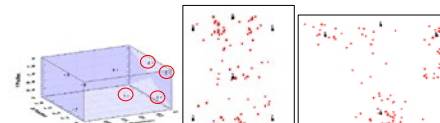
Principe de détection de l'émission acoustique par triangulation



PRINCIPAUX RÉSULTATS

Détection d'événements en surface

La détection d'évènement surfacique contrôlé est primordial pour une bonne installation des éléments sensibles. L'opération consiste à casser de mines de crayon autour et entre les capteurs. Cette étape permet de caractériser le matériau à étudier et d'optimiser la configuration choisie (vitesse de propagation, atténuation propre du matériau) afin d'améliorer pour la suite, la localisation en 3D.

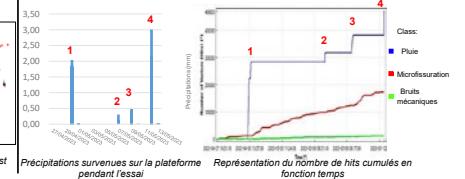


Disposition des capteurs sur le bloc

Vision projetée de la détection surfacique Nord-Sud / Est-Ouest

Détection d'événements à cœur

Pendant une période de 12 jours nous avons enregistré l'activité du bloc de béton en continu révélant l'augmentation de microfissuration à cœur. Un travail de post-traitement a été nécessaire pour décorréliser les **événements météorologiques** et les **bruits mécaniques** qui parasitent les **événements d'intérêts**.



Précipitations survenues sur la plateforme pendant l'essai

Représentation du nombre de hits cumulés en fonction temps



CONCLUSIONS

L'Emission Acoustique a permis de révéler une activité à cœur dans le bloc de béton. IC sur une période d'une quinzaine de jour. Or une installation en extérieur nous expose à des problèmes de météo (orages) et de coactivité parasitant les mesures. Avec un retour d'expérience sur les premiers essais, nous serons capable d'enregistrer sur une période plus longue (1 mois) avant de commencer le vieillissement accéléré par immersion (2 ans).

On attend une hausse de l'activité par unité de temps pour le vieillissement accéléré en comparaison avec le vieillissement naturel. La phase d'immersion entrainera une forte activité (absorption de l'eau et diffusion de celle-ci) ce qui compliquera l'identification des phénomènes de fissuration.

## Exposition de mastic au-delà de 50°C

TOULOUSE  
INP Ensiacet



AIRBUS ATLANTIC – CLEMENT PADIE

SESMAT Salomé, FISA IMAT

IST Lisboa – Université de  
Lisbonne (Portugal)

AIRBUS  
ATLANTIC



### OBJECTIFS

**Contexte :** Le schéma type de protection contre la corrosion pour les aérostructures est le suivant :

1. Assemblage
2. Peinture des cordons et enrobages mastic
3. Polymérisation accélérée de la peinture



Le mastic empêche l'introduction de fluide dans les interstices réduisant le risque de corrosion. Dans l'étape 3, la température de l'étuve est limitée par la température maximale à laquelle le mastic non polymérisé peut être exposé, soit moins de 50°C.

**Mission 1 :** Lors d'un audit chez un fournisseur, la température d'une étuve a été relevée à 60°C. Cela entraîne donc une non-conformité (NC) aux requis d'Airbus S.A.S.. Il est donc nécessaire de statuer et d'évaluer l'impact technique de la NC. Pour cela, est mise en place une batterie d'essais normés vérifiant les propriétés techniques des deux références de mastic exposées à  $T \geq 60^\circ\text{C}$ .

**Mission 2 :** Dans le cadre de l'augmentation de cadence de production A320, un projet s'intéresse à l'augmentation de la température des étuves de 45 à 60°C. A 60°C, il serait possible de réduire les temps de production (selon la spécification, le temps de polymérisation est divisé par 2 quand la température augmente de 5°C). De plus, à 60°C on dispose davantage d'informations sur les temps de polymérisation des peintures mais c'est également une température autorisée par d'autres clients. Une validation industrielle doit être réalisée par essais pour vérifier le risque de détérioration du mastic à 60°C.



### PRINCIPAUX RÉSULTATS

**Mission 1 :** Les variables d'essais permettant d'évaluer l'impact de la NC sur les mastics sont :

4 types d'essais	Décollement linéaire	Bullage
	Dureté	Cisaillement
2 procédés de préparation des éprouvettes	Procédé représentatif de la NC	
	Procédé standard (à titre de référence)	
2 modes de polymérisation avant test	Polymérisation complète du mastic (45 ou 56 jours selon le mastic)	
	Polymérisation complète du mastic + vieillissement (2000h à 80°C)	

**Mission 2 :** Un dossier a été monté pour débloquer un budget. Cela permettra la réalisation d'essais dans les mêmes conditions qu'en production visant à réduire les temps technologiques. Parallèlement, des discussions sont en cours avec Airbus S.A.S. car un tel changement du procédé entraîne une modification de leur spécification.



### CONCLUSIONS

Si les résultats des missions 1 et 2 montrent qu'augmenter la température n'impacte pas la qualité du mastic :

- La NC **Mission 1** n'entraînera pas le rappel de pièces en service.
- Une modification de la spécification Airbus sera faite avec l'appui des résultats de la **Mission 2**.
- De nombreuses NC, du type **Mission 1** pourront être dédouanées.
- Une **augmentation de cadence** liée au passage à 60°C des étuves sera implémentée.

# GÉNIE CHIMIQUE

DÉVELOPPEZ DES PRODUITS, DES TECHNIQUES, DES PROCÉDÉS ET DES SYSTÈMES PROPRES, SÛRS ET DURABLES

L'ingénieur ENSIACET «génie chimique» possède les compétences **pluridisciplinaires** qui lui permettent de **concevoir, dimensionner et contrôler** les équipements nécessaires à la **synthèse** et la **purification** de produits en incluant la **maîtrise des risques**, la sécurité des procédés et la **minimisation de l'impact environnemental**. Il sait **travailler en équipe, dialoguer** avec les spécialistes, **suivre toutes les étapes** de l'industrialisation et **analyser** les divers problèmes pouvant intervenir en démarrage et pilotage de production.



## COMPÉTENCES

- Appréhender les problèmes de développement : de l'acte chimique à la production
- Dimensionner les appareils de transformation physique, chimique ou biologique
- Analyser, optimiser, contrôler les procédés et maîtriser les outils associés
- Suivre une approche qualité et maîtriser les risques dans une démarche de développement durable des projets pluridisciplinaires

## POINTS FORTS

- Une formation équilibrée entre Chimie et Génie des Procédés
- Une place importante donnée aux travaux pratiques
- Une formation ancrée dans le développement durable
- Des métiers différents dans des secteurs d'activité variés
- Un appui fort de la Recherche en Génie Chimique (Laboratoire de Génie Chimique) et de projets d'équipe

## Diminution du bilan carbone de la vapeur

TOULOUSE  
INP Ensiacét



SOBEGI – M. BERNADET

BARBILLON Maxime, FISA GC

MAMAR / IA

SOBEGI



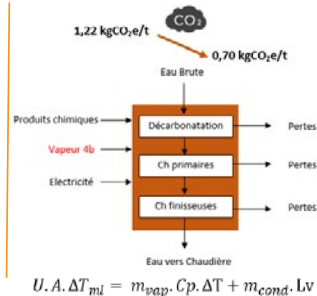
### OBJECTIFS

Ma dernière année d'alternance s'est orientée sur **une optimisation énergétique** de nos productions. L'objectif zéro émission nette annoncé pour 2050, conditionne des décisions importantes au niveau des acteurs privés et plus précisément sur la plateforme de Lacq. Les industriels de la plateforme, sont de plus en plus demandeurs au fait que la SOBEGI soit en capacité de produire et distribuer des utilités (eau, vapeur) **moins émettrices**. J'ai travaillé en partie sur la **diminution de l'empreinte carbone** de l'eau déminéralisée pour notre **vapeur**. Un bilan initial a été établi sur l'eau actuelle, en prenant compte tout les besoins pour sa production en partant d'une eau brute jusqu'au produit fini. Aujourd'hui notre eau a une empreinte carbone **de 1,22 kgCO<sub>2</sub>e/t**. En collaboration avec le service Méthode, nous avons remarqué une consommation importante de vapeur 4 bars pour la production d'eau traitée destinée aux chaudières. L'objectif était de réconcilier les quantités de vapeurs allouées à la production d'eau, puis trouver des **axes d'améliorations** pour baisser considérablement ces quantités.



### PRINCIPAUX RÉSULTATS

Suite à des visites terrain et un traçage des lignes vapeur sur les unités de traitement de l'eau, nous avons constaté des divergences entre les données initiales et les constatations terrain. En réalité, la vapeur encore présente sur les unités est destinée pour la mise **hors gel des capteurs** et le **réchauffage de la soude** qui est utilisée pour la régénération des résines échangeuses d'ions. L'axe d'amélioration proposé était sur le traçage des capteurs. En effet certaines lignes sont mal calorifugées et/ou présentent des purgeurs non étanches. J'ai proposé de remplacer ces traçages par des résistances électriques, en effet ce changement permettrait d'améliorer notre bilan carbone et nous ferait économiser de l'énergie. J'ai effectué un bilan thermique pour estimer les pertes condensats. L'estimation des pertes annuelles est estimée à environ **13500 euros**. Cette étape est indispensable pour calculer une rentabilité sur l'investissement futur. Après quantification des travaux nous pouvons prévoir **un retour sur investissement de 5 mois**. Au vu de la viabilité de ce projet, ce dernier a été proposé à notre service travaux neufs pour planification. Parallèlement, notre **bilan carbone baisserait de 42%** (de 1,22 à 0,70 kgCO<sub>2</sub>e/t) pour la production de **1423 530 tonnes** d'eau par an.



### CONCLUSIONS

Pour conclure, ce projet permettrait de faire des économies d'énergie mais surtout de montrer à nos clients, que la SOBEGI agit dans le sens de la neutralité carbone. Cela aiderait également à obtenir une certification ISO 14067:2018 – « Empreinte carbone des produits ». De plus, un projet de transition de plus grande envergure est à l'étude pour 2026, avec l'implantation d'une chaudière biomasse

## Optimisation d'un procédé de fabrication pilote

TOULOUSE  
INP Ensiacét



ARKEMA – T. LANNUZEL

BARRE Mathéo, FISA GC

Université de Liège, Belgique

ARKEMA



### OBJECTIFS

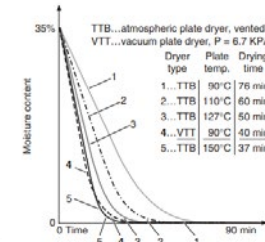
Améliorer le fonctionnement d'un procédé de séchage d'une poudre polymère dans le but de dégoulotter le procédé de fabrication

Optimiser le fonctionnement d'une unité de synthèse d'une oléfine halogénée : focus sur l'épuration par distillation

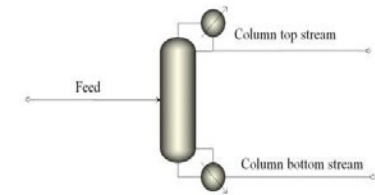


### PRINCIPAUX RÉSULTATS

Obtention de la cinétique globale de séchage



Simulation Aspen® du procédé et réconciliation de données expérimentales



### CONCLUSIONS

Tests de différents types de séchage (à l'air, sous vide...) et validation d'un nouveau processus

Mise en évidence d'un problème d'efficacité de séparation gaz-liquide

Etude de la lixiviation des cellules solaires CIGS



CEA – Denis ODE (Chalmers – Burçak Ebin)



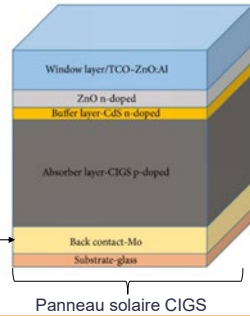
BOMME Ewan, FISA GC

EPI / CAPRI



OBJECTIFS

- Etude du recyclage de panneaux solaires de 2<sup>ème</sup> génération utilisant un matériaux photoélectrique de type « film fin » fait en di-séléniure de cuivre/indium/gallium (CIGS)
- Identifier des acides organiques afin de cibler le substrat molybdène/tungstène qui rattache le CIGS au support acier dans le but de dé-laminer les couches contenant les métaux critiques

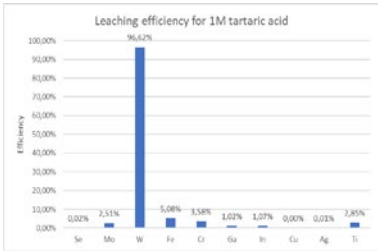


Couche cible

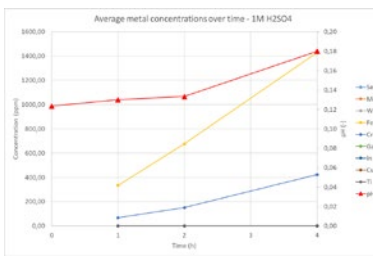
Panneau solaire CIGS

PRINCIPAUX RÉSULTATS

- Efficacité de la lixiviation calculée en prenant pour référence un essai réalisé avec de l'acide nitrique à 8M



- Test d'acide sulfurique pour dissoudre le support en acier et accéder à plus de surface



CONCLUSIONS

Conclusions :

- L'acide tartrique dissout sélectivement le tungstène
- L'acide sulfurique permet la dissolution sélective du support en acier

Perspectives :

- Broyage des cellules ou dissolution après retrait du support acier afin d'augmenter la surface de contact
- Essai d'autres acides identifiés dans la littérature tels que l'acide phosphorique ou citrique
- Continuation de l'étude d'un procédé innovant de dissolution de poudre

Études de la réactivité des composés uranifères



Commissariat à l'énergie atomique (CEA) – M.HERBELET / M.TRONCHE



CALVET Arnaud, FISA GC

Échange : Ghent (Belgique)

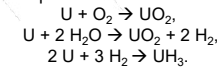


OBJECTIFS

Les déchets nucléaires sont immobilisés dans des colis en vue de leur stockage ultérieur. Les colis 4P, ici étudiés, peuvent contenir de l'U métal bloqué par du mortier et avec de l'air dans le vide apical.

L'objectif de cette étude est d'instruire la maîtrise du risque d'explosion dans un scénario incidentel. En effet, la corrosion de l'U métal cause un dégagement d'H<sub>2</sub> et pour rester en dessous de la limite inférieure d'explosivité (LIE) il faut choisir le bon mortier de blocage et limiter la quantité d'U métal dans le colis. In fine il faut évaluer le terme source hydrogène ts<sub>H<sub>2</sub></sub> qui s'exprime en L de H<sub>2</sub> par m<sup>3</sup> d'U par an.

