

*A la découverte du Plateau de Palaiseau...*

# PARCOURS ETABLISSEMENTS SCIENTIFIQUES

**ADPP**  
*A la découverte du plateau de Palaiseau*

Histoire  
sciences  
nature



# Liaisons de la vallée vers le plateau de Palaiseau

**A supprimer**

- Départ 1 :** Parking du stade de rugby d'Orsay (promenade de l'Yvette).
- Départ 2 :** Bois de Fourcherolles, parking de la promenade de l'Yvette (côté Villebon).

**Projet Révision en cours**



- Départ 3 :** Promenade de l'Yvette (côté de l'aire de jeu, Villebon).
- Départ 4 :** Angle de la rue des Prés et du chemin du Grimpre (passerelle de l'Yvette).
- Départ 5 :** Parking du stade Georges Collet, rue George Sand, Palaiseau.
- Départ 6 :** Centre social Les Hautes Garennes, rue Gustave Flaubert, Palaiseau.
- Départ 7 :** Ecole Epine Montain, rue Gallieni, Palaiseau.



# Préface

## *La Recherche sur le Plateau de Palaiseau : Exemples en Optique*

Le Plateau de Palaiseau, et plus généralement la zone Paris-Sud, réunissent une concentration exceptionnelle de laboratoires travaillant sur des sujets d'avant-garde, entre autres en optique.

Ainsi les questions les plus fondamentales concernant les bases de la Physique sont traitées, comme par exemple les concepts de la téléportation d'objets physiques étudiés dans certains laboratoires de l'Institut d'Optique.

En parallèle d'autres laboratoires, comme le Laboratoire d'Optique Appliquée (Ecole Polytechnique/ENSTA), poussent les sources lasers à leur limites, réalisant des impulsions optiques ultrabrèves de l'ordre de la femtoseconde ( $10^{-15}$  secondes et ultra-intenses (Puissances comptées en TeraWatt, c'est à dire celles de milliers de centrales nucléaires mais pendant les durées très brèves que l'on vient d'évoquer).

Dans les laboratoires de l'Ecole Polytechnique, de l'Université, de l'Ecole Supérieure d'Optique et des grands industriels (Thalès, Alcatel), des recherches sont menées pour appliquer ces avancées en optique aux énergies futures (fusion contrôlée), aux télécommunications, aux systèmes de défense (détection InfraRouge,...), aux sciences de l'atmosphère et à la biologie.

Dans cet environnement exceptionnel, les entreprises de haute technologie trouvent la matière de leur développement et de leur compétitivité.

On fabrique des lasers et détecteurs de tous types mais aussi des systèmes complets intégrant l'optique. Il ne s'agit pas seulement des grands industriels cités précédemment mais de nombreuses PME de toutes tailles. Des entreprises de 5 à 30 personnes vendent des lasers et plus généralement de l'instrumentation optique dans le monde entier. L'instrumentation pour le contrôle dans l'espace et dans le temps de la lumière laser est particulièrement florissante. Les laboratoires de recherche sont pour ces nouvelles entreprises à la fois des sources d'innovation et des clients clés.

**On voit ainsi se réaliser l'idée séduisante, mais peu souvent concrétisée, d'une recherche dynamique servant de terreau à une industrie nouvelle.**

**Daniel Kaplan**, de l'Académie des Sciences  
Co-fondateur et pdg de l'entreprise Fastlite

## *Poursuivons nos découvertes...*

« Ce n'est qu'un début » avait écrit Jean Guittet en titre de la préface à la toute première brochure éditée par l'association "A la Découverte du Plateau de Palaiseau - ADPP" pour l'ouverture de son parcours botaniques dans la forêt domaniale. C'était à l'occasion de la fête de la Science 2003.

Fidèle à ses engagements, ADPP, dont la raison d'être est de mieux faire connaître aux palaisiens toutes les richesses que recèle leur plateau, a donc poursuivi son « combat ». Un combat au demeurant fort pacifique.

Après avoir mis en valeur début 2005 l'histoire du plateau avec les habitats anciens, les rigoles, les fortifications, les grandes fermes, elle est heureuse de vous présenter ici, dans le cadre de l'année de la physique, son "Parcours établissements scientifiques".

