

**PROMOTION 2023**  
Toulouse INP-ENSIACET



“ Imaginer & Entreprendre  
L'excellence technique au service du climat ”

# 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

## 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

Formulation et industrialisation d'une base siliconée pour soins capillaires



L'ORÉAL – Patrick LAFFOUGERE



BARBOSA Maria Eduarda, GP

CDB / CFiBio / CONTRAT PRO



OBJECTIFS

Mission globale – apprendre le métier de chargé de projets Pilote :

- Étudier la montée en échelle et l'industrialisation des procédés de fabrication et de conditionnement de formules cosmétiques (développées par la Recherche et l'Innovation) en assurant un **procédé gagnant**.

Objectif du projet :

Développer une base siliconée pour soins capillaires (shampoings et après-shampoings) à partir d'une base existante.

1<sup>er</sup> étape – Déterminer la composition optimale pour améliorer

- la mise en œuvre en usine (base plus fluide)
- la protection microbiologique (pH > 12,0)

2<sup>ème</sup> étape – Optimiser le procédé pour le rendre le plus gagnant possible



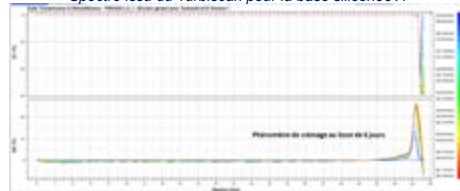
PRINCIPAUX RÉSULTATS

- État de lieux** : la base siliconée actuelle (75% de silicone + 25% tensioactif amphotère) est très visqueuse et pose des problèmes de lavage à l'échelle industrielle.
- Modifier la composition en rajoutant des quantités variables d'eau pour la fluidification.
- Sélectionner la formulation la plus stable grâce à un appareil basé sur la diffusion multiple de la lumière (Turbiscan).
- Développer un procédé gagnant qui garantisse une émulsion directe (H/E) et facilite le lavage des installations.

Nouvelle base siliconée



Spectre issu du Turbiscan pour la base siliconée A



CONCLUSIONS

- La quantité d'eau rajoutée à la formule a un impact direct sur sa stabilité : plus la teneur en eau est élevée et plus la base est instable (crémage).
- La base siliconée retenue sera celle qui présentera le meilleur compromis entre la stabilité et la rhéologie (recherche d'une base fluide).
- Le procédé joue un rôle déterminant du fait du risque d'émulsion inverse (E/H).

Bases testées	A	B	C	D	E
Résultats stabilité	Crémage	Crémage	En cours	En cours	En cours

Optimisation de systèmes d'ancrage et d'assemblage de solutions éco-conçues pour la protection côtière



LINEUP OCEAN / LMGC – Robin ALAUZE / Loïc Daridon



BELBEZE Lucas, GP

USTH (Vietnam)



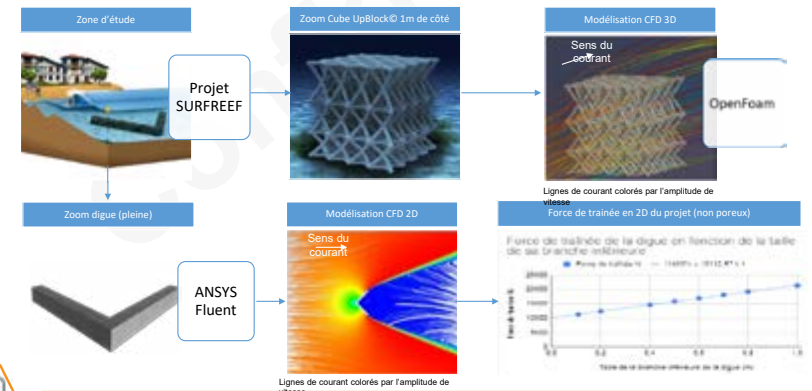
OBJECTIFS

En tant qu'ingénieur junior en recherche appliquée au sein de l'activité "Ecoconception de solutions bio-inspirées" de LINEUP OCEAN en collaboration avec le Laboratoire de Mécanique et Génie Civil de Montpellier (LMGC), mes objectifs sont les suivants :

- Test de différentes structures et Implémentation de la porosité dans les modèles numériques
- Modélisation CFD d'une digue éco-conçue en 2D puis 3D
- Modélisation d'écoulements en conditions multiphasés
- Caractériser numériquement la capacité de dissipation de l'énergie des vagues



PRINCIPAUX RÉSULTATS



CONCLUSIONS

La simulation numérique permet de modéliser les courants, turbulences et l'affouillement autour et à l'intérieur de la digue ou à l'échelle unitaire d'un UpBlock® constituant la digue. La capacité de dissipation de l'énergie des vagues est quantifiée suivant plusieurs dispositions incidentes du maillage intrinsèque à l'ouvrage. Ce travail est pluridisciplinaire : il prend en compte des parties mécaniques avec des chercheurs du LMGC mais aussi océanographiques et biologiques au sein des équipes de LINEUP OCEAN. L'ancrage et l'assemblage seront implémentés aux simulations numériques afin de réaliser des simulations proches des conditions in-situ réelles.

Suivi de production et mise en place d'un logiciel d'ordonnancement



Sanofi Chimie Aramon – VHEL Romuald



BENHARIRA Adam, GP

CDB / PPQPS / CONTRAT PRO



OBJECTIFS

Le suivi de production est une activité importante liée au bon fonctionnement de l'atelier. Afin de faciliter l'organisation et les prévisions de production, le projet de mettre en place un logiciel d'ordonnancement a débuté. C'est dans ce cadre-là, que je dois :

- Estimer les durées d'utilisation des équipements ;
- Participer aux réunions hebdomadaires ;
- Suivre et analyser des données de production ;
- Participer aux investigations liées à certains produits ;
- Mettre en place des solutions à la suite des déviations ;
- Améliorer et mettre à jour les feuilles de fabrication.



PRINCIPAUX RÉSULTATS

Mon travail s'est orienté sur la production d'un principe actif, réalisée en plusieurs étapes résumées ci-dessous :



Les principaux résultats à ce jour sont les suivants :

- Réalisation d'un diagramme de Gantt en suivant la production du principe actif;
- Mises à jour des documents de fabrication et ajout d'un équipement filtrant;
- Estimation des limites d'impuretés acceptables selon le procédé impliqué;
- Homogénéisation d'un geste opératoire suite à un lot sorti non-conforme.



CONCLUSIONS

Mon travail a déjà pu servir à l'implémentation de données dans le logiciel d'ordonnancement qui sur le long terme devrait être utile à l'ensemble du personnel de l'atelier.

Plusieurs tâches diverses ont déjà été réalisées sur le plan de la production, ce qui m'a permis d'avoir une vision globale sur les procédés mis en œuvre, leurs intérêts et les risques associés.

Mon travail se portera désormais sur un autre produit de l'atelier avec la création d'une nouvelle configuration industrielle.

Développement de projets photovoltaïques



INEO EQUANS – M. Pierre PENNAVAYRE



BERGOUGNOUX Camille, GP

EPI / EcoEnergie / CONTRAT PRO



OBJECTIFS

Durant mon stage au sein du service Développement et Innovation, l'objectif est de proposer une solution photovoltaïque répondant aux besoins du client, qui peut être :



Les besoins peuvent varier selon le client :

- La volonté de **maîtriser ses dépenses énergétiques** : produire une partie ou la totalité de ses besoins en électricité permet de réduire sa dépendance vis-à-vis du réseau et des fluctuations du prix de fourniture.
- L'obtention de **revenus complémentaires** en valorisant le patrimoine disponible : en s'adressant à un fournisseur d'énergie ayant une obligation d'achat (EDF, agrégateurs...), il est possible de vendre une partie ou la totalité de sa production.

- Le **respect du cadre réglementaire** : la loi Accélération de la production des énergies renouvelables du 10 mars 2023 impose une couverture minimale des toitures des bâtiments résidentiels neufs (30% en 2023 et 50% en 2027) et les parkings extérieurs de plus de 1500 m<sup>2</sup> devront être équipés de panneaux solaires sur au moins la moitié de leur surface.
- La volonté de **produire sa propre énergie et de contribuer à la transition énergétique** : le photovoltaïque permet à la France d'aspirer à la neutralité carbone d'ici 2050. D'autre part, il contribue à décarboner l'énergie utilisée par les entreprises et répond à de nouvelles politiques environnementales (ou stratégies de communication) imposées en interne.

Selon les projets, il existe différents types de raccordement :



PRINCIPAUX RÉSULTATS

Quel type de centrales ?

Quelle puissance est-il judicieux d'installer ?

- **Centrale au sol** : elle permet d'exploiter des terres non utilisées par le client pouvant être valorisées ;
- **Centrale en toiture** : cette alternative est plus contraignante car elle implique une reprise de charge et une étanchéité suffisantes pour accueillir la centrale (système d'intégration et modules). Une lecture du DOE (Dossier des Ouvrages Exécutés) de la toiture sera nécessaire en amont ;
- **Centrale en ombrières** : les ombrières sont utilisées pour abriter les parkings. Il s'agit du type de centrale le plus demandé.



Quels paramètres à prendre en compte dans l'installation ?

- Pour optimiser la production, il est nécessaire de trouver un compromis entre l'**inclinaison**, l'**orientation** des modules et leur **position** par rapport aux **sources d'ombrage**. Le **productible** indique l'**énergie produite en kWh par kWc** de modules installés à l'année, et nous est fourni par les simulations numériques (PVsyst).

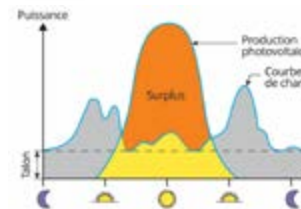


Comment déterminer la rentabilité économique d'un projet photovoltaïque ?

- Pour un raccordement en **autoconsommation**, la rentabilité économique dépendra du **capital à investir (CAPEX)** et des **gains réalisés sur la facture d'électricité** (kWh d'électricité produits autoconsommés). Dans le cadre de la **vente de surplus**, il s'agira d'ajouter la **vente de l'énergie injectée sur le réseau**, impliquant des impôts (IFER...) à prendre également en considération.



CONCLUSIONS



- Chaque type de centrales nécessite des études spécifiques en amont des projets : **étude de sol** pour les ombrières et centrales au sol, **étude de structure** (analyse de la nature de l'étanchéité et de l'isolant et de la reprise de charge) pour les installations en toiture. L'analyse du **PLU** (Plan Local d'Urbanisme) est également nécessaire afin de prendre en compte les contraintes urbanistiques. Enfin, la présence d'un aéroport à moins de 3 kilomètres du site d'implantation peut justifier une **étude de réverbération**. Ces études influencent la phase avant-projet et la planification des travaux.
- La spécificité de chaque projet nous amène à développer des centrales uniques ; en effet, des contraintes d'implantation peuvent nous conduire à trouver (et parfois concevoir) des systèmes d'intégration précis.
- Nos clients sont de plus en plus sensibilisés à la provenance des modules photovoltaïques ; nous essayons pour cela d'utiliser des modules d'origine européenne, voire française.