L'U métal peut se corroder selon divers mécanismes soit par la consommation de l'O<sub>2</sub> présent initialement dans le vide apical, soit par l'eau présente dans le mortier ou encore par l'H<sub>2</sub> produit :

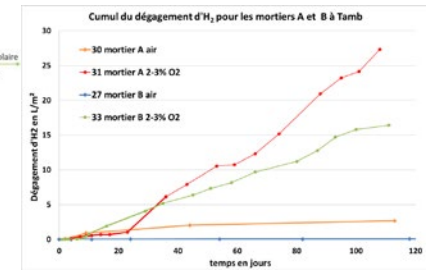
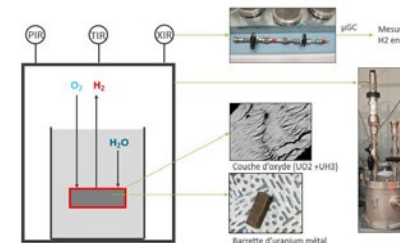


Colis 4P



PRINCIPAUX RÉSULTATS

- Mesure de la corrosion de l'U métal



- Autres missions :
  - Fabrication d'un four de voloxydation.
  - Participation à l'inventaire en UH<sub>3</sub> (pyrophorique).

- L'oxygène inhibe le dégagement de H<sub>2</sub>
- ts<sub>H<sub>2</sub></sub> mortier B < ts<sub>H<sub>2</sub></sub> mortier A.



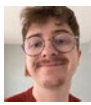
CONCLUSIONS

N°Pot (Mortier / atmosphère)	ts <sub>H<sub>2</sub></sub> en L/m <sup>3</sup> /an
30 (Mortier A / Air)	2
31 (Mortier A / appauvrie en O <sub>2</sub> )	109
27 (Mortier B / Air)	10 <sup>-2</sup>
33 (Mortier B / appauvrie en O <sub>2</sub> )	58

- La corrosion de l'U métal par l'eau est favorisée dans une atmosphère appauvrie en O<sub>2</sub>.
- La corrosion de l'U métal est minimisée avec le mortier B.

Le mortier B permet de stocker deux fois plus d'U métal, il est donc à préconiser.

Modeling and optimisation of a Liquid Liquid Extraction step



SANOFI US – JANGJOU Yasser

CASEDEVANT Thibault, FISA GC

CFIBIO



OBJECTIVES

The development of pharmaceutical compounds typically involves a time-consuming process. However, to expedite this process, **High-Throughput Experimentation (HTE)** techniques are employed.

High-throughput experimentation (HTE) is a technique that allows the execution of **large numbers of experiments** to be conducted in **parallel** while requiring less effort per experiment when compared to traditional means of experimentation.



Figure 1. Image of AmigoChem setup

**Objectives** : create a **workflow** for the **optimization of Liquid-Liquid Extraction** using the **AmigoChem**.

- The Amigo Chem allows us to execute:
- up to 10 individually reactions with a precise control of the temperature and an autosampler
  - Design of Experiments protocols
  - Kinetics experiments
  - Stability studies

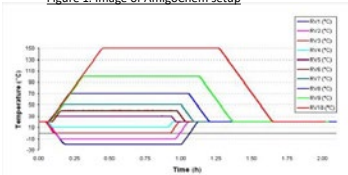


Figure 2. Temperature control of ten different reactors



MAIN RESULTS

In this study, we aimed to **utilize AmigoChem to study Liquid Liquid Extraction**. This included measuring the **partition coefficients** at the equilibrium at different concentration of organic and aqueous phases. The experimental result then was used to simulate the LLE.

Once the experiments have been carried out using the Amigo Chem, the **partition coefficient** at the equilibrium can be **calculated** knowing the **concentration** of the **compound** of interest in the **organic and aqueous phases**.

A **model** has been developed on MATLAB to characterize the **impact of the partition coefficient** and the **volume of solvent** on the **yield of extraction**.

Here is an example :

- With a **Ratio organic/Aqueous of 0.4** after 3 extractions the yield is **78%**
- With a **Ratio organic/Aqueous of 1** after 3 extractions the yield is **96%**

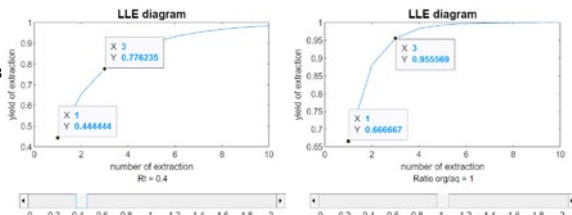


Figure 3. Simulate LLE results from Matlab model



CONCLUSION

The use of this **workflow** permits the chemist to work more **efficiently**. This allows to quickly **understand the impact of extraction number, partition coefficient and extracting solvent** volume on the **extraction efficiency**. The **model** is simple to take in hand thanks to the use of the slider which permits to **vary the volume ratio of aqueous and organic phase**.

Following the development of this **workflow**, several **members** of the chemistry team and the process engineering were **trained** to use the **Amigo Chem**.

Travaux portant sur la standardisation, la recherche et le développement de stations à hydrogène



McPhy – MA : Julien COMBE

CEPA Luca, FISA GC

Echange : Instituto Superior Técnico (Portugal)



McPhy est une entreprise spécialiste des équipements de production et distribution d'hydrogène pour des véhicules



OBJECTIFS

Rerprise d'un stockage H<sub>2</sub> afin de simuler un véhicule lors des essais de remplissage d'une station

Création du PFD pour une nouvelle gamme de produit standard comportant 3 parties :

- Régime nominal
- Maintenance hydrogène
- Maintenance azote

Détermination des débits de purge lors du régime nominal et lors de maintenance sur une station à H<sub>2</sub>



PRINCIPAUX RÉSULTATS

- Dimensionnement d'une soupape de sécurité et de son évent avec des contraintes à respecter selon la norme ISO 4126 sur :
  - o La contre pression
  - o Les pertes de charge en amont
- Création de note de calcul afin de vérifier la tenue thermodynamique du stockage (T<sub>opérateur</sub> < T<sub>max</sub>)
- HAZOP réalisée
- Détermination de la hauteur minimum du mat d'évent

Détermination pour chaque nœud de fonctionnement :

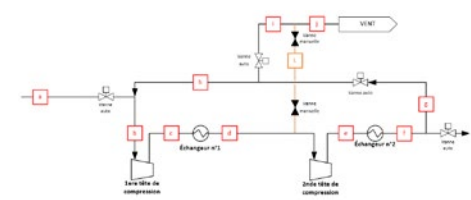
- Température minimale et maximale
- Pression minimale et maximale
- Débit maximal Schéma du PFD

- Détermination de chacun des cas sur le PFD, plan mécanique et dans la réalité
- Schéma récapitulatif les circuits de purge
- Template permettant de calculer les pertes de charges

Photo du stockage à réhabiliter



Exemple du schéma PFD de la partie compression



CONCLUSIONS

La référence de la soupape, le diamètre des tubes, leur longueur et la géométrie du mat d'évent ont été déterminés. De plus, lors du remplissage, une temporisation a été jugé nécessaire afin d'atteindre la thermalisation du stockage avec l'extérieur. Le stockage a donc bien été réutilisé par l'équipe essaie afin de réaliser des tests sur site.

Les paramètres maximum et minimum de chaque nœud de fonctionnement serviront ensuite lors du dimensionnement des équipements présents. Le choix des équipements est ensuite réalisé selon leur disposition dans le PFD. Ce qui nous amène à posséder des équipements dit « Haute Pression » (~900 barg) « Moyenne Pression » (~ 450 barg) « Basse Pression » (~ 30 barg)

Le débit de purge servira à l'équipe essai ou maintenance afin de connaître le temps qu'un tronçon ou un équipement prendra à être purgé. A l'aide de ce résultat, deux circuits peuvent être utilisés jugés nécessaire afin d'optimiser le temps de purge de grands volumes.



### Réduction des pertes en dichlorométhane



INDENA – LONGUET

DA CRUZ Ariane, FISA GC

University of Belgrade (Serbie)



### OBJECTIFS

Lorsque l'on produit des extraits végétaux, nous travaillons avec une matière première dont la qualité et la composition sont variables. Cela implique, lors de la phase de purification notamment, d'ajouter dans certains cas des étapes d'extractions réalisées avec des solvants plus ou moins sélectifs afin que le produit fini corresponde aux normes définies.

Sur le procédé de production d'extrait de Ginkgo Biloba, il peut être nécessaire de réaliser une extraction à l'aide de dichlorométhane qui est un Composé Organique Volatil halogéné dangereux et cancérigène.

Dans ce contexte, l'objectif du projet présenté est l'optimisation des opérations de distillation en système fermé appelé « vase-clos » qui composent les étapes du recyclage du dichlorométhane afin de réduire:

- les émissions de dichlorométhane à l'atmosphère
- le temps d'opération
- le coût énergétique



### PRINCIPAUX RÉSULTATS

Gain sur les émissions:

- Suppression de l'utilisation de la pompe à vide lorsque le réacteur, réalisant les opérations de recyclage, contient encore du dichlorométhane

Gain sur le temps d'opération:

- Diminution de 53 % du temps de « Distillation CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> »
- Diminution de 61 % du temps d'« Elimination des têtes CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> »

Gain énergétique:

- Suppression de l'étape de refroidissement qui avait lieu avant la reprise de la chauffe



### CONCLUSIONS

Le fait de se passer de pompe à vide au maximum lorsque l'on chauffe/vaporise une substance au sein d'un équipement isolé entraine une augmentation de pression qu'il est difficile de contrer.

Il faut donc trouver un compromis entre le fait de travailler sous vide ce qui nécessite un dispositif de filtration complètement sûr et travailler sous pression où le risque est plus important pour le personnel en cas de fuite.

De plus, le fait de devoir travailler sous pression implique une modification non seulement des organes et seuils de sécurité mais également de certains équipements même annexes.

### Modification du conditionnement chimique d'un circuit



EDF CNPE de PALUEL / Myriam RIDHOIR

FERRARI Mattéo, FISA GC

IA



### OBJECTIFS

Dans les centrales nucléaires, l'électricité est générée par l'alternateur. Les conducteurs composant l'alternateur véhiculent d'importants courants qui peuvent générer des échauffements du stator (partie fixe de l'alternateur). Pour éviter de potentielles détériorations, ces conducteurs creux sont refroidis par un fluide caloporteur (eau déminéralisée).

La circulation d'eau de refroidissement peut générer de la corrosion des surfaces en cuivre du circuit. Cette corrosion peut conduire à encrasser, voire à boucher les conducteurs creux du stator par la précipitation du cuivre ionisé et par la déposition de particules d'oxyde de cuivre.

Afin de prévenir la corrosion de ces surfaces en cuivre, il a été décidé de basculer le conditionnement chimique de ce circuit à un pH basique aux alentours de 8,7 contre 7 avec le procédé actuel qui était curatif (cf. Figure 1). Le conditionnement basique du circuit est possible grâce à l'utilisation de deux types de résines (cf. Figure 2) :

- Une résine échangeuse d'ions à lit mélangé (Na<sup>+</sup>/OH<sup>-</sup>) qui va échanger les ions cuivre du milieu par des ions sodium et les ions carbonates apportés par le balayage en air par des ions hydroxyde contribuant à alcaliniser le circuit.
  - Libération progressive de soude dans le circuit, augmentation de la conductivité et du pH.
- Une résine échangeuse d'ions à lit mélangé (H<sup>+</sup>/OH<sup>-</sup>) qui va retenir les ions cuivre, l'excès de sodium apporté par la précédente résine.
  - Diminution rapide de la conductivité et du pH.

Le paramètre de pilotage est la conductivité qui est fonction directe de la teneur en sodium et du pH, le relevé de la conductivité est fait chaque jour grâce à un automate présent sur l'installation. L'alternance dans l'utilisation des deux types de résines permet à la conductivité donc au pH d'osciller dans une zone de pH basique comprise entre 8,5 et 8,9.

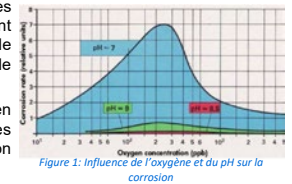


Figure 1: Influence de l'oxygène et du pH sur la corrosion

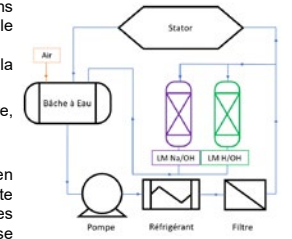


Figure 2: Schéma du circuit de refroidissement du stator en mode alcalin



### PRINCIPAUX RÉSULTATS

La graphique ci-dessous modélise la conductivité du circuit de l'unité de production n° 4, cette courbe est une répétition d'un motif avec une phase d'alcalinisation où la conductivité du circuit augmente grâce à la résine LM Na<sup>+</sup>/OH<sup>-</sup> et une phase d'épuration où la conductivité descend rapidement grâce à la résine LM H<sup>+</sup>/OH<sup>-</sup>. Cette courbe admet un minimum de 0,9 µS/cm et un maximum à 1,9 µS/cm, ce qui correspond à un pH compris entre 8,5 et 8,9 soit un pH basique.

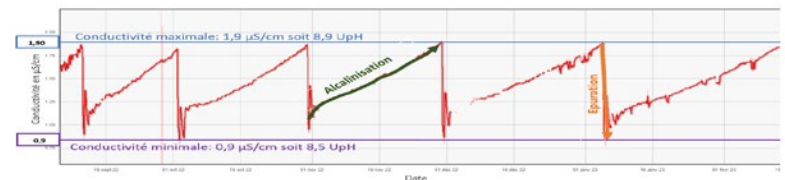


Figure 3: Evolution de la conductivité du circuit de refroidissement du stator en mode alcalin



### CONCLUSIONS

Ce conditionnement a été déployé sur l'unité de production n° 4 et les résultats sont conformes à l'attendu qui est d'avoir un pH compris entre 8,5 et 8,9. Cette modification est en cours de déploiement sur les trois autres unités de la centrale nucléaire de Paluel.

Ce procédé préventif pour l'installation permettra d'éviter les pertes de production liées aux potentiels bouchages des conducteurs creux du stator et évitera le recours à l'épuration cationique qui est un processus long et coûteux employé pour nettoyer les conducteurs creux bouchés.

