

PÉRIODE D'ACCRÉDITATION : 2016 / 2021

UNIVERSITÉ PAUL SABATIER

SYLLABUS MASTER

Mention Sciences et génie des matériaux

M1 Materials for Energy Storage and Conversion
(EM)

<http://www.fsi.univ-tlse3.fr/>
<http://www.mastermatériaux.univ-tlse3.fr/>

2017 / 2018

11 JANVIER 2018

SOMMAIRE

SCHÉMA ARTICULATION LICENCE MASTER	3
PRÉSENTATION	4
PRÉSENTATION DE LA MENTION ET DU PARCOURS	4
Mention Sciences et génie des matériaux	4
Parcours	4
PRÉSENTATION DE L'ANNÉE DE M1 Materials for Energy Storage and Conversion (EM)	4
RUBRIQUE CONTACTS	5
CONTACTS PARCOURS	5
CONTACTS MENTION	5
CONTACTS DÉPARTEMENT : FSI.Chimie	5
Tableau Synthétique des UE de la formation	6
LISTE DES UE	9
GLOSSAIRE	27
TERMES GÉNÉRAUX	27
TERMES ASSOCIÉS AUX DIPLOMES	27
TERMES ASSOCIÉS AUX ENSEIGNEMENTS	27

SCHÉMA ARTICULATION LICENCE MASTER



PRÉSENTATION

PRÉSENTATION DE LA MENTION ET DU PARCOURS

MENTION SCIENCES ET GÉNIE DES MATÉRIAUX

Le Master Mention Sciences et Génie des Matériaux a pour objectif de former des cadres de haut niveau maîtrisant parfaitement les aspects scientifiques et technologiques de l'élaboration, de la mise en œuvre, du contrôle et du suivi des matériaux, capables de s'insérer en milieu industriel ou de poursuivre en Doctorat. Toutes les classes de matériaux (métaux, céramiques, polymères, composites, géomatériaux) sont abordées, que ce soit sous forme de poudres, pièces massives, couches minces, revêtements, nanomatériaux et multimatériaux, dans des enseignements qui associent chimistes et physiciens des matériaux, mais aussi des spécialistes de procédés physico-chimiques et génie mécanique. De plus, 20% des enseignements sont assurés par des intervenants de l'industrie ou de grands organismes. Ces orientations scientifiques générales sont différemment déclinées selon les trois parcours-types proposés. Deux d'entre eux (**Master 2 MECTS et Master 2 MSAS**) mutualisent totalement la première année, appelée **Master 1 Sciences et Génie des Matériaux**. Le **Master Erasmus Mundus Materials for Energy Storage and Conversion (M1 et M2)**, propose un cursus spécifique associant 5 universités européennes.

PARCOURS

Climate change and the decreasing availability of fossil fuels require our society to move towards the development of sustainable and renewable energy sources such as sun or wind, as well as low-CO₂ emission vehicles. In these aims, the development of high energy density batteries, fuel cells or improved photovoltaic cells is one of the key issues.

The M.E.S.C Master Course aims to train specialists / scientists / engineers able to synthesize, design, evaluate, develop, novel materials in the field of energy storage and conversion, allowing them to enter PhD programmes all over the world or to work as research project leaders in industry.

M.E.S.C. Master Course also wants to bring highly-motivated third-country students to Europe as well as to expose European students to a truly international (worldwide) academic training.

PRÉSENTATION DE L'ANNÉE DE M1 MATERIALS FOR ENERGY STORAGE AND CONVERSION (EM)

The M.E.S.C. consortium is composed of seven Partner Universities : five European, one Chinese, one American (USA). Two Associated Partners complement our Consortium : the ALISTORE European Research Institute (Amiens, France) and the newly-created CIC Energigune (Vitoria, Spain).

M1 MESC contains 2 semesters : the first one is done at Université Paul Sabatier or at Aix Marseille University (AMU, Marseille), and the second at Warsaw Polytechnical University (WTU). Each semester accounts for 30 ECTS.

