



# Enseignement de la chimie du solide et matériaux, statu quo et perspectives"



**MAT**  
Matériaux



23 novembre 2015

**ANF Caen**





*Philippe PAPET*  
*Professeur à Polytech, Département Matériaux*  
*Université Montpellier*

**Enseignements:**

Polytech Matériaux 4 et 5<sup>ème</sup> année: *Les céramiques, les propriétés thermomécaniques, le couplage électromécanique... les projets*

En Master Matériaux (CMP@ED2): *Production et conversion de l'énergie dans les solides*

En Master Erasmus (MaMaSELF): *Thermodynamique des défauts*

**Responsabilités**

Responsable du département Matériaux, Polytech (2002-2008)

Directeur adjoint de Polytech (2010-2014)

Responsable du pool d'expert de la 33<sup>ème</sup> section de l'université Montpellier

Responsable de l'équipe Chimie et Cristallochimie des Matériaux C2M de l'ICGM

Membre du conseil de l'Ecole Doctorale Chimie de l'Université Montpellier



# Sommaire

I. La formation en Matériaux à Polytech

II. La chimie des Matériaux à l'ENSCM

III. La formation en Matériaux à la Faculté des Sciences de l'Université Montpellier

- Le parcours Sciences de la Matière (L3)
- Les Masters

IV. Typologie des étudiants / L'insertion Professionnelle

V. Perspectives / Discussion



# Sommaire

## I. La formation en Matériaux à Polytech

## II. La chimie des Matériaux à l'ENSCM

## III. La formation en Matériaux à la Faculté des Sciences de l'Université Montpellier

- Le parcours Sciences de la Matière (L3)
- Les Masters

## IV. Typologie des étudiants / L'insertion Professionnelle

## V. Perspectives / Discussion

# Positionnement et objectifs de formation



## Les spécialités Matériaux dans les écoles du réseau Polytech :

- **un socle commun 3A/4A**

- \* Outils et connaissances nécessaires à tout ingénieur pour comprendre les relations entre la microstructure et les propriétés des matériaux.
- \* Méthodes permettant le choix optimal des matériaux et la conception de pièces et d'assemblages, en tenant compte des aspects économiques, environnementaux et sociétaux.

- **et des spécialisations en 5A**

Soudage (Nantes)

Maîtrise de l'énergie (Clermont-Ferrant),

Matériaux pour la santé (Paris UPMC),

Métiers de la qualité (Lille),

Matériaux composites (Tours)



**Matériaux et Environnement ,  
Matériaux fonctionnels ,  
Matériaux & mécanique**

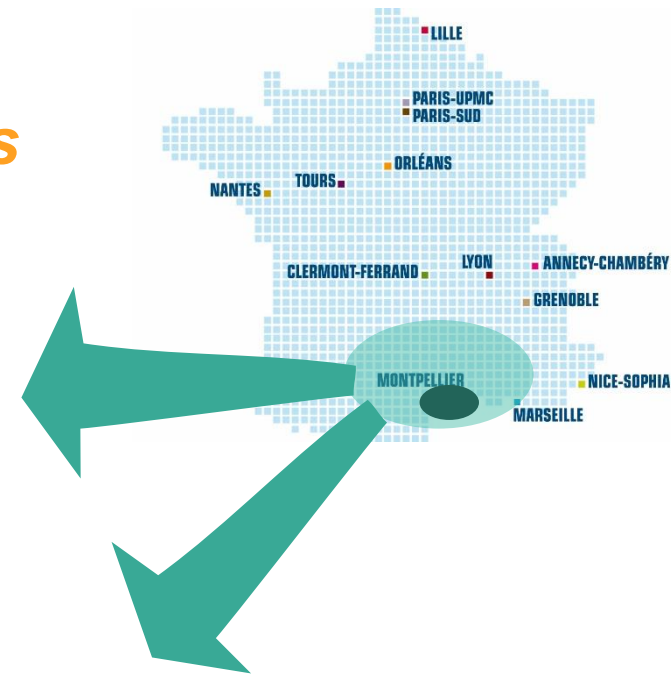
# Positionnement et objectifs de formation

- **former des ingénieurs généralistes dans le domaine des matériaux**

En donnant une place équivalente à toutes les grandes classes de matériaux, sans négliger les matériaux naturels, les matériaux composites, les biomatériaux ou encore les bétons

- **avec une coloration développement durable**

En proposant des enseignements de durabilité des matériaux, d'éco-conception, d'analyse de cycle de vie, d'éco-emballage, de recyclage,...



# Positionnement et objectifs de formation



## Développement de 13 compétences :

+ 1 compétence spécifique au réseau Polytech

+ 7 compétences générales de l'ingénieur

+ 5 compétences spécifiques à l'ingénieur Matériaux

Concevoir et finaliser de nouveaux matériaux produits ou procédés matériaux ou faire évoluer ceux existants dans un objectif de développement durable, mais également de développement commercial et d'innovation industrielle

Définir et piloter des projets de recherche et développement sur les matériaux en industrie

Organiser, optimiser et superviser les moyens et les procédés de fabrication, afin de permettre le développement de produits finis ou semi-finis, selon des impératifs de sécurité, environnement, qualité, coûts, délais, quantité

Maîtriser l'approche pluri-disciplinaire en Matériaux et choisir ou optimiser le matériau le plus adapté pour une application donnée; sélectionner des fournisseurs/prestataires extérieurs

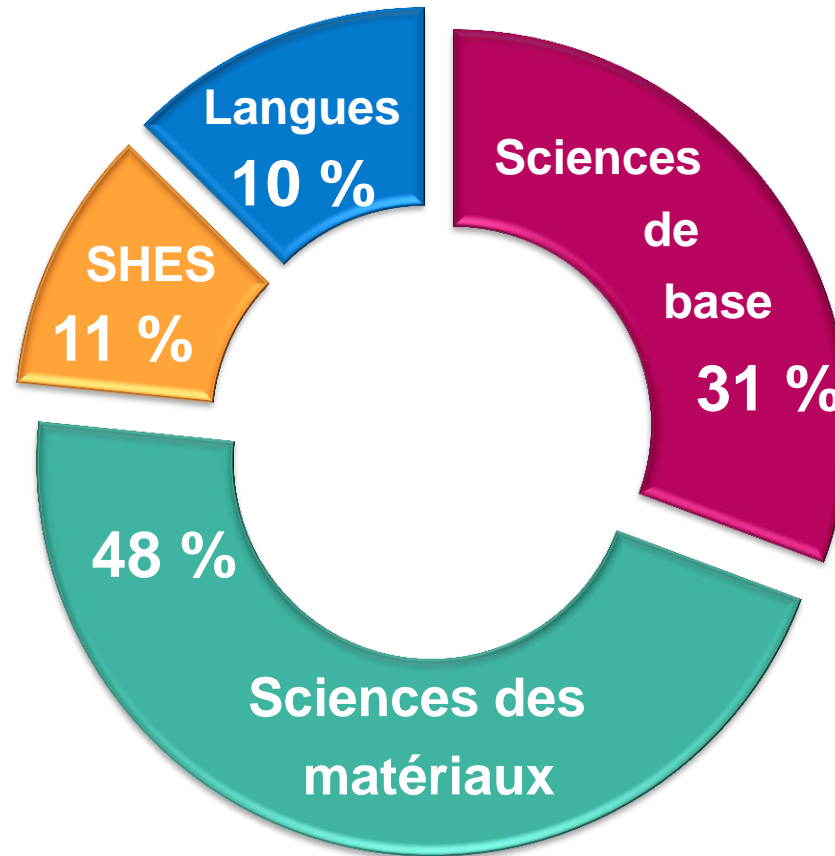
Mettre en application le cadre législatif relatif au recyclage et à la valorisation des déchets et de prendre en compte l'impact environnemental dans le développement de nouvelles activités matériaux



# Organisation et contenu de la formation



Pour atteindre les objectifs de formation : équilibre entre les composantes du métier d'ingénieur

