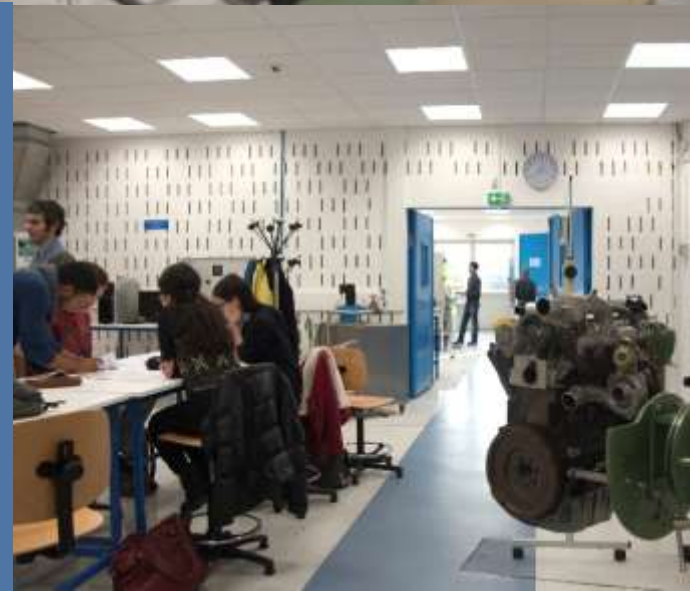


# Plateforme d'Ingénierie Expérimentale PIE Campus UPMC de Saint Cyr l'Ecole



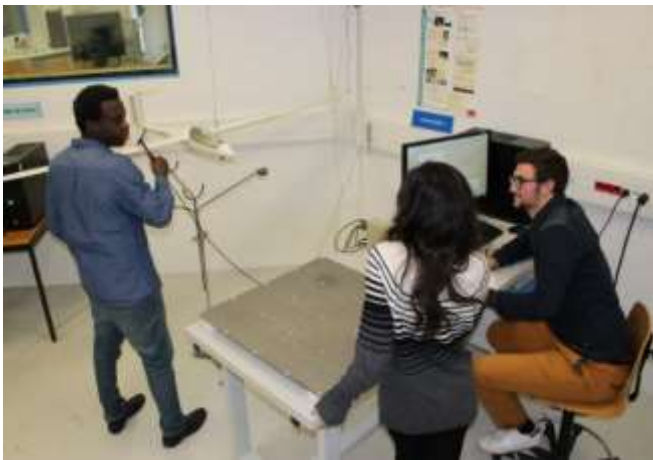
**Un espace de plus de 1500 m<sup>2</sup>** dédié à la pratique expérimentale au service des Sciences de l'Ingénieur

L'usage de technologies à l'état de l'art et de moyens de communication performants, et l'emploi de plates-formes pédagogiques sont autant de points forts qui facilitent la transmission des connaissances et du savoir-faire, et contribuent à la formation des étudiants et des professionnels.

- **Thématiques : Mécanique des fluides, Mécanique de Vibration, Résistance des matériaux, Acoustique, Fondements Energétiques, Efficacité énergétique, ENR, Electromagnétisme, Robotique**
- **60 expériences disponibles**

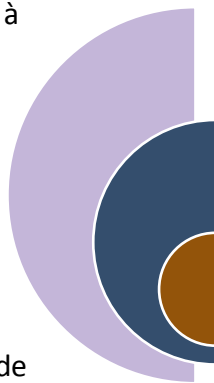
## Notre vocation, innovation pédagogique, dimension interdisciplinaire

La plateforme d'ingénierie expérimentale du campus de Saint-Cyr l'Ecole est le fruit de deux programmes d'investissement d'innovation pédagogique de l'UPMC et de Sorbonne Universités (programme licence 2011 et projet pour la pédagogie innovante Sorbonne Universités en 2015). La plateforme a pour but d'être intégrée à l'ensemble des formations initiales de l'UPMC, des établissements de Sorbonne Universités et à celles d'autres établissements (Ecoles d'ingénieurs, universités...). Elle est aussi un support essentiel aux formations continues proposées aux secteurs industriels.