Manufacture of ceramic-supported cells



EIFER – Dr. DAILY Julian

GANTIER Marie, FISA GC

CDB / CDEn  
Germany



OBJECTIVES

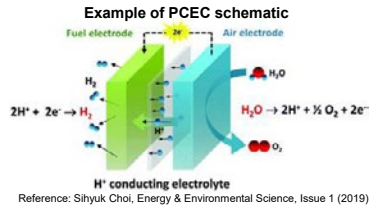
Technology presentation:

A Protonic Ceramic Cell (PCC) can produce:

- Electricity in fuel cell mode (PCFC)
- Hydrogen in electrolysis mode (PCEC)

The advantages of this technology:

- Production of pure hydrogen
- Lower operation temperature (~600°C) than other ceramic technology (~750°C)
- Cogeneration of electricity and heat



Reference: Sihyuk Choi, Energy & Environmental Science, Issue 1 (2019)

Targets:

- Improvement of the fuel electrode (with and without carbon graphite) slurries
- Development of the electrolyte slurry
- Manufacture of half-cells (electrolyte + fuel electrode) by co-tape casting



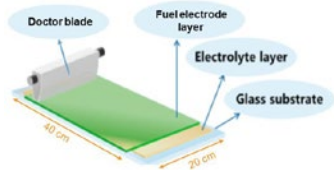
MAIN RESULTS

Slurry composition:

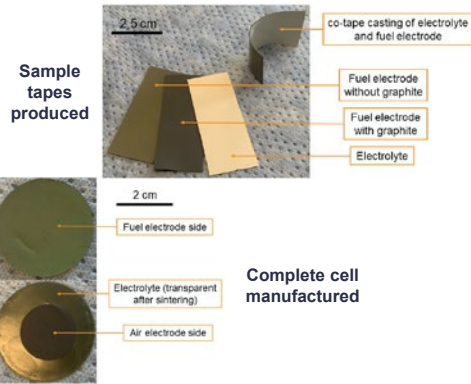
- Ceramic powder
- Organic additives:
  - Solvents
  - Dispersant
  - Binder
  - Plasticizers

Manufacture of half-cells:

Tape-casting of flat, thin, large-area and flexible ceramic sheet



Reference: Xing Chen, Journal of Power Sources, 506 (2021)

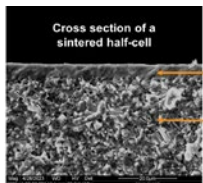


CONCLUSIONS

Analysis of samples by Scanning Electron Microscopy:

Goals: evaluate the quality of the microstructure of the sample

- Dense and thin electrolyte (<10 μm)
- Good interface between electrolyte and fuel electrode
- Good homogeneity of the fuel electrode



Perspectives:

Improvement of the quality of samples/process:

- Introduction of a lamination step (hot pressing)
- Improve the sintering temperature profile
- Production of larger cells
- Improve the tape casting process to reduce the impact of atmospheric conditions

Couleur d'une liqueur et mis en pratique de l'entrepreneariat



Distillerie des Marigots – Joseph St-Denis Boulanger

MOREL Cédric, FISA GC

CFIBio



OBJECTIFS

Partie synthèse bibliographique

La distillerie produit une liqueur de rhubarbe dont la couleur se modifie du rouge au orange. L'objectif est de comprendre d'où vient la couleur rouge de la rhubarbe et d'identifier les facteurs influençant le changement de couleur.

Partie gestion de projet

Amélioration des visites de la distillerie et de l'expérience client.  
Gestion événementielle

Partie pratique

Opération de production de sirop, liqueur et spiritueux



PRINCIPAUX RÉSULTATS

Partie synthèse bibliographique

La couleur rouge provenant des fruits provient principalement des polyphénols présents dans les fruits. Les polyphénols ont pour objectif d'attirer les animaux à consommer les fruits afin de disséminer leurs semences et ont pour rôle d'antioxydant afin de protéger les cellules de la plante. Une fois extraites, ces molécules colorées sont pour la majorité sensibles à leur environnement en s'oxydant. Plusieurs paramètres de dégradation ont pu être identifiés dans le procédé de fabrication comme l'augmentation de température, l'augmentation de pH et la présence d'enzymes dans la matrice et la structure des polyphénols.

Partie gestion de projet

Au delà de la vente, j'ai pu apprendre à offrir une expérience client en mettant en place un narratif autour des cinq sens, en apprenant à cibler les besoins du clients au travers de sa gestuelle ou de son discours. La gestion des événements extérieur a été amélioré au cours des retours d'expériences en mettant en place une gestion du stock, une méthodologie 5S sur le bar et une organisation des tâches avec l'équipe.



CONCLUSIONS

Cette expérience à la distillerie des Marigots m'a permis de mettre en pratique une recherche d'informations sur une problématique de production autour de la dégradation de la couleur d'une liqueur. Des essais de stabilité de la couleur sont proposés. Il aurait été plus précis d'utiliser des outils de quantification (HPLC et CPG) dans un contexte de recherche et développement. Néanmoins, dans un contexte d'entrepreneariat, j'ai pu apprendre la nécessité de prioriser les sujets en fonction des moyens disponibles, des gains financiers, de l'image d'entreprise, du temps et de l'utilité.

Ce stage m'a permis d'obtenir une expérience d'entrepreneariat sur le plan pratique qui complète ma formation d'ingénieur génie chimique.

# GÉNIE DES PROCÉDÉS

## CONCEVEZ, AMÉLIOREZ, PILOTEZ DES PROCÉDÉS INDUSTRIELS

L'ingénieur ENSIACET «Génie des procédés» bénéficie de solides connaissances théoriques et pratiques concernant les procédés industriels et d'une formation générale en sciences sociales, humaines et économiques.

Il dispose d'une parfaite maîtrise des outils numériques et informatiques, et de compétences solides pour les problématiques énergétiques liées aux ateliers de production. Habitué à travailler en équipe sur des projets pluridisciplinaires, il est capable d'innover et d'inventer de nouveaux procédés, de créer, modéliser et simuler les usines du futur, de piloter leur réalisation et leur conduite afin de les rendre plus rentables, plus «durables», plus propres et plus sûres.



## COMPÉTENCES

- Dimensionnez et pilotez les appareils de transformation physiques, chimiques ou biologiques
- Synthétisez, concevez, analysez, simulez, optimisez et contrôlez les procédés
- Concevez, développez et utilisez les outils et méthodes de modélisation des procédés et d'analyse des données
- Maîtrisez les outils numériques et des technologies de l'information et de la communication
- Maîtrisez les concepts généraux en sciences sociales, humaines et économiques, pour devenir un physicien pluridisciplinaire
- Intégrer pour les sites industriels la chaleur récupérable et les besoins énergétiques

## POINTS FORTS

- Maîtriser les outils de simulation de procédés
- Concevoir les procédés de demain
- Améliorer les installations existantes
- Piloter les installations industrielles
- Œuvrer pour le développement durable

## Gestion de la modernisation d'une ligne de traitement des hydrocarbures gazeux

TOULOUSE  
INP Ensiacét



ALPHA RECYCLAGE INGENIERIES ET SERVICES – F. TESSERAUD

AIT BA Myriam, FISA GP

Echange : Universitat de Valencia (Espagne)



### OBJECTIFS

Ce projet s'inscrit dans le cadre du redimensionnement complet de l'installation de vapo-thermolyse de pneumatiques ayant pour objectif le traitement de 20k tonnes/an de pneus usagés pour la production de noir de carbone recyclé et d'huile de thermolyse par dégradation thermochimique des pneus (entre 400 à 600°C) sous atmosphère vapeur.

L'une des difficultés majeures de ce procédé réside dans la ligne de traitement des hydrocarbures gazeux produits par la réaction qui subit un fort colmatage et limite donc la disponibilité de l'installation.

Mes objectifs sont les suivants :

- Mise à jour des données du procédé de vapo-thermolyse de pneumatiques servant de base pour les études à venir.
- Remplacement complet de la ligne de traitement d'hydrocarbures gazeux à savoir une séparation gaz/poussières, plusieurs étages de condensation d'hydrocarbures lourds à légers (C<sub>40</sub> à C<sub>4</sub>) et enfin la combustion des gaz incondensables.

A plus long terme, (redémarrage au premier semestre 2025), cette unité (deux lignes en parallèle) devra permettre la production de 8 000 tonnes/an d'huile de thermolyse (fonctionnement 24h/24, 320 jours/an).



### PRINCIPAUX RÉSULTATS

- Reprise complète du fichier Excel de modélisation du procédé pour permettre son utilisation par l'ensemble de l'équipe et pour servir de base aux études APS/APD à venir :
  - Résolution d'erreurs
  - Modélisation plus fine de la composition des produits gazeux en sortie de réacteur (modélisation de 91 composés avec recherche des paramètres physico-chimiques associés) et adaptation des calculs pour prendre en compte cette nouvelle composition.
  - Modification complète des calculs sur la partie combustion et échange thermique des fumées (bilans matière et thermique) : Etape indispensable car la chaleur des fumées de combustion est valorisée dans le procédé. Les erreurs liées à cette partie impactaient donc l'ensemble du fichier de calcul.
- Remplacement de la ligne de traitement des hydrocarbures gazeux :
  - Rédaction de plusieurs cahiers des charges techniques
  - Recherche et consultation de fournisseurs, discussions techniques
  - En cours : Obtention d'offres avec des solutions techniques permettant de pallier les problèmes de formation de dépôts colmatants observés durant les années d'exploitation de l'installation.



### CONCLUSIONS

Cette ligne de traitement est un point critique de l'installation, ces avancées permettent une fiabilisation du projet. Il reste néanmoins beaucoup de travail sur ce sujet, notamment la finalisation des discussions avec les fournisseurs pour obtenir les dernières offres. Il faudra ensuite rédiger un rapport d'étude complet permettant la comparaison (aspects technique, financier, réglementaire) et choisir une offre parmi celles proposées. Cet objectif est atteignable avant la fin de mon contrat d'alternance.

D'un point de vue personnel, ce projet m'a permis de gagner en autonomie, en compétences techniques ainsi qu'en aisance à l'oral (notamment avec les fournisseurs).

## Alternant Ingénieur d'affaires et Process industriel

TOULOUSE  
INP Ensiacét



CHIMIMECA – M. Mesona



BRUEL, Théo, FISA GP

Echange : Université de Padova (Italie)



### OBJECTIFS

La station de retraitement des effluents du site de Moirans est composée de 2 évapo-concentrateurs à pompe à chaleur. La maintenance et l'entretien de ces machines ont été délaissés durant l'absence de ma personne. Dès mon retour fin février 2023, l'objectif était clair : « Faire en sorte que les machines fonctionnent comme avant ».



### PRINCIPAUX RÉSULTATS

Maintenance corrective et analyse du fonctionnement par relevé manuel de valeurs dû à l'absence de quelconque automate. Planification d'interventions de fournisseurs et sous-traitants (fabricant machine, frigoriste...). Participation à l'étude du remplacement des 2 évapo-concentrateurs actuels par une nouvelle technologie : Ecostill de TMW, projet en cours.



### CONCLUSIONS

Aujourd'hui les évapo-concentrateurs fonctionnent, et cela depuis le 23 mai avec un taux de disponibilité de 100 %. Un projet va peut-être voir le jour avec comme objectif de moderniser les machines pour diminuer drastiquement le temps de maintenance préventive (lavage, vidange...) et de permettre de relever automatiquement des valeurs de suivi de performance.

## Production de boues STE2



Inovertis – Antoine CEUSTERS

INOVERTIS

GALAMIEN--FERNANDEZ Clara,  
FISA GP

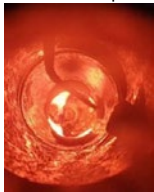
Universidad del País Vasco,  
Bilbao, España



### OBJECTIFS

Dans le cadre du projet RCB (Reprise et Conditionnement des Boues) mené par ORANO, Inovertis doit formuler plusieurs tonnes de boues dopées en Césium et en Strontium représentatives des **boues radioactives** entreposées dans les bâtiments STE2 (Station de Traitement des Effluents n°2).

Ces **boues simulées** serviront au développement de **solutions de conditionnement** des déchets radioactifs. Elles seront utilisées lors de la réalisation d'essais de traitement thermique par **calcination** via le procédé **DEM&MELT** puis de conditionnement par **enrobage** en matrice vitreuse ou par **compactage/ frittage**.



Une **1<sup>ère</sup> phase** de production de boues simulées a déjà été effectuée en vue de produire une faible quantité (10 kg) permettant la **validation du mode opératoire** en vigueur. Le rôle d'Inovertis est d'effectuer à présent le **scale-up** pour obtenir 1 600 kg de boues.



### PRINCIPAUX RÉSULTATS

Les missions effectuées jusqu'à alors ont principalement eu pour but de mettre en place une **logistique adaptée** à la réalisation de **16 batchs de 10 m<sup>3</sup>** à partir du **Retour d'Expérience** d'une production de seulement **1 m<sup>3</sup>**.

Parmi ces missions :

- Adaptation de l'**outil de production** (achat d'équipements)
- **Gestion de stock** des produits chimiques/ calcul des quantités requises
- Points d'avancement réguliers/ Mise à jour du **plan d'actions**
- **Planification** de la production des 16 batchs sur la durée du projet
- **Résolution** des points bloquants
- Rédaction d'un **mode opératoire détaillé**
- Mise en place de dispositifs garantissant la **sécurité** des opérateurs



### CONCLUSIONS

A l'heure actuelle, les **produits chimiques** ainsi que les **équipements** (pompes, agitateurs...) ont été réceptionnés et le **laboratoire est à présent apte à produire**. La réalisation des **diverses solutions** nécessaires à la production du 1<sup>er</sup> batch a été effectuée.



S'ensuivront les **réactions de coprécipitation** dans la cuve de mélange permettant l'obtention d'une **suspension** qui sera filtrée pour obtenir à terme la **boue désirée**.



## Optimisation de la lyophilisation dynamique industrielle



LYOPHITECH – TURRIN – GALLAND Xavier

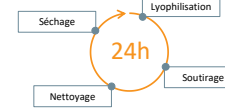
GODDET Louis, FISA GP

CDB / PPQPS



### OBJECTIFS

Lyophitech est une société spécialisée dans le **développement, la sous-traitance et la vente de lyophilisateurs dynamiques** pour les secteurs de la santé et de la cosmétique. Lyophitech est reconnue pour sa **qualité de service et son expertise** en matière de **lyophilisation**. Au cours de l'**année 2022**, après avoir montré les qualités de sa technologie sur des appareils pilotes, Lyophitech a ouvert sa **première ligne de production**.



Actuellement en pleine **phase de qualification** des différents équipements industriels, l'**objectif principal** de Lyophitech est de démontrer les qualités de la lyophilisation dynamique en réalisant un **cycle de production en 24 heures** sur un produit comme le lait. Plusieurs autres objectifs découlent de celui-ci : automatiser au maximum les actions opérateurs, réduire le temps de lyophilisation, améliorer les transferts de chaleurs et de matières, etc.

Cet objectif permettra à Lyophitech de réaliser **3 à 4 productions par semaine** à l'aide d'une seule machine. Une fois toutes les améliorations prises en compte, nous pourrions les **reproduire sur la deuxième installation industrielle**.

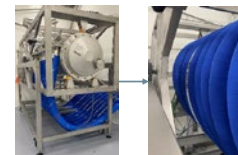


### PRINCIPAUX RÉSULTATS

#### Evacuations des vapeurs - Flexibles

Lors de la lyophilisation, les **tuyaux flexibles** sont un **élément essentiel** pour **évacuer les vapeurs** produites pendant la sublimation. Les tuyaux flexibles sont utilisés pour évacuer les vapeurs de la chambre de lyophilisation jusqu'aux condenseurs.