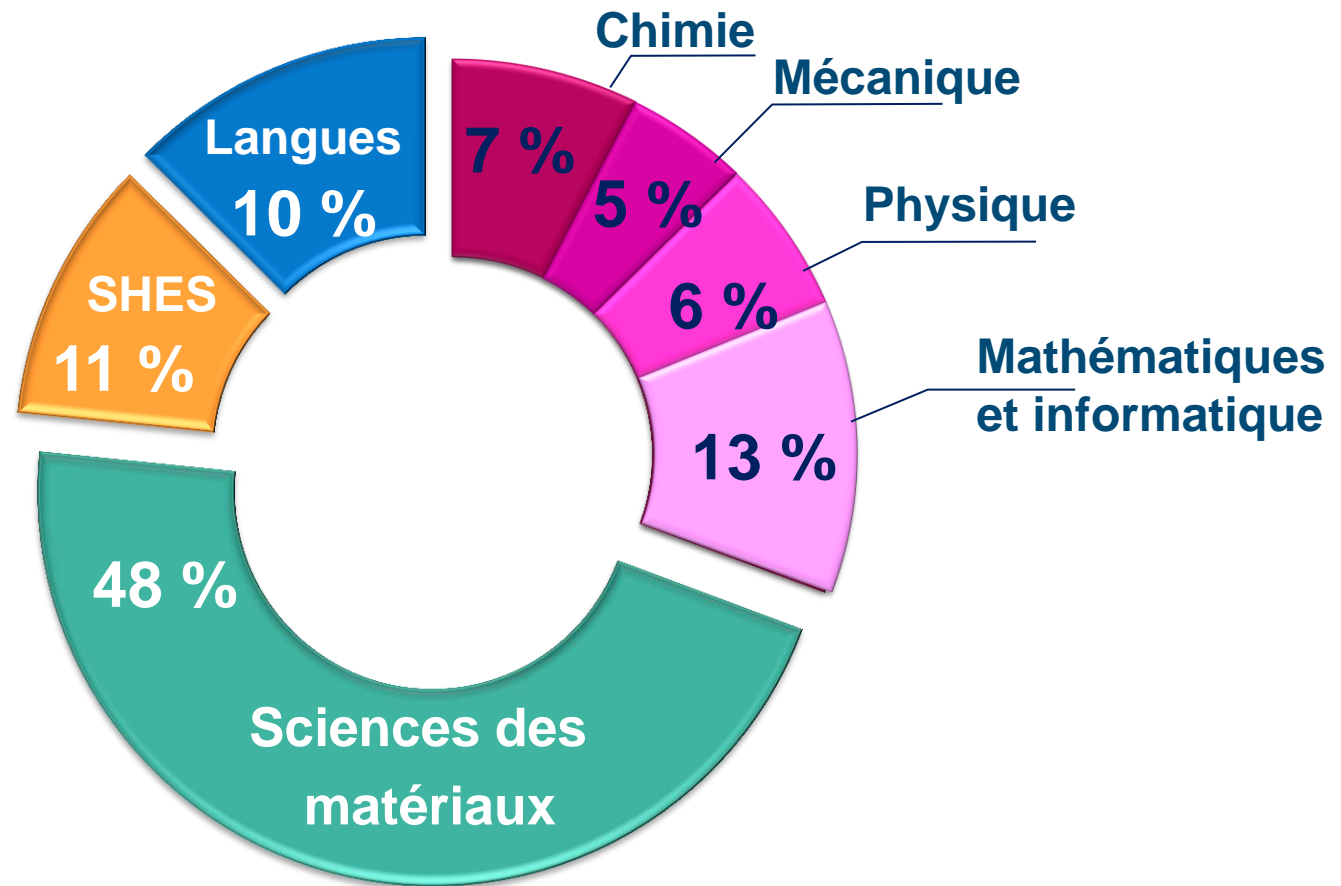




# Organisation et contenu de la formation



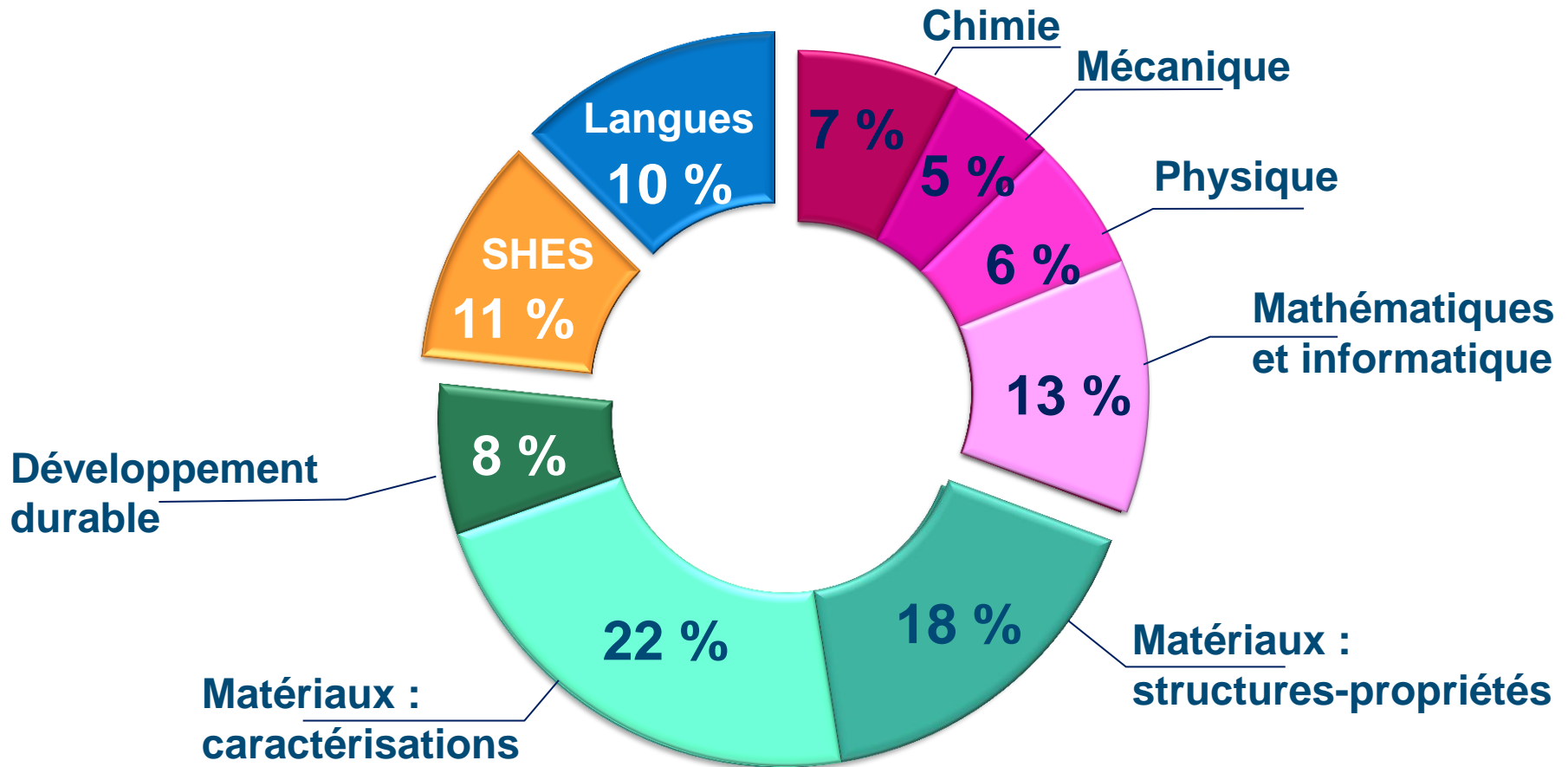
Pour atteindre les objectifs de formation : équilibre entre les composantes du métier d'ingénieur



# Organisation et contenu de la formation



Pour atteindre les objectifs de formation : équilibre entre les composantes du métier d'ingénieur





# Sommaire

I. La formation en Matériaux à Polytech

**II. La chimie des Matériaux à l'ENSCM**

III. La formation en Matériaux à la Faculté des Sciences de l'Université Montpellier

- Le parcours Sciences de la Matière (L3)
- Les Masters

I. Typologie des étudiants / L'insertion Professionnelle

II. Perspectives / Discussion

# La Chimie des matériaux à l'ENSCM

## Dominantes et Parcours



### CHIMIE - MATÉRIAUX - ENVIRONNEMENT

- Chimie des Matériaux Inorganiques et Polymères (MAT)
- Dépollution et Gestion de l'Environnement (DGE)
- Chimie et Bioprocédés pour le Développement Durable (CB2D)
- Chimie Nucléaire, Environnement (CNE)