Avec une vocation plus large que celle de travaux pratiques, les instruments mis à disposition sur la plateforme, le personnel technique, les enseignants chercheurs investis au sein du campus, rendent possible la réalisation et l'aboutissement de projets conséquents portant sur des sujets ancrés dans l'actualité scientifique.

Il est aussi possible de mettre à disposition les bancs expérimentaux pour des clients externes, PME, ETI, grands groupes et/ou leur sous-traitants pour de l'expertise, test d'idées et des développements R&D pour des entreprises avec accompagnement scientifique de l'équipe en place.



TP (Travaux Pratiques)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Séance calibrée</li><li>• Pédagogie interdisciplinaire</li><li>• Approche systémique complexe</li></ul>
FC (Formation Continue)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Revoir les fondamentaux</li><li>• Illustration pratique</li></ul>
PROJET, ARE	<ul style="list-style-type: none"><li>• Apprentissage par projet, individuel, groupe</li><li>• Industriel</li></ul>

## Un accélérateur de compétences

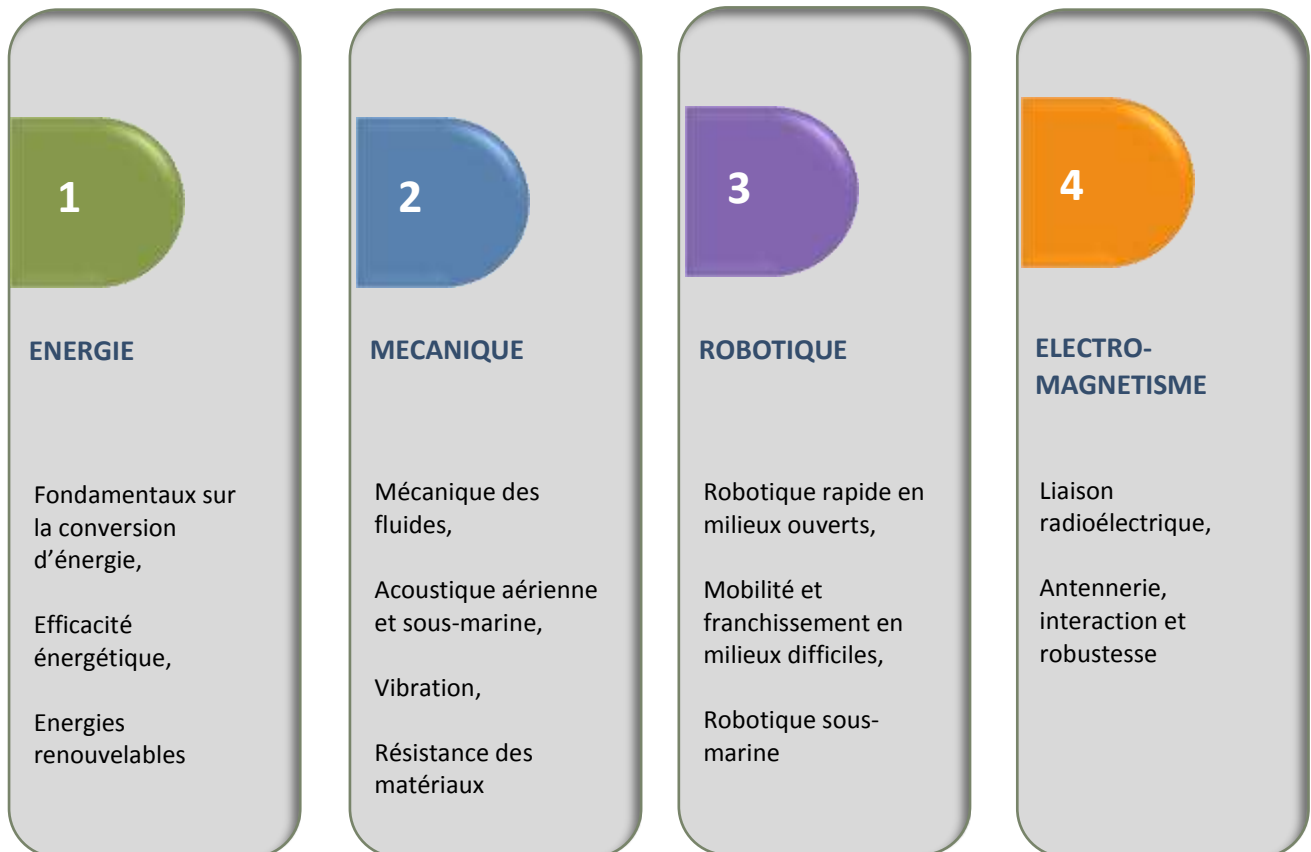
Les méthodes pédagogiques, qui donnent une large part à l'enseignement par projet pratique, sont généralement appréciées des étudiants. L'intégration également des nouvelles technologies et des nouveaux moyens de communication, le recours systématique aux plateformes pédagogiques sont des points forts qui facilitent la transmission des connaissances et de l'information, et favorisent la formation professionnelle des étudiants.

Lors de ces sessions expérimentales, le format de la plateforme d'ingénierie expérimentale privilégie le travail en groupe, et invite chaque étudiant à apporter sa contribution à la réalisation finale d'un projet. L'apport en termes de compétences transversales vise à un premier apprentissage par la pratique de concepts théoriques (mécanique des fluides et turbulence, concept énergétique de conversion d'énergie, mesure optique, capteurs et conditionneurs, systèmes de communication, prototypes illustrant les systèmes de conversion d'énergie, de mécanique) au travers des TP, puis des projets progressifs allant des niveaux L aux niveaux M :

- Acquisition de la maîtrise d'appareils spécifiques à la mesure, caractérisation de grandeurs et comparaison avec celles issues de la simulation numérique (caractéristiques temporelles ou et spatiales),
- Outil pour la mise en œuvre de la théorie
- Simplification des phénomènes observés (erreurs, incertitude, précision, exactitude, biais)
- Extrapolation de résultats expérimentaux
- Vision conditionnée de la réalité, expérience modèle
- Base des modèles
- Lois générales
- Explication de phénomènes
- Acquisition d'autonomie, d'organisation et de la capacité de travailler en équipe

## Nos champs thématiques

La plateforme d'ingénierie expérimentale a pour spectre 4 champs applicatifs et disciplinaires.

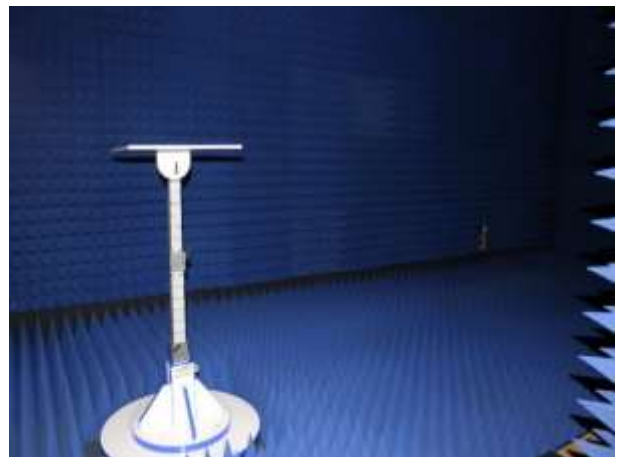


## Une pédagogie par expérimentation de haut niveau



Une zone entièrement réservée à la **mécanique des fluides** : profil d'aile, couche limite, écoulement autour d'un cylindre, écoulements laminaires air et huile, écoulements supersoniques (tuyère de Laval) permettent de confronter les modèles à la réalité. Des moyens de mesure modernes sont à la disposition des étudiants comme la **vélocimétrie par images de particules**.

Avec l'équipement d'une **chambre anéchoïque électromagnétique** équipée d'un système de pilotage à distance doublé d'un système de suivi vidéo en temps réel, les étudiants pourront dès à présent se familiariser à la caractérisation des rayonnements électromagnétiques émis par des antennes de télécommunications dans le domaine des micro-ondes.



Les ondes électromagnétiques émises par l'antenne étudiée sont absorbées par les parois (enduit graphite) et ne sont pas réfléchies vers celle-ci (absence d'écho), conformément à ce qui est observé en espace libre : on reproduit ainsi fidèlement l'environnement de fonctionnement ou de simulation. De plus, pour ne caractériser que le rayonnement de l'antenne étudiée et éviter l'influence des champs électromagnétiques extérieurs, la chambre anéchoïque est « faradysée » grâce à un blindage extérieur.

*La plateforme d'ingénierie expérimentale arme les étudiants afin d'appréhender les perspectives du changement économique et managérial soulevées par l'écologie industrielle dans les projets de la vie du produit, de sa conception à son recyclage.*

Les **énergies renouvelables (ENR)** sont désormais au centre de la **plateforme d'ingénierie expérimentale**. En effet, à l'heure où les objectifs environnementaux sont de plus en plus exigeants, les moyens de formation doivent pouvoir répondre aux enjeux stratégiques du développement des énergies nouvelles : des ressources pédagogiques innovantes (tracker solaire, panneaux photovoltaïques, éolienne) confrontent les étudiants à ces derniers et leur donnent les clés pour approfondir les différentes problématiques liées à leur utilisation.

Suivant le principe de l'héliostat, un **tracker solaire** à asservissement permet aux utilisateurs d'analyser sa production d'électricité journalière et son rendement puis de mettre en parallèle ces données avec celles récoltées auprès de modules photovoltaïques fixes pour une approche comparative, ce pour différents types de substrats.



La **maison solaire** permet par exemple d'effectuer un bilan énergétique dans une approche identique à celle des constructions BPOS. En ce qui concerne les aspects pédagogiques, le monitoring des performances des panneaux solaires peut suivre trois approches ; essais en chambre noire avec simulateur solaire de panneaux de différentes technologies et hybrides, comparaison de performances en conditions réelles avec analyse d'une base de donnée climatique, et enfin des essais des performances des panneaux avec suivi du solaire (tracker). L'ensemble des données sont consultables en temps réel et à distance. Le banc de mesure de

production photovoltaïque temps réel permet aussi la caractérisation  $I(V)$  de 5 technologies de panneaux solaires photovoltaïques (Monocristallin, HIT Heterojunction with Intrinsic Thin-layer, CIGS Copper indium gallium selenide, CdTe Cadmium telluride, Amorphe)



La plateforme donne accès à de nombreuses expériences **autour de la mécanique** et en particulier la mécanique des solides.

La détermination des modules d'élasticité de matériau par des essais mécaniques simples comme ceux de torsion et de traction permettent de mettre en évidence la relation entre les contraintes et les déformations dans le cadre de régime linéaire et d'en déduire le module d'Young  $E$  de poutres métalliques.



Des caractérisations ultrasonores des constantes d'élasticité, la mesure de la vitesse des ondes longitudinales dans les matériaux ou des ondes transverses au contact sont aussi traités. L'étude d'un pont suspendu permet de vérifier les conditions d'équilibre d'un pont suspendu avec un tablier à trois articulations et d'étudier l'hyperstaticité d'un tablier monolithe.

## Un apprentissage par projets encadrés

La plateforme d'ingénierie expérimentale permet la réalisation de projets complets, sur plusieurs journées, pouvant être effectués par un groupe d'étudiants ou dans le cadre de formation continue. De tels projets permettent d'exploiter entièrement et de façon exhaustive un certain nombre d'installations de façon croisée. Ils permettent également une réflexion plus poussée sur les phénomènes physiques et sur la pertinence des moyens de mesure utilisés.

Le **projet ROMARIN2** (UPMC-Sorbonne Universités) est un module d'enseignement par apprentissage destiné aux étudiants de L2 mécanique de l'UPMC et consacré à la conception et l'expérimentation d'un petit véhicule téléopéré **de type ROV** (Remotely Operated Vehicle) pour l'exploration sous-marine.