### *... un modeste aperçu d'une activité scientifique intense...*

On ne pourra donner dans cette brochure qu'un modeste aperçu de toute l'activité scientifique de formation ou de recherche qui se développe là, sur notre plateau, si près du cœur de notre ville. D'abord parce que cette activité est très diverse, même si quelques grands axes peuvent y émerger, Daniel Kaplan en donne dans sa préface un exemple avec l'optique, mais aussi et surtout parce que les sujets traités, qui se situent à la pointe des recherches internationales, sont souvent d'un abord difficile. Tous ces sujets mériteraient de bien plus amples développements que ce que l'on pouvait envisager ici.

### *.....mais un aperçu qui ne demande qu'à être élargi....*

Aperçu modeste donc, mais nous espérons qu'il aiguïsera suffisamment votre curiosité pour vous donner l'envie d'en savoir plus.

Ce pourra être un des buts futurs de notre association que de poursuivre avec vous la démarche initialisée ici, soit dans le sens de l'approfondissement, soit dans celui de l'élargissement. Car si notre association, comme l'indique son nom, s'intéresse d'abord à l'activité scientifique développée dans les limites de notre ville, elle n'en oublie pas pour autant que celle-ci s'inscrit dans des périmètres beaucoup plus larges. Celui de la **CAPS** d'abord, la **Communauté d'Agglomération du Plateau de Saclay**. Celui du **Pôle Scientifique Île de France Sud** ensuite.

Les limites que nous avons mise à nos ambitions initiales avaient l'avantage de permettre une concrétisation relativement rapide de notre projet sous la forme d'un parcours pédestre de 2 à 3 heures, praticable par le plus grand nombre, et en particulier les scolaires, et permettant de mieux connaître des établissements ayant des vocations différentes.

D'autres boucles de même nature sont imaginables dans le cadre même de la CAPS : boucle sur les plateaux de Moulon ou de Saclay par exemple, boucle sur le campus universitaire d'Orsay....

Notre souhait est que d'autres associations locales s'intéressent à de tels projets et viennent diversifier et enrichir notre approche.

**Et si ainsi nous pouvons contribuer à donner à tous la fierté de ce qui s'accomplit ici, à deux pas de chez nous, si nous pouvons aider à communiquer à nos jeunes la passion des recherches scientifiques fondamentales ou appliquées, alors nous estimerons avoir atteint notre but.**

Le responsable du projet  
**Pierre Baratault**

#### **AVERTISSEMENT**

**La Science évolue très vite. Les Organismes de Recherche doivent en permanence adapter leurs structures et modes de fonctionnement à cette évolution. Vous n'aurez dans cette brochure qu'un "instantané" de la situation pris fin 2004 – début 2005. Mais vous y trouverez aussi de nombreux liens internet vous permettant de compléter ou mettre à jour les informations ici données.**



## *Bref historique.*

Jusqu'il y a une trentaine d'années, on ne connaissait guère du plateau de Palaiseau que ses grandes exploitations agricoles.

Les fortifications érigées à la fin du XIXe siècle pour la protection de Paris avaient bien été réoccupées au sortir de la guerre par les services techniques des armées ou des télécommunications, mais les activités qui s'y déroulaient ne faisaient pas beaucoup parler d'elle. Discrétion militaire sans doute, mais aussi isolement à l'abri des glacis, escarpes et contrescarpes.

On entendait parfois le rugissements de moteurs d'avions derrière les murs du fort principal occupé alors par l'**ONERA**, l'**Office National d'Etudes et Recherches Aérospatiales** qui avait installé là des moyens d'essais limités.

Peu de choses transparaissent par contre de la Batterie de l'Yvette, occupée alors par le **STTA**, le **Services Techniques des Télécommunications de l'Armée de l'air** qui y procédait à des essais de matériels de télécommunication et radars (la situation était idéale pour tester sur le trafic d'Orly de nouveaux radars). On ne savait pas non plus très bien ce qui se faisait à l'intérieur de la Batterie de la Pointe où le **CNET**, le **Centre National d'Etudes des Télécommunications**, mettait au point des matériaux nouveaux et procédait à des essais de matériels de communications.

Rien de comparable donc avec ce qui se passait alors dans le voisinage avec l'implantation du CNRS à Gif, de l'Université à Orsay, du CEA à Saclay. Mais l'attraction exercée par cet ensemble exceptionnel a largement favorisé un basculement dont on mesure aujourd'hui pour Palaiseau les conséquences.

C'est l'école **Polytechnique**, à l'étroit rue de la montagne sainte Geneviève à Paris, qui a initialisé le mouvement, malgré de nombreuses réticences. Et ce sont surtout les chercheurs de l'école qui ont poussé à la décision. Ils avaient alors très justement mesuré tout l'intérêt que pouvait présenter pour leurs activités un rapprochement géographique avec le pôle d'Orsay - Saclay.