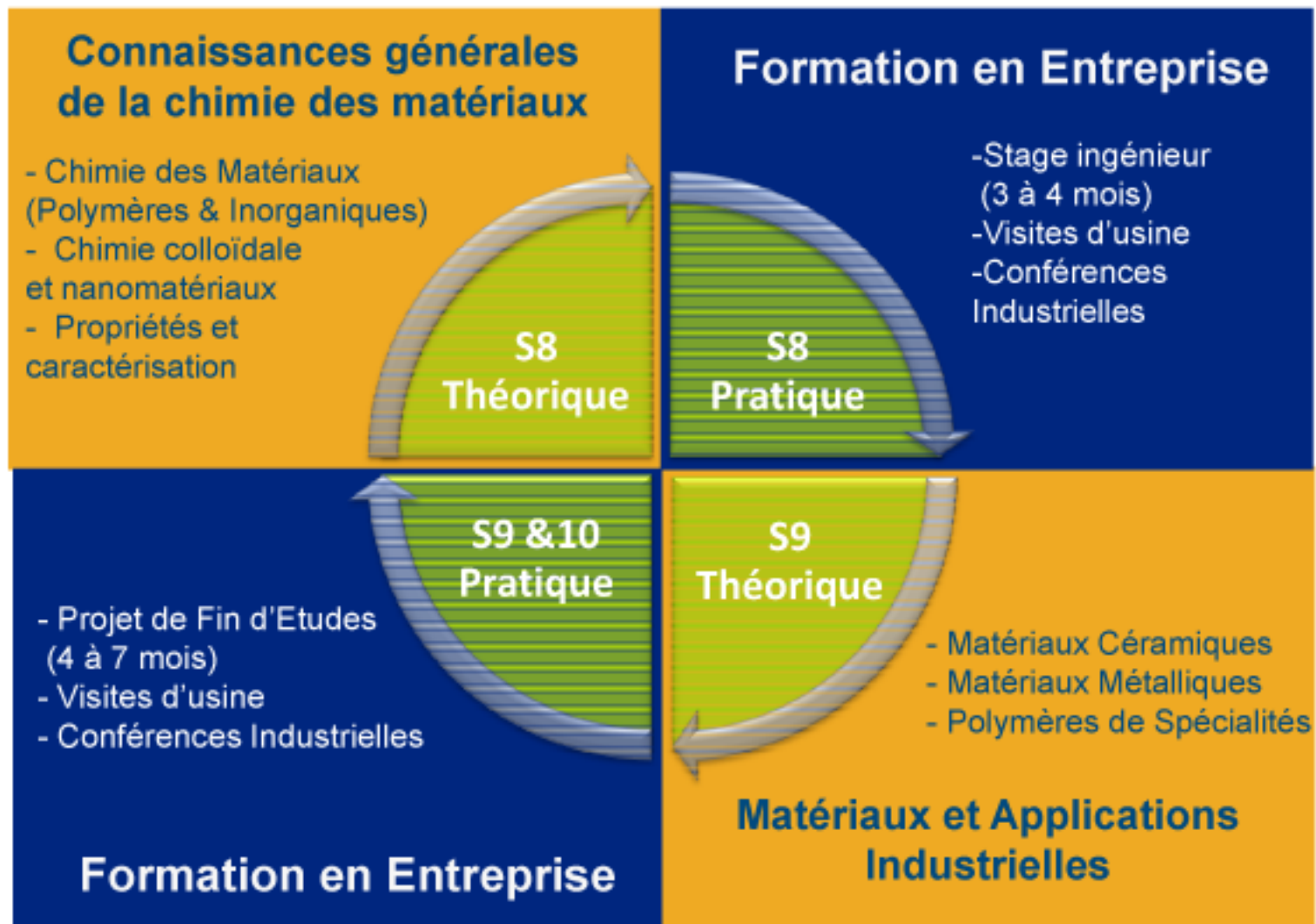
### *Spécificités de notre formation:*

- **Elaboration, Transformation et Applications des Matériaux**
- **Créer - Concevoir - Produire**

Dr. Christine JOLY-DUHAMEL ([christine.joly-duhamel@enscm.fr](mailto:christine.joly-duhamel@enscm.fr))

Pr. David CORNU ([david.cornu@enscm.fr](mailto:david.cornu@enscm.fr))

# Organisation des Enseignements



# Organisation des Enseignements

***Modules « Chimie des Matériaux » en 2<sup>ème</sup> année : 4 modules de 25h***

- **Structure, Etat et Organisation de la matière**
- **Chimie Colloïdale et Nanoscience**
- **Polymères de Spécialité**
- **Applications Industrielles des Matériaux (conférences)**
  
- **Travaux Pratiques**
- **Projets de Recherche**
- **Visites d'usine**
- **Conférences Industrielles**
- **Stage Ingénieur (3 à 4 mois)**

# Organisation des Enseignements

*Modules « Chimie des Matériaux » en 3<sup>ème</sup> année : 10 modules de 20h*

- Matériaux céramiques
- Génie d'élaboration
- Matériaux pour l'Energie Durable et l'Environnement
- Grandes Applications Industrielles des Polymères
- Matériaux Composites
- Surface, Interface et Adhésion
- etc.

- Projet d'option
- Visites d'usine
- Conférences Industrielles
- Projet de Fin d'Etudes (4 à 7 mois)

• ENSCM co-habilité (avec UM2 ) à délivrer le Master Chimie, spécialité : "Chimie, Matériaux, Procédés, Energie pour un développement Durable"





# Sommaire

I. La formation en Matériaux à Polytech

II. La chimie des Matériaux à l'ENSCM

III. La formation en Matériaux à la Faculté des Sciences de l'Université Montpellier

- Le parcours Sciences de la Matière (L3)
- Les Masters

I. Typologie des étudiants / L'insertion Professionnelle

II. Perspectives / Discussion

# La Chimie des matériaux à la faculté des Sciences



- Le parcours Sciences Chimiques de la Matière (ScM) en L3
  
- Les Masters « Matériaux »



# L3 Chimie parcours Sciences Chimiques de la Matière (ScM)

## **Semestre 5:**

Chimie Inorganique (4,5)

Initiation à la chimie des matériaux (5)