**Chargée HSE**

**INP Ensiacet**

**PIERRE FABRE – ERRECART Cécile**

**CAMBON Estelle, GP**

**MAMAR / QSE / CONTRAT PRO**

**Pierre Fabre**



**OBJECTIFS**

- Les objectifs de la mission sont :
- 1) La mise à jour de l'Evaluation du risque chimique sur l'ensemble du site ( ateliers de production, laboratoire d'analyse...) grâce au logiciel Pulsse.
  - 2) Le suivi des essais visant à la mise en place d'un exosquelette sur le site. Ces essais ont pour but de déterminer les endroits du site où la mise en place de l'exosquelette est la plus bénéfique.
  - 3) La formation et la sensibilisation du personnel aux problématiques HSE (Hygiène- Sécurité – Environnement)



**PRINCIPAUX RÉSULTATS**

- 1) Pour l'évaluation du risque chimique
  - Diverses observations visant à l'évaluation ont été effectuées.
  - Recensement des produits présents sur le site
  - Nettoyage de l'inventaire : plus de 200 produits non utilisés sur le site ont été retirés de l'inventaire du logiciel
  - Mises à jour de la base des Fiches de Données de Sécurité (FDS) du site
  - Mise à jour de plus de 50% des situations (Nouvelles Situations comprises)
- 2) Pour la mise en place de l'exosquelette
  - Formation du personnel volontaire à la mise en place de l'exosquelette
  - Création et suivi des Retours d'Expérience
- 3) Formation et sensibilisation:
  - Formation de tout le nouveau personnel ( intérimaires, stagiaires, CDI ) aux principaux risques à leur arrivée sur site
  - Sensibilisation du personnel à la sécurité à travers des « échanges sécurités »
  - Réalisation de supports vidéo (concernant l'exosquelette et le projet de méthanisation)



**CONCLUSIONS**

Par le biais de ces différentes missions, le but est de protéger les salariés pendant leur temps de travail mais cela se répercute aussi sur leur santé future. La réalisation de ces missions passe par l'échange avec les divers acteurs du site ( opérateurs, laborantins,...)

**Méthodologie de simulation numérique du procédé de Fabrication additive WAAM**

**INP Ensiacet**

**SEGULA Technologies – RATSIFANDRIHANA Léon**

**CAVREL Victor, GP**

**Chalmers (Suède)**

**SEGULA TECHNOLOGIES**  
**ICA**



**OBJECTIFS**

La fabrication additive ou impression 3D est un procédé de fabrication qui permet de créer des pièces couches par couches de formes complexes. Le dépôt d'énergie concentré (DED) est une des techniques de fabrication additive qui dépose sur un support (substrat), un matériau en fusion à l'aide d'un faisceau laser, d'un faisceau d'électrons ou d'un arc électrique. La matière première est sous forme de poudre ou de fil métallique. Le WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing) fait partie de la famille DED et utilise un arc électrique pour source de chaleur et un fil comme apport de matière. L'objectif des travaux de R&D est de développer une méthodologie de simulation numérique pour le dépôt de cordons en Inconel 625 par le procédé de fabrication additive WAAM.

- Prévoir et comprendre le comportement thermomécanique lors de la fabrication ;
- Comprendre l'impact des paramètres opératoires du procédé de fabrication sur la qualité de la pièce ;
- Valider le modèle numérique avec la littérature ;
- Anticiper, visualiser et atténuer les distorsions et contraintes résiduelles.



**PRINCIPAUX RÉSULTATS**

**Définition du modèle**

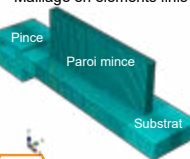
→ Simulation numérique de la fabrication d'une paroi mince de 42 couches

**Matériau :** Superalliage à base de Nickel  
→ Inconel 625  
Définition des propriétés thermomécaniques  
→ Conductivité thermique, chaleur spécifique, module d'élasticité, etc.

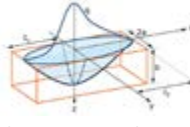
**Définition des paramètres de simulation :**  
→ Puissance de l'arc, vitesse de la torche, temps de refroidissement, etc.

**Définition de la stratégie d'apport de matière:**  
→ Modélisation source de chaleur mobile (Goldak)  
→ Définition de la stratégie de dépôt de matière

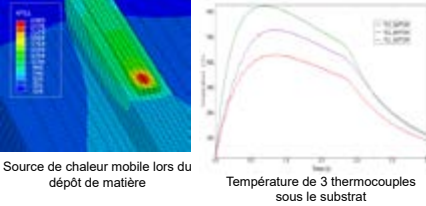
Maillage en éléments finis



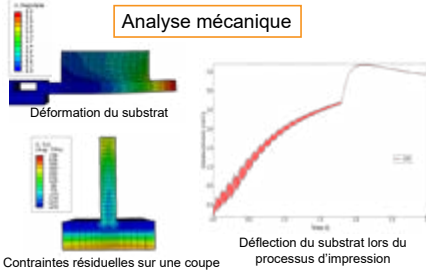
Source de chaleur Goldak



**Analyse thermique**



**Analyse mécanique**





**CONCLUSIONS**

Les premières simulations permettent de prédire le comportement thermique et mécanique lors de la fabrication de la pièce. La suite des travaux consiste à optimiser les paramètres opératoires de fabrication pour améliorer la qualité de la pièce. Les travaux de recherche m'ont permis de mettre à profit les compétences de simulation numérique acquises lors de la formation GP sur un autre domaine tels que la fabrication additive et la mécanique des matériaux. Ce projet me permet donc d'agrandir mon champ d'action en vu d'entrer au mieux dans la vie professionnelle.

## Etude efficacité énergétique du procédé combiné co-électrolysé eau/CO<sub>2</sub>-synthèse de méthanol

TOULOUSE  
INP Ensiacét



TotalEnergies – Giacomo Grasso

CHARRON Ael, GP

EPI / ELENSYS



### OBJECTIFS

TotalEnergies, SunFire et Fraunhofer se sont alliés sur le projet e-CO<sub>2</sub>Met, convertir le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) capturé en méthanol avec de l'énergie électrique renouvelable. Plusieurs voies sont possibles. Le projet s'intéresse à la combinaison électrolyse de l'eau puis conversion du CO<sub>2</sub> par de l'hydrogène vert en méthanol. Lors de mon stage, j'ai étudié la combinaison co-électrolyse CO<sub>2</sub>/eau puis conversion du syngas en méthanol. Cette étude permet de déterminer quelle voie est la plus efficace énergétiquement.



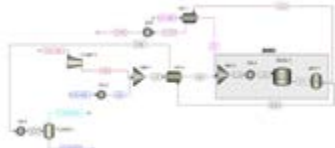
Graphique de TotalEnergies

#### Mes objectifs :

- Modélisation du procédé combiné par le logiciel de simulation ASPEN
- Analyse exergetique et Etude Efficacité Energétique de la combinaison de départ
- Proposition de solutions d'amélioration de l'Efficacité Energétique du procédé combiné: potentiel d'efficacité énergétique
- Implémentation des solutions d'Efficacité Energétique et comparaison avec base



### PRINCIPAUX RÉSULTATS



Flowsheet de la partie co-électrolyse

#### Propositions de solutions d'amélioration de l'efficacité énergétique :

- Remodelage du réseau d'échangeurs, utilisation des sources chaudes pour chauffer les sources froides
- Production de vapeur grâce aux sources chaudes pour produire de l'électricité
- Utilisation de l'exothermicité de la co-électrolyse dans une autre partie du procédé
- Travail sur les pressions pour le train de purification



### CONCLUSIONS

#### Compétences et connaissances acquises :

- ✓ Etude bibliographique (technologies des électrolyseurs, technologies des réacteurs, brevets, paramètres cinétiques)
- ✓ Utilisation du logiciel de simulation ASPEN Plus
- ✓ Pratique de l'anglais avec des collègues internationaux

## Préparation d'un workshop sur les économies d'énergie et la décarbonation – Projets d'intégration énergétique

TOULOUSE  
INP Ensiacét



Nestlé Nunspeet – Andrew Batley

CHATAUX Stanislas, GP

EPI / ELENSYS



### OBJECTIFS

L'usine de Nestlé Nunspeet produit du lait infantile en poudre. Le stage a été effectué au sein de l'équipe Energie et Durabilité du site.

L'objectif du stage est de préparer un workshop qui se déroulera en septembre, afin de décider d'une carte de route pour les prochaines années, dans le but d'atteindre les objectifs fixés par Nestlé en termes de décarbonisation à savoir :

- Réduction de 50% des émissions de carbone d'ici 2030
- Neutralité carbone d'ici 2050

Pour cela, les différentes étapes du stage sont :

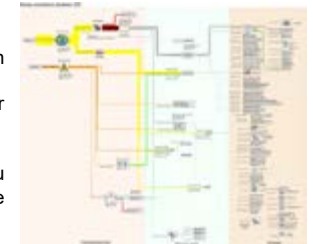
- Collecte de données sur les consommateurs d'énergie
- Cartographie des consommations énergétique du site
- Collecte d'idées de projets d'économie/récupération d'énergie et optimisation du procédé
- Quantification des gains potentiels
- Etudes complémentaires sur les projets prioritaires
- Analyse pinch du procédé
- Premier pas de la mise en place d'un système de management de l'énergie
- Analyse du réseau de centrales de traitement d'air en vue d'optimisations



### PRINCIPAUX RÉSULTATS

Ces étapes ont permis de produire ces livrables :

- Cartographie des consommations du site par le moyen d'un diagramme de Sankey
- Liste de potentiels d'améliorations chiffrés à discuter lors du workshop



Le livrable final est le plan d'action qui sera élaboré lors du workshop et représenté sous la forme d'un diagramme cascade



### CONCLUSIONS

Ce workshop va permettre à l'usine de s'accorder sur une feuille de route de projets et de lancer une dynamique d'amélioration continue sur les sujets énergétiques pour atteindre ses objectifs de réduction d'émissions carbone.

Ce stage m'a permis de mettre en application les notions d'intégration énergétique et d'optimisation de réseau d'échangeur vues en Elensys, tout en faisant face à des challenges spécifiques à l'industrie agroalimentaire.





## Assistance Procédés

TOULOUSE INP Ensiacét



SOLVAY – GIULIANA PEDINOTTI

GOUVEIA ROQUE Nicole, GP

GSI / ISI  
CONTRAT PRO



### OBJECTIFS

Site industriel de Solvay à Clamecy



- Secteur d'activité Novecare : tensioactifs de spécialité, polymères, amines, guars et dérivés phosphorés.
- Produits avec des propriétés nettoyantes, adoucissantes, hydratantes, dispersantes, etc.