At Paul Sabatier University, the following Teaching Units lectures are delivered :

- a) EM7PSCAM : General Electrochemistry (6 ECTS)
- b) EM7PSCBM : Solid State Chemistry (8 ECTS)
- c) EM7PSCCM : Physical Chemistry (4 ECTS)
- d) EM7PSDBM : English (2 ECTS)
- e) EM7PSEBM : Applications of Surface treatments to Energy Storage and Conversion (4 ECTS)
- f) EM7PSFBM : Energy Storage Devices (6 ECTS)

The last two TUs are specific to Université Paul Sabatier curriculum, while the four others are common to Université Paul Sabatier and Aix Marseille University.

RUBRIQUE CONTACTS

CONTACTS PARCOURS

RESPONSABLE M1 MATERIALS FOR ENERGY STORAGE AND CONVERSION (EM)

SIMON Patrice

Email : simon@chimie.ups-tlse.fr

SECRÉTAIRE PÉDAGOGIQUE

QUINTART Sandrine

Email : sandrine.quintart@univ-tlse3.fr

Téléphone : 05.61.55.74.83

118, route de Narbonne

31.062 Toulouse

CONTACTS MENTION

RESPONSABLE DE MENTION SCIENCES ET GÉNIE DES MATÉRIAUX

ANSART Florence

Email : ansart@chimie.ups-tlse.fr

Téléphone : 05 61 55 61 08

CONTACTS DÉPARTEMENT: FSI.CHIMIE

DIRECTEUR DU DÉPARTEMENT

CAUSSERAND-ALEXANDROVITCH Christel

Email : caussera@chimie.ups-tlse.fr

Téléphone : 05 61 55 86 90

TABLEAU SYNTHÉTIQUE DES UE DE LA FORMATION

9

page	Code	Intitulé UE	ECTS	Obligatoire Facultatif	Cours	TD	TP	TP DE
Second semestre								
22	EMSME2VM	ENGLISH	2	O		30		
23	EMSME2WM	PHOTOVOLTAICS	4	O	15	5	20	
24	EMSME2XM	ENERGY STORAGE AND CONVERSION 2	7	O	25	10	25	
25	EMSME2YM	MATERIALS TECHNOLOGY AND FUEL CELLS	7	O	25	10	25	
26	EMSME2ZM	POLYMER ELECTROLYTES	10	O	30	30	30	

s1 Marseille (30 ECTS)

page	Code	Intitulé UE	ECTS	Obligatoire Facultatif	Cours	TD	TP	TP DE
Premier semestre								
19	EMSME1XM	GENERAL ELECTROCHEMISTRY MARSEILLE	6	O	35	15		10
18	EMSME1WM	SOLID STATE CHEMISTRY MARSEILLE	8	O	50	15		5
17	EMSME1VM	PHYSICAL CHEMISTRY OF MATERIALS MARSEILLE	4	O	15	10		5
20	EMSME1YM	MATERIALS SCIENCE AND MODELLING MARSEILLE	4	O	20	10		5
21	EMSME1ZM	SURFACE ANALYSIS AND SPECTROSCOPIES MARSEILLE	6	O	35	15	5	
16	EMSME1UM	LANGUAGE MARSEILLE	2	O		30		

s1 Toulouse (30 ECTS)

page	Code	Intitulé UE	ECTS	Obligatoire Facultatif	Cours	TD	TP	TP DE
10	EMSME1AM	GENERAL ELECTROCHEMISTRY	6	O	35	15		10
11	EMSME1BM	SOLID-STATE CHEMISTRY	8	O	50	15		5
12	EMSME1CM	PHYSICAL CHEMISTRY OF MATERIALS	4	O	15	10		5
13	EMSME1DM	APPLICATION OF SURFACE TREATMENTS TO ENERGY STORAGE	4	O	20	10		5
14	EMSME1EM	ENERGY STORAGE AND CONVERSION	6	O	35	15		5
15	EMSME1FM	ENGLISH et FLE	2	O		30		

LISTE DES UE

UE	GENERAL ELECTROCHEMISTRY	6 ECTS	1^{er} semestre
EMSME1AM	Cours : 35h , TD : 15h , TP DE : 10h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

TZEDAKIS Théodore

Email : tzedakis@chimie.ups-tlse.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