#### Changement de diamètre des flexibles



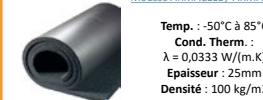
Théoriquement	
Débit : 8,3 kg/h	Débit : 15,8 kg/h
Perte de charges ΔP = 31,3 Pa	Perte de charges ΔP = 28,7 Pa

L'augmentation du diamètre des tuyaux permet d'**augmenter la capacité à évacuer les vapeurs** ainsi que de **diminuer les pertes de charges** dans les tuyaux.

#### Amélioration de la chauffe - Calorifuge

Le choix du matériau du calorifuge est essentiel à l'amélioration des performances du lyophilisateur : les caractéristiques du calorifuge ont une forte influence sur la température de chauffe.

#### Mousse ARMACELL / ARMAFLEX



Temp. : -50°C à 85°C  
Cond. Therm. : λ = 0,0333 W/(m.K)  
Épaisseur : 25mm  
Densité : 100 kg/m<sup>3</sup>



Temp. : -60°C à 200°C  
Cond. Therm. : λ = 0,0695 W/(m.K)  
Épaisseur : 25mm  
Densité : 250 kg/m<sup>3</sup>

La différence de ΔT entre les deux isolants permet un **apport d'énergie deux fois plus important**. Cet apport permettra de réduire le temps de lyophilisation.

#### Amélioration du taux de fuite

#### Outil utilisé



Les **détecteurs à hélium** sont largement utilisés dans l'industrie, notamment pour détecter les **fuites d'hélium** dans les équipements de vide.

#### Détection de fuites de vide



**Brides avant et arrière** de la cuve de sublimation



**Filetage** d'une électrovanne

#### Actions correctives

- Remplacement du joint 8mm par un joint sur le filetage de la vanne
- Ajout de colle et téflon sur le filetage de la vanne
- Recherche de l'origine de la fuite

Taux de fuite initial : 1,7x10<sup>-3</sup> mbar.L/s  
Taux de fuite final : 2,4x10<sup>-9</sup> mbar.L/s  
L'amélioration du taux de vide permet d'atteindre **des meilleures performances** sur le lyophilisateur.



### CONCLUSIONS

La réalisation d'un cycle de lyophilisation en 24h n'est **pas encore atteinte**. D'autres améliorations sont impératives à l'accomplissement de cet objectif : amélioration du système de chauffe, gestion de production, finalisation de l'automatisation des appareils industriels. La réception de la deuxième machine est prévue pour le **dernier trimestre 2023**, à cette date, nos **productions** devraient être **optimisées**.

## DE LA MAQUETTE 3D A SYNERGI EN PASSANT PAR LES BATTERIES LIMITEES



TOTALENERGIES – VINCENT LASSERRE

LAMY Alaïs, FISA GP

Echange : Université de Belgrade (Serbie)



### OBJECTIFS

Développer une méthode permettant de renforcer le suivi technique des équipements des Off-Sites en utilisant les informations disponibles des unités de production (gain de temps)

- Prévention des risques environnementaux ou technologiques liés à une perte de confinement
- Etablir des liens entre les numéros de lignes de charges et de coulées des unités présents sur les PCF des unités et ceux de la maquette 3D (modélise les off-sites) - aux batteries limitées des unités ;
- Transposer les modes de dégradation identifiés par les études de corrosion → Dommages pouvant être causés par le fluide transporté dans une tuyauterie ;
- Construire des circuits → Identifier les différentes lignes entre le point de départ (ex: une unité) et le point d'arrivée (ex: un bac) afin de permettre le suivi technique de ce circuit.



### PRINCIPAUX RÉSULTATS

- Conception d'un document par unité comprenant:
  - Un schéma bloc de l'unité avec ses lignes d'entrée et de sortie;
  - Des photos de la batterie limitee;
  - Un tableau de liens entre la maquette 3D; les PCF de l'unité et les modes de dommage identifiés.

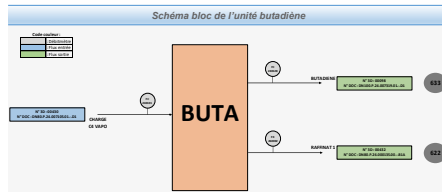


Tableau de liens entre la maquette 3D; les PCF de l'unité et les modes de dommage (DM)

UNITÉ	NOM	ENTRÉE	SORTIE	N° MAQUETTE	PRODUIT PCF	PRODUIT MAQUETTE	DE	FONCTION	VERS	DN PRINCIPAL	N° PCF ASSOCIÉ	N° DOCUMENTATION	DM (API 571)
24	BUTADIENE	X		00098	BUTADIENE	C4	BUTADIENE	BUTADIENE(ANCIENNE LIGNE PG1105)	STOCK	80	24 01 10 0003	DN100.P.24.007319.01.-D1	DM 66
24	BUTADIENE	X		00430	C4 DE VAPO	C4	HYDRO C4	C4 VAPO	BUTADIENE	80	24 01 10 0001	DN80.P.24.007105.01.-D1	DM 46 DM 47
24	BUTADIENE	X		00432	-	C4	BUTADIENE	RAFFINAT 1	STOCK	80	26 01 10 0008A	DN80.P.26.000135.00.-B1A	DM 46

- Création de circuits entre les numéros de ligne de la maquette 3D : chemin parcouru par le fluide de sa sortie d'installation à son stockage.

Tableau de création de circuits entre les numéros de ligne de la maquette 3D

N° LIGNE	CODE PROD	CIRCUIT	ORDRE	DN PRINCIPAL	DE	FONCTION	VERS
00091	ESS LEG VAPO	HYDRO 1BIS ESS LEG VERS T224	2	100	HYDRO 1BIS	ESS LEGERE VAPO	STOCK
00184	ESS LEG VAPO	HYDRO 1BIS ESS LEG VERS T224	3	100	HYDRO 1BIS	ESSENCE LEGERE VAPO	STOCK
00259	ESS LEG VAPO	HYDRO 1BIS ESS LEG VERS T224	4	100	VAPO	ESS LEGERE VAPO	T224
00260	ESS LEG VAPO	HYDRO 1BIS ESS LEG VERS T224	5	25	T224	DECHARGE SOUTAPE 61PSV63261	COLLECTEUR 00029
01535	ESS LEG VAPO	HYDRO 1BIS ESS LEG VERS T224	1	100	VAPO	ESSENCE LEGERE VAPO	STOCKAGE
01624	ESS LEG VAPO	HYDRO 1BIS ESS LEG VERS T224	2 BIS	100	VAPO	ESSENCE LEGERE	STOCK



### CONCLUSIONS

- Grâce au travail d'identification des lignes de la maquette 3D et à l'augmentation du dialogue entre les différentes entités du site, le suivi technique des équipements des off-sites sera renforcé. La prise d'information lors des phases de production (ex: pollution d'un produit par un produit corrosif) est importante car elle permettra d'être retranscrite dans la base de données des équipements et donc d'en adapter la fréquence de contrôle.

## Conception d'outils de suivi



TotalEnergies – David Dupin

LASCAUX Paul, FISA GP

ELENSYS Leuna



### OBJECTIFS : Développer des outils de suivi de frais variables d'une raffinerie



La gestion des frais variables représente un enjeu majeur pour les raffineries, nécessitant un suivi rigoureux pour assurer les performances économiques. C'est pourquoi, le projet consiste à développer un outil de suivi des frais variables spécifiquement adapté à une raffinerie, afin d'offrir une visibilité claire sur les coûts, de faciliter les comparaisons avec les budgets et d'optimiser la gestion des ressources. Le développement et l'utilisation de l'outil se fait via Power BI.

L'objectif est de fournir aux équipes de production et de contrôle de performance de la raffinerie un outil synthétique et performant pour analyser les variations des coûts des frais variables. Grâce à cet outil, les utilisateurs pourront identifier les écarts entre les coûts réels et les budgets, évaluer les performances historiques et prendre des décisions éclairées pour améliorer la fiabilité des budgets futurs.

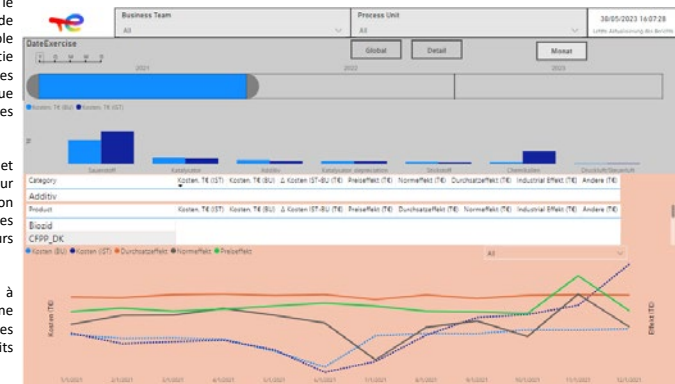


### PRINCIPAUX RÉSULTATS

L'outil de suivi développé pour le contrôle de performance possède pour chaque frais variable (Exemple : Additifs) une partie générale avec l'ensemble des coûts budgets et réels ainsi que l'impact de chaque paramètres (charge, norme, prix).

Un bandeau de tête généralisé et personnalisable permet pour chaque équipe de production d'étudier plus en détails les produits consommés sur leurs unités spécifiques.

Une partie plus détaillé associé à chaque produit et une représentation graphique des variations globales et par produits et également présente.



### CONCLUSIONS

La conception et la mise en place du tableau de bord de gestion des coûts variables de la raffinerie de Leuna représentent une avancée significative dans la manière de collecter, d'analyser et de visualiser les données.

Cet outil offre aux équipes de production un accès simplifié et personnalisé à des informations clés, leur permettant de prendre conscience de leurs coûts et d'optimiser la performance opérationnelle.



Support technique ARaymond MAROC



ARaymond MAROC – ROCHDI Mohamed – CHARPENTIER Mathieu

LE BOULANGER Guillaume,  
FISA GP

Fonctionnalité  
ARaymond MAROC



OBJECTIFS

Missions extraites du plan d'actions d'amélioration du site AR Maroc :

- Plan d'action sur cadences outillages et mise à jour des fiches de réglage associées. (Retour aux cadences de gammes).
- Formation : Utilisation robot Sepro niveau 2 pour les techniciens de l'équipe maintenance.
- Retour d'expérience contrôle vision AR France pour mise en place machine Pilote chez AR Maroc.
- Démarrage process surmoulage d'inserts avec périphérique semi-automatique SEPRO sur Machine 100T P110.



PRINCIPAUX RÉSULTATS

Analyse d'usine



- Manque de technique sur les procédés.
- Sécurisation des paramètres d'injection en duo avec les régleurs et les chefs d'équipes.
- Suivi des productions après réclamations clients :



Erreurs humaines : Désactivations de surveillances, mauvais démarrages, etc..



Formations



- Formation aux bons démarrages et au contrôle des procédés pour les régleurs et chefs d'équipes.
- Formation aux contrôles des procédés pour les auditeurs qualités.



Amélioration process



- Optimisation des paramètres d'injection.
- Création de fiches de réglages et des comptes rendus d'essais.
- Premiers essais d'un procédé de surmoulage : Robotique et industrialisation.



Démarrages de productions



- Aide des régleurs aux démarrages des procédés.



CONCLUSIONS

Suppressions d'objectifs le long du projet :

- Pas de formation en robotique pour l'équipe maintenance.
- Pas d'essais de contrôle vision.

Ajouts et concrétisation d'objectifs le long du projet :

- Reprise des bases d'injection avec les régleurs : Formation et application sur presse.
- Bon démarrage des essais du procédé de surmoulage.
- Retouche des paramètres d'injection sur certain procédés pour optimiser la production.

4 Axes importants :

- Analyse de l'usine.
- Formation des équipes.
- Amélioration des procédés
- Aide au démarrages.

Réalisation du fiche consignes procédé



Lafarge ciment – TRIOLI AUDREY

LOGEOIS Adrien, FISA GP

ULB (Bruxelles)



OBJECTIFS

Evoluant au service procédé de la cimenterie de Port-la-Nouvelle, j'ai eu pour projet la réalisation d'une fiche de consignes procédé à destination du service fabrication et du service procédé pour la conduite de la ligne de cuisson, étant le cœur du procédé de fabrication du ciment. Le procédé est exploité par le service fabrication. Les objectifs de cette fiche sont :

- Adapter certaines consignes procédé par rapport aux recommandations du groupe
- Centraliser et uniformiser les consignes sur un seul support
- Garder un historique des consignes ainsi que des commentaires associés lors des changements



PRINCIPAUX RÉSULTATS

La fiche est divisée en deux parties : la première partie est pour la conduite du four et de la tour de préchauffage et la seconde pour le pilotage du by-pass chlore et du broyeur. Deux réactions chimiques ont lieu :

- La décarbonatation qui permet de décomposer le calcaire en chaux
- La clinkérisation qui permet la combinaison de la chaux avec différents éléments chimiques tel que la silice, le fer et l'alumine

Le broyeur cru permet le broyage des matières premières que sont le calcaire, le schiste, la pyrite et la bauxite. On obtient une matière fine, la « farine cru ».

La tour de préchauffage permet de préparer la « farine cru » en la chauffant jusqu'à 800°C. C'est à ce niveau que la réaction de décarbonatation a lieu. Puis cette matière, la « farine chaude » est introduit dans le four qui chauffe la matière jusqu'à 1450 °C puis elle est refroidi afin de figer les différentes phases chimiques. C'est la clinkérisation.

Cependant, un cycle de volatilisation et de condensation des matières les plus volatiles à lieu (chlore et soufre). Une partie de ces composées volatiles sort du circuit par le clinker. Cependant, le cycle se charge et lorsqu'il est saturé, de l'encrassement apparaît sous forme de concrétions. Le by-pass permet de piéger une partie des volatiles afin de réduire la charge du cycle.

CONSIGNES FOUR - TOUR

- Ratio vitesse four / débit farine : 1,85
- Soufflage spécifique du refroidisseur : 2 Nm³/kg
- Impulsion flamme à la tuyère four en fonction des combustibles : 12,6 N/MW
- Vitesse associé des surpresseur pour axial et swirl : 94,6% et 76,7%
- Température gaz cyclone C5 : 880°C
- O<sub>2</sub> sortie four : 5 %
- O<sub>2</sub> sortie tour : 3,5 %

CONSIGNES BY-PASS – FINESSE - BROYEUR

- Débit de tirage by-pass chlore : 23000 Nm³/h
- Finesse rejets broyeur coke : 10-12%
- Finesse rejets broyeur cru : 10-12%
- Température sortie gaz broyeur cru : 105°C



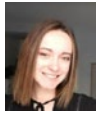
CONCLUSIONS

- En travaillant sur ce projet, j'ai eu une meilleure compréhension du procédé grâce aux échanges avec les différentes équipes et aux recherches bibliographiques
- J'ai aussi pu traiter un grand nombre de données et améliorer mes compétences sur Visual Basic for Application.