Assistance procédés



Participer à la réalisation d'essais



Réaliser l'amélioration continue pour l'atelier de production



Industrialiser des nouveaux produits



### PRINCIPAUX RÉSULTATS

Produit	Matrice	Mode opératoire
Produit 1	Matrice 1	Mode 1
Produit 2	Matrice 2	Mode 2
Produit 3	Matrice 3	Mode 3
Produit 4	Matrice 4	Mode 4
Produit 5	Matrice 5	Mode 5
Produit 6	Matrice 6	Mode 6
Produit 7	Matrice 7	Mode 7
Produit 8	Matrice 8	Mode 8
Produit 9	Matrice 9	Mode 9
Produit 10	Matrice 10	Mode 10

Figure 1. Partie d'une matrice de lavage d'un réacteur.

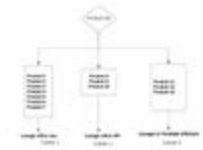


Figure 2. Diagramme des lavages d'un réacteur.



Figure 3. Résultat d'un essai de lavage d'un réacteur.

- Revue des modes opératoires de lavage existants (Fig.1);
- Correction des matrices de lavage (Fig.2);
- Etude d'autres types de lavage/amélioration des lavages des réacteurs et préparantes (Fig.3);

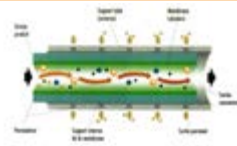


Figure 4. Processus d'une opération d'ultrafiltration réalisée pour un essai de recyclage.

- Élaboration des modes opératoires pour les essais, participation aux essais et rédaction de compte rendu des résultats (Fig.4);
- Travail dans le dimensionnement de pompes pour changement des pompes de chargement de matières premières de l'atelier de production.



### CONCLUSIONS

D'un point de vue personnel, cette période en entreprise m'a permis de participer au travail quotidien sur un site industriel et de comprendre les enjeux d'un atelier de production multi produit chimique. L'expérience m'a permis de renforcer les compétences acquises lors du parcours génie de procédés en travaillant dans des missions diversifiées et en communication avec différents secteurs de l'usine.

## Evaluation d'un bassin numérique implémenté dans le code CONVERGE pour l'étude hydrodynamique d'éolienne flottante

TOULOUSE INP Ensiacét



IFPEN – Guillaume VINAY et Karine TRUFFIN

HANNE Marion, GP

FEP / Master DET / Contrat Pro



### OBJECTIFS

Mon stage s'inscrit dans le projet Provence Grand Large visant à installer 3 éoliennes flottantes au large de Fos-sur-Mer d'ici fin 2023, qui produiront chacune l'équivalent de la consommation électrique annuelle de 45 000 habitants. L'objectif du stage est de valider un modèle numérique de générateur de houle avec le logiciel CFD Converse à l'aide de données expérimentales nécessaires au design de ces flotteurs et de résultats OpenFOAM, logiciel CFD open-source, issus d'une thèse IFPEN. (C.Clément, « Investigation of Floating Offshore Wind Turbine Hydrodynamics with Computational Fluid Dynamics »)

D'abord, le générateur de houle seule implémenté dans Converse sera évalué et comparé au jeu de données. Ensuite, des flotteurs de complexité croissante (cylindre vertical puis flotteur à lignes tendues) seront placés dans ce bassin numérique afin d'évaluer les efforts hydrodynamiques lorsqu'ils sont soumis à une houle régulière et les comparer avec le jeu de données.



### PRINCIPAUX RÉSULTATS

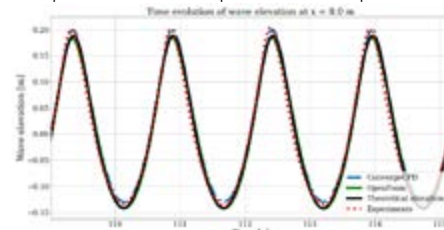
Dans l'interface de Converse, la géométrie du bassin numérique est implémentée et des conditions aux limites sont imposées pour simuler la houle seule. Afin de déterminer une configuration optimale du bassin numérique, une étude de sensibilité paramétrique est réalisée (variation de la longueur de la zone de génération et absorption, du pas de temps de simulation, du niveau de raffinement du maillage, du schéma numérique).



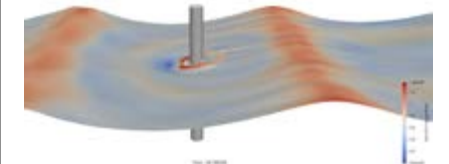
Pour valider le modèle, les résultats sont post-traités :

- Graphiquement : l'évolution temporelle de l'élévation et celle de la hauteur moyenne de la houle le long du bassin sont tracées
- Quantitativement : des erreurs relatives sur la hauteur moyenne sont calculées

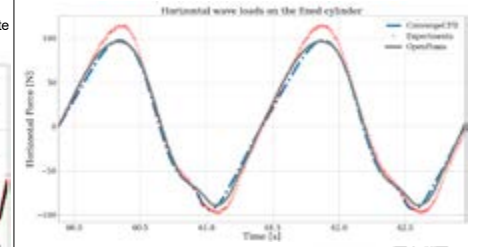
Les résultats issus de la simulation numérique sont ensuite comparés avec les données expérimentales et théoriques.



Ensuite, un cylindre fixe est placé dans le bassin optimisé et les efforts hydrodynamiques s'exerçant sur lui sont évalués.



Une étude de sensibilité du maillage autour de la structure permet d'obtenir l'évolution temporelle des forces de pression suivante :



Simulation de la houle sur le cylindre



### CONCLUSIONS

**Cas de houle seule** : les comparaisons quantitatives avec les prédictions théoriques sont en bon accord, bien que légèrement plus importantes qu'avec OpenFOAM.

**Cas du cylindre** : l'allure des signaux numérique et expérimental sont en adéquation bien que Converse sous-estime légèrement au niveau des forces maximales.

**Prochaine étape** : Introduire un flotteur à lignes tendues dans le bassin numérique et évaluer les efforts hydrodynamiques exercés sur celui-ci.



## Energie et Optimisation de l'Efficacité Energétique de la Raffinerie de Donques

TOULOUSE INP Ensiacét



TOTALENERGIES – FABIEN JOLY

HENRIQUES FERRAZ Lucca, GP

EPI / ELENSYS / CONTRAT PRO UFRJ (Brésil)



### OBJECTIFS

**Système de Management de l'Energie :**  
Amélioration et adéquation



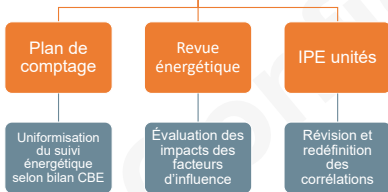
**Revue et suivi énergétique des unités de la raffinerie :**  
Distillation (DEE) et Reformeur Régénératif (RR)

**Suivi de l'encrassement des échangeurs de préchauffe de la distillation**



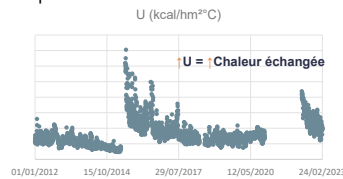
### PRINCIPAUX RÉSULTATS

**Amélioration de la performance énergétique de la plateforme**



#### Préchauffe DEE

- 100<sup>aînes</sup> d'échangeurs répartis en deux trains parallèles ;
- Objectif : réduire la consommation au four ;
- Méthode de calcul développé pour identifier les principaux acteurs de l'encrassement.

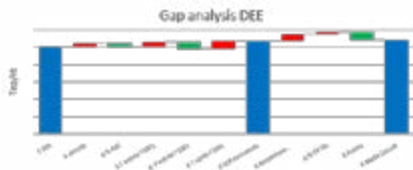


### CONCLUSIONS

#### Indicateur de Performance Énergétique

Amélioration du modèle et du fichier :

- + fiabilité
- + précision
- + performance



- Détermination des échangeurs les plus encrassants ;
- Implémentation de technologies pour éviter l'encrassement dans les candidats repérés ;
- Proposition d'un nouveau planning de nettoyage.

## Prédictivité de l'impact du remplissage sur la qualité des produits

TOULOUSE INP Ensiacét



L'ORÉAL – SALY Axel

KERYAKOS Chady, GP

FEP / Master DET



### OBJECTIFS

- Sensibilité au remplissage :**
  - Conception de méthodes permettant d'identifier à l'échelle pilote la sensibilité d'une formule au passage dans les remplisseuses, en capitalisant sur les équipements/savoir faire technique déjà disponible au sein de l'entité.
  - Validation des méthodes sur un panel de formules repérées.
- Analyse de la performance des procédés d'élaboration des produits solaires :**
  - Analyse des données de production issues de différentes usines du groupe.
  - Recherche et mise en place de leviers d'amélioration.
- Création d'un document de référence pour les différentes technologies de produits solaires.**
- Prise en charge d'un projet de lancement d'un nouveau produit :**
  - Communication avec les différents acteurs (Usine, R&I...)
  - Proposition d'un procédé de production « gagnant »

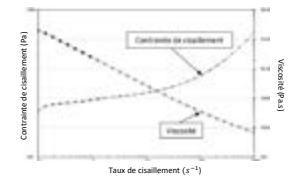


5 axes de l'étoile gagnante :  
Sécurité - Qualité - Performance - Pertes - Lavage

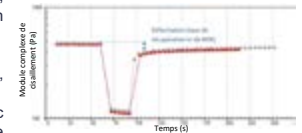


### PRINCIPAUX RÉSULTATS

- Sensibilité au remplissage :**
  - Identification d'un panel de formules adéquates pour la problématique en question.
  - Création d'un outil pour l'estimation du taux de cisaillement dans les lignes de remplissage
  - Mise en œuvre de tests rhéologiques pour comprendre les effets du cisaillement sur les formules concernées.
- Analyse de la performance des procédés d'élaboration des produits solaires :**
  - Identification des raisons de différence de performance entre les usines et communication aux acteurs concernés.
- Création d'un document de référence pour les différentes technologies de produits solaires :**
  - Création d'un format simple et universel pour les technologies, en essayant d'être le plus pratique possible pour une utilisation quotidienne (recherche facile – liens pour plus d'informations...)
- Prise en charge du lancement d'un nouveau produit :**
  - Identification des risques concernant la sécurité, la qualité, l'ergonomie, la productivité...
  - Conception d'un procédé de fabrication productif, validation avec la R&I et l'usine de production, réalisation des essais à l'échelle pilote.