L'école s'est installée sur le plateau en 1976. Elle est elle même maintenant centre d'attraction comme le montre l'implantation en cours sur son campus du centre de recherche de **THALES**, qui sera suivi à court terme par l'**Institut d'Optique** aujourd'hui sur le campus d'Orsay.

L'antenne palaisienne de l'**ONERA** s'est pour sa part largement développée. De nouveaux bâtiments ont été construits et des services de recherche de premier plan y ont été installés. Ce Centre est maintenant connu de tous Il pourrait à terme accueillir le siège de l'Office aujourd'hui situé à Châtillon sous Bagneux.

La Batterie de l'Yvette a été occupée par des laboratoires de l' **ENSTA**, **Ecole Nationale Supérieure de Techniques Avancées**. L'implantation principale de cette école, aujourd'hui à Paris, pourrait à son tour rejoindre le campus de Polytechnique dans les années à venir.

Si la plupart de ces décisions relevaient du Ministère de la Défense, les différentes instances publiques ont largement encouragé ce mouvement en favorisant l'implantation de nouvelles activités scientifiques sur le plateau.

Cela se traduit aujourd'hui aussi bien au niveau de la Ville, qui réserve dans son projet de **PLU** ou Plan Local d'Urbanisme des surfaces dédiées à ces types d'activités, qu'au niveau de la **CAPS**, la **Communauté d'Agglomération du Plateau de Saclay**, dont c'est l'une des compétences majeures, en particulier pour ce qui concerne les voiries et transports urbains facilitant l'accès au plateau.

Les relais sont assurés au niveau du Département et de la Région. Ils ont par exemple largement contribué au choix de **Danone** en faveur de Palaiseau pour l'implantation de son centre de recherche. Et toutes ces actions s'inscrivent dans un cadre national faisant de l'**Ile de France Sud** un pôle scientifique majeur en France. Le choix de St Aubin pour le synchrotron "**Soleil**" en donne l'illustration.

**C'est donc à la fois la vision et la volonté d'une communauté scientifique de renom et des volontés politiques à tous niveaux, maintenues constantes au fil du temps, qui font qu'aujourd'hui, Palaiseau peut s'enorgueillir d'héberger des Centres de Recherche portant son nom partout de par le monde.**

0000000000







## **Comment partir à la découverte... ...des établissements scientifiques du plateau.**

Le parcours pédestre proposé emprunte les chemins du plan communal de randonnée de Palaiseau et représente environ 7 km. On peut y accéder à pied depuis le centre de Palaiseau ou depuis les gares du RER par le sentier de la vallée française qui s'amorce sur la droite du cimetière et conduit au point de départ des parcours de découvertes du plateau, proche des entrées de l'ONERA, du quartier des Joncherettes et de la forêt domaniale.

Dans sa forme à actuelle, la boucle proposée permet également la découverte des rigoles alimentant les étangs de Saclay, des sites de fouilles archéologiques, des fortifications et des grandes fermes. Se référer pour plus d'informations à la brochure "Parcours Histoire" éditée par ADPP.

Une version plus courte du parcours "Etablissements scientifiques" traversant le campus Polytechnique est projetée mais ne pourra être ouverte qu'à l'issue des grands chantiers de construction en cours sur le site.

Le **dépliant** édité par l'association avec le soutien de la Communauté d'Agglomération du Plateau de Saclay est le support recommandé pour votre randonnée. Il est disponible en différents endroits publics (Mairie, médiathèque...) ou auprès de l'association. Il vous aidera à vous situer lors de votre parcours et rappelle, sous forme résumée, les principales informations figurant dans la présente brochure.

Cette brochure a pour sa part un double objectif :  
Fournir aux accompagnateurs de sorties organisées, scolaires, centres de loisirs ou autres, des informations plus détaillées que celles pouvant figurer sur le dépliant pour aider dans la préparation de ces sorties et des commentaires d'accompagnement.  
Permettre à tous ceux qui le souhaitent d'aller un peu plus loin dans la connaissance de l'environnement scientifique de notre ville.

Six grands établissements de recherche du plateau sont ici présentés. Et comme on a volontairement distingué pour Polytechnique ses fonctions de grande école, de centre de recherche mais aussi sa pépinière d'entreprises innovantes, on a été ainsi conduit à définir huit étapes ou chapitