



Société Chimique de France  
*Le réseau des chimistes*



MINISTÈRE  
DE L'ÉDUCATION  
NATIONALE,  
DE LA JEUNESSE  
ET DES SPORTS

JT Couleur et Evolution de l'enseignement  
Mercredi 30 juin 2021



# Une Activité Scientifique Métier autour du Scale-up en formation Ingénieur

*Comment faire évoluer nos enseignements en déployant concrètement  
l'approche par compétences dans nos formations ?*



**Odile DECHY-CABARET**

Enseignant-chercheur et Responsable du Département GC

# Contexte général

## Objectif



Donner aux élèves (et aux recruteurs) une vision plus claire des contenus de diplôme en les reliant aux « compétences métiers attendues » pour améliorer la **motivation** pour les apprentissages, la **professionnalisation** et **l'employabilité**.

## Démarche

- Une liste de **métiers cibles** décrits par des activités professionnelles
- Une description des semestres sous la forme de **Blocs de Compétences** : liste de « Savoir » et « Savoir-Faire »
- Des exercices pédagogiques appelés « **Activités Scientifiques Métiers** » (ASM) pour illustrer les métiers cibles, évaluer les blocs et/ou faire le lien entre blocs.

*APC, Accréditation, Fiches RNCP, CTI, France Compétences....*

Benoît ESCRIG VP Développement Pédagogique INP  
Séminaire FGL juin 2021

L'APC est une méthode de conception de programme d'étude qui permet de mieux former au métier d'ingénieur

Avec l'APC, les diplômés sont plus compétents

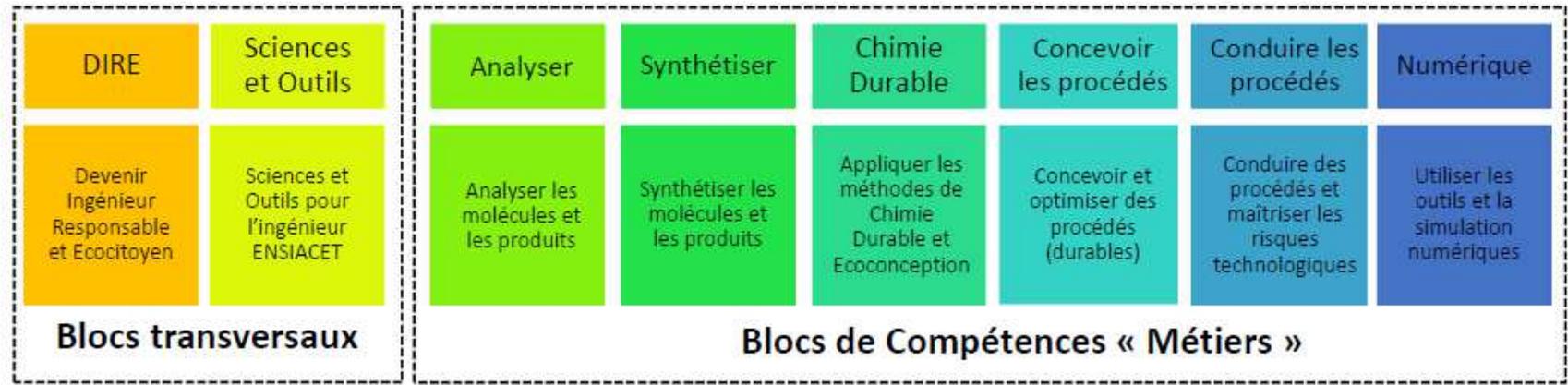
Ils ont des apprentissages davantage ancrés

Ils savent agir dans des situations de plus en plus complexes

Ils sont plus réflexifs

# Déploiement des ASM en Génie Chimique

## Blocs de compétences



ASM	
1A2S	ASM Analyse (1 semaine) ASM Etude et Dimensionnement des procédés (2 semaines)
2A1S	<b>ASM Scale Up</b> (1 semaine)
2A2S	ASM Bureau d'études (2 semaines)

# Scale-up : de quoi parle-t-on ?

## Activité métier visée

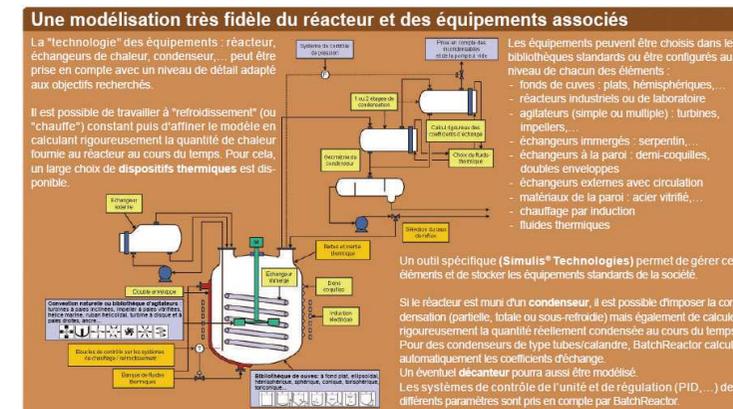
- Scale-up, changement d'échelle, transposition industrielle, industrialisation, développement chimique ...
- Echelle labo < Kilo-lab < Pilote < Industrielle
- Procédés Batch ; réacteurs discontinus

## Cahier des charges

Un sujet est une « recette labo » bien décrite qu'il faut transposer à une échelle pilote ou industrielle (imposée dans le sujet) en respectant des contraintes (volume réacteur indiqué dans le sujet, contraintes sécurité indiquées et technologies disponibles à explorer).

## Outils

- Données expérimentales et/ou bibliographie
- Feuille Excel
- Logiciel de Simulation de Procédés ex PROSIM



# Problématique du changement d'échelle

- La **chimie ne change pas** lorsqu'on change d'échelle : les lois cinétiques ne dépendent pas de l'échelle
- Les **phénomènes physiques** (transfert de chaleur, transfert de matière et mélange) **dépendent fortement de l'échelle** car ce sont des phénomènes régis par des lois fonction de la surface d'échange en regard de la quantité à échanger
- Quand on passe d'un tricol de 100 mL à un tricol d'1L ou à un réacteur industriel c'est le **rapport S/V** qui est fortement modifié : **S/V ↓ quand échelle ↑** donc l'importance des phénomènes physiques augmente quand l'échelle augmente
- D'où l'intérêt de **connaître** et **quantifier** les limitations physiques de nos réactions donc de **questionner nos protocoles**

Chimie organique

Chimie inorganique

Cinétique

Thermodynamique

Transfert

Réacteurs

Génie thermique

Agitation mélange

Bilans

Simulation de Procédés

Calcul numérique

*Des équipes interdisciplinaires mobilisées*

# Organisation ASM Scale-up



Anciens élèves A7 GC ou CH  
Différents secteurs d'activité  
Présentation parcours  
Démarche scale-up au  
quotidien et outils utilisés

Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	
Présentation ASM	RDV tuteur	Autonomie	Autonomie	Autonomie	
Témoignage métiers	Autonomie	Autonomie	Autonomie	Autonomie	
Cours Démarche	Autonomie	RDV tuteur	RDV tuteur	Autonomie	
Cours Outils	Autonomie	Autonomie		Oral	<b>Bilan</b>
Autonomie	Autonomie	Autonomie		<b>Bilan</b>	Oral
	RDV tuteur	RDV tuteur		Cours Ouverture	

Cours Démarche (L. Prat) : le changement d'échelle une méthode itérative  
Cours Outils (J. Albet) : Initiation au logiciel BatchReactor de Prosim  
Cours d'ouverture (L. Prat) : restructuration et ouverture vers les micro et milli-réacteurs.

Animé par N. Even, Ingénieure pédagogique :

- Amélioration Continue
- Formation à la réflexivité

# Livrables et évaluation

- 1 feuille excel
- 1 rapport de simulation Batch Reactor
- 1 présentation orale
- 1 fiche d'évaluation par les pairs des présentations orales

Avec grille d'évaluation fournie aux étudiants en amont.

Compétence visée	Critère	Sous-critère
Savoir construire un support de qualité pour une présentation orale	<b>Forme du support de la présentation (diapos)</b>	Qualité graphique des diapositives
		Lisibilité des diapositives (pas trop chargées)
		Orthographe
Savoir présenter le résultat d'un projet scientifique en 10 min	<b>Forme de la présentation (oral)</b>	Gestion du temps
		Vocabulaire utilisé
		Qualité d'élocution (vitesse, dynamisme, clarté)
Savoir concevoir un procédé batch de fabrication d'un composé pour une quantité donnée	<b>Fond : Objectif de production atteint</b>	Protocole à l'échelle demandée bien explicité
		Protocole proposé viable
Savoir identifier les informations utiles à la résolution d'un problème et savoir trouver ces informations	<b>Fond : Recherche d'informations</b>	Informations nécessaires bien explicitées
		Source des informations bien explicitée (bibliographie, mesure ou hypothèse)
		Impact des informations bien explicité
Savoir mener une démarche itérative en commençant par le modèle le plus simple	<b>Fond : Méthodologie du changement d'échelle</b>	Prise en compte de l'aspect cinétique
		Prise en compte de l'aspect thermique
		Prise en compte des autres phénomènes
		Justification de l'itération entre les modèles

Grille évaluation présentation

Compétence visée	Critère	Sous-critère
Savoir utiliser les lois cinétiques pour simuler les concentrations au cours du temps	<b>Validité des calculs cinétiques</b>	lois de vitesse
		Arrhénius
		Coulée d'un réactif
		Valeur du pas de calcul cohérente
Savoir utiliser les bilans thermiques pour simuler la variation de la température au cours du temps	<b>Validité des calculs thermiques</b>	Bilan thermique
		Calculs des cp
		Hypothèses justifiées
Savoir construire un document excel utilisable par d'autres	<b>Forme : Style feuille excel</b>	Onglet générique avec formules et hypothèse
		Cellules fixées et explicitement nommées
		Formules de calcul correctement posées
Savoir représenter graphiquement des résultats scientifiques	<b>Forme : Style graphiques</b>	axes, titre
		unités
		légendes...

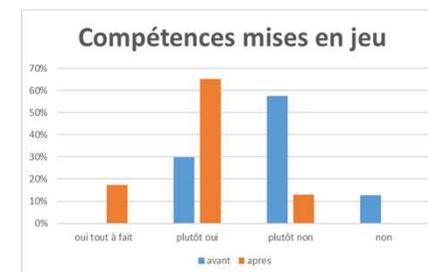
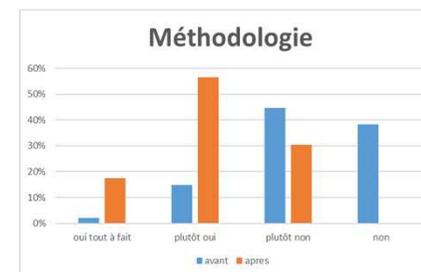
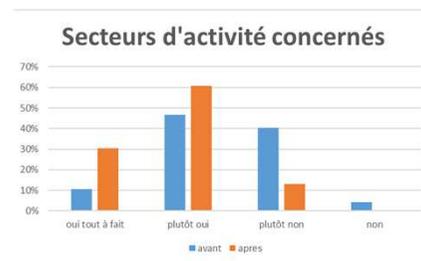
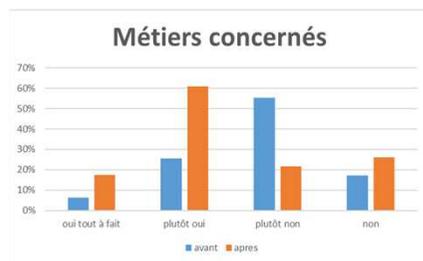
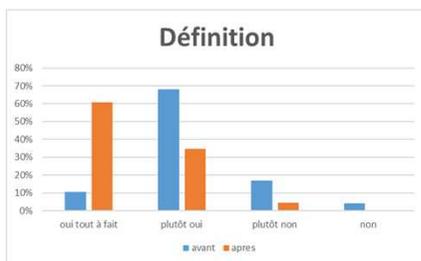
Grille évaluation feuille excel

# Résultats ASM Scale-up édition 2020

- Questions aux étudiants en début et fin d'ASM

« Avez-vous une idée précise de ... »

Avant /Après



- Remontées aux bilans semestriels

*L'ASM m'a permis de mieux comprendre les métiers-cibles de l'ingénieur GC.*

*L'ASM m'a permis de mieux comprendre la spécificité de la formation GC.*

*L'ASM m'a aidé dans les recherches de stage et les entretiens.*

- Retours industriels (Formation Continue, Conseil de perfectionnement)

*Des situations authentiques et réalistes*

*Des outils pertinents ; une méthodologie robuste*

*Un besoin de formation*

# Perspectives et questionnements

- Perspectives :
  - Communiquer en interne auprès des enseignants non impliqués
  - Communiquer en externe (enseignants, industriels)
  - La saison 2 en tout présentiel !
  - Mieux dimensionner les sujets et le rôle des tuteurs
  - Varier les sujets pour illustrer différents domaines d'application
- Questionnements :
  - Le temps et l'énergie nécessaire
  - Reconnaissance / rémunération des ASM
  - Positionnement des matières et des blocs : contenu, évaluation, alignement pédagogique

# Remerciements

- **Direction** de l'ENSIACET et son projet TempA7 porté par Cédric Brandam
- **Toulouse INP** et son dispositif de soutien à la pédagogie BIP
- **Ingénieur pédagogique** Naila Even et Conseillers pédagogiques Julitte Huez et Benoît Escrig
- **Enseignants** impliqués en saison 1 (Mallorie Tourbin, Carole Saudejaud, Pascale De Caro, Audrey Devatine, David Grossin, Joël Albet, Laurent Prat) et tous ceux qui s'impliqueront dans les prochaines saisons !
- Enseignants impliqués dans toutes les autres ASM
- Séverine Camy et Audrey Devatine, mes **adjointes** au département GC
- **Industriels** (A7 ou non) qui acceptent de témoigner et de nous conseiller
- La **SCF** et la **DEF** pour l'opportunité de partage d'expériences