Analyses rhéologiques – Courbes d'écoulement et évaluation de la thixotropie



### CONCLUSIONS

- La méthode de prédiction de la sensibilité de remplissage est en cours de développement, les essais débuteront fin juin 2023. Elle consistera en un outil numérique permettant d'estimer le taux de cisaillement dans des conditions spécifiques, pour pouvoir réaliser des tests pour comprendre l'impact de ce taux de cisaillement sur la qualité du produit
- Un compte rendu de l'aboutissement des analyses de performance sera présenté aux usines.
- Le lancement du nouveau produit est en cours, le procédé est construit et soumis pour validation.

## Réduction des émissions de GES sur une unité flottante de LNG



**DORIS GROUP – ROMAIN DESTRUEL & LAURA QUENTIN**

LACOMBE Elma, GP

Politecnico di Milano (Italie)



### OBJECTIFS

Doris est une entreprise du secteur de l'énergie. Historiquement spécialisée dans les énergies conventionnelles, telles que le pétrole et le gaz naturel, l'entreprise s'appuie aujourd'hui sur cette expertise pour soutenir le développement d'énergies nouvelles.  
En nous basant sur un projet existant de liquéfaction de gaz naturel en mer, le stage a pour but de repenser le design du procédé pour limiter les émissions de gaz à effet de serre.

Mon stage s'articule autour de 3 axes de qui sont développés selon 3 critères afin de juger la pertinence des modifications étudiées.  
Le système de liquéfaction étant sur un navire en mer, l'encombrement représente une contrainte dans la sélection des solutions envisagées pour répondre à notre problématique.



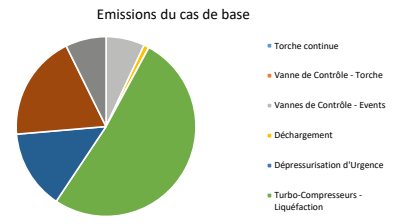
### PRINCIPAUX RÉSULTATS

Les principales sources d'émission identifiées sont les étapes de combustion du fuel gas pour faire fonctionner les turbines à gaz et chauffer l'huile.

**Électrification**  
Nous pouvons garder le même design (nombre de trains de compression) avec des compresseurs électriques qu'avec les turbo-compresseurs. La consommation électrique est en cours d'évaluation. Pour que l'impact sur les émissions GES soit positif, cette production doit être associée à une production d'électricité moins émettrice.

**Co-génération**  
Modélisation sur le logiciel Hysys de la récupération de la chaleur des fumées pour chauffer l'huile qui circule dans le procédé ainsi que pour faire tourner une turbine à vapeur et créer de l'électricité.

**Co-génération**  
Nous pouvons utiliser la chaleur des fumées de combustion des turbo-compresseurs pour créer assez d'énergie pour suppléer les demandes de la génération d'électricité et du chauffage de l'huile permettant de diminuer sensiblement les émissions de GES.



**CCS**  
Calcul des compositions et débits de fumées de combustion.  
Modélisation sur le logiciel Hysys du captage et de la liquéfaction du CO2 à partir des fumées de combustion (faible concentration en CO2).

Selon nos premières estimations, les infrastructures qui permettraient de mettre en place la capture et liquéfaction du CO2 seraient bien trop encombrantes pour un bateau.



### CONCLUSIONS

Ce projet met en œuvre des notions transverses et nous avons par exemple rencontré quelques difficultés dans la simulation de la CCS car c'est un procédé assez complexe qui demande des modèles thermodynamiques spécifiques et des données d'entrées qui ne sont pas toujours faciles à estimer.  
La suite du stage va permettre de finaliser les trois études (notamment l'évaluation des coûts) et de regarder les combinaisons possibles (ex: l'électrification des compresseurs impacte la récupération de la chaleur et la CCS)



## Conception d'un réacteur de carbonatation



**VOLTIGITAL – FABIEN MICHEL**

LOUBEAU Emma, GP

ECO-E0 EPI / CONTRAT PRO



### OBJECTIFS

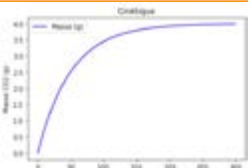
- Comprendre les principes de la réaction de carbonatation  $CO_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O$
- Modéliser et dimensionner un réacteur de carbonatation pour des déchets de béton
- Identifier les aides de financement et subventions pertinentes
- Valider ou invalider la création d'une entreprise



### PRINCIPAUX RÉSULTATS

#### Avancées du projet

- Un premier concept de réacteur validé ;
- Création d'un dossier d'ingénierie (P&ID, PFD, nomenclature) ;
- Réalisation d'un cahier des charges sur le réacteur de carbonatation ;
- Une première modélisation simple du réacteur fonctionne ;
- Dossiers de financement (BPI et Région) Certaines aides ont déjà été validées ;
- Des premiers essais de carbonatation ont été réalisés en laboratoire pour améliorer le concept du réacteur.



Résultat de la modélisation



Essais de carbonatation en laboratoire



Visite de la carrière de Couéron



Participation au salon Bio 360

#### Autres tâches réalisées

- Participation au salon Bio360 ;
- Visite d'une carrière de recyclage de déchets de béton à Couéron ;
- Conférence sur l'économie circulaire avec Novabuild ;



### CONCLUSIONS

L'innovation dans le secteur des technologies de capture et de valorisation du CO2 pour répondre aux enjeux environnementaux de demain est primordiale. En participant à ce projet, j'ai pu réaliser des tâches variées. J'ai pu voir comment mettre en place un projet innovant avec ses phases d'étude de faisabilité, de compréhension du procédé et de demande de financement. La phase de compréhension du procédé a duré tout le long du stage. Le manque de connaissance sur la carbonatation accélérée nécessite de faire des hypothèses sur la réaction en elle-même qui seront vérifiées une fois le réacteur fabriqué. J'ai également pu participer à des conférences sur l'actualité des technologies de capture ou bien sur l'économie circulaire. Le stage fut très enrichissant scientifiquement et professionnellement.

Développement d'une bibliothèque de calcul de modèles cinétiques, de phénomènes de transferts et de réacteurs sous MATLAB



PROCESSIUM – Estevan TIONI



MARCELLIN Geoffrey, GP

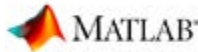
CAPRI, EPI



OBJECTIFS

Mon stage de fin d'études s'intègre dans le projet MATLAB de PROCESSIUM qui a pour but de développer une bibliothèque de modèles [cinétiques / de phénomènes de transferts et de réacteurs] sous MATLAB. Ces derniers devant être applicables à n'importe quel système chimique souhaité par l'utilisateur mais également servir de base pour d'autres modèles plus complexes / spécifiques requis pour des projets clients tout en gardant un contrôle et une compréhension totale de ces derniers. Dans cette optique, les objectifs de mon stage étaient les suivants :

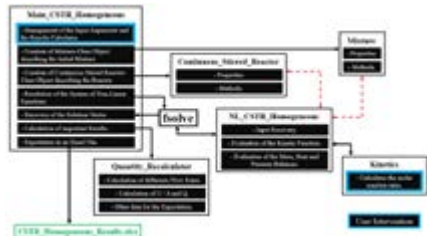
- Développer plusieurs modèles de réacteurs notamment de cuve agitée [CSTR Homogène / Liq-Sol / Gaz-Liq et Liq-Liq] ainsi qu'un réacteur du type Piston [PFR] qui prend en compte le phénomène de dispersion axiale. Chaque modèle doit pouvoir être utilisé pour la mise à l'échelle et le dimensionnement des appareils ainsi que pour la régression des paramètres cinétiques des réactions mises en jeu.
- Créer une méthodologie afin de pouvoir utiliser les différents modèles développés sous MATLAB dans le logiciel de simulation de procédés « ProSimPlus ».
- Développer un outil capable d'optimiser les paramètres de sortie des modèles de réacteurs [sélectivité / conversion etc...] en jouant sur les paramètres d'entrée [T0 : la température initiale / N<sub>tubes</sub> : le nombre de tubes dans le réacteur etc...] tout en respectant les contraintes physiques et celles imposées par l'utilisateur.



PRINCIPAUX RÉSULTATS

Méthodologie pour la modélisation des réacteurs :

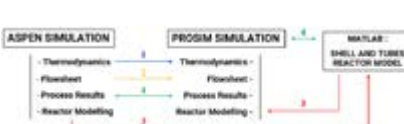
- Étude bibliographique sur le réacteur à modéliser.
- Détermination des hypothèses du modèle [régime permanent, phase réactionnelle, modèle de transfert etc...].
- Écriture du bilan matière et du bilan enthalpique.
- Détermination des corrélations pour la modélisation du transfert de chaleur et de matière [si mélange hétérogène].
- Programmation de l'ensemble des équations tout en respectant une méthodologie commune à l'ensemble des modèles de réacteurs.
- Vérification des résultats puis écriture d'une documentation qui explique l'ensemble du modèle et son fonctionnement.



Méthodologie Interfaçage MATLAB - ProSimPlus :

Objectif – Reproduire un procédé déjà fait sous Aspen Plus dans ProSimPlus mais en simulant le réacteur sous MATLAB.

- Refaire l'ensemble de la thermodynamique et le Flowsheet dans ProSimPlus.
- Modéliser le réacteur de la simulation Aspen dans MATLAB.
- Interfacer les 2 logiciels à l'aide des scripts de ProSimPlus.



Après vérification des résultats, j'ai écrit un document qui explique comment réaliser ce lien entre les 2 logiciels pour des projets futurs.

Optimisation des Modèles de Réacteurs :

Pour cette partie un script MATLAB a été développé et il est capable de réaliser l'optimisation mono-multivariable(s) d'un problème [pour l'instant] monocritère soumis à plusieurs contraintes et applicable à l'ensemble des modèles de réacteurs développés dans le projet MATLAB.



CONCLUSIONS

- Six modèles de réacteurs développés : Quatre versions du CSTR [Homogène / Liq-Sol / Gaz-Liq / Liq-Liq], un PFR avec dispersion axiale et un PFR Shell and Tubes réalisé pour l'interfaçage MATLAB – ProSimPlus.
- La méthodologie pour l'interfaçage est en train d'être utilisée dans le cadre d'un projet de recherche en partenariat avec PROCESSIUM.
- L'outil d'optimisation fonctionne mais il est encore en développement pour améliorer son efficacité et son ergonomie.

Développement d'un outil numérique pour l'efficacité énergétique des sites industriels



Cappemini Engineering – GODEFROY A. – GATTEPAILLE V.



MELIN Baptiste, GP

Université Libre de Bruxelles (Belgique)



CONTEXTE ET OBJECTIFS

Une étude d'évaluation du gisement de chaleur fatale industrielle (énergie thermique générée par un procédé qui n'est ni récupérée, ni valorisée), réalisée par l'ADEME et le CEREN (Centre d'études et de recherches économiques sur l'énergie) en 2017, a mis en avant **110 TWh de gisement national** soit 36 % de la consommation de combustibles dans l'industrie, dont 53 TWh perdus à plus de 100 °C.