Une phase d'apprentissage guidé est destinée à l'étude théorique et à la maîtrise du montage d'un véhicule sous-marin dont les règles de conception sont imposées. Puis, lors d'une phase d'apprentissage par projet, les étudiants répartis en équipe devront faire évoluer la plateforme initiale du véhicule sous-marin (design, équipement) afin de respecter un cahier des charges nécessaire à la réalisation de missions types d'un ROV, telle que l'acquisition de données océanographiques par capteurs, la manipulation d'objets et la géolocalisation du véhicule. Toutes les phases de test et de calibration des capteurs s'effectuent sur le site de Saint-Cyr l'Ecole.

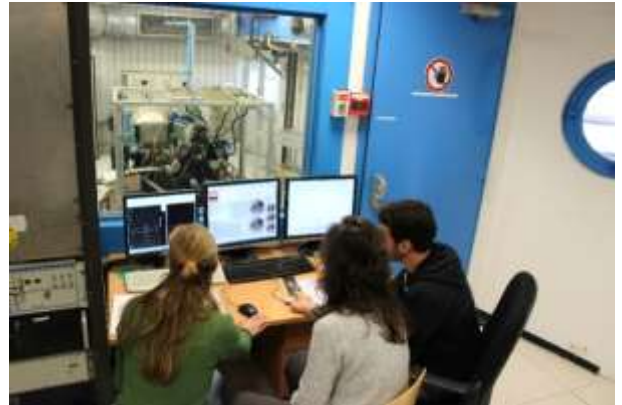


Ce projet permet aux étudiants de développer, non seulement, des connaissances et des compétences transversales en ingénierie, associant la mécanique des fluides, l'acoustique, la robotique et l'électronique mais aussi d'acquérir une première expérience dans la réalisation et la communication d'un projet technologique conduit en autonomie collaborative.

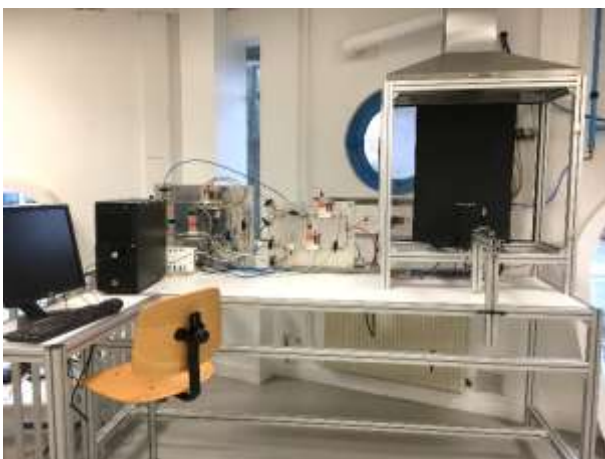


## Motorisation, carburant et pollution gazeuse

La réalisation d'essais complets sur banc moteur permet aux étudiants d'effectuer une cartographie complète des différents points de fonctionnement du moteur, de proposer une méthodologie permettant de déterminer si le moteur peut répondre aux normes d'un cycle NEDC, de mener une étude complète de la reproductibilité des mesures, d'apporter une réflexion sur le degré de pertinence des modèles en analysant des cycles théoriques sur des données expérimentales et enfin de comparer plusieurs solutions technologiques avec un post traitement



*Motorisation hybride, carburants de substitution, réduction de traînée, réduction de nuisances sonores, bilan carbone, optimisation des écoulements... les étudiants ont à leur disposition des outils et moyens importants pour les aider à développer leur projet de stage ou personnel.*



Le **phénomène de combustion** est ici étudié grâce à un dispositif expérimental pouvant intervenir sur la composition du carburant et/ou du comburant : un brûleur avec co-flow et débitmètres-régulateurs permet une analyse poussée des propriétés de flamme de diffusion ou de pré mélange.