- Uniformisation des consignes
- Une meilleure stabilité du procédé
- Une meilleure stabilité de la chimie du clinker

## Implémentation des outils digitaux en production

TOULOUSE INP Ensiacét



COCA COLA MIDI SAS – M. Pierre-Yves HERVE

MARSAUX Ambre, FISA GP

Université de Mons (Belgique)

Coca-Cola Midi



### OBJECTIFS

Déployer les outils relatifs à l'initiative Industrie 4.0 avec pour objectifs de :

- Standardiser les activités
- Réduire les pertes de temps
- Enregistrer, stocker et analyser les données de manière automatisée
- Garantir la continuité de la production et conserver le même niveau de qualité
- Accélérer la transition vers le zéro papier
- Réduire les coûts de production
- Réduire la consommation d'énergie et d'eau



### PRINCIPAUX RÉSULTATS

<p><b>2021</b> OEE/SPC : Outil de Management de la Performance des Lignes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Réalisation des tests de validation utilisateurs</li> <li>Formation des 80 utilisateurs</li> <li>Déploiement en Production</li> <li>Amélioration de l'application</li> <li>Analyse des résultats de performance</li> </ul>	<p><b>2022</b> Dynamic Scheduling : Outil de Planification de la Production</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Formation de l'équipe planning et des utilisateurs en production</li> <li>Installation et déploiement de l'application</li> <li>Résolution des bugs mineurs</li> </ul>
<p><b>Q1 2023</b> DSF : Création de Formulaire Qualité INVOLVE : Logiciel de Gestion des Formations</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Revue des autocontrôles qualité et implémentation au sein de Digital Standard Forms</li> <li>Création d'un plan de formation standard pour les équipes opérationnelles et implémentation sur NVOLVE</li> <li>Création d'une nouvelle matrice de compétences</li> </ul>	<p><b>Q3 2023</b> SAP S/4 HANA : Progiciel de Gestion Intégré</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Préparation de la mise à jour :             <ol style="list-style-type: none"> <li>Intégration des systèmes de gestion de production avec la nouvelle version</li> <li>Modifications de l'OEE/SPC &amp; Dynamic Scheduling</li> <li>Modification des méthodes de travail</li> </ol> </li> </ul>



### CONCLUSIONS



La stratégie de Coca-Cola Midi vers la Transformation Digitale prenant part à l'Industrie 4.0 m'a permis de développer mes compétences en management de projets, en formation et support des équipes concernées et en gestion du changement. Les plans de formation et l'accompagnement sont des données clés afin d'obtenir l'adhérence des utilisateurs à l'outil.

Ces cinq initiatives permettent à Coca-Cola Midi d'atteindre les objectifs attendus afin de garantir la croissance de l'entreprise.

## Suivi du démarrage d'une nouvelle installation

TOULOUSE INP Ensiacét



SANOFI – François CISTERNE

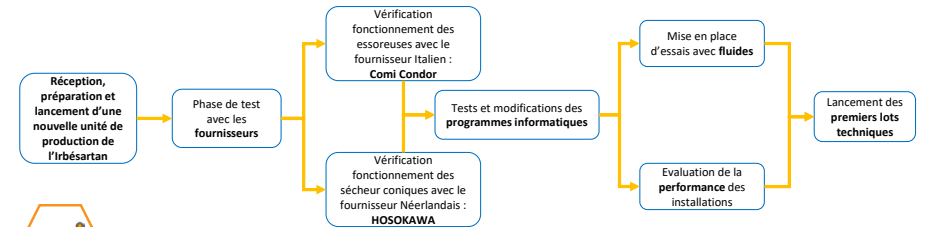
MARTIN Louis, FISA GP

Technical University of Dortmund (Allemagne)

sanofi



### OBJECTIFS



### PRINCIPAUX RÉSULTATS

**Situation actuelle - ARAMON**

Situation actuelle : 2 cristalliseurs suivis de 5 filtres sécheurs  
→ Lavages puis séchages

**Situation future - ARAMON**

Situation future : 2 essoreuses puis 2 sécheurs coniques.

Nouvelle méthode concernant les lavages, filtration et séchage du produit.  
Centrifugation - lavages : sur essoreuses  
Séchage : Sur sécheur conique

**Défi technologique :** Envoi à 13m de hauteur la poudre des essoreuses dans les sécheurs

Résultats très satisfaisants lors des premiers essais. Poudre bien acheminée

**Schéma pompe à poudre**

1<sup>er</sup> étape : mise sous vide

2<sup>e</sup> étape : Vide + arrivée poudre

3<sup>e</sup> étape : Déchargement : envoi azote

→ Capacités de production insuffisantes face à la demande croissante des volumes.  
Gains prévus grâce au nouveau procédé:

Variable	Gain
Production de la molécule	+17%
Consommation d'azote	-94%
Consommation de solvant	-62%
Consommation électrique	- 2,6 GWh/an



### CONCLUSIONS

Adaptation du site suite à une demande croissante du produit : une nouvelle technologie de nettoyage/filtration/séchage de principe actif a vu le jour, composée de deux essoreuses et deux sécheurs coniques. Cette installation permet d'économiser de grande quantité d'azote, de baisser le coût de revient de production ainsi que de produire en plus grande quantité la molécule. Des tests ont déjà commencé et s'avèrent être très satisfaisants notamment l'envoi de la poudre en hauteur.



## Diminution du temps de changement de grade des papiers blancs sur la machine S1

TOULOUSE INP Ensiacet



SYLVAMO – DIDIER CATHALIFAUD

MORA Jérémy, FISA GP

Echange : Politecnico di Milano (Italie)

Sylvamo

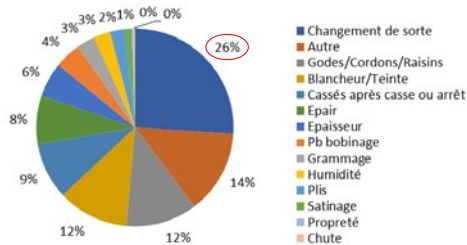


### OBJECTIFS

La finalité du projet sera d'optimiser les changements de grades de la machine S1 afin de réduire au maximum le temps de transition d'un type de papier à l'autre et donc d'augmenter le temps de production afin d'engendrer un gain économique non négligeable.

Dans notre cas, on souhaite obtenir moins de cassés de changement de grade qui correspondent au tonnage papier obtenu pendant cette période de transition et ne peut être vendu car non conforme aux spécifications clients.

Sur le long terme, on souhaite **réduire ces cassés pour réglages de 30% sur l'année**, soit environ 350t pour une année comme 2022. Ce gain représenterait **525 000 € de chiffres d'affaires**, ce qui est équivalent à 48h de production sans interruption.



### PRINCIPAUX RÉSULTATS

- Plus de 60 fiches de réglages, chacune pour produire un papier spécifique, sont désormais à jour avec les valeurs de régulation réellement utilisées sur le débit de pâte, débit de charges et des pressions vapeur en pré-sécherie et post-sécherie.
- Meilleure régulation du grammage diminuant ainsi le temps perdu à sa stabilisation (phénomène de pompage estompé).
- Réalisation d'une procédure regroupant la liste d'actions à effectuer pour changer de garde papier permettant ainsi d'expliquer aux opérateurs comment se servir l'automate dédié à ce projet.
- Formation des opérateurs sur le sujet afin d'utiliser les valeurs de régulation déterminées par extraction des données.



### CONCLUSIONS

Les gains seront davantage quantifiables d'ici la fin de l'année étant donné que les changements dépendent d'un grand nombre de paramètres, il se peut que sur certaines transitions on puisse gagner une dizaine de minutes, sur d'autres ne rien gagner voire perdre du temps. Sur les tests réalisés et suivis depuis mars, on observe généralement une amélioration à la transition.

## Changement de technologie de filtration

TOULOUSE INP Ensiacet



CRODA – Julien MARQUE

PIERRE Fabien, FISA GP

CAPRI

CRODA



### OBJECTIFS

Sur le site de CRODA Chocques, la filtration occupe une place importante dans les procédés. C'est une des étapes de post-traitement des produits du site. Aujourd'hui le filtre:

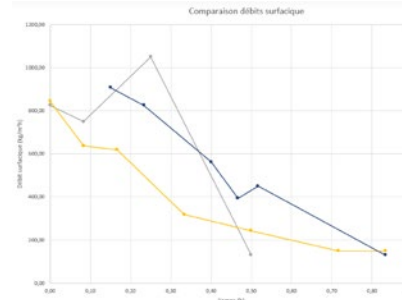
- A plus de **30 ans** et en 2021 cet équipement a provoqué un temps d'arrêt réacteur de **92 heures**
- Fonctionne avec des plaques horizontales permettant de traiter **2300 kg/h**.
- Génère un **volume mort** qui doit être refiltré lors de la filtration suivante.

Le but du projet est la mise en place d'un nouveau filtre avec le choix et l'essai de la technologie remplaçante; une fois la technologie définie, la conception des équipements annexes, l'élaboration d'une séquence automatique et la mise en service de la nouvelle installation.



### PRINCIPAUX RÉSULTATS

J'ai conduit des essais sur un filtre à bougies taille pilote avec nos principaux produits, dont voici les résultats :

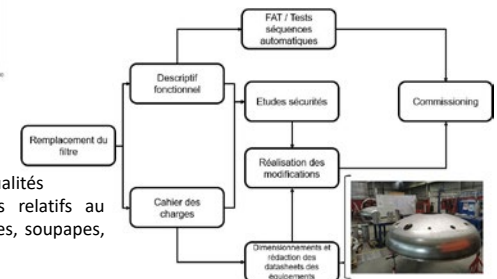


Les essais pilote ont permis :

- D'assurer de la faisabilité de la filtration de nos produits sur cette technologie
- D'estimer un débit de filtration de **6800 kg/h** à échelle industrielle
- De tester une séquence automatique

Afin de mener à bien ce projet j'ai :

- Rédigé le cahier des charges du projet
- Elaboré la séquence automatique
- Participé aux études de Sécurité et Qualité
- Dimensionné les divers équipements relatifs au projet (ex : pompe, vannes de détettes, soupapes, ballon de réception, ...)



### CONCLUSIONS

Au cours de ce projet, j'ai été amené à travailler étroitement avec les fournisseurs et les autres membres du site acquérant ainsi une plus grande autonomie et améliorant de façon significative ma communication tant orale qu'écrite.

Les objectifs restants étant :

- La formation des opérateurs à la nouvelle installation
- Assurer la mise en service de l'installation ainsi que l'optimisation des différents paramètres de la filtration

## Optimisation d'une filière de décarbonatation à la soude

TOULOUSE  
INP Ensiacét



SUEZ EAU FRANCE – SAMUEL CAMBRAI

PINON Lauriane, FISA GP

CAPRI



### OBJECTIFS



#### Pourquoi la décarbonatation de l'eau potable du réseau public?

Les eaux souterraines peuvent parfois être fortement chargées en calcaire, causant des désagréments pour les consommateurs comme un goût ou des dépôts dans les appareils utilisant de l'eau chaude. La décarbonatation améliore la qualité de l'eau en diminuant le taux de calcaire présent.

**Principe :** injection d'un réactif (ici soude) et de microsable dans un réacteur à lit fluidisé. Le réactif permet de modifier l'équilibre de l'eau, menant à la précipitation du calcaire sous forme solide. Le microsable joue le rôle de germe, accélérant le dépôt du calcaire sur celui-ci et sous la forme de billes.

#### La filière de décarbonatation d'un site de production d'eau potable

En fonctionnement tout au long de l'année, les dosages et conditions de fonctionnement sont régulés par l'exploitant présent sur la station, à partir de consignes d'exploitation établies sur la base de son expérience et de ses observations.

Alimentée principalement par un mélange de ressources souterraines, la qualité de l'eau en entrée de station varie significativement au cours de l'année et rendant la conduite de la filière complexe. La qualité d'eau distribuée est impactée par ces variations, résultant sur une qualité peu stable au cours de l'année.

#### Objectifs du projet

- Déterminer les conditions optimales de fonctionnement de la décarbonatation pour obtenir une qualité d'eau traitée stable tout au long de l'année
- Faciliter la conduite de la filière de décarbonatation pour les agents

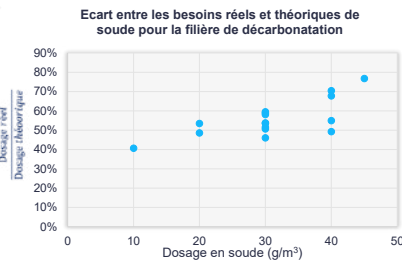


### PRINCIPAUX RÉSULTATS

Qualité moyenne de l'Eau brute			
Dureté totale (°f)	Dureté Calcique (°f)	Alcalinité (°f)	pH
19,91	18,25	20,55	7,62

Qualité d'eau brute moins contraignante due à la sécheresse, substitution de la ressource principale par une ressource plus douce : faibles dureté totale, dureté calcique et alcalinité

Dosages testés et qualités d'eau décarbonatées obtenues				
Dosage en soude (g/m <sup>3</sup> )	Dureté totale (°f)	Dureté Calcique (°f)	Alcalinité (°f)	pH
10	19,94	16,80	19,8	7,66
20	18,18	15,38	20,35	7,84
30	19,06	13,44	18,77	7,98
40	18,33	12,6	19,35	8,24
45	15,42	9,51	17,04	8,40



### CONCLUSIONS

- **30 g/m<sup>3</sup>** est le dosage optimal pour cette qualité d'eau brute en entrée de filière. Ce dosage permet d'obtenir une qualité d'eau traitée peu éloignée de celle distribuée sur le reste du secteur, un écart trop important pouvant être ressenti par le consommateur.
- La **forte capacité de décarbonatation** des réacteurs sur une qualité d'eau en entrée considérée comme douce. Les abattements de dureté Calcique, obtenus jusqu'à 9°f, confirment la bonne efficacité de décarbonatation des réacteurs. L'abattement de la dureté totale et de l'alcalinité est plus difficile pour des dosages faibles. L'effet de la décarbonatation sur ces 2 paramètres est moins significatif que les résultats théoriques attendus.
- Le **rendement de la réaction dans le réacteur en conditions réelles est supérieur à 100%**. En effet, un écart entre le dosage réel et théorique, pour un même abattement de dureté, est observé. L'écart s'étend de 40%, pour le dosage le plus faible, à 77% pour les dosages les plus importants.
- Des **essais complémentaires** sont nécessaires afin de déterminer les dosages en soude et la capacité de la filière à traiter des qualités d'eau brute dégradées (Dureté totale > 30°f, Dureté calcique > 20°f, Alcalinité > 25°f), présentes majoritairement dans l'année.

## Surveillance et Maintien en conditions opérationnelles et sûres d'une installation nucléaire en démantèlement

TOULOUSE  
INP Ensiacét



CEA, Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives - BOUSQUET Sylvie

ROUVEL Denis, FISA GP

UPB, Politehnica University of Bucharest (Roumanie)



### OBJECTIFS

#### Contexte :

Les deux réacteurs nucléaires militaires **G2** et **G3** ont été construits à partir de 1955 par le CEA. Ce sont des réacteurs UNGG (**U**ranium **N**aturel **G**raphite **G**az). Ils utilisent donc de l'**uranium naturel** (non enrichi) modéré par du **graphite**. Ces deux Réacteurs ont été mis à l'arrêt dans les années 1980, ils sont depuis, soumis aux études de **démantèlement**.