L'objectif de mon stage de fin d'étude est de développer un outil d'optimisation à destination des industriels pour la valorisation de leurs rejets de chaleur :

- Concevoir une structure de code de calcul en programmation orientée objet.
- L'outil doit prendre en **input un site industriel existant** et ses contraintes (opérations essentielles du procédé, matières premières, sources d'énergies).
- Il devra proposer en **output des scénarios de modification du site industriel** en externe et/ou en interne : modification d'un réseau d'échangeur, ajout de systèmes de conversion d'énergie...
- Il pourra dégager les scénarios jugés « optimaux » selon des critères préalablement définis : environnementaux, économiques, énergétiques et exergetiques.



PRINCIPAUX RÉSULTATS

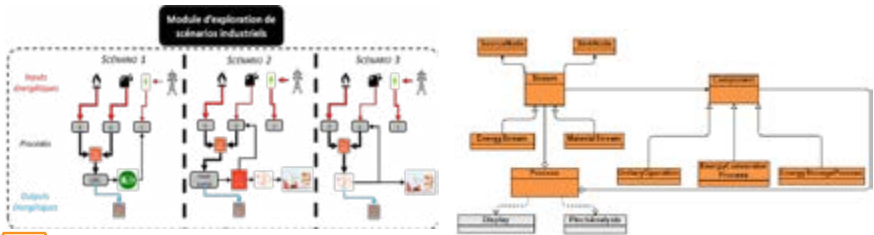


Etat de l'art des différentes méthodes d'optimisation énergétique, technologies de revalorisation...

Focus sur l'industrie cimentière, qui représente en moyenne sur le gisement de chaleur perdue en France de 11 à 13 % (d'après une étude de l'ADEME de 2017)

Choix d'une structure de code sur Python modulaire afin de pouvoir modéliser tout type de procédé.

Génération de scénarios de modification du site industriel en externe et/ou en interne : modification du réseau d'échangeur, ajout de systèmes de conversion d'énergie ...



CONCLUSIONS

L'écologie doit devenir un axe de travail principal dans l'industrie. La valorisation de la chaleur perdue sur les sites industriels possède un potentiel immense et elle permet une diminution des coûts et une décarbonation de ces sites. Ces travaux permettront donc d'accompagner les industriels dans leur processus de réduction des besoins en énergie et des rejets de chaleur.

Energie et optimisation de l'efficacité énergétique de la raffinerie de Donqes



TotalEnergies – FABIEN JOLY

N. V. A. BORGES Júlia, GP

EPI / ELENSYS/ CONTRAT PRO



OBJECTIFS

Suivi d'études énergétiques sur les unités d'hydrodésulfurisation de la raffinerie (HD1 et HD2)



ISO 50001 – Management de l'énergie



Définition des **facteurs** qui influencent la consommation énergétique des unités



**Corrélations** de la consommation énergétique en fonction des facteurs d'influence



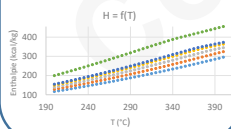
Analyse des résultats par le **suivi périodique** de la performance énergétique



PRINCIPAUX RESULTATS



Définition du **modèle thermodynamique** des charges pour les conditions du procédé avec l'aide de simulation – Calcul d'enthalpie en fonction de la température



**Suivi énergétique:**

- Mise en forme du fichier
- Mise à jour du fichier
- Adaptation des corrélations
- Choix de situation de référence
- Standardisation entre les équipes



Simulation du **train de préchauffe** de l'HD2



CONCLUSIONS

GAP analysis des HDs



- Réduction des écarts sur le bilan thermique
- Fichier plus léger
- Mise à jour simplifié



Compétences mises en œuvre

- Simulation des procédés
- Excel avancé
- Analyse de données
- Langue étrangère
- Modélisation
- Bilan enthalpique
- Suivi énergétique
- Autonomie
- Procédé d'hydrodésulfuration

Développement d'un outil pour projet d'H2 vert



SOLVEO ENERGIES – Guichard Margot

PENELON Hugo, GP

Eco-Energie



OBJECTIFS

- La production d'hydrogène est devenue un sujet d'une importance croissante dans le monde entier, car elle offre de nombreux avantages en tant que vecteur d'énergie propre et durable. Les objectifs liés à la production d'hydrogène sont variés et ambitieux, visant à résoudre plusieurs problématiques majeures auxquelles notre société est confrontée.

- L'intermittence des énergies renouvelables constitue une contrainte majeure à leur intégration efficace dans le réseau électrique. Pour surmonter ce défi, l'hydrogène vert offre une solution prometteuse. En convertissant l'électricité excédentaire produite à partir de sources renouvelables en hydrogène, on peut stocker cette énergie et l'utiliser ultérieurement lorsque la demande est élevée ou lorsque les conditions météorologiques ne sont pas favorables. De plus, l'hydrogène vert offre la possibilité de transporter l'énergie renouvelable sur de longues distances, contribuant ainsi à une utilisation plus étendue de ces sources d'énergies propres.



- L'écosystème hydrogène est multifactoriel et multivariable, et de nombreux flux d'énergie doivent être gérés. Le développement de projets hydrogènes est donc complexe, il est nécessaire d'avoir (à notre disposition) des outils de dimensionnement, de projection économique, et de quantification du carbone non rejeté dans l'atmosphère afin d'en assurer la viabilité et la durabilité. C'est l'objectif de mon stage et de l'outil que je développe.



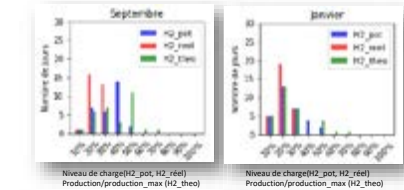
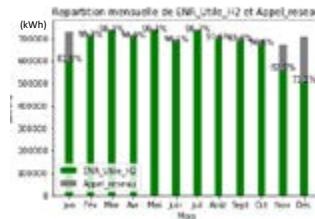
PRINCIPAUX RESULTATS

- La technologie hydrogène est encore jeune et il est difficile de trouver des données correctes concernant la durée de vie des installations, le prix ou les émissions carbonées. Les principaux résultats sont donc basés sur des hypothèses. La difficulté de prendre du recul est amplifiée par le fait qu'il existe très peu de projets liés à l'hydrogène. Simuler la gestion d'énergie de manière pertinente est donc primordial, ainsi les variables étudiées servent à la mise en place de l'écosystème.

- La première donnée que l'on peut étudier est la couleur de l'hydrogène. Si l'on se fixe un besoin journalier, l'outil nous permet de la déterminer. Cette donnée est déterminante pour la transition énergétique, afin de pouvoir suivre précisément nos émissions carbonées

- Une autre problématique entourant le développement de projets hydrogènes est le dimensionnement des unités de production. De cette industrie encore jeune ne se dégage pas encore de standard, il est donc nécessaire de pouvoir correctement dimensionner une installation. Pour effectuer ce dimensionnement il était obligatoire de programmer un algorithme de gestion des flux énergétiques ou (EMS). C'est ce que j'ai pu réaliser lors de ce stage sur python en orienté-objet.

- La fonctionnalité suivante de l'architecture est une aide au dimensionnement. Sur le graphique suivant on peut observer des données de production (réelle, avec stockage infini, avec stockage et puissance infini). Ces tracés permettent de tirer des conclusions sur la justesse du dimensionnement que l'on souhaite obtenir.



CONCLUSIONS

L'hydrogène est un enjeu d'avenir, quel que soit notre enthousiasme quant à l'avenir de ce vecteur énergétique, il est indispensable de décarboner les usages actuels de l'hydrogène. 900 000 tonnes d'hydrogène sont consommées chaque année en France, le chantier est grand. Les technologies existantes et la nécessité de produire décarboné, nous poussent à adopter des approches multifactorielles et multi-énergies. C'est dans ce cadre que ce stage s'intègre. La création de programme de gestion de l'énergie est une clé pour la réussite de notre transition énergétique. Au-delà de la production d'hydrogène les EMS vont jouer le rôle de clé de voute pour notre avenir. L'architecture de cet outil est la même que dans nombre d'autres domaines : récupération de chaleur fatale, maison autonome, unité de méthanisation, réseau de petite et grande échelle...

## Purification d'un acide carboxylique biosourcé

TOULOUSE INP Ensiacét



PROCESSION – COLLET Amélie

PETRARCA Adrien, GP

Eco-E0 EPI / CONTRAT PRO



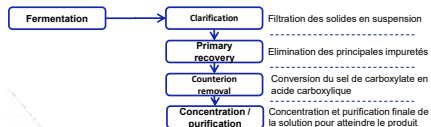
### OBJECTIFS

Etude technico-économique d'un procédé de purification en sortie de fermentation visant à produire un acide carboxylique biosourcé, à partir de la valorisation du CO<sub>2</sub>. L'étude proposée par Processium vise à concevoir 3 flowsheets différents de purification, qui seront comparés selon des critères technico économiques et environnementaux afin de déterminer la meilleure solution pour répondre à la problématique du client.

Schéma simplifié de traitement de moût de fermentation pour la production d'acide carboxylique

La méthodologie adoptée est la suivante :

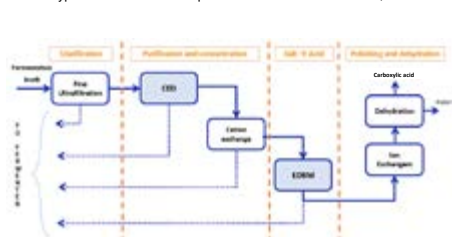
- Conception de 3 flowsheets de purification:
  - **Electrodialyse** et Résines
  - **Extraction Liq-Liq** par solvant
  - **Précipitation** du sel de carboxylate
- Bilans massiques et énergétiques
- Bilans économiques CAPEX/OPEX,
- Comparaison des flowsheets



Le schéma bloc ci-dessus présente les étapes classiques de traitement de moût de fermentation pour la production d'acide carboxylique. L'ordre de ces étapes peut changer, et des étapes supplémentaires peuvent être ajoutées.

### PRINCIPAUX RÉSULTATS

Processium détermine la faisabilité et les performances de chacun des flowsheets sur la base des données disponibles dans la littérature et d'hypothèses issues de l'expérience de Processium. A date, seule l'étude du flowsheet électrodialyse et résine a été finalisée.



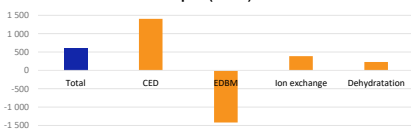
La quasi-totalité des effluents sont recyclés vers le fermenteur

**Clairification : Ultrafiltration fine**  
**CED : Electrodialyse conventionnelle**, les ions sont transférés à travers des membranes sous l'effet d'un champ électrique.  
**Purification** = Molécules neutres retirées ; **Facteur de concentration** = 2  
**Cation exchange** : Résine échangeuse d'ions, permet de fixer certains ions  
**Purification** = Cations divalents retirés (Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>)  
**EDBM : Electrodialyse bipolaire**, convertit les carboxylates en acide carboxylique tout en récupérant le contre ion sous forme de base.  
**Rendement** = 90% des carboxylates sont convertis  
**Recovery** = base recyclée => fort impact économique et  
**Ion Exchangers** : **Dehydratation** : **Extraction réactive**  
**Purification** = Ions restants retirés

Production cost (€/kg)



Opex (k€/an)



### CONCLUSIONS

Les conclusions de l'étude technico-économique du premier flowsheet sont:

- Le coût de purification du procédé est d'environ **1,5 €/kg**
- Les principaux postes de dépenses sont : les **CAPEX** et le **coût salarial**
- L'EDBM induit de forts CAPEX mais des OPEX négatifs en considérant la base recyclée.

Ce procédé n°1 ne sera sûrement pas aussi compétitif économiquement que le procédé d'extraction LL via un solvant. Cependant, grâce au recyclage de la base et à la technologie d'électrodialyse, son impact écologique devrait être inférieur, à confirmer via ACV. La suite de cette étude consiste à valider expérimentalement au laboratoire de Processium certaines étapes critiques des flowsheets, avant d'envisager la conception d'un pilote industriel.

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

TOULOUSE INP Ensiacét



SUEZ EAU FRANCE – SAMUEL CAMBRAI

PINON Lauriane, GP

CAPRI



### OBJECTIFS

Pourquoi la décarbonation de l'eau potable du réseau public?

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

**Principe** : Injection d'un réactif (ici soude) et de microsauble 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 microsauble joue le rôle de germe, accélérant le dépôt du calcaire sur celui-ci et sous la forme de billes.

La filière de décarbonation 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 décarbonation pour obtenir une qualité d'eau traitée stable tout au long de l'année
- Faciliter la conduite de la filière de décarbonation pour les agents



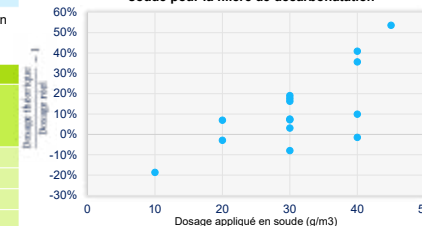
### PRINCIPAUX RÉSULTATS

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 décarbonnée 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

Écart entre les besoins réels et théoriques de soude pour la filière de décarbonation



### 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 décarbonation** des réacteurs sur une qualité d'eau en entrée considérée comme douce. Les abattements de dureté Calcique, obtenus jusqu'à 9°, confirment la bonne efficacité de décarbonation des réacteurs. L'abattement de la dureté totale et de l'alcalinité est plus difficile pour des dosages faibles. L'effet de la décarbonation sur ces 2 paramètres est moins significatif que les résultats théoriques attendus.
- Le **rendement de la réaction dans le réacteur en conditions réelles n'est pas de 100%**. En effet, un écart entre le dosage réel et théorique, pour un même abattement de dureté, est observé. L'écart s'étend de -19%, pour le dosage le plus faible, à 54% 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.

**Jumeau Numérique pour la Supply Chain** 

**ALTEN – Sébastien PERTHUISOT**

**QUENEHERVE Gwenaëli, GP** 

GSI / ISI

**OBJECTIFS**

USINES CARGAISON TRANSPORT STOCK

Modèle  
Evaluation  
Cartographie

Simulations  
GREEN PREDICTIVE LEAN

Aide à la décision

Développer un outil d'aide à la décision permettant d'améliorer une supply chain dans son ensemble.

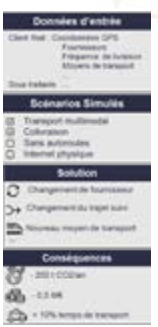

- Modélisation** de la supply chain selon 4 composants : usine, transport, cargaison et stockage.
- Simulation** selon 3 axes : Green, Lean et Predictive.
- Evaluation** de la supply chain selon chacun des axes précédents.
- Proposition d'amélioration** pour aider à la décision.

**PRINCIPAUX RÉSULTATS**

**Management/Gestion de projet:**  
Intégration de nouvelles personnes à l'équipe chaque semaine, répartition des tâches, suivi quotidien de l'avancement.

**Modélisation** des différents éléments de la supply chain.

**Simulation** de différents scénarios.


*Visuel non définitif de l'outil avec une supply chain fictive utilisant le réseau ferroviaire français.*

- RESULTATS :**
- Cartographie des usines, voies de transport et entrepôts de France.
  - Modélisation des modes de transport et de leurs émissions de CO<sub>2</sub>.
  - Visualisation des flux de biens le long d'une supply chain


**CONCLUSIONS**

**OBJECTIF FINAL ET ENJEUX :**  
Développer un outil complet d'aide à la décision pour accompagner les entreprises dans l'amélioration de leur supply chain.  
Compromis à trouver entre coût et environnement pour mener à bien une transition écologique et économique.

Le jumeau numérique permet de simuler de nombreux scénarios afin de vérifier leur viabilité avant de potentiellement implanter les solutions dans le monde réel.

**Consultante en Analyse de Cycle de Vie** 

**Quantis – Nathalie Penfornis**

**RACHID Sara, GP** 

ECO Energie

**OBJECTIFS**

Le stage porte sur l'Analyse de Cycle de Vie de produits issus de secteurs différents, tels que la Cosmétique et Le Fashion.

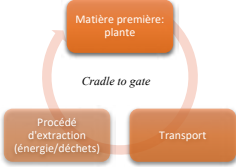
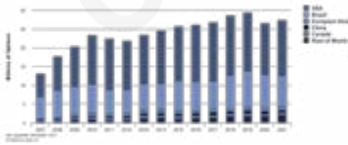
Les axes plus spécifiquement étudiés sont:  
 (1) la modélisation d'ingrédients **cosmétiques** naturels (huiles essentielles, extraits de plantes...), en prenant en compte la culture de la plante et le procédé.  
 (2) L'influence de certains paramètres sur ces résultats: mix énergétique, type de plante utilisée, géographie d'origine des solvants pour l'extraction.

Ces résultats permettent de proposer des recommandations concrètes et des pistes d'améliorations aux clients.

**PRINCIPAUX RÉSULTATS**

(1) ACV sur un procédé de fabrication d'huile essentielle par hydrodistillation en prenant en compte plusieurs étapes (figure 1). En intégrant toute les données sur Simapro, nous trouvons une valeur supérieure à 80 kgCO<sub>2</sub>eq/kg d'huile.

(2) ACV d'un procédé d'extraction par solvant où la 1ère partie est sur l'étude de la part de marché de l'éthanol afin de l'utiliser en tant que solvant pour modéliser le procédé d'extraction. (figure 2) (tableau 1)

Région	Ameriques du Nord	Ameriques du Sud	Europe	Reste du monde
<b>Part de marché</b>	57%	27%	5%	11%
<b>Ethanol fabriqué à partir de</b>	Maïs	Canne à sucre	Betterave	Distribuer entre le betterave et le maïs.

*figure 1: étape d'ACV d'huile essentielle*

*figure 2: Production mondiale de l'éthanol par région*

*Tableau 1: Distribution de la production d'éthanol par région*

**CONCLUSIONS**

Les résultats de ces ACVs permettent d'identifier des solutions et des pistes d'améliorations. L'adaptation des ensembles de données garantit la pertinence des résultats à l'échelle régionale. Ce travail approfondi a permis de fournir des recommandations concrètes pour réduire l'impact environnemental des produits étudiés dans différents secteurs industriels. Surtout, ces résultats ont permis aux clients de comprendre les impacts environnementaux de leurs produits ou services.



## Modélisation CFD d'un ESF



ARCELORMITTAL – HAMADEH Hamzeh, SANCHEZ Mathieu

ROBIN Jean, GP

FEP, MI



### OBJECTIFS

La décarbonation de l'industrie sidérurgique repose sur deux piliers que sont l'augmentation de l'utilisation de ferrailles recyclées et la réduction directe de minerais de fer par le méthane puis à terme par l'hydrogène. La production d'acier à partir de minerais de fer réduit (DRI) est envisagée selon deux routes :

- A l'aide de fours à arc électrique (EAF) produisant directement de l'acier liquide à partir de ferrailles et de DRI de bonne qualité
- A l'aide de DRI smelters (ESF) produisant de la fonte à partir de DRI par chauffage résistif du laitier. En l'associant avec le procédé de DRI, ce four remplace les hauts fourneaux utilisés dans les procédés classiques de production de fonte.

Le principal avantage de cette deuxième route par rapport à la voie EAF est la capacité de consommer du DRI de mauvaise qualité sans impacter la qualité métallurgique de l'acier produit, de le produire à moindre coût et pour une production CO<sub>2</sub> équivalente.

Cette technologie étant nouvelle dans l'industrie sidérurgique il est donc particulièrement important d'étudier le comportement d'un ESF. L'objectif du stage est de développer et de valider un modèle CFD sur Fluent décrivant le smelter en utilisant la méthode VOF couplée avec le modèle magnéto-hydro-dynamique.

Le modèle développé doit permettre de décrire :

- Les écoulements
- Le chauffage du laitier par effet Joule
- La solidification du laitier aux parois (phénomène de freeze-lining)
- L'effet thermique et cinétique de la dissolution de DRI à la surface du laitier
- Les pertes thermiques par rayonnement de la surface libre du laitier

Enfin, une étude paramétrique doit également être réalisée afin de déterminer les paramètres clés pour optimiser et comprendre ce nouveau procédé.

### PRINCIPAUX RÉSULTATS

Le développement du modèle a été réalisé pour commencer en utilisant la géométrie d'un four circulaire à 3 électrodes. Afin d'améliorer la vitesse de calcul, le domaine étudié est réduit à une tranche centrée sur une électrode représentant un tiers du four. Seules les régions correspondant à la fonte liquide, au laitier et à une couche de DRI sont prises en compte pour les simulations numériques.

La méthode VOF est utilisée pour différencier le laitier de la fonte dans la phase liquide. La viscosité et la conductivité électrique du laitier dépendent de la température. Ces propriétés sont exprimées dans Fluent grâce à des fonctions définies par l'utilisateur (UDF), codées en C.

Le module MHD de Fluent permet de simuler le champ électromagnétique induit par l'électrode immergée dans le laitier ainsi que la puissance transmise au laitier par effet Joule.