## **Semestre 6:**

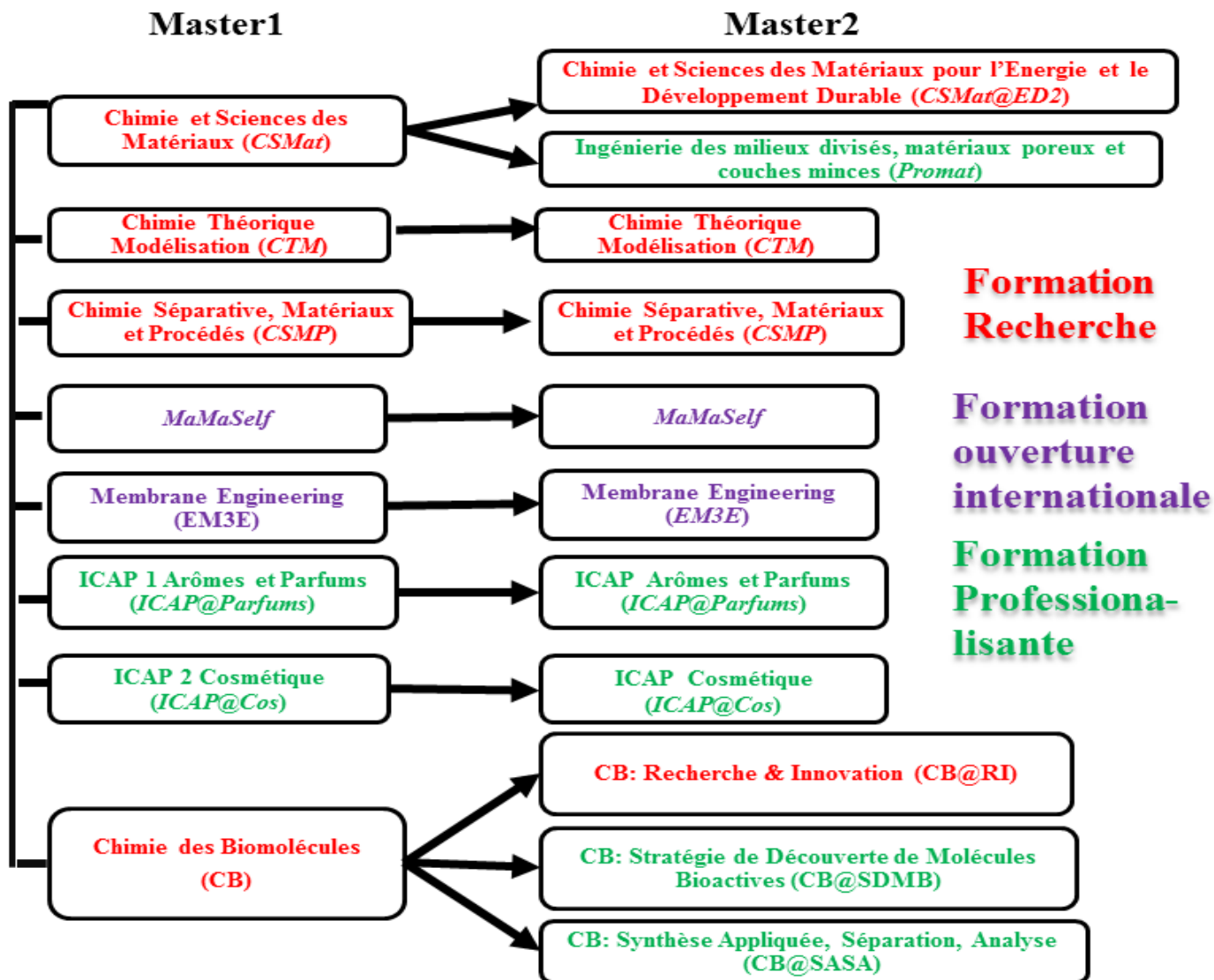
Chimie Inorganique (4,5)

Structure et propriétés des matériaux inorganiques (5)





# Master mention Chimie





# Master mention Chimie

Master1

Master2

Chimie et Sciences des Matériaux (CSMat)

Chimie et Sciences des Matériaux pour l'Énergie et le Développement Durable (CSMat@ED2)

Ingénierie des milieux divisés, matériaux poreux et couches minces (Promat)

Chimie Théorique Modélisation (CTM)

Chimie Théorique Modélisation (CTM)

Chimie Séparative, Matériaux et Procédés (CSMP)

Chimie Séparative, Matériaux et Procédés (CSMP)

Formation  
Recherche

MaMaSelf

MaMaSelf

Formation  
ouverture  
internationale

Membrane Engineering (EM3E)

Membrane Engineering (EM3E)

Formation  
Professiona-  
lisante

ICAP 1 Arômes et Parfums (ICAP@Parfums)

ICAP Arômes et Parfums (ICAP@Parfums)

ICAP 2 Cosmétique (ICAP@Cos)

ICAP Cosmétique (ICAP@Cos)

Chimie des Biomolécules (CB)

CB: Recherche & Innovation (CB@RI)

CB: Stratégie de Découverte de Molécules Bioactives (CB@SDMB)

CB: Synthèse Appliquée, Séparation, Analyse (CB@SASA)

# MASTER CHIMIE / SPÉCIALITÉ : CHIMIE, MATÉRIAUX ET PROCÉDÉS POUR L'ÉNERGIE ET LE DÉVELOPPEMENT DURABLE (CMP@ED2)

## Présentation et Objectifs

Formation de futurs cadres scientifiques en Recherche et Recherche/Développement avec des compétences allant de **la conception et de la synthèse à la caractérisation des matériaux**, utilisés dans le secteur de **l'énergie et du développement durable**.

Un accent particulier est mis sur les matériaux utilisés dans les activités répondant à la demande sociétale et aux contraintes environnementales : stockage et production propre de l'énergie, contrôle de l'environnement et dépollution, production chimique verte.

Deux parcours R/P sont proposés :

- Synthèses et Procédés pour un Développement Durable (SP2D)
- Matériaux pour l'Energie et l'Environnement (M2E)

POLE  
chimie  
Montpellier

Responsable pédagogique Pr Philippe JUND



# Chimie, Matériaux et Procédés pour l'énergie et le développement durable (CMP@ED2)

## Semestre 1-3:

- Détermination de la structure des solides (2,5)
- Présentation et synthèse des matériaux inorganiques (2,5)
- Durabilité et dégradation des matériaux (2,5)
- Influence des procédés d'élaboration sur les propriétés des matériaux (2,5)
- Matériaux métalliques (2,5)
- Matériaux pour le solaire et le stockage thermo-chimique (2,5)
- Production et conversion de l'énergie dans les solides (2,5)





# MASTER CHIMIE / SPÉCIALITÉ : PROMAT – MILIEUX DIVISÉS, MATÉRIAUX POREUX, COUCHES MINCES (P)

## Présentation et Objectifs

La spécialité PROMAT offre **une formation professionnalisante** originale et pluridisciplinaire en physico-chimie des matériaux, ciblée sur **les milieux divisés, les matériaux poreux et les couches minces**.

Cette formation répond aux besoins de très **nombreux secteurs porteurs** tels que l'aéronautique, l'automobile, le nucléaire, la chimie, les cosmétiques, la pharmacie, l'alimentaire, les ciments et bétons, l'environnement, l'énergie.

Cette formation propose une formule d'année césure entre le M1 et M2 et deux spécialisations en M2 :

- **Matériaux poreux et matériaux à propriétés spécifiques ;**
- **Couches minces et revêtements.**

**Responsable pédagogique** Dr Stéphanie ROUALDES



# Milieus divisés, Matériaux Poreux, Couches Minces (PROMAT)

## Semestre 1-3:

- Détermination de la structure des solides (2,5)
- Présentation et synthèse des matériaux inorganiques (2,5)
- Elaboration des poudres, des matériaux consolidés et des matériaux poreux (2,5)
- Caractérisation des particules solides et des matériaux poreux et consolidés (2,5)
- Durabilité et dégradation des matériaux (2,5)
- Couches minces inorganiques (2,5)
- Observation et analyse des surfaces, interfaces et films minces (2,5)



# MASTER CHIMIE / SPÉCIALITÉ : CHIMIE SÉPARATIVE MATÉRIAUX ET PROCÉDÉS



## Présentation et Objectifs

Cette formation fournit les outils utilisés en recherche et développement, en **chimie extractive et séparative, en sciences des matériaux et des procédés**, et propose ainsi aux étudiants un enseignement multidisciplinaire de haut niveau.

Préparant **aux métiers du nucléaire**, elle apporte une spécialisation dans les domaines des **cycles du combustible nucléaire** actuel ou futurs et du développement des générations III et IV de réacteurs nucléaires.