Réacteurs G2 et G3 - 1960 -

#### Type de missions :

- Jouvence** d'éléments de l'installation (système de supervision, ligne de respiration des réacteurs, groupe compresseur/sécheur d'air, mise à jour des plans de l'installation)
- Suivi de travaux** (remise en conformité de l'installation face au risque foudre dans le cadre d'un réexamen de sûreté, évacuation des eaux pluviales)
- Étude historique** (réalisation d'un inventaire d'équipements hydrauliques et de leur contenu à partir des archives de l'installation dans le cadre du projet de démantèlement)



### PRINCIPAUX RÉSULTATS

#### 1. Jouvence

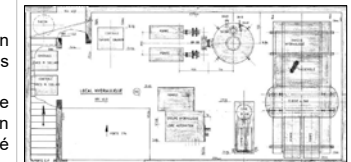
- Étude pour la mise en place d'un système de secours permettant de pallier un potentiel défaut d'un groupe compresseur/sécheur utilisé afin d'assurer le maintien en état sûr des réacteurs (séchage des gaines des câbles de précontrainte).
- Suivi d'étude pour la rénovation et l'amélioration du système de supervision actuel, permettant le contrôle de l'état des réacteurs et de ses composants.
- Étude pour le changement d'une soupape de respiration permettant le confinement hermétique du cœur des réacteurs

#### 2. Suivi de travaux

- Mise en place d'un système d'évacuation des eaux d'infiltration à l'aide de pompes de puisards dirigeant les effluents vers les égouts d'effluents faiblement actifs pour traitements.
- Suivi d'une étude d'état des lieux de l'installation face au risque d'un impact de foudre direct ou indirect puis lancement d'un marché pour la réalisation des travaux de remise en conformité de l'installation.

#### 3. Étude historique

- Réalisation d'une note présentant la fonctionnalité et la nature de l'ensemble des fluides encore présents dans un local regroupant les équipements et éléments « hydrauliques » d'une ancienne aciérie nucléaire, afin d'autoriser et minimiser les investigations radiologiques à mener pour le projet de démantèlement.



Plan d'implantation d'équipements hydrauliques de l'aciérie - 1990 -



### CONCLUSIONS

De nombreuses missions très variées sur des domaines différents touchant l'univers professionnel du démantèlement nucléaire.

Évolution dans une petite équipe permettant d'être impliqué dans plusieurs secteurs de métiers différents : sécurité, sûreté, radioprotection, exploitation, déchets ainsi que la gestion de projet (expression de besoin et relations avec les fournisseurs).

## Intégration d'AutoCAD Smart P&ID

TOULOUSE INP Ensiacét



DRT – HECQUET Philippe

SOULA Raphaël, FISA GP

Dortmund TU (Allemagne)



### OBJECTIFS

AutoCAD Smart P&ID est un logiciel de DAO (Dessin Assisté par Ordinateur) permettant de réaliser des schémas P&ID (Piping & Instrumentation Diagram). Ce logiciel intègre des fonctionnalités dites « intelligentes ». Ma mission consiste en l'intégration de ce nouveau logiciel dans les pratiques du bureau d'études de DRT.

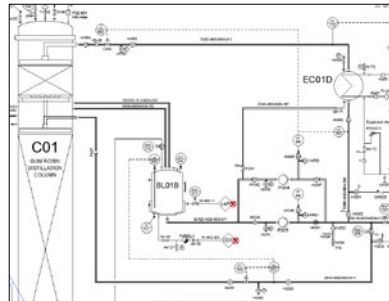
Les différents livrables (mise en place du logiciel et de la méthodologie de travail, élaboration de listes de matériel associées au P&ID, réalisation de supports de formation, rédaction de procédures et formation du bureau d'études) ont pour objectif d'améliorer la productivité du bureau d'études, de limiter les erreurs de nature humaine et de pouvoir recenser exhaustivement le matériel présent sur le site de production.



### PRINCIPAUX RÉSULTATS

En tenant compte des différentes contraintes concernant à la fois le logiciel AutoCAD Smart P&ID mais également les besoins des utilisateurs, nous avons :

- Créé une nouvelle norme de dessin interne
- Configuré le logiciel selon les besoins
- Fourni les procédures et la formation associée nécessaires aux membres du bureau d'études
- Créé des fichiers Excel automatisés qui listent le matériel présent sur les P&ID (recensement exhaustif)



Extrait d'un P&ID « Intelligent » réalisé sous AutoCAD Smart P&ID

Le but est d'alléger le travail des chargés de projet en fournissant des outils pratiques à utiliser au quotidien qui éliminent notamment certaines tâches répétitives qui peuvent être source de nombreuses erreurs.

Autodesk	Material	QTY	UNIT	DESCRIPTION	DATE	STATUS	REMARKS
1	Steel	100	kg	Structural steel	2023-10-27	OK	
2	Aluminum	50	kg	Aluminum plate	2023-10-27	OK	
3	Brass	20	kg	Brass fittings	2023-10-27	OK	
4	Copper	15	kg	Copper pipes	2023-10-27	OK	
5	Carbon Steel	300	kg	Carbon steel pipes	2023-10-27	OK	
6	Stainless Steel	80	kg	Stainless steel fittings	2023-10-27	OK	
7	Titanium	5	kg	Titanium bolts	2023-10-27	OK	
8	Inconel	10	kg	Inconel valves	2023-10-27	OK	
9	Monel	12	kg	Monel gaskets	2023-10-27	OK	
10	Nickel	8	kg	Nickel welds	2023-10-27	OK	

Outil Excel associé à l'utilisation du logiciel



### CONCLUSIONS

Le déploiement du logiciel est à ce jour bien avancé. Plusieurs jalons importants ont été atteints et une phase de tests avancés est en cours. Une nouvelle session de formation des membres du bureau d'études est prévue pour juillet 2023 afin de compléter leur connaissance des outils. Bien que plusieurs objectifs aient été modifiés au fur et à mesure de la découverte du logiciel, nous avons su nous adapter et fournir les livrables attendus.

J'ai personnellement appris beaucoup en travaillant en autonomie sur ce projet, en ayant des responsabilités vis-à-vis de ma hiérarchie mais aussi de mes collègues, à qui je dois fournir des outils de travail fonctionnels et adaptés à leurs besoins.

## Mise en place de nouvelles méthodes et outils pour les études d'inondation pluie sur les centrales nucléaires

TOULOUSE INP Ensiacét



EDF SA – BOIDIN Guillaume

VALLEJO OTERO Aurélien, FISA GP

Université du Pays Basque, Bilbao (Espagne)



### OBJECTIFS

Projet « Grand Carénage »  
→ Allongement de la durée de vie des centrales



Prise en compte du **changement climatique** dans les études d'inondations externes avec évolution des référentiels d'études

Validation (pour les études de sûreté) d'un nouveau code de calcul pour les pluies avec nouvelles fonctionnalités de modélisations numériques de terrain (2D)

Mise à jour des études d'inondation pluie pour adaptation aux nouveaux référentiels

Mise à profit des nouvelles fonctionnalités pour de nouveaux types d'inondation (en lien avec la pluie)  
→ Mise en place d'un nouveau modèle pour l'étude d'une crue de cours d'eau engendrée par de fortes pluies en amont de ces cours d'eau (étude de crue sur petit bassin versant: CPB)



### PRINCIPAUX RÉSULTATS

Validation de 30 modèles d'étude de pluie sous le nouveau code de calcul. Ces modèles sont à présent opérationnels pour la réalisation d'études de sûreté.

Mise en place d'échange avec les différentes parties prenantes du projet d'étude de crue sur petit bassin versant  
+  
Lancement et suivi d'une prestation pour réalisation du modèle et rédaction de la note d'étude

Rédaction d'une méthodologie dédiée à l'étude des crues sur petit bassin versant.  
→ Méthodologie qui sera réutilisée pour les futures études lors des prochains réexamens



### CONCLUSIONS

- ❖ Montée en compétence sur les modélisations de pluie & dans les domaines hydrauliques et hydrologiques
- ❖ Prise en charge du projet Crue sur petit bassin versant avec pour objectif de le solder d'ici à 2024/2025
- ❖ Apprentissage du domaine réglementaire et des études d'inondations externes de manière globale pour mes futures missions

Amélioration de la Performance de Transformation de Papier



ESSITY – Anass ZOUITEN

ZHANG Qin, FISA GP

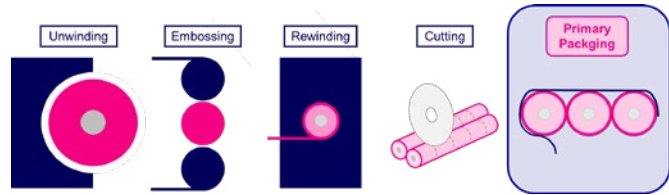
Echange : The University of Manchester (Royaume-Uni)



OBJECTIFS

Sujet : Amélioration de la ME% (Machine Efficiency) dans un atelier de transformation de papier en optimisant le fonctionnement d'une emballeuse

- Effectuer une étude théorique approfondie de l'emballeuse
- Compléter la cartographie des Transformation Points de l'emballeuse
- Identifier et définir les dysfonctionnements de l'emballeuse
- Réaliser un retour au standard en effectuant des calibrages et en révisant les documents
- Former les personnels concernés (Opérateurs, Team Leaders, Techniciens, Ingénieurs)



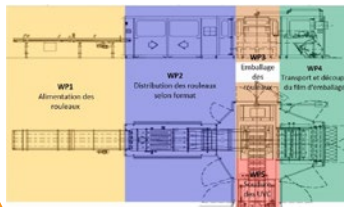
Procédé de transformation des bobines-mères aux produits finis



PRINCIPAUX RÉSULTATS

Lancement des Activités de Retour au Standard

- ✓ Réalisation d'audits pour identifier les écarts par rapport aux standards établis
- ✓ Exécution des réglages et révisions nécessaires pour ramener la machine aux conditions opérationnelles standardisées définies



Complétion de la Cartographie

- ✓ Révision approfondie et garantie de l'exactitude et la pertinence
- ✓ Collaboration avec les parties prenantes concernées pour recueillir toutes les informations nécessaires
- ✓ Examen de la documentation existante, ajustements si nécessaire et intégration dans le processus d'optimisation

Respect des Conditions de Base

- ✓ Suivi rigoureux des procédures de réglage pour garantir des performances précises et fiables de la machine
- ✓ Réalisation régulière d'activités de calibration pour maintenir une fonctionnalité optimale de la machine et réduire les variations potentielles



CONCLUSIONS

Les déviations non suivies précédentes et la suspension du plan de maintenance ont contribué à la dégradation de la machine au fil du temps. Ces problèmes soulignent l'importance d'une adhérence constante aux procédures de maintenance et de résolution rapide des déviations pour assurer des performances optimales de la machine. Pour faire face à ces défis, une approche pluridisciplinaire a été mise en œuvre. Cela incluait un retour aux procédures standardisées, un recalibrage de l'équipement, une révision de la documentation de maintenance et de process et des programmes de formation approfondis pour le personnel concerné.

Essity Internal

## Génie industriel

ACQUÉREZ UNE VISION GLOBALE  
DE L'INGÉNIEUR DANS L'ENTREPRISE

Au croisement des sciences de l'ingénieur, des sciences humaines et du management, l'ingénieur ENSIACET en génie industriel possède les compétences scientifiques, techniques et organisationnelles pour la **(re)conception des processus industriels**, dans un contexte international, évolutif et incertain. Il possède les compétences pour s'intégrer dans tout secteur pour mettre en œuvre **produits, services et systèmes**, par les fonctions principales (innovation, conception, industrialisation, production), transversales (méthode, qualité, lean, logistique, numérique) ou globales (gestion de projet, technologies de l'information, data, entrepreneuriat). Il est capable d'exploiter les **nouveaux modes organisationnels** et, en tant que spécialiste ou manager, de s'emparer des **projets pluridisciplinaires de l'industrie du futur** en assimilant les enjeux de l'économie circulaire, de l'usine digitale et de la **triple transformation ; numérique, énergétique et environnementale**.



### COMPÉTENCES

- Élaborez, planifiez, organisez, pilotez et évaluez des projets industriels complexes
- Dimensionnez, modélisez, simulez, maîtrisez les flux et planifiez la logistique et la production
- Estimez, évaluez et justifiez la valeur économique d'un projet industriel
- Concevez, développez et mettez en œuvre des systèmes d'information
- Maîtrisez des méthodes et des outils de gestion de l'entreprise, de la qualité et de l'information

### POINTS FORTS

- Insérer ses missions au sein d'un processus industriel complexe et savoir travailler en interface avec les autres acteurs de ce processus
- Se donner des repères (progression, budget, chronologie) et s'y référer
- Traiter les dimensions managériales, fonctionnelles, métiers et techniques, en situation de maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre ou offreurs de solutions

Gestion de projet : REVAMPING EIA BUS



TEREGA – Jean-Christophe ROUSSEAU

ALBOUY Denis, FISA GI

Echange : NTNU (Norvège)



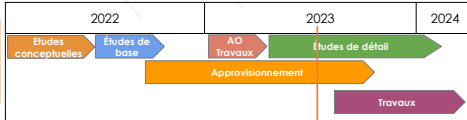
OBJECTIFS



Les projets BUS concernent les installations gazières de trois sites clés de TEREGA. Ces sites sont essentiels au transit du gaz car ils se situent sur 3 des 4 points d'interconnexion entre le réseau TEREGA et les autres gestionnaires de réseau. Il faudra donc réaliser ces travaux dans une courte période d'arrêt des installations.

L'objectif est la modification des sites en renouvelant le matériel électronique obsolète, en installant des outils d'analyse du gaz ou encore en modernisant les systèmes de détection incendie et gaz.

**Budget**  
 Barbaïra : 0,9 M €  
 Urrugne : 1,3 M €  
 Sauveterre : 1,3 M €



**Travaux**  
 Barbaïra : Septembre  
 Urrugne : Novembre  
 Sauveterre : 2024

En cette première partie de 2023, es missions du responsable de projet sont de préparer les travaux à venir en faisant :

- ☐ Le lancement et suivi des commandes afin de recevoir le matériel dans les délais
- ☐ La désignation des entreprises qui vont réaliser les travaux sur les installations
- ☐ L'encadrement des études de détail afin d'obtenir les plans et modes opératoires nécessaires aux travaux ainsi que le suivi des projets afin de respecter les contraintes techniques, financières et temporelles



PRINCIPAUX RÉSULTATS



Le dossier d'appel d'offre a été envoyé à différentes entreprises. Après des phases de visites sur site, d'analyses des offres reçues, de notation, de clarifications et d'approbation interne, les lots ont été attribués à différents groupements d'entreprise.

En raison du contexte mondial, les délais de livraison du matériel EIA se sont extrêmement allongés. De multiples négociations complexes se sont engagées avec les fournisseurs afin de garantir la livraison du matériel dans les délais nécessaires à la réalisation du projet.