Figure 3: Champs de densité de courant, de puissance transmise par effet Joule et de température dans le smelter

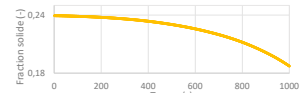


Figure 4: Evolution de la fraction solide dans le smelter au cours du temps

Le module solidification/melting de Fluent est utilisé pour décrire la solidification du laitier aux parois. Il permet aussi d'assimiler le DRI à de la fonte sous forme solide, de cette façon, quand le DRI fond, il peut directement rejoindre la fonte liquide. Des UDF sont définies pour différencier les propriétés de la fonte et du DRI pour que l'effet thermique de la dissolution du DRI soit décrit au mieux. Cette hypothèse permet de simplifier les calculs en ne considérant que 2 phases au lieu de 3, tout en étant proche de la réalité. En effet, 95% de la masse de DRI rejoint le bain de fonte dans un ESF le reste se retrouvant dans le laitier.

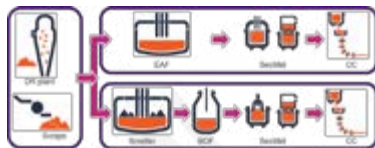


Figure 1: Schéma des voies de production d'acier à partir de DRI © Mathieu Sanchez - ArcelorMittal



Figure 2: Géométrie du four étudié (à gauche) et domaine correspondant (à droite)



### CONCLUSIONS

Bien que des hypothèses simplificatrices aient dûes être effectuées, le model développé semble fournir une bonne description du comportement d'un ESF. La suite de l'étude portera sur une étude paramétrique permettant d'évaluer l'influence de différents paramètres, tels que le design du four, la profondeur d'immersion des électrodes, la puissance qu'elles fournissent, l'épaisseur de laitier ou encore les propriétés du DRI.

## Industrialisation d'un nouvel équipement



ARMOR GROUP – FRANCOIS ALLAIS

ROUILLAC Loïc, GP

Université Rovira I Virgili (Espagne)



### OBJECTIFS

Dans l'optique d'utiliser une encre de qualité lors du procédé d'enduction, les procédés antécédents doivent être mis sous contrôle :

#### Optimisation du procédé de solubilisation de résine

- Analyse de la variabilité de matière sèche du produit fini
- Diminution de la présence d'amas de résine non solubilisée

#### Industrialisation d'un nouveau broyeur d'encre

- Qualification de l'équipement sur une encre spécifique
- Formation des opérateurs sur le nouvel équipement
- Optimisation des performances

#### Suivi et mise sous contrôle des dilutions d'encre

- Mise en place de cartes de contrôle de la matière sèche et de la viscosité de l'encre

1

2

3



### PRINCIPAUX RÉSULTATS

#### Mélangeur MX22

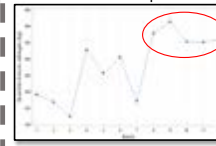
- ↓ Variabilité de la matière sèche du produit fini
- ↓ Présence d'amas



Amas de résine non solubilisée

#### Broyeur BR312

- Qualification de l'encre EN'96
- Formation de 5 opérateurs sur l'équipement
- ↑ Augmentation du rendement par batch



Evolution de la quantité d'encre vidangée par batch (nouvelle méthode en rouge)

#### Dilution de l'encre

- Nouvelles cartes de contrôle de la viscosité et de la matière sèche de l'encre



Carte de contrôle de la matière sèche de l'encre diluée avant l'enduction



### CONCLUSIONS

- ➔ J'ai renforcé mes compétences en amélioration continue, en me concentrant à la fois sur l'amélioration de la qualité du produit et sur l'amélioration des conditions de travail des opérateurs.
- ➔ J'ai également acquis des compétences solides en analyse statistique et en mise sous contrôle des procédés.
- ➔ De plus, j'ai développé mes aptitudes à travailler efficacement en équipe.

Modélisation de la production d'un électrolyseur d'hydrogène renouvelable



VALECO Daniel VOJDANI

ROZIER Valentin, GP

UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY OF HANOI (Vietnam)



OBJECTIFS

Le groupe Valeco est un acteur majeur du secteur des énergies renouvelables et est producteur d'hydrogène décarboné. La filière étant nouvelle et en pleine structuration, mon stage a pour objectif d'aider les équipes travaillant sur l'hydrogène renouvelable à développer les projets.

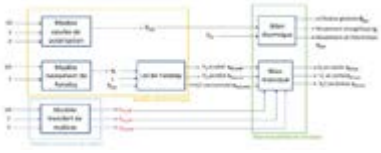


Dans ce contexte, l'entreprise cherche à se doter d'outils de modélisation de la production pour développer des écosystèmes hydrogène. Chez Valeco, les électrolyseurs sont en raccordement direct avec les parcs EnR entrainant des contraintes sur l'intermittence de la production. L'objectif de mon stage est donc, en me basant sur les courbes de production des EnR, de modéliser la production de l'hydrogène pour adapter la stratégie à adopter vis-à-vis de problématiques comme le stockage, le dimensionnement ou les achats d'électricité.



PRINCIPAUX RÉSULTATS

A ce stade du stage, plusieurs pistes ont été étudiées et avancées. La première a été de réaliser la modélisation de la production d'H2 à partir de modèles théoriques ou empiriques pour les électrolyseurs, comme le montre le schéma à droite. Cette solution s'est montrée inefficace car « trop lourde » et trop éloignée de la réalité.



La deuxième solution est de se baser directement sur les « data sheet » des électrolyseurs. Grâce à cette méthode et aux données issues des parcs de production, j'ai monté un outil de simulation qui permet de prendre en entrée les courbes de puissances délivrées par une éolienne et de donner en sortie la production en temps réel de l'électrolyseur. On a donc des courbes de production d'H2 en fonction du temps comme sur le graphique.



CONCLUSIONS



Ce travail permet de prévoir la production réelle issue de l'électricité de notre parc EnR et donc d'adapter les besoins en compléments électriques à acheter sur le réseau, les besoins en stockage sur site et la stratégie à adopter en fonction des besoins de l'écosystème associés au projet hydrogène. Cet outil permet aussi de calculer le besoin en eau et la production d'Oxygène généré par l'électrolyseur. La future étape d'amélioration de l'outils est l'intégration des pertes électriques et des outils financier, notamment sur le complément d'achats électrique, pour créer un outil complet pour l'accompagnement et le développement de projets d'hydrogène renouvelables.

Assistant ingénieur d'études génie des procédés



ASSYSTEM - LELEU Chamane

SAILLEY Alexia, GP

GSI / IMSIC



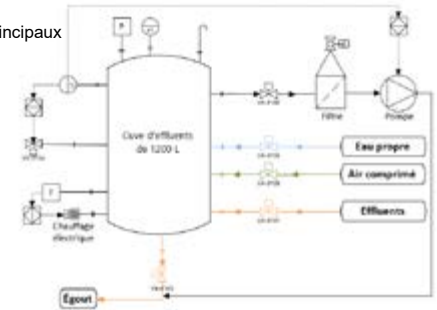
OBJECTIFS

- Découvrir le travail, l'organisation et les missions au sein d'un bureau d'études en procédé
- Approfondir mes compétences sur l'énergie bas carbone (nucléaire, hydrogène ...)
- Développer mon autonomie et acquérir de l'expérience
- Comprendre et participer aux différentes phases d'un projet
- Calculs de bilans carbonés



PRINCIPAUX RÉSULTATS

- Dimensionnement de réseaux et d'équipements principaux (pompes, réservoirs, tuyauteries...)
- Réalisation de schémas P&ID / PFD et bilans
- Rédaction de livrables tout le long des projets
- Formation sur les bilans carbone
- Etude de marché / Consulting
- Etude flow master



CONCLUSIONS

Ce stage m'a permis de :

- Gagner en compétence et en expérience (sur des domaines techniques (plomberie, nucléaire...))
- D'être plus autonome et plus efficace sur la rédaction de livrable
- Participer à un projet d'innovation (HACKATHON) en interne à l'entreprise.



Exploration d'une nouvelle galénique d'hygiène en vue de son industrialisation



L'OREAL – Laure DAUBERSIES



SOULABAIL Margaux, GP

GSI / IMSIC / Contrat Pro



OBJECTIFS

**Equipe Sciences des Procédés Industriels**  
Sécurisation de l'industrialisation de projets d'innovation : nouvelles opérations unitaires, en dehors des standards usines de L'Oréal. Travail en collaboration avec la Recherche&Innovation et les usines du groupe.

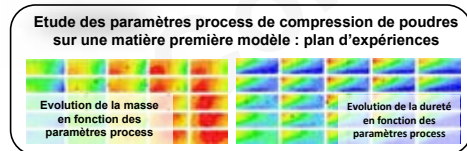
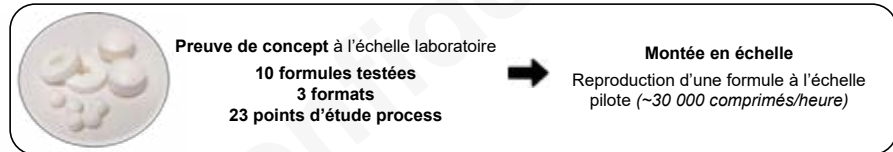
**Objectif:** Evaluer l'industrialisation d'une nouvelle galénique sèche de nettoyant visage en utilisant un procédé issu de l'industrie pharmaceutique : la compression de poudre. Le comprimé est à plonger dans l'eau pour reconstituer le produit final.



\*Matière active : tensioactifs, conservateurs, actifs cosmétiques...



PRINCIPAUX RÉSULTATS



CONCLUSIONS

Lors de mon alternance, j'ai eu l'occasion de collaborer avec différentes entités de l'écosystème L'Oréal pour conduire mon projet : équipes Recherche&Innovation, Approvisionnement matières premières, Laboratoire qualité, EHS (Environnement Hygiène Sécurité), Pilote. Ces différents interlocuteurs m'ont permis d'avoir une vision exhaustive de la conduite d'un projet d'étude d'industrialisation d'innovation chez L'Oréal et des différents enjeux. Aussi, ce projet m'a permis de monter en compétence dans le domaine de la compression de poudres, mais aussi de la caractérisation de poudres libres et des comprimés, inspirée par les pratiques de l'industrie pharmaceutique.