*Conversion d'énergie optimale, réduction des gaz à effet de serre, optimisation des rendements et réduction des émissions polluantes gazeuses et sonores sont plusieurs exemples de sujets sur la thématique de l'énergie traités au sein de la plateforme.*

## Acoustique aérienne : imagerie, synthèse et caractérisation de sources sonores.

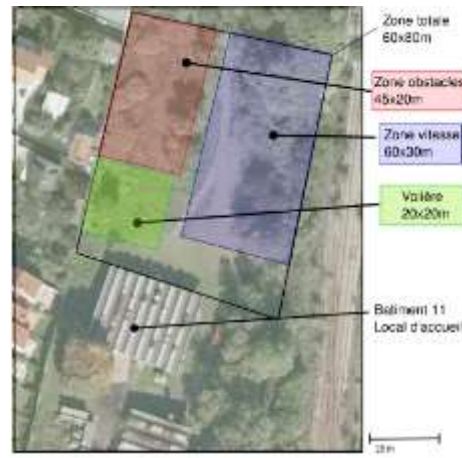


Avec un principe opposé à celui de la chambre anéchoïque, une **chambre acoustique** dite « réverbérante » a été conçue : les ondes acoustiques se réfléchissent complètement sur les parois et il en résulte un champ statistiquement uniforme. Cette pièce est utilisée aussi bien pour des travaux pratiques en enseignement (Master Spl Acoustique) que pour des essais en recherche (équipe MPIA – Modélisation, Propagation et Imagerie Acoustique – de l'institut d'Alembert).

Elle est actuellement équipée d'une antenne SonoCam (système d'acquisition de 128 microphones MEMS) face à un mur de 64 haut-parleurs qui permet la synthèse d'une scène sonore. De nombreuses expériences peuvent être réalisées, comme la visualisation d'un message sonore subliminal...

La **robotique** autonome (contrôle et commande, robot mobile et sous-marin)

Le développement et la mise au point de **systèmes de robotiques** par l'ISIR, couplés à des activités d'enseignement expérimental (Master SDI/SAR, Polytech'UPMC), ainsi que le terrain dédié aux essais, permettent aux étudiants de modéliser des interactions complexes environnement/structure et d'adapter la commande aux variations de l'environnement.



## La recherche, précurseur de l'enseignement

Située à proximité de laboratoires de recherche de l'UPMC spécialisés en combustion alternative et en dépollution, en acoustique aérienne et sous-marine (Institut Jean le Rond d'Alembert) ainsi que des laboratoires L2E (Laboratoire d'Electronique et Electromagnétisme) et ISIR (Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique), la plateforme d'ingénierie expérimentale de Saint-Cyr l'Ecole bénéficie de leur expertise dans ces domaines.

Certains des équipements présents sur la plateforme peuvent être utilisés par les chercheurs, la réciproque est également vraie. Certains étudiants (ou organismes externes) souhaitant aller plus loin dans l'étude d'un domaine particulier peuvent avoir accès à des équipements scientifiques sophistiqués utilisés dans les laboratoires de recherche.



# Plateforme d'Ingénierie Expérimentale

## ENERGIE

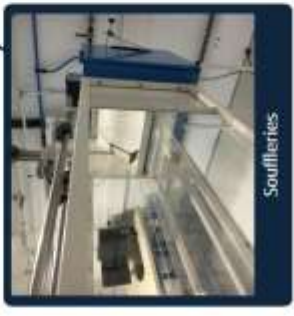
- Fondament Energétique
  - Analyse technologique - Démontage/ Montage d'une motorisation automobile
  - Changement de phase d'un corps pur et pression de vapeur saturante
  - Etude des gaz et machine thermique
  - Etude des lois de comportement de gaz
  - Compresseur alternatif - Cycle de compression
  - Turbine de système aif
  - Cycle froid et hygrométrie
  - Production de froid : machine frigorifique
- Combustion et pollution
  - Etude de la combustion : flamme laminaire, production de suies
  - Etude des enveloppes de flammes non-prémélangées d'hydrocarbures
  - Banc d'étude de la combustion dans une chaudière
  - Etude de la combustion dans une tuyère propulsive : ergols verts, support numérique
  - Etude de la combustion interne essence ou diesel dans un moteur
- ENR
  - Etude d'un système de conditionnement d'air
  - Pile à combustible
  - Centrale hydroélectrique
  - Centrale solaire
  - Centrale solaire
  - Etude du cycle de Rankine et de compression de vapeur
  - Optimisation, chauffage, gestion énergétique des bâtiments