La phase d'études de détail se déroule avec les entreprises désignées. Les études ont démarrées avec les réunions de lancement et les relevés sur site. Les entreprises ont ensuite émis un planning travaux détaillé et elles travaillent sur les plans et les modes opératoires. Le responsable de projet ainsi que les spécialistes de TEREGA, émettent des commentaires afin de valider ces documents.



CONCLUSIONS

Les trois projets se déroulent suivant le planning prévu grâce aux précédents résultats. De même, le coût financier des projets respecte le budget prévisionnel approuvé en 2022. Les phases d'études se déroulent dans les temps et les travaux seront bien réalisés aux dates prévues.

PMO du pilotage et exécution de la feuille de route de l'Ingénierie des Exigences



CNES – Nicolas DESLANDRES

AMBATLLE Laura, FISA GI

IMSIC



OBJECTIFS

Le CNES est une agence gouvernementale qui définit la politique spatiale française et la met en œuvre au sein de l'Europe. Dans le cadre du développement de systèmes orbitaux, le service DTN/QE/IM accompagne dans la définition, la mise en œuvre et le suivi des activités d'Ingénierie des Exigences (aide au choix des méthodes et outils adaptés, mise en place de l'arbre des spécifications, formation et support aux utilisateurs).

Dans un objectif d'amélioration de l'offre de service proposée aux projets spatiaux, une feuille de route a été défini. Celle-ci est constituée de 30 activités.

Dans le cadre de mon PFE, ma mission a été la suivante :

- Assurer le pilotage du projet, du planning et des actions ;
- Réaliser les revues du projet, suivi de l'avancement, reporting interne ;
- Contribuer à la réalisation de certaines activités du projet ;



PRINCIPAUX RÉSULTATS

- Assurer le pilotage du projet, du planning et des actions :
  - GANTT, affectation des ressources, définition des priorités et des dépendances
- Réaliser les revues du projet, suivi de l'avancement, reporting interne :
  - Mise en place, paramétrage d'un outil collaboratif pour effectuer le suivi : JIRA/Confluence
  - Kanban afin de visualiser l'avancement sous l'outil JIRA/Confluence
  - Création de tickets par activités et sous activités sou JIRA
  - Animation de réunions d'avancement
  - Compte rendus sous Confluence
- Contribuer à la réalisation de certaines activités :
  - Créer le guide de choix de solution IE
  - Structurer le portail du service
  - Créer le référentiel méthode
  - Etudier la solution JIRA/Confluence pour la gestion des exigences
  - Préparer l'Appel d'Offre IE
  - Créer les modèles de spécification
  - Créer le plan de gestion des exigences génériques



CONCLUSIONS

Ce projet a permis de fournir aux projets de développement de systèmes orbitaux des méthodes et des outils d'Ingénierie des Exigences et d'assurer le support aux équipes projets pour faciliter l'appropriation des méthodes et l'utilisation des outils.

Mon alternance au sein du CNES aura été riche en découvertes (environnement spatial, thématique de l'Ingénierie des Exigences) et m'a permis d'affiner mon projet professionnel et mon appétence pour le développement de systèmes complexes.

AMÉLIORATION DU FONCTIONNEMENT DES TRIEURS À SABLE **TOULOUSE INP Ensiacét**



**EGGER PANNEAUX ET DÉCORS – ANDREZ Vincent**



BURG Dorian, FISA GI

GSI / IMSIC



**OBJECTIFS**

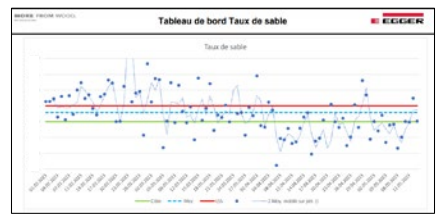
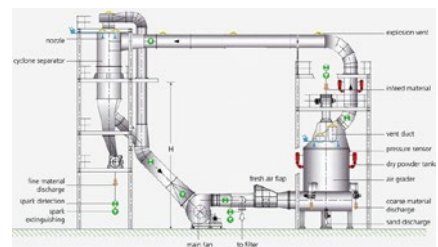
L'objectif principal du projet est d'optimiser le fonctionnement des trieurs à sable et d'améliorer la qualité du tri afin de retirer un maximum d'impuretés. La réponse à cette problématique est apportée sous forme d'un projet Lean 6 Sigma en appliquant la méthodologie DMAIC. Les principales étapes sont :

- Collecter des données sur le fonctionnement antérieur
- Construire et réaliser des plans d'expériences
- Déterminer puis mettre en place les plages de réglages optimales
- Former les opérateurs aux nouvelles pratiques



**PRINCIPAUX RÉSULTATS**

- La mise en place de nouvelles règles et de critères qualité pour le tri aide fortement les opérateurs à ajuster au mieux les réglages des trieurs
- Le suivi régulier de la masse volumique du refus des trieurs permet de rester dans les tolérances et de détecter une éventuelle dérive
- Suite à différents essais, il a été suggéré d'augmenter la fréquence de nettoyage des trieurs et de rajouter des racleurs pour limiter l'encrassement et améliorer la qualité du tri



Depuis la mise en place de ces améliorations, nous avons remarqué une diminution notable du taux de sable dans les panneaux. Toutes ces actions ont donc un impact positif sur la qualité des panneaux, ce qui devrait entraîner une augmentation de la satisfaction client.



**CONCLUSIONS**

- Application de la méthodologie DMAIC sur un projet au sein du service de production
- Mise en pratique de la gestion de projet dans un environnement industriel
- Acquisition de connaissances techniques en lien avec la production, la qualité et la maintenance
- Savoir-être : autonomie, communication, prise de décision

Mise en place d'un outil charge/capacité **TOULOUSE INP Ensiacét**



**PERA-PELLENC – DURBEC Christian/BELIN François**



CASTAN Rémy, FISA GI

Universidade NOVA de Lisboa (Portugal)



**OBJECTIFS**

La mise en place d'un outil d'adéquation charge/capacité a plusieurs objectifs :

- Anticiper les différents pics de charges
- Adapter la capacité en fonction des besoins grâce à plusieurs leviers :
  - Embauche d'intérimaires
  - Utilisation de la sous-traitance
  - Heures supplémentaires
- L'outil doit être simple d'utilisation avec peu d'actions humaines afin de pérenniser son utilisation.



**PRINCIPAUX RÉSULTATS**

Le fichier mis en place et plus globalement toute l'initiative visant à mieux suivre l'adéquation entre la charge et la capacité nous a permis de produire plus sereinement et de mieux anticiper les pics de charges.

Pour suivre ces résultats, nous avons mis en place un indicateur représentant le retard théorique sur chaque atelier. Ce retard a pu être diminué de 19% en l'espace d'un an, et cela en parti grâce à une meilleure anticipation des pics de charge.

De plus, pour une utilisation plus fiable de l'outil, nous nous devons de fiabiliser le système au niveau des en-cours, du stock et des temps gammes. Là aussi nous sommes grandement améliorés. Toutes les gammes du matériel de série sont fiables, ce qui représente 2/3 des gammes.



**CONCLUSIONS**

Cet outil permet une meilleure vision et une meilleure anticipation sur la charge à venir et permet à l'atelier de production d'adapter la capacité à la charge de travail. De plus, cet outil nous a obligé à fiabiliser l'ERP, ce qui va être important car nous allons changer d'ERP courant 2024 et une base de données fiable simplifiera le transfert.

### Automatisation du processus de la réception du prévisionnel du besoin client à la saisie des offres sur SAP Daher



DAHER AEROSPACE – DOUZIECH Jonathan

DUBARRY Guillaume, FISA GI

IMSIC

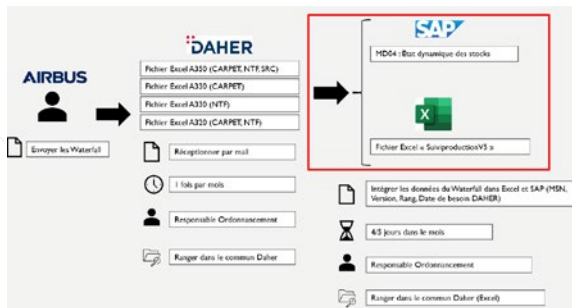


#### OBJECTIFS

#### Processus de traitement des Waterfalls

##### Contexte

Dans une stratégie de groupe d'améliorer ces processus à travers la digitalisation, j'ai pour objectif de travailler sur un des nombreux sujets de digitalisation. L'objectif est donc l'intégration automatisée des Waterfalls afin de gagner du temps et d'éviter les erreurs.



\*l'encadrer correspond aux process sur lesquelles j'agis



#### PRINCIPAUX RÉSULTATS



Gain de temps opérationnel



Gain financier



Limiter les erreurs



Rendre le processus plus robuste



Gagner en visibilité



Gagner en réactivité



#### CONCLUSIONS

Ce projet intègre la stratégie de groupe d'améliorer ces processus à travers la digitalisation. Le code VBA développé permet d'automatiser efficacement le transfert de données dans les documents de suivi de production, améliorant ainsi l'efficacité, la précision et la fiabilité du processus. Cette automatisation permet de minimiser les erreurs manuelles et d'économiser du temps et des ressources précieuses.

C2 - Confidential

### Economie d'énergie sur un site de production



SAFRAN POWER UNITS – Christophe ROCHEBILLIERE  
Christophe MONTAGNE

FAUCON Amael, FISA GI

GSI / I3D



#### OBJECTIFS

- Comprendre le fonctionnement des appareils et infrastructures énergétiques du site
- Réaliser des campagnes de mesures pour définir les appareils énergivores
- Analyser les consommations énergétiques du site
- Proposer et mettre en place des actions d'économie d'énergie
- Suivre et piloter les actions entreprises
- Accompagner les sous-traitants énergies sur le site
- Assurer la communication au niveau de l'entreprise mère quant aux actions entreprises



#### PRINCIPAUX RÉSULTATS

- Arborescence détaillée du réseau énergétique du site (infrastructures + équipements) avec leur consommation annuelle
- Réduction de 15% de la consommation de gaz sur le site (Prévision 2023)
- Réduction de 10% de la consommation énergétique globale du site (prévision 2023)
- Proposition de solutions techniques et d'investissements pour garantir une meilleure fiabilité des réseaux énergétiques
- Réalisation de vidéos pour la transmission d'informations à l'échelle du site

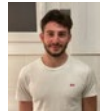


#### CONCLUSIONS

- Réduction globale des consommations énergétiques
- Apprentissage et expérience accrue dans le fonctionnement d'infrastructures énergiques et dans les politiques de transition écologique en industrie



## Optimisation, coûts, performance énergétique



AUBERT & DUVAL – B.CUGNET

FOREST Coarentin, FISA GI

Université Nova Lisbonne (Portugal)



### OBJECTIFS

Aubert & Duval est une société spécialisée dans les solutions métallurgiques de pointe pour les secteurs de l'aéronautique, du spatiale, de la défense, de l'énergie et de l'outillage. Nous sommes un des leaders mondiaux de la fabrication de pièces matricées mais aussi les 2èmes en pièces matricées aéronautiques en titane, aciers spéciaux, superalliages et aluminium. Aubert & Duval est aussi un énorme consommateur d'énergie et d'autant plus pour le site des Ancizes qui représente 127 GWh en électricité et 140 GWh en gaz pour l'année 2022.

Ma mission se divise en 3 objectifs :

- Un travail sur la donnée et la structuration de base avec le logiciel BrainCube qui se décompose en 4 grandes parties
  - La création des IPE\* pour l'ensemble des ateliers et des UES\* pour avoir des références, données des objectifs et communiquer sur nos chiffres;
  - La création de graphiques des suivis des ateliers pour leur permettre de suivre leur consommation et d'en étudier les causes;
  - La création d'un module d'aide à la décision pour l'ordonnancement des fournées pour leur permettre d'arbitrer leur choix;
  - La création des indicateurs d'états des machines pour aider la maintenance à détecter les dérives des fours.
- Une gestion de projet opérationnel sur la mise en place de compteur gaz naturel
  - La mise en sécurité des chantiers et la gestion de l'organisation dans un milieu de production;
  - L'installation des nouvelles panoplies gaz naturel;
  - La remontée des données de consommation des fours pour les intégrer dans notre logiciel de Big Data;
  - L'installation d'un capteur de pression à l'arrivée de gaz naturel usine.
- L'étude de rempli en température des inter-fournées des fours de forge

IPE : Indice de performance énergétique (rapport entre la consommation en kWh et la masse de produit dans l'outil en tonne)  
UES : Usages Énergétiques Significatifs

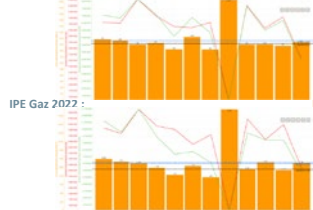


### PRINCIPAUX RÉSULTATS

#### Développement Big Data :

- o Gain de 2% en IPE pour l'électricité et de 6% pour le gaz en comparaison à 2021
- o Mise en place de bonne pratique pour les ordonnanceurs, les pilotes de four et les opérateurs
- o Mise en considération de l'impact du coût énergétique dans le coût total du produit
- o Mise en place d'un suivi plus important des dérives des fours et de son état

IPE Électricité 2022 :



IPE Gaz 2022 :



#### Déploiement comptage gaz :

- o Installation de 3/13 des panoplies de gaz naturel pour le comptage et le reste sera réalisé avant début septembre
- o Remontée de 4/14 des données de consommation des fours
- o Organisation de 10/13 chantiers complémentaires d'ici fin août

Ancienne panoplie :

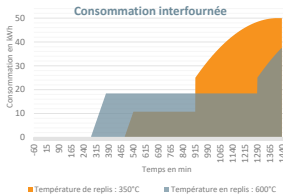


Nouvelle panoplie :



#### Maitrise inter-fournées

- o Etude effectuée sur un four sol de la forge sur la même nuance avec un nombre conséquent de fournée à l'année. Il manque une signature thermique significatif pour pouvoir donner des gains potentiels de consommation.
- o Etude de la partie refroidissement
- o Etude de la partie en palier
- o Etude de la partie en chauffe
- o Modélisation
  - Température : Fini
  - Consommation : En cours de travail
  - Fonction objectif : Fini



### CONCLUSIONS

La mise en place du système d'information en lien avec la traçabilité produit et les données process a été très complexe compte tenu de leurs structures. Nous avons dû restructurer ces fichiers et mettre en place des remontées de données plus pertinentes en lien avec l'énergie. Dorénavant, les secteurs maîtrisent leurs consommations et nous passons d'un rôle d'initiateur à un rôle support dans la maîtrise énergétique grâce aux outils mis en place.

La partie gestion de projet sur les déploiements de comptage gaz m'a permis d'utiliser les cours en lien que j'ai suivis à l'ENSIACET mais aussi de voir toutes les parties organisationnel, relationnel et sécurité. J'ai pu m'initier dans la gestion de projet dans un milieu complexe et varié.