The objective is to train students to be operative in a research lab (electrochemistry/for energy applications), to be able to define and to perform any electrochemical test required to characterize electroactive materials, as well as to build and optimize electrochemical cells in their overall structure. It will provide high-level fundamentals skills in electrochemistry, dealing with the study of redox reactions arising at the electrode surface as well as ion transfer in/from the bulk of the electrolyte. The teaching program also aims training students to integer industry project requiring expertise in electrochemistry, electrochemical engineering, corrosion (quantification and protection), analysis/standardization or surface characterizations.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

a/ Mass transport : Migration and Diffusion in liquid electrolytes and porous solid electrode

b/ Electrochemical kinetics :Activation : Butler-Volmer Law ; Exchange current ; (ir)reversible systems ; Tafel's law. Electro-activity window for standard and specific solvents and supporting electrolytes.

Tutorials (ex. adsorption/reduction of O₂ in various conditions/massive-porous electrode)

c/ Electro-analytical methods : Voltammetry (linear, triangular or cyclic potential scanning steady- and transient-state), chronopotentiometry, chronoamperometry.

d/ Electrochemical impedance spectroscopy for surface characterization (EIS) : Fundamentals : Principle, operating conditions, measurement of Impedance spectra, pseudo linear and steady state systems, Electrical circuit elements, Conventional Equivalent Circuit Models ; Examples and applications : Electron transfer, diffusion, corrosion, batteries...

e/ Corrosion (aqueous corrosion and protection against corrosion) : Definitions ; classification of the various forms of corrosion ; Thermodynamical and kinetics aspects ; Generalized and localized corrosion : Galvanic coupling, Differential Aeration, Pitting, Intergranular ; Protection against corrosion

PRÉ-REQUIS

Basis of thermodynamics, Redox potentials and reactions, E vs pH plots, ionic conductivity of electrolytes

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Electrochemical Methods : "Fundamentals and Applications"

A. J. Bard and L. Faulkner, 2001 ; John Wiley & Sons, ISBN-10 :0471043729 ISBN-13 :978-0471043720

MOTS-CLÉS

Electrochemical Kinetics, Electro-analytical methods, Electrochemical Impedance Spectroscopy, corrosion

UE	SOLID-STATE CHEMISTRY	8 ECTS	1^{er} semestre
EMSME1BM	Cours : 50h , TD : 15h , TP DE : 5h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

BARNABE Antoine

Email : barnabe@chimie.ups-tlse.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

This teaching unit consists in a first approach to inorganic structural chemistry. It aims to deal with the elucidation and description of the spatial order of atoms in a compound, with the explanation of the reasons that lead to this order, and with the resulting properties. It also includes the systematic ordering of the recognized structure types and the disclosure of relationships among them.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Basic crystallographic concepts :crystalline solid, symmetry in crystals, unit cell description, close packed structure, coordination number, space filling polyhedral) and examples of crystal structures and their complex ion variants (halite, rutile, fluorite, perovskite, spinel and their derivatives. Example of structure to properties relationships.

Introduction to powder X-ray diffraction & experimental methods :geometry and intensity of diffraction, atomic scattering and structure factor, peak shape profiling and microstructural analysis

Inorganic Solid State Chemistry : Chimie douce, crystal-chemistry, nanostructured materials

Polymer Chemistry : polyaddition, polycondensation, chemical modification, conducting polymers

PRÉ-REQUIS

Basic chemical knowledge concerning atomic structure, chemical bond theory and structural aspects is required

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Fundamentals of Crystallography, C . Giacovazzo, Oxford Science Publications Inorganic Crystal Structures, B.G. Hyde & S. Andersson, Wiley Interscience

MOTS-CLÉS

Solid state chemistry, crystallography, X-ray powder diffraction,

UE	PHYSICAL CHEMISTRY OF MATERIALS	4 ECTS	1^{er} semestre
EMSME1CM	Cours : 15h , TD : 10h , TP DE : 5h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

GOUGEON Michel

Email : gougeon@chimie.ups-tlse.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Acquire basic knowledge about chemical bonding, the band theory and the electrical properties of materials exhibiting metal, covalent, ionocovalent or ionic bonds. Discover the Kröger-Vink notation and the thermodynamics of defects and the influence of these last on the physical properties of materials .