## Responsables pédagogiques

Pr Nicolas DACHEUX

Dr Jérôme MAYNADIE

Dr Marie-Hélène HENGE (INSTN)

POLE  
chimie  
Balard





# Chimie séparative, Matériaux et Procédées

## Semestre 1-2 :

- Détermination de la structure des solides (2,5)
- Présentation et synthèse des matériaux inorganiques (2,5)
- Interactions rayonnement-matière. Radioprotection (2,5)
- Matériaux de confinement (2,5)



## Master in Materials Science Exploring Large Scale Facilities

### A two years Master Course

- ✓ Aims of the Master Course
- ✓ EMMC consortium partners & associated partners
- ✓ Role of European research centres
- ✓ EM as a new organisation of international studies  
combined with common research interests
- ✓ Quality assurance
- ✓ Fostering the EMMC, role of partners



France, University of Rennes 1 and University of Montpellier (September 2012 \*)  
Germany, Universities TUM & LMU at Munich Italy, University of Torino

\* to be confirmed by CE



Education and Culture DG

ERASMUS MUNDUS

# MaMaSELF

## MaMaSELF MOBILITY PROGRAMME

### YEAR 1

*SEM 1 & SEM 2: September – July  
(free choice)*

*Integration week: end of September*

UNIVERSITY RENNES 1

TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
MÜNCHEN (TUM)

LUDWIG  
MAXIMILIAN  
UNIVERSITÄT (LMU)

UNIVERSITY OF  
TORINO

UNIVERSITY of  
MONTPELLIER 2

*SUMMER SCHOOL RENNES mid September*

UNIVERSITY RENNES 1

TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
MÜNCHEN (TUM)

LUDWIG  
MAXIMILIAN  
UNIVERSITÄT (LMU)

UNIVERSITY OF  
TORINO

UNIVERSITY of  
MONTPELLIER 2

### YEAR 2

*SEM 3: September-January  
(Univ. different from 1st year)*

*SEM 4: February-July  
Master thesis (free choice)*

UNIVERSITY RENNES 1

TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
MÜNCHEN (TUM)

LUDWIG  
MAXIMILIAN  
UNIVERSITÄT (LMU)

UNIVERSITY OF  
TORINO

UNIVERSITY OF  
MONTPELLIER 2

Partner Institutions :  
JAPAN  
INDIA  
SWITZERLAND  
LARGE SCALE FACILITIES

*Status-Meeting & Final Presentation*



# Materials Science Exploiting Large Scale Facilities (MaMaSelf)

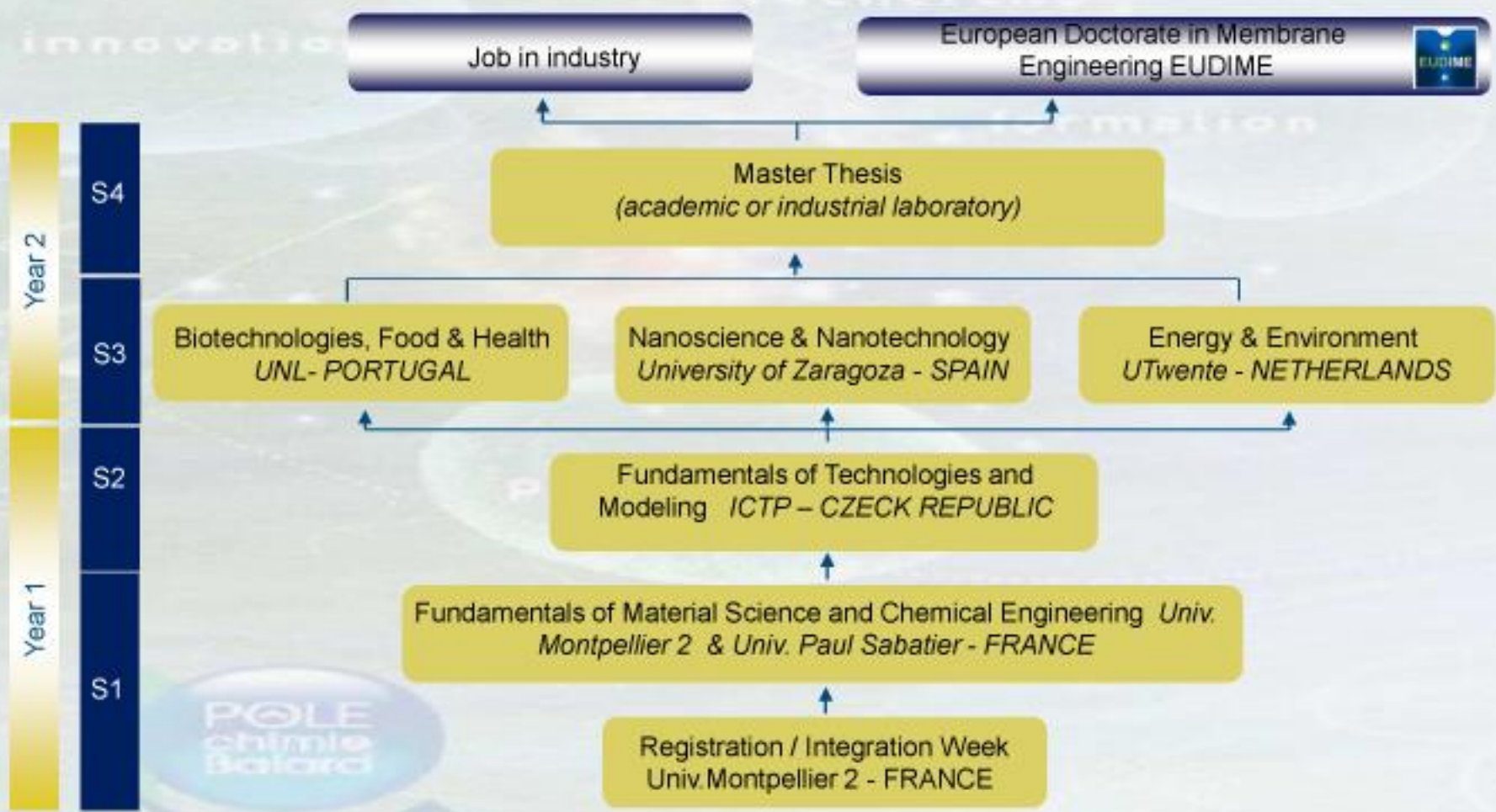
## Semestre 1-3:

- Crystallography Electron Microscopy, RMN
- Inorganic Materials: phase diagram, crystal chemistry of solids, synthesis
- Advanced Materials: Thin films: (different synthesis methods) and extreme conditions
- Materials for catalysis
- Surface properties
- Thermodynamics and defects of solids, Ceramics ... Glass
- Crystallography, Crystal chemistry, Large Scale Facilities
- Metallurgy ... electronic properties
- Mini Laboratory Work
- Summer school: Application of neutron scattering and synchrotron radiation to characterize materials





# MASTER CHIMIE / SPÉCIALITÉ : INGENIERIE DES MEMBRANES (MASTER ERASMUS MUNDUS)



Responsable pédagogique Prof. André AYRAL





**Composante :** Faculté des Sciences  
**Type de diplôme :** Master  
**Domaine :** Sciences, Technologies et Santé  
**Mention :** Energie

**Intitulé: Gestion, Sources, Stockage et Conversion de l'Énergie (G2SCo)**

### **Objectifs de la formation :**

1. former des **gestionnaires de projets transversaux** dans les domaines de l'énergie, capable de répondre aux questions que se posent les collectivités territoriales et les entreprises en matière de choix de ressources et de gestion des mix énergétiques.
2. former des cadres capables de gérer les différents **aspects recherche/développement et (ou) organisationnels de projets** relatifs à la gestion des ressources énergétiques, à la conversion et au stockage de l'énergie.

# Gestion, Sources, Stockage et Conversion de l'énergie (G2SCo)

## Semestre 1-3:

- Chimie des Matériaux (2,5)
- Vecteur énergétique hydrogène (2,5)
- Cycle du combustible : de la mine au retraitement (2,5)
- Matériaux pour la conversion et le stockage de l'énergie (2,5)
- Conversion électrochimique de l'énergie: Piles à combustible (2,5)
- Photovoltaïque (2,5)
- Combustibles nucléaire : synthèse et refabrication (2,5)
- Thermoélectrique, Piézoélectrique (2,5)