Etude des efforts hydrodynamiques dans le cadre d'un APRP et analyse d'influence des paramètres avec EUROPLEXUS



FRAMATOME – DUSSAIX Antonin



TADYSZAK Robin, GP

FEP



OBJECTIFS

Contexte :

Mon stage porte sur l'étude et l'évaluation des efforts hydrodynamiques dans le cas d'un accident de perte de réfrigérant primaire (APRP) sur un réacteur de type 1300 MWe avec le code EUROPLEXUS et le module d'interaction fluide-structure. L'APRP est un accident provoqué par l'ouverture d'une brèche dans le circuit primaire entraînant une perte de réfrigérant et une onde de décompression due au différentiel de pression entre l'extérieur et l'intérieur du circuit primaire (~155 bar). Cette onde de décompression induit des efforts hydrodynamiques pouvant potentiellement endommager la cuve ainsi que ses équipements internes. L'évaluation de ces efforts est donc primordiale pour s'assurer du bon comportement de l'installation dans le cas d'un accident de type APRP. Ce stage s'inscrit dans un contexte d'évolution du code Athis vers le code Europlexus et amène à effectuer des comparaisons sur les résultats des deux modélisations et de l'impact en présence du module d'interaction fluide-structure (IFS).

Missions :

- Elaboration du modèle : maillage du circuit primaire 1D, modélisation des échanges thermiques dans les générateurs de vapeur, recalage des pompes primaires, évaluation des pertes de charge, modélisation d'une brèche, et intégration de l'IFS.
- Caractérisation des grandeurs mécaniques et thermohydrauliques qui influencent les efforts hydrauliques sur la cuve et les internes de cuve et analyses de leur impact avec le code Europlexus
- Contribution au perfectionnement de la connaissance du code Europlexus.



PRINCIPAUX RÉSULTATS

**Modélisation des boucles 1D d'un REP 1300 MW 4 boucles avec l'outil SALOME**

- Création de la géométrie et maillage des boucles 1D à l'aide de script Python.
- Fusion des boucles 1D avec la cuve 3D et implémentation de l'IFS.
- Modélisation des échanges de chaleur dans les générateurs de vapeurs.

**Premières simulations d'APRP sans module d'interaction fluide-structure**

- Études des sensibilités aux paramètres thermohydrauliques à la brèche sans IFS puis avec IFS.
- Étude de sensibilité vis-à-vis de la pénétration d'onde dans la cuve.
- Calcul des efforts de traînée sur les guides de grappe.
- Optimisation du régime permanent.



CONCLUSIONS

La modélisation des générateurs de vapeurs et le recalage des pompes primaires ont permis de retrouver les profils de température ainsi que le débit massique en branche froide attendus. Les premières simulations réalisées sans le module IFS permettent d'observer la dépressurisation du circuit primaire et la pénétration d'onde de décompression dans la cuve. Des optimisations des activations des pompes et des échangeurs ont permis une accélération de l'établissement du régime permanent. Le stage se poursuit désormais avec l'intégration du module IFS afin de répondre aux objectifs énoncés.

**Assistant Chef de Projets Photovoltaïques**

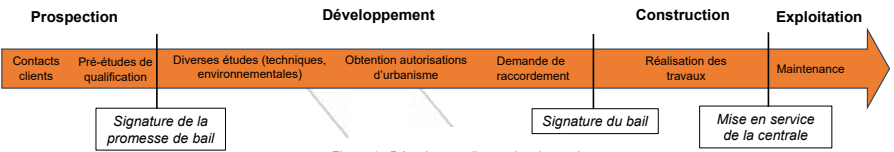
**Groupe WATT&Co – Didier Jimenez**

TOURNIER Clément, GP      Eco E / CONTRAT PRO



**OBJECTIFS**

o **Contexte**  
Le groupe Watt&Co développe, construit et exploite des centrales photovoltaïques installées sur des terrains ou toitures louées auprès des clients. Les projets sont d'abord soumis à une promesse de bail pour la réalisation des études, puis d'un bail pour la construction et l'exploitation des centrales.



- o **Objectifs :**
- o Participer à la phase de prospection en réalisant les études de qualification des projets,
  - o Participer à la phase de développement des projets en réalisant les consultations et le suivi des différentes études afin d'établir et d'obtenir les autorisations d'urbanisme.

**PRINCIPAUX RESULTATS**

- o **La Phase de prospection**
  - Réalisation des études de qualification (faisabilité) :
    - ✓ Inventaires des contraintes et risques naturels,
    - ✓ Vérification des documents d'urbanisme,
    - ✓ Analyse des solutions de raccordement au réseau électrique.
  - Pré dimensionnement des centrales photovoltaïques :
    - ✓ Détermination de la surface équipable,
    - ✓ Calcul du nombre de panneaux installable,
    - ✓ Calcul du nombre d'onduleurs nécessaires,
    - ✓ Détermination d'une première estimation de puissance et de productible (Energie produite).
- o **La Phase de développement – Suivi des projets**
  - Suivi du travail du bureau d'études techniques sur le dimensionnement des centrales.
  - Suivi des études environnementales.
  - Etablissement des projets agricoles en lien avec les chambres d'agricultures départementales,
  - Travail avec les architectes et géomètres pour l'établissement des dossiers d'urbanisme.
  - Réalisation de présentations et de réunions d'information auprès des communes et des différents services de l'Etat pour présenter le projet et participer à son acceptation locale.
  - Réalisation des demandes d'urbanismes :
    - ✓ Dépôt des demandes d'autorisations d'urbanisme
    - ✓ Suivi de l'instructions des projets avec les services d'instructions,
    - ✓ Réponses aux éventuelles demandes de compléments en collaboration avec les architectes et le bureau d'études techniques




**CONCLUSIONS**

Le chef de projets photovoltaïques est le chef d'orchestre du projet et a la charge du bon développement de ces derniers en mettant en relation l'ensemble des intervenants y participant. C'est la personne qui a l'ensemble des informations concernant les projets qui doit être en capacité d'en comprendre l'ensemble des éléments techniques et administratifs. Il doit avoir un esprit de synthèse, savoir être polyvalent et doit être organisé. C'est l'ensemble de ces compétences qui ont été développées lors ce contrat de professionnalisation.

**Modélisation des émulsions e/h en conduite**

**Total Energies – Roel Belt / en collaboration avec le Laboratoire de Génie Chimique**

Varela Thiago, GP      FEP



**OBJECTIFS**

En raison de la différence de densité entre les phases dispersée et continue, une stratification des émulsions peut se produire. Soumises à un écoulement cisailé, les particules dispersées ont tendance à migrer vers les zones de l'écoulement à plus faible gradient de vitesse, où la contrainte effective locale est plus faible. L'objectif de ce travail est d'inclure un modèle capable de reproduire ce phénomène (SBM - Suspension Balance Model) dans les équations de transports résolues par le logiciel de calcul CFD OpenFOAM. Un exemple de résultat est l'évolution spatiale et temporelle de la distribution de la phase dispersée et la modification de l'écoulement d'émulsion induite par des phénomènes comme la migration et la sédimentation.

**PRINCIPAUX RÉSULTATS**

Les figures 1 et 2 montrent les profils de concentration dans un écoulement en canal pour trois différentes concentrations moyennes en particules  $\phi = 30, 40$  et  $50\%$ . La phase dispersée a la même densité que la phase continue. L'inertie à l'échelle des particules est négligeable.

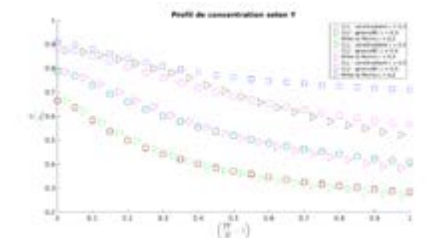


Figure 1 : Profil de concentration normal à la paroi

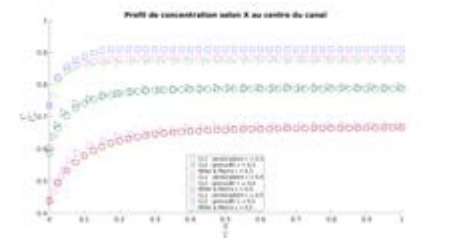


Figure 2 : Profil de concentration dans la direction de l'écoulement

**PREMIÈRES CONCLUSIONS ET TRAVAIL EN COURS**

- Nous avons implémenté plusieurs conditions aux limites pour la phase dispersée et testé leur cohérence par rapport aux résultats attendus.
- Les résultats préliminaires des suspensions avec des concentrations de  $\phi = 30$  et  $40\%$ , sont en accord avec les données de la littérature;
- Nous travaillons actuellement sur l'implémentation du flux de matière associé à la sédimentation sous l'effet de la gravité dans le cas où les densités des deux phases sont différentes. Techniquement, cette résolution n'est pas triviale en raison de la présence de fronts entre le fluide clair, la suspension et la couche saturée en phase dispersée.

## Gestion du projet ERP d'AXIOMA et mise en œuvre d'Odoo

TOULOUSE  
INP Ensiacét

AXIOMA France – Clément SOULIER



YAAGOUBI Ismail, GP

IMSIK / CONTRAT PRO



## OBJECTIFS

AXIOMA s'aperçoit que ses outils actuels ne répondent plus à ses besoins en lien avec sa croissance sur le plans humain, financier et international. Chaque service de l'entreprise est équipé de son propre système d'information et de ses propres applications. Pour remédier à ce problème, l'entreprise a décidé la mise en place d'un système intégré connu « ERP », un progiciel qui permet de gérer l'ensemble des processus opérationnels de l'entreprise en intégrant différentes fonctions de gestion dans un seul système en suivant les étapes clés :

- Etat des lieux de l'existant et des besoins
- Rédaction du cahier des charges ERP
- Etude de marché et choix du type de progiciel ERP
- Déploiement du système
- Formation et Accompagnement des utilisateurs

Pour pallier la durée prolongée d'un projet de mise en place d'un ERP, il a été décidé d'adopter temporairement l'ERP Odoo pour le département industriel .

Cette mise en œuvre impliquera :

- Migration des données clients et produits
- L'installation des modules de ventes, achats, fabrication et documents
- Formation des utilisateurs et rédaction des procédures.



## PRINCIPAUX RÉSULTATS

1ère partie : « *préparation à la mise en œuvre d'un ERP* »

- Etablissement d'un tableau fonctionnel et technique qui traduit le degré de besoin de chaque service.
- Modélisation BPMN des processus de l'entreprise.
- Présentation du système d'information de l'entreprise.



2ème partie : « *mise en place de la solution Odoo au service industriel* »

- Bonne gestion des stocks ,des achats , des ventes et des déchets.
- Tableau de reporting à partir d'Odoo.
- Paramétrage de l'outil Odoo.
- Amélioration de la collaboration et centralisation des données.
- Contribution à l'obtention de la certification GMP+ grâce la mise en place de la traçabilité sur Odoo.



## CONCLUSIONS

- Compréhension approfondie des besoins de l'entreprise.
- Évaluation des différentes solutions ERP disponibles sur le marché.
- Recommandation finale concernant le choix de l'ERP.
- Mesure de l'impact de l'implémentation de l'ERP sur l'efficacité opérationnelle et la collaboration interne.
- Expérience pratique de l'implémentation d'Odoo au sein de l'entreprise.





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)