Name and describe the atomic mechanisms of diffusion. Distinguish between steady-state and nonsteady-state diffusion. Get some insight about the physics and mathematics of diffusion (Fick's first and second laws). See the analogies between the phenomena of diffusion, migration, thermal conduction and viscosity. Tackle Nernst-Planck equation and relationships between transport properties in solution. Know the influence of temperature, matrix and diffusing species on the rate of diffusion

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Chemical bonding- electronic configuration of atoms- the periodic table - covalent bond - ionic bond - metallic bond : theory of Energy Band

Thermodynamics of the solid state - *Thermodynamics of defects* - *Point defects* : Shottky and Frenkel defects, extrinsic defects - *Kröger Vink notation*- *Extended defects* : line defects, dislocations ; plane defects : stacking fault ; crystallographic shears

Physical properties - *Electronic properties*- *Electronic conductivity* : metallic conductors, intrinsic, n and p type Semi-conductors - electron hopping - Insulators

Diffusion - phonons - *Diffusion mechanisms in solids*- the thermodynamic view of diffusion - *Fick's First law of diffusion*- the *Thermodynamic Force concept*, the Einstein, Nernst- Einstein, and Stokes - Einstein relations - the *Nernst Planck equation*- *Steady-state diffusion*- *Non Steady-state diffusion*- *Fick's Second Law of diffusion*- Diffusion in a semi-infinite solid - Gaussian and Error Functions - use of the *Laplace transform*- application to electrochemical experiments : chronoamperometry and chronopotentiometry - Factors influencing diffusion - Interstitialcy.

PRÉ-REQUIS

Basic knowledge in mathematics, physics, physical chemistry and materials chemistry

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Materials Science and Engineering : An Introduction W. D., Jr. Callister John Wiley & Sons ISBN : 0471736961

Physical Chemistry P. W. Atkins Oxford University Press ISBN 0-19-855731-0

MOTS-CLÉS

Electronic properties, band theory, chemical bonding, thermodynamics of defects, Fick's Laws of diffusion, Non Steady-state, Steady-state diffusion

UE	APPLICATION OF SURFACE TREATMENTS TO ENERGY STORAGE	4 ECTS	1^{er} semestre
EMSME1DM	Cours : 20h , TD : 10h , TP DE : 5h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

ARURAUULT Laurent

Email : arurault@chimie.ups-tlse.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

To get basic knowledges in surface treatments (cathodic deposits and conversion coatings) and to place them back into the context of electrochemical energy storage and conversion

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Part 1 : Electrochemical deposit (P. Simon)

Introduction to cathodic electrochemical plating

Key parameters controlling the electrochemical metal plating : current ;, potential, current distributions

Electrodeposition from complexant-free electrolytes : Cu, Zn, Ni

Electrodeposition from complexed metal cations : Au

Part 2 : Chemical and electrochemical conversion treatments (L. Arurault)

Introduction, surface pretreatments and (electro)machining of the metallic surfaces

Electrochemical conversion treatments (anodization, micro-arc oxidation)

Preparation and characterizations of AAO templates and nanodevices

Applications : electrolytic capacitors, selective solar absorbers, Grätzel cells

PRÉ-REQUIS

Basics in Chemistry in aqueous solution, basics in surface treatments and electrochemistry

MOTS-CLÉS

Surface treatments, AAO template, metal plating

UE	ENERGY STORAGE AND CONVERSION	6 ECTS	1^{er} semestre
EMSME1EM	Cours : 35h , TD : 15h , TP DE : 5h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

SIMON Patrice

Email : simon@chimie.ups-tlse.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

In this teaching unit, students will use all the basics acquired in Electrochemistry, Solid-state Chemistry and Characterization techniques to understand the Electrochemistry and the Materials Science existing behind the selection of redox systems for batteries applications. An overview of the main battery, capacitors and super-capacitors devices will be done, in both aqueous and non-aqueous electrolytes.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Capacitive Storage :

Basics in dielectric capacitors (electrostatic storage) ; materials for dielectric capacitors (polymers and ceramics) ; alumina-based and tantalum-based capacitors

Basics in Supercapacitors : double layer charge storage mechanisms, synthesis and characterization of carbonaceous materials for supercapacitors ; electrochemical signature of capacitive electrodes ; electrical performance

Aqueous Primary Cells :

The Zinc Anode in aqueous electrolytes.