Le sujet concernant la maîtrise des consommations durant les inter-fournées m'a demandé de prendre du recul et de mettre au point un modèle de comportement des fours. Cet exercice m'a demandé beaucoup de créativité et a nécessité l'utilisation des méthodologies développées dans le cours de recherche opérationnelle.

## Ordonnancement et informatisation de l'atelier cuisine



MAISON BRIAU – DENOST Charlotte

MOLERE Elodie, FISA GI

Echange : Czech University of Life Sciences Prague (République Tchèque)



### OBJECTIFS



Mes missions étaient axées sur l'optimisation de travail et l'informatisation de l'atelier cuisine, lieu principal de la fabrication de la brandade de morue et de la paella de la mer, qui sont les deux produits fabriqués à Maison Briau.



### PRINCIPAUX RÉSULTATS



Auditer et connaître le fonctionnement de la production de cet atelier

- ✓ Analyser puis synthétiser les problématiques de production
- ✓ Echanger sur les interrogations avec les services concernés
- ✓ Etudier et proposer des actions d'amélioration
- ✓ Mettre en place des améliorations



Créer un fichier automatisé, ordonnancer le travail quotidien de la cuisine

- ✓ Transmettre à chaque opérateur la planification détaillée des tâches à effectuer sur chaque machine
- ✓ Gagner en productivité avec une vision de la journée de travail
- ✓ Anticiper la saturation de la production par jour en terme de main d'œuvre, de machine et de temps



Implanter un ordinateur dans l'atelier pour les enregistrements de traçabilité

- ✓ Gagner du temps pour les opérateurs avec certaines données automatisées
- ✓ Faciliter la récupération, le rassemblement et l'analyse des données de production pour les bureaux
- ✓ Eviter la perte des feuilles de traçabilité et la détérioration des données liées à l'environnement de travail des cuisines



### CONCLUSIONS

Ces missions en immersion dans la production m'ont apporté de nombreuses compétences sur la gestion de production, l'amélioration continue, la gestion de projet, l'ordonnancement et la prise d'initiative. Aussi, la création d'un ordonnancement automatisé et l'informatisation de la traçabilité m'ont permis d'acquérir un niveau avancé sur le logiciel Microsoft Excel.

Mise en production d'un équipement de contrôle automatique sur composant hybridé de production



LYNRED – GREGORY VOLLARD

PAINTER Clément, FISA GI

Ingénierie du Développement Durable (I3D), Parcours transversal Inter-INP



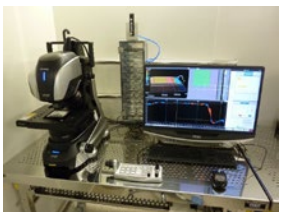
OBJECTIFS

- Développement d'un nouveau processus de contrôle de composant électronique pour la production de détecteurs infrarouges refroidis
- Conception d'un procédé innovant qui consiste à automatiser la prise de photo sous microscope à fort grossissement avec aboutage d'image.
- Contrôle avant sous-traitance et avant livraison client
- Réalisation d'une analyse d'impact environnemental sur le stockage des données générées afin d'élaborer des stratégies de réduction d'empreinte carbone.
- Intégration d'un nouvel équipement à notre chaîne de production.



PRINCIPAUX RÉSULTATS

- Recherche de solutions adaptées à la mise en œuvre du nouveau processus de contrôle
- Pilotage du processus de modifications interne entreprise  
Analyse de risque → Analyse d'impact → Plan d'actions
- Réalisation d'outillages adaptés au microscope (rédaction de cahier des charges, chiffrage, prototypage)
- Réalisation d'une campagne d'essais pour valider la capabilité du processus de contrôle automatisé
- Création de programmes de contrôles automatiques avec IDC SCANXPRO
- Autonomisation du service de production sur le nouveau processus (formation opérateur/Support Ingénierie et rédaction de fiche d'instruction de poste)
- Mise au point de stratégie de stockage des données générées par le processus de contrôle afin de réduire les impacts environnementaux (sobriété numérique)



CONCLUSIONS

- |   |  |
|---|--|
| <b>Savoir-faire acquis :</b>  | <b>Compétences développées :</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Planification de projet</li> <li>➤ Formation technique</li> <li>➤ Conception d'outillage</li> <li>➤ Développement processus industriel de contrôle</li> <li>➤ Gestion des données</li> <li>➤ Réduction d'impact environnemental</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Gestion de projet</li> <li>➤ Communication</li> <li>➤ Qualité rédactionnelle</li> <li>➤ Analyse scientifique</li> </ul> |

Etude de l'état de surface des bandes Flat Trac - Japon



MICHELIN – PIERRE TOURNAIRE (Tuteur)

SIMONNOT Ronan, FISA GI

IMSIC



OBJECTIFS

Le but de cette étude, menée sur le site de R&D d'Ota au Japon, est de déterminer l'état de surface optimal de la bande du banc de test « Flat Trac », selon un protocole de ponçage spécifique.

La Flat Trac réalise des tests de comportement d'un pneumatique (stabilité en ligne droite ou en courbe, rigidité de dérive, ...) en appliquant des charges, des vitesses et des angles de carrossage ou de dérive. Les efforts Fx, Fy et Fz sont mesurés. Sur la machine, le pneu, fixé sur le moyeu, est directement en contact avec une bande adhésivée, simulant le sol. L'état de surface de la bande impacte fortement les résultats de tests. Alors, dans le but d'obtenir un sol de référence entre les différents tests, la bande doit être poncée selon le protocole d'un constructeur automobile japonais.



Objectifs :

- Identifier un ou (des) critère(s) de l'état de surface de la bande et leur(s) moyen(s) de mesure ;
- Réaliser des protocoles de :
  - Tests ;
  - Contrôle de l'état de surface des bandes ;
  - Gestion de la conformité des bandes.



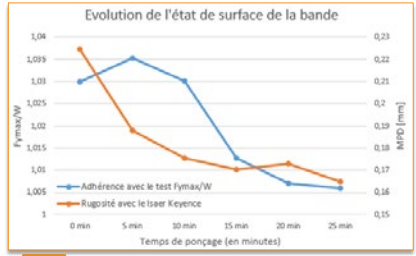
Flat Trac en vidéo !



PRINCIPAUX RÉSULTATS

- Les critères de mesures et les moyens correspondant ont été identifiés:
- 1 test pneumatique d'adhérence → Effort maximal Fy [N] selon la charge appliquée (W[N]) ;
  - 1 American Slip Meter (ASM) → Adhérence (équivalent à un coefficient d'adhérence μ) ;
  - 1 capteur laser Keyence → Rugosité MPD: Profondeur Moyenne du Profil.

L'état de surface de la bande est mesuré à chaque nouvelle série de ponçage. Au total, 25min de ponçage a été réalisé.



Résultats :

- La méthode de ponçage est efficace au centre de la bande mais ne permet pas d'avoir une homogénéité sur toute sa largeur ;
- En orange, la rugosité MPD indique une diminution ;
- Toutefois, l'utilisation du laser Keyence entraîne de fortes variations des données
- Les mesures de l'ASM indiquent une diminution de l'adhérence ;
- En bleu, le test Fymax/W confirme la diminution de l'adhérence ;
- Après de 20min de ponçage, les résultats ne sont plus exploitables ;



CONCLUSIONS

Critiques liées au ponçage et aux outils de mesures :

Plus la bande est poncée, plus l'adhérence et la rugosité diminuent. Cependant, l'usure du pneumatique sur la bande tend à augmenter l'aire de contact entre le pneu et la bande et donc ces critères. Aussi, le processus de ponçage doit être amélioré pour avoir une surface homogène de la bande.

Perspectives de l'étude :

Pour le moment, l'étude ne permet pas d'obtenir un protocole de gestion des bandes et de leur conformité. Il est nécessaire de poursuivre l'étude en multipliant les essais avec de nouvelles bandes, de nouveaux pneumatiques et d'approfondir les critères de rugosité.

L'ASM et le test Fymax/W permettent d'évaluer correctement l'adhérence de la bande. Mais le processus de mesure du dispositif Keyence doit être amélioré afin de réduire la dispersion des données.

**Retrofit** **TOULOUSE INP Ensiacet**

**THALES AVS – LUCILE MALGRAS**

**VIGROUX Thomas, FISA GI** **Echange : NTNU (Norvège)**

**THALES**



**OBJECTIFS**

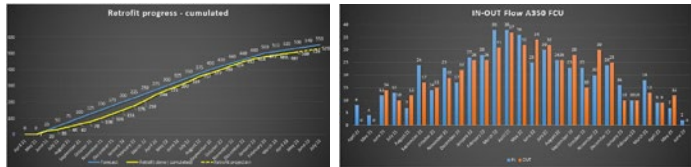
Au sein du service retrofit (service chargé de mettre en place les campagnes afin de réparer, améliorer ou ajouter une fonction technologique sur un avion en circulation) j'accompagne les retrofit managers dans leurs missions sous plusieurs missions:

- 1- Mise en place de KPI et mise à jour de ces même KPI sur les campagnes retrofit.  
Ces KPI suivent l'avancement physique et/ou financier des campagnes et permettent le bon suivi de ces campagnes.
- 2- Réalisation du cahier des charges pour le développement d'un nouvel outil retrofit qui aura pour objectifs de simplifier le suivi des campagnes et de réduire le nombre de fichiers Excel pour chacune d'elles.
- 3- Outil de suivie de la bonne facturation pour la campagne LRRA 5G:  
fichier Excel permettant de détecter un oubli de facturation chez un client.



**PRINCIPAUX RÉSULTATS**

1- exemple de KPI de suivi de campagne (ici valeur inventée)



2- Première liste des spécifications de l'outil retrofit.

```

fonction principale de l'outil retrofit (exemple)
1. Suivi des campagnes de retrofit
2. Suivi des campagnes de retrofit
3. Suivi des campagnes de retrofit
4. Suivi des campagnes de retrofit
5. Suivi des campagnes de retrofit
6. Suivi des campagnes de retrofit
7. Suivi des campagnes de retrofit
8. Suivi des campagnes de retrofit
9. Suivi des campagnes de retrofit
10. Suivi des campagnes de retrofit
11. Suivi des campagnes de retrofit
12. Suivi des campagnes de retrofit
13. Suivi des campagnes de retrofit
14. Suivi des campagnes de retrofit
15. Suivi des campagnes de retrofit
16. Suivi des campagnes de retrofit
17. Suivi des campagnes de retrofit
18. Suivi des campagnes de retrofit
19. Suivi des campagnes de retrofit
20. Suivi des campagnes de retrofit
21. Suivi des campagnes de retrofit
22. Suivi des campagnes de retrofit
23. Suivi des campagnes de retrofit
24. Suivi des campagnes de retrofit
25. Suivi des campagnes de retrofit
26. Suivi des campagnes de retrofit
27. Suivi des campagnes de retrofit
28. Suivi des campagnes de retrofit
29. Suivi des campagnes de retrofit
30. Suivi des campagnes de retrofit
31. Suivi des campagnes de retrofit
32. Suivi des campagnes de retrofit
33. Suivi des campagnes de retrofit
34. Suivi des campagnes de retrofit
35. Suivi des campagnes de retrofit
36. Suivi des campagnes de retrofit
37. Suivi des campagnes de retrofit
38. Suivi des campagnes de retrofit
39. Suivi des campagnes de retrofit
40. Suivi des campagnes de retrofit
41. Suivi des campagnes de retrofit
42. Suivi des campagnes de retrofit
43. Suivi des campagnes de retrofit
44. Suivi des campagnes de retrofit
45. Suivi des campagnes de retrofit
46. Suivi des campagnes de retrofit
47. Suivi des campagnes de retrofit
48. Suivi des campagnes de retrofit
49. Suivi des campagnes de retrofit
50. Suivi des campagnes de retrofit
51. Suivi des campagnes de retrofit
52. Suivi des campagnes de retrofit
53. Suivi des campagnes de retrofit
54. Suivi des campagnes de retrofit
55. Suivi des campagnes de retrofit
56. Suivi des campagnes de retrofit
57. Suivi des campagnes de retrofit
58. Suivi des campagnes de retrofit
59. Suivi des campagnes de retrofit
60. Suivi des campagnes de retrofit
61. Suivi des campagnes de retrofit
62. Suivi des campagnes de retrofit
63. Suivi des campagnes de retrofit
64. Suivi des campagnes de retrofit
65. Suivi des campagnes de retrofit
66. Suivi des campagnes de retrofit
67. Suivi des campagnes de retrofit
68. Suivi des campagnes de retrofit
69. Suivi des campagnes de retrofit
70. Suivi des campagnes de retrofit
71. Suivi des campagnes de retrofit
72. Suivi des campagnes de retrofit
73. Suivi des campagnes de retrofit
74. Suivi des campagnes de retrofit
75. Suivi des campagnes de retrofit
76. Suivi des campagnes de retrofit
77. Suivi des campagnes de retrofit
78. Suivi des campagnes de retrofit
79. Suivi des campagnes de retrofit
80. Suivi des campagnes de retrofit
81. Suivi des campagnes de retrofit
82. Suivi des campagnes de retrofit
83. Suivi des campagnes de retrofit
84. Suivi des campagnes de retrofit
85. Suivi des campagnes de retrofit
86. Suivi des campagnes de retrofit
87. Suivi des campagnes de retrofit
88. Suivi des campagnes de retrofit
89. Suivi des campagnes de retrofit
90. Suivi des campagnes de retrofit
91. Suivi des campagnes de retrofit
92. Suivi des campagnes de retrofit
93. Suivi des campagnes de retrofit
94. Suivi des campagnes de retrofit
95. Suivi des campagnes de retrofit
96. Suivi des campagnes de retrofit
97. Suivi des campagnes de retrofit
98. Suivi des campagnes de retrofit
99. Suivi des campagnes de retrofit
100. Suivi des campagnes de retrofit
  
```

3 -L'outil de suivi de la bonne facturation pour la campagne LRRA 5G est toujours en développement.



**CONCLUSIONS**

Ma première mission s'inscrit dans la continuité de mes 2 premières années d'alternance à Thales c'est-à-dire accompagné les retrofit managers dans la bonne gestion de leurs campagnes, quant au 2 autres missions elles ont commencé en Mars et sont toujours en développement. Ces missions mon permettent d'avoir une vision d'ensemble du métier de Retrofit manager et d'acquérir des compétences diverses notamment en gestion de projet.

(OPEN)



Naldeo

Un acteur engagé **AU CŒUR DE LA TRANSITION**  
écologique, énergétique, hydrique et digitale

**Toulouse INP-ENSIACET**  
4 allée Emile Monso - CS 44362  
31030 Toulouse Cedex 4  
+ 33 (0)5 34 32 33 00

**TOULOUSE**  
**INP Ensiacet**

L'école de la transformation  
de la matière et de l'énergie

[www.ensiacet.fr](http://www.ensiacet.fr)

Naldeo  
GROUP

Parrain de la promotion  
[www.naldeo.com](http://www.naldeo.com)