# Sommaire

I. La formation en Matériaux à Polytech

II. La chimie des Matériaux à l'ENSCM

III. La formation en Matériaux à la Faculté des Sciences de l'Université Montpellier

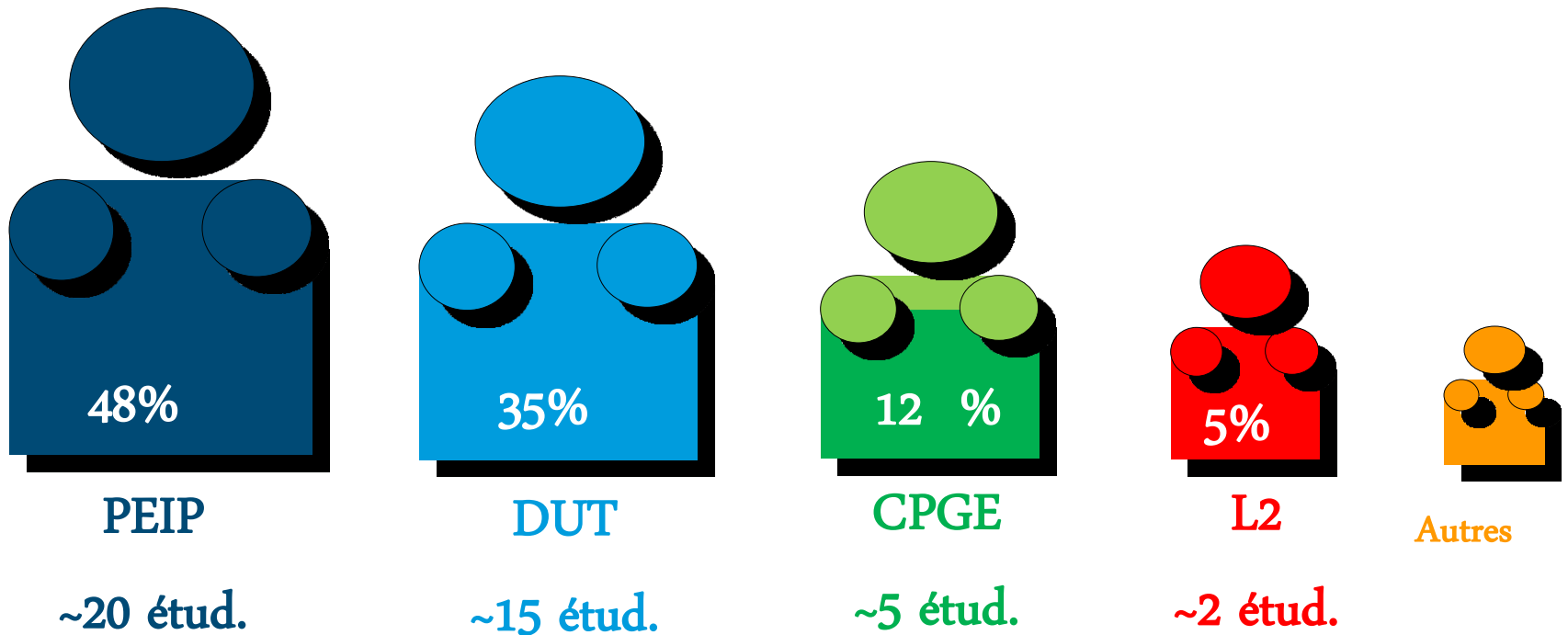
- Le parcours Sciences de la Matière (L3)
- Les Masters

IV. **Typologie des étudiants / L'insertion Professionnelle**

V. Perspectives / Discussion

# Typologie des promotions d'élèves

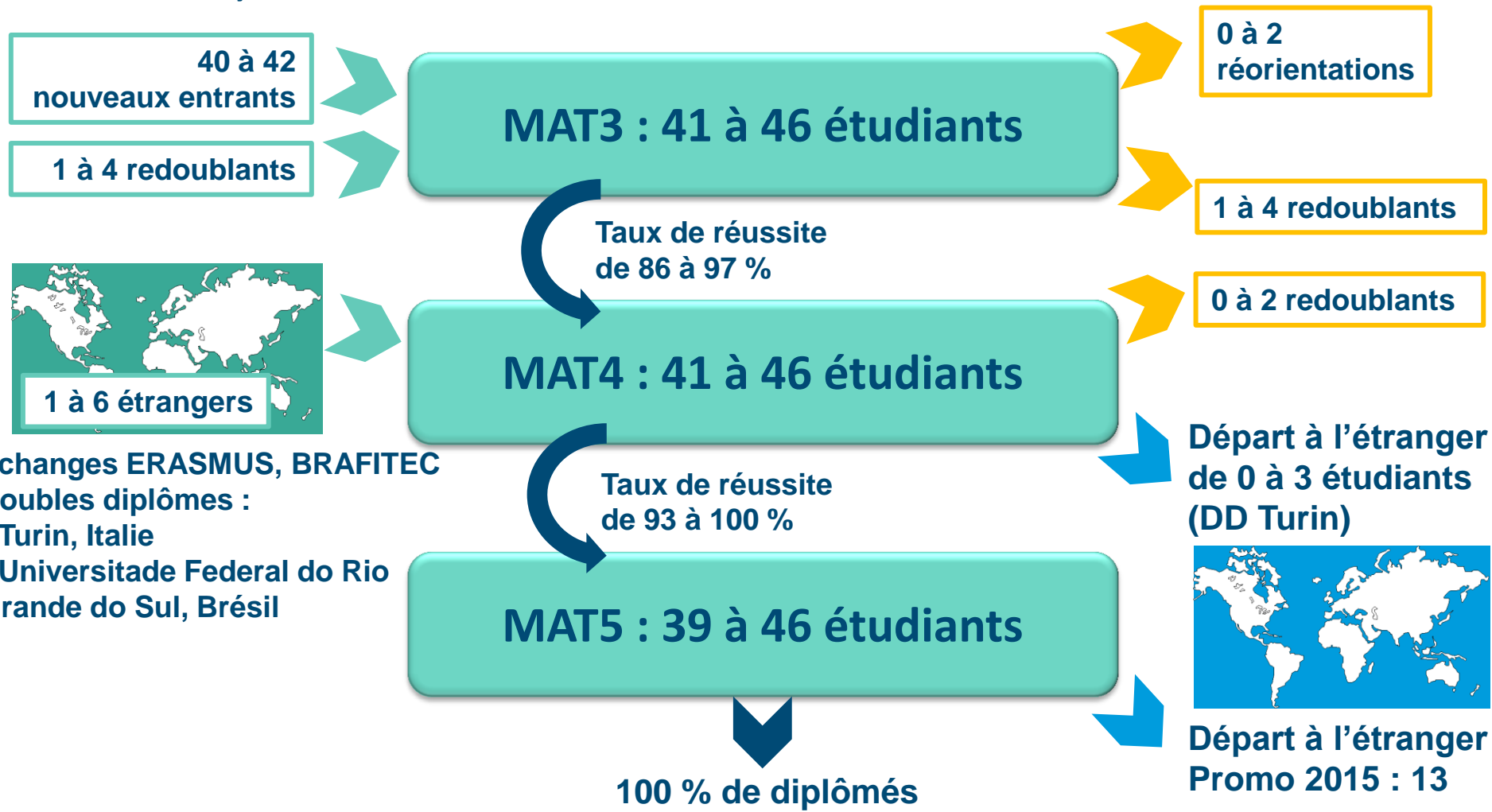
Formation d'origine :



Pourcentage de filles : Entre 25 % et 45 % selon les années

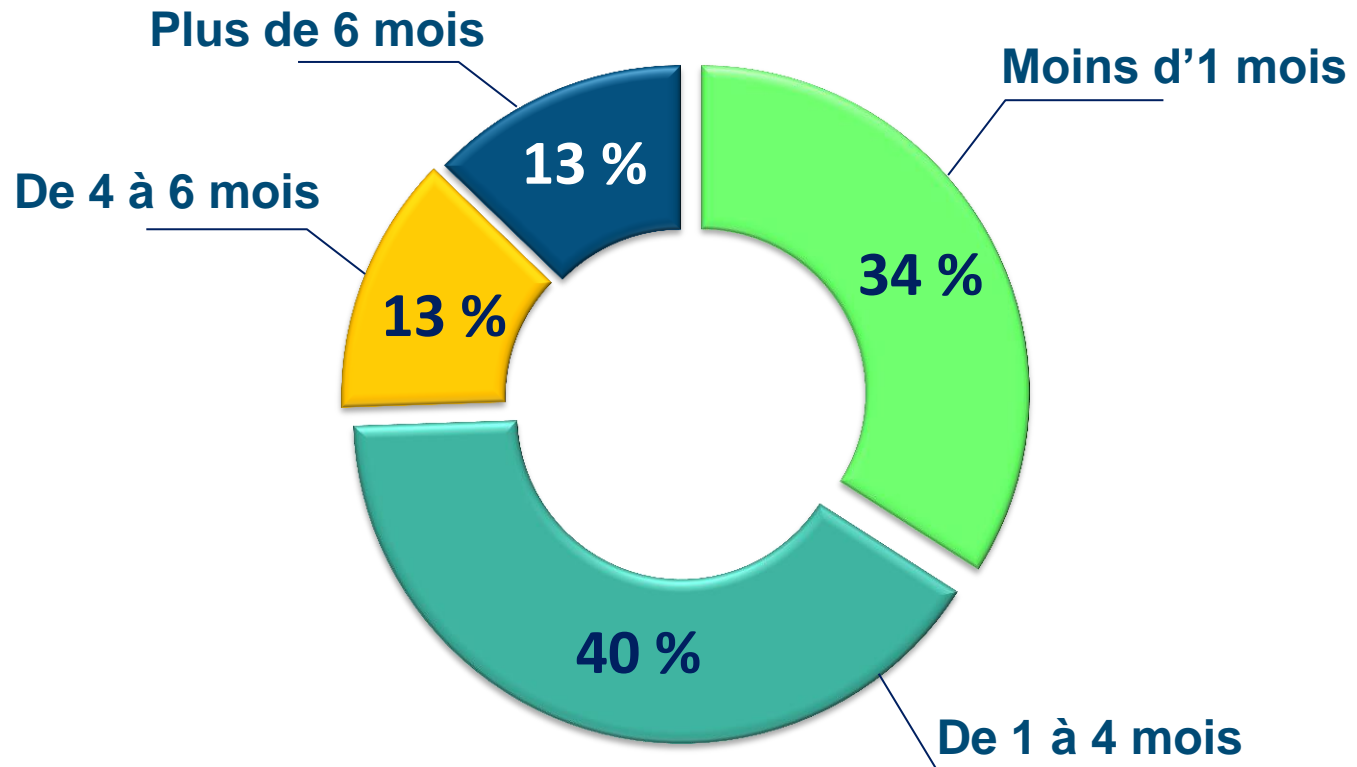
# Typologie des promotions d'élèves

## Effectifs, taux de réussite



# Insertion professionnelle et poursuite d'études

Temps de recherche du premier emploi :

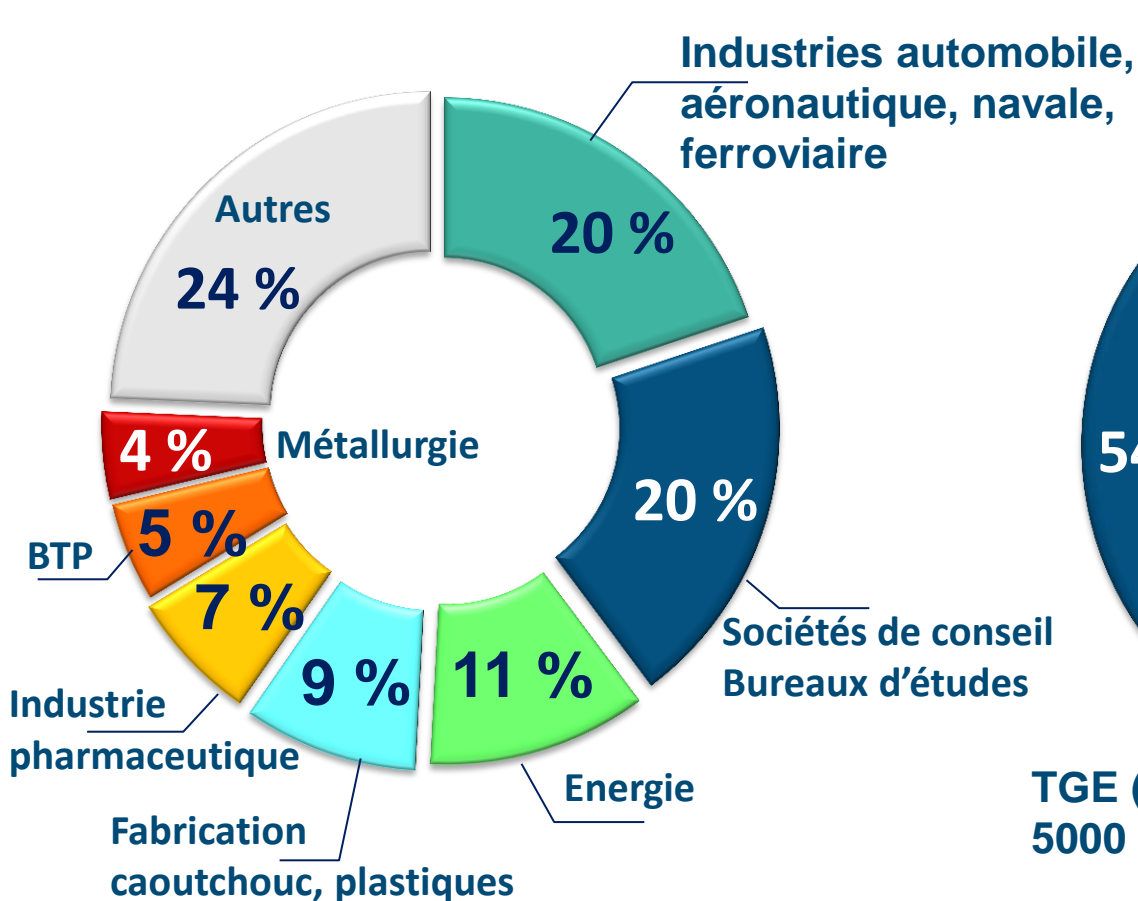


*Résultats issus de l'enquête CGE – promotions 2012-2013-2014  
Taux de réponses : 67% pour 2012 ; 65% pour 2013 et 63% pour 2014*

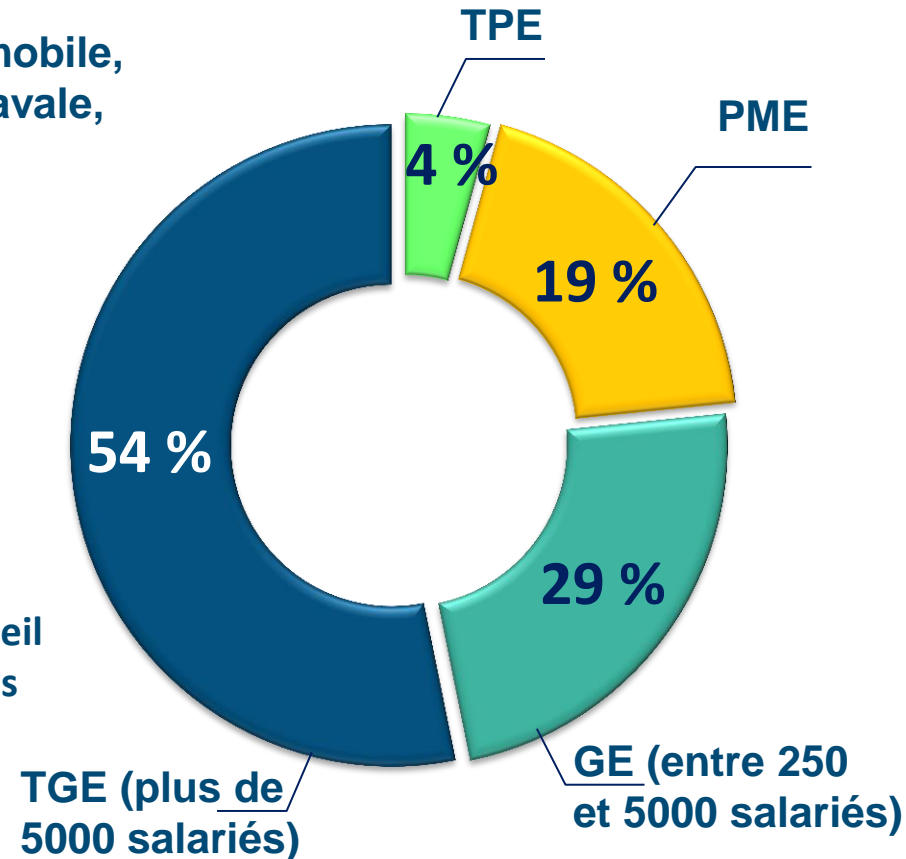


# Insertion professionnelle et poursuite d'études

## Secteurs d'activité :



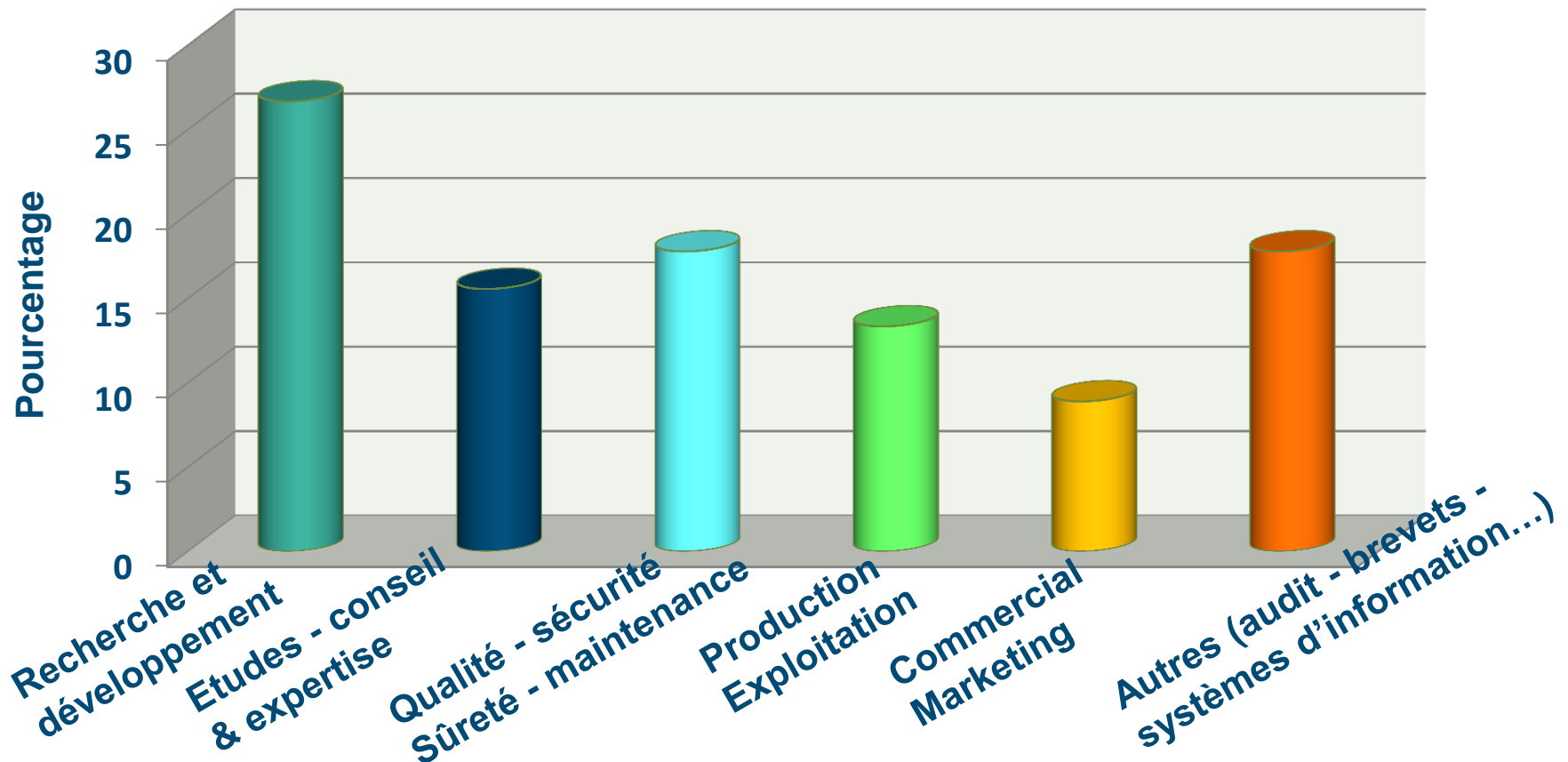
## Taille de l'entreprise :



Résultats issus de l'enquête CGE – promotions 2012-2013-2014  
Taux de réponses : 67% pour 2012 ; 65% pour 2013 et 63% pour 2014

# Insertion professionnelle et poursuite d'études

Fonctions dans l'entreprise :



Résultats issus de l'enquête CGE – promotions 2012-2013-2014  
Taux de réponses : 67% pour 2012 ; 65% pour 2013 et 63% pour 2014



# Sommaire

I. La formation en Matériaux à Polytech

II. La chimie des Matériaux à l'ENSCM

III. La formation en Matériaux à la Faculté des Sciences de l'Université Montpellier

- Le parcours Sciences de la Matière (L3)
- Les Masters

IV. Typologie des étudiants / L'insertion Professionnelle

V. **Perspectives / Discussion**

# Conclusions

1. La chimie du solide se retrouve de manière plus ou moins diffuse dans toutes les formations qui traitent des Matériaux.
2. Elle est parfois très marginale et on doit se poser la question de la visibilité de cette discipline.
3. Cette discipline est présente du L3 au M2, et en formation ingénieur (est-ce suffisant en tenant compte du volume?).

# Perspectives / Discussion

Tendance des masters :

- Professionnalisation de plus en plus demandée (stage en milieu industriel, formation aux SHS)
- Spécialisation des masters, il y a des enseignements très focalisés.

# Perspectives / Discussion

- 1) L'attractivité des formations matériaux (Ingénieur/ Master)
- 2) La qualité des étudiants dans ces formations / sélectivité
- 3) Les débouchés
- 4) La place de la chimie du solide dans les formations matériaux / reconnaissance de la discipline





**MAT**  
Matériaux



**Merci pour votre attention**

<b>CTI 1</b>	<b>Aptitude à mobiliser les ressources d'un large champ de sciences fondamentales.</b>
<b>CTI 2</b>	Connaissance et compréhension d'un champ scientifique et technique de spécialité.
<b>CTI 3</b>	Maîtrise des méthodes et des outils de l'ingénieur : identification et résolution de problèmes, même non familiers et non complètement définis, collecte et interprétation de données, utilisation des outils informatiques, analyse et conception de systèmes complexes, expérimentation.
<b>CTI 4</b>	Capacité à s'intégrer dans une organisation, à l'animer et à la faire évoluer : engagement et leadership, management de projets, maîtrise d'ouvrage, communication avec des spécialistes comme avec des non-spécialistes.
<b>CTI 5</b>	Prise en compte des enjeux industriels, économiques et professionnels : compétitivité et productivité, innovation, propriété intellectuelle et industrielle, respect des procédures qualité, sécurité.
<b>CTI 6</b>	Aptitude à travailler en contexte international : maîtrise d'une ou plusieurs langues étrangères, sûreté, intelligence économique, ouverture culturelle, expérience internationale.
<b>CTI 7</b>	Respect des valeurs sociétales : connaissance des relations sociales, environnement et développement durable, éthique.
<b>CTI 8</b>	Aptitude à prendre en compte l'impact des réalisations techniques sur l'environnement.
<b>POL 1</b>	Aptitude à participer aux actions de recherche et développement des entreprises, éventuellement en lien avec les acteurs de la recherche publique, et à apporter l'esprit d'innovation favorisant l'évolution technologique.
<b>MAT 1</b>	Concevoir et finaliser de nouveaux matériaux, produits ou procédés matériaux ou faire évoluer ceux existants dans un objectif de développement commercial et d'innovation industrielle.
<b>MAT 2</b>	Définir et piloter des projets de recherche et développement sur les matériaux en industrie.
<b>MAT 3</b>	Organiser, optimiser et superviser les moyens et les procédés de fabrication, afin de permettre le développement de produits finis ou semi-finis, selon des impératifs de sécurité, environnement, qualité, coûts, délais, quantité.
<b>MAT 4</b>	Maîtriser l'approche pluri-disciplinaire en Matériaux; choisir ou optimiser le matériau le plus adapté pour une application donnée; sélectionner des fournisseurs/prestataires extérieurs.
<b>MAT 5</b>	Mettre en application le cadre législatif relatif au recyclage et à la valorisation des déchets ; prendre en compte l'impact environnemental dans le développement de nouvelles activités matériaux.