Applications : Leclanché Cell (Zn/MnO₂ in NH₄Cl-based electrolyte) ; Alkaline Cell (Zn/MnO₂ in alkaline electrolyte), Zn/silver and Zn air cells

Non-Aqueous Primary cells : Li-metal coin cells

Aqueous rechargeable Cell :

Lead-acid battery ; sulphatation ; battery ageing ; applications

Non-aqueous rechargeable Cell :

Lion-ion batteries ; graphite negative electrode ; NMC, LFP, LMO positive electrodes ; electrolytes

Advanced Li-ion batteries : new anodes

New Chemistries : Li-Sulfur, Li-air, Na-ion batteries

PRÉ-REQUIS

Basics in electrochemistry, Solid-state chemistry, materials characterizations

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Handbook of Batteries

D. Linden, T. B. reddyMc Graw-Hill Editors, ISBN 0-07-135978-8

MOTS-CLÉS

Primary cells, secondary cells, batteries, aqueous electrolyte, organic electrolyte, electrochemical performance

UE	ENGLISH et FLE	2 ECTS	1^{er} semestre
EMSME1FM	TD : 30h , FLE - RI : 20h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

ANSART Florence

Email : ansart@chimie.ups-tlse.fr

Téléphone : 05 61 55 61 08

CONNERADE Florent

Email : florent.connerade@univ-tlse3.fr

UE	LANGUAGE MARSEILLE	2 ECTS	1^{er} semestre
EMSME1UM	TD : 30h , FLE - RI : 20h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

ANSART Florence

Email : ansart@chimie.ups-tlse.fr

Téléphone : 05 61 55 61 08

UE	PHYSICAL CHEMISTRY OF MATERIALS MARSEILLE	4 ECTS	1^{er} semestre
EMSME1VM	Cours : 15h , TD : 10h , TP DE : 5h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

ANSART Florence

Email : ansart@chimie.ups-tlse.fr

Téléphone : 05 61 55 61 08

UE	SOLID STATE CHEMISTRY MARSEILLE	8 ECTS	1^{er} semestre
EMSME1WM	Cours : 50h , TD : 15h , TP DE : 5h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

ANSART Florence

Email : ansart@chimie.ups-tlse.fr

Téléphone : 05 61 55 61 08

UE	GENERAL ELECTROCHEMISTRY MARSEILLE	6 ECTS	1^{er} semestre
EMSME1XM	Cours : 35h , TD : 15h , TP DE : 10h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

ANSART Florence

Email : ansart@chimie.ups-tlse.fr

Téléphone : 05 61 55 61 08

UE	MATERIALS SCIENCE AND MODELLING MARSEILLE	4 ECTS	1^{er} semestre
EMSME1YM	Cours : 20h , TD : 10h , TP DE : 5h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

ANSART Florence

Email : ansart@chimie.ups-tlse.fr

Téléphone : 05 61 55 61 08

UE	SURFACE ANALYSIS AND SPECTROSCOPIES MARSEILLE	6 ECTS	1^{er} semestre
EMSME1ZM	Cours : 35h , TD : 15h , TP : 5h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

ANSART Florence

Email : ansart@chimie.ups-tlse.fr

Téléphone : 05 61 55 61 08

UE	ENGLISH	2 ECTS	2nd semestre
EMSME2VM	TD : 30h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

ANSART Florence

Email : ansart@chimie.ups-tlse.fr

Téléphone : 05 61 55 61 08

UE	PHOTOVOLTAICS	4 ECTS	2nd semestre
EMSME2WM	Cours : 15h , TD : 5h , TP : 20h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

ANSART Florence

Email : ansart@chimie.ups-tlse.fr

Téléphone : 05 61 55 61 08

UE	ENERGY STORAGE AND CONVERSION 2	7 ECTS	2nd semestre
EMSME2XM	Cours : 25h , TD : 10h , TP : 25h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