Maison solaire autonome

## MECANIQUE

- Mécanique des fluides
  - Écoulement autour d'un profil d'aile
  - Écoulement autour d'un cylindre
  - Dés-étagement d'une courbe limitée
  - Loi de Poiseuille - Écoulement tube
  - Loi de Poiseuille - Écoulement air
  - Écoulement compressible
  - Etude d'une turbine Pelton
  - Etude d'une turbine Francis
- Acoustique aérienne
  - Synthèse de champ sonore (Wave Field Synthesis)
- Acoustique sous marine
  - Vibration
    - Traitement du signal & Analyse modale d'une aile de planeur
    - Traitement du signal & Analyse modale d'une plaque plane
    - Etude de l'absorbant dynamique accordé
    - Modèle de bâtiment à 2 étages
    - Modèle de bâtiment à étages
    - Mesure de coefficient d'absorption acoustique - Tube de Kundt
    - Etude de cordes vibrantes - Corde de Nylon
    - Vibrations longitudinales d'une poutre droite
    - Vibrations transverses d'une poutre droite
    - Etude dynamique d'un système masses-ressorts à 2 DOF
    - Etude d'une suspension automobile
    - Équilibrage dynamique d'un balourd
- RDM
  - Etats mécaniques de matériaux en traction, compression
  - Mesure de contraintes élastiques carbures en torsion
  - Mesure de contraintes élastiques de matériaux par vibrations
  - Mesure de modules d'Young de poutres en flexion
  - Mesure de contraintes de poutres en flexion
  - Etude du flambement de poutres
  - Etude d'un treillis - Poutre de Warren
  - Etude d'un pont suspendu
  - Etude mécanique d'une pelle d'une aile d'avion
  - Etude d'une enveloppe mince - Cylindre sous pression
  - Détermination de la mesure de souplesse d'un matériau orthotrope
  - Corrélation d'images pour l'étude d'un disque en compression



Souffleries

## ROBOTIQUE

- Robotique sous marine
  - Remorin
- Robotique mobile
  - Commande des systèmes dynamiques sous-alternés avec dérive
  - Modélisation des interactions complexes environnement-structure
  - Adaptation de la commande aux variations de l'environnement



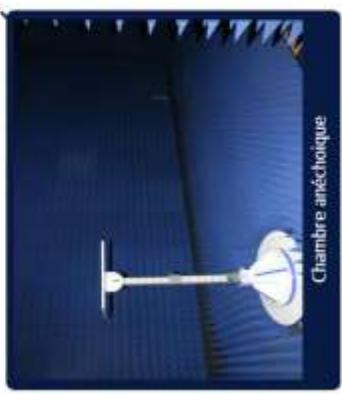
Robot mobile

## ELECTROINFORMATIQUE

- Liaison radioélectrique
- Antennes, interférence et couplage



Bassin d'expérimentation



Chambre anéchoïque

## Partenariat renforcé



## Nous rejoindre



### Nous rejoindre

Lieu des enseignements :  
Université Pierre et Marie Curie  
Campus de Saint Cyr l'Ecole.  
2 place de la Gare de Ceinture  
78210 Saint Cyr l'Ecole



Contact :  
Prof Philippe GUIBERT  
philippe.guibert@upmc.fr  
Université Pierre et Marie Curie  
Membre de l'Institut Jean Le Rond d'Alembert  
Tel 01 30 85 48 63  
Responsable campus de Saint Cyr l'École.  
Responsable de la Plateforme Expérimentale en Ingénierie  
Responsable du master SPI Énergétique et Environnement

#### En voiture

Coordonnées GPS  
48.801790, 2.076426  
+48° 48' 6.44", +2° 4' 35.13"

#### En train

De la gare MONTPARNASSE (SNCF, ligne N en direction de Plaisir Grignon) : 30 min  
De la gare d'AUSTERLITZ (RER C en direction de Saint Quentin en Yvelines) : 45 min  
De la gare de la DEFENSE (SNCF, ligne U en direction de La Verrière) : 30 min

## Site web et informations

<http://www.plateforme-theoreme-upmc.fr/>