ANSART Florence

Email : ansart@chimie.ups-tlse.fr

Téléphone : 05 61 55 61 08

UE	MATERIALS TECHNOLOGY AND FUEL CELLS	7 ECTS	2nd semestre
EMSME2YM	Cours : 25h , TD : 10h , TP : 25h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

ANSART Florence

Email : ansart@chimie.ups-tlse.fr

Téléphone : 05 61 55 61 08

UE	POLYMER ELECTROLYTES	10 ECTS	2nd semestre
EMSME2ZM	Cours : 30h , TD : 30h , TP : 30h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

ANSART Florence

Email : ansart@chimie.ups-tlse.fr

Téléphone : 05 61 55 61 08

GLOSSAIRE

TERMES GÉNÉRAUX

DÉPARTEMENT

Les départements d'enseignement sont des structures d'animation pédagogique internes aux composantes (ou facultés) qui regroupent les enseignants intervenant dans une ou plusieurs mentions

UE : UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Unité d'Enseignement. Un semestre est découpé en unités d'enseignement qui peuvent être obligatoire, optionnelle (choix à faire) ou facultative (UE en plus). Une UE représente un ensemble cohérent d'enseignements auquel est associé des ECTS.

ECTS : EUROPEAN CREDITS TRANSFER SYSTEM

Les ECTS sont destinés à constituer l'unité de mesure commune des formations universitaires de Licence et de Master dans l'espace européen depuis sa création en 1989. Chaque UE obtenue est ainsi affectée d'un certain nombre d'ECTS (en général 30 par semestre d'enseignement). Le nombre d'ECTS est fonction de la charge globale de travail (CM, TD, TP, etc.) y compris le travail personnel. Le système des ECTS vise à faciliter la mobilité et la reconnaissance des diplômes en Europe.

TERMES ASSOCIÉS AUX DIPLOMES

Les diplômes sont déclinés en domaines, mentions et parcours.

DOMAINE

Le domaine correspond à un ensemble de formations relevant d'un champ disciplinaire ou professionnel commun. La plupart de nos formations relèvent du domaine Sciences, Technologies, Santé.

MENTION

La mention correspond à un champ disciplinaire. Elle comprend, en général, plusieurs parcours.

PARCOURS

Le parcours constitue une spécialisation particulière d'un champ disciplinaire choisie par l'étudiant au cours de son cursus.

TERMES ASSOCIÉS AUX ENSEIGNEMENTS

CM : COURS MAGISTRAL(AUX)

Cours dispensé en général devant un grand nombre d'étudiants (par exemple, une promotion entière), dans de grandes salles ou des amphis. Au-delà de l'importance du nombre d'étudiants, ce qui caractérise le cours magistral, est qu'il est le fait d'un enseignant qui en définit lui-même les structures et les modalités. Même si ses contenus font l'objet de concertations entre l'enseignant, l'équipe pédagogique, chaque cours magistral porte la marque de l'enseignant qui le dispense.

TD : TRAVAUX DIRIGÉS

Ce sont des séances de travail en groupes restreints (de 25 à 40 étudiants selon les composantes), animés par des enseignants. Ils illustrent les cours magistraux et permettent d'approfondir les éléments apportés par ces derniers.

TP : TRAVAUX PRATIQUES

Méthode d'enseignement permettant de mettre en pratique les connaissances théoriques acquises durant les CM et les TD. Généralement, cette mise en pratique se réalise au travers d'expérimentations. En règle générale, les groupes de TP sont constitués des 16 à 20 étudiants. Certains travaux pratiques peuvent être partiellement encadrés voire pas du tout. A contrario, certains TP, du fait de leur dangerosité, sont très encadrés (jusqu'à 1 enseignant pour quatre étudiants).

PROJET OU BUREAU D'ÉTUDE

Le projet est une mise en pratique en autonomie ou en semi-autonomie des connaissances acquises. Il permet de vérifier l'acquisition des compétences.

TERRAIN

Le terrain est une mise en pratique encadrée des connaissances acquises en dehors de l'université.

STAGE

Le stage est une mise en pratique encadrée des connaissances acquises dans une entreprise ou un laboratoire de recherche. Il fait l'objet d'une législation très précise impliquant, en particulier, la nécessité d'une convention pour chaque stagiaire entre la structure d'accueil et l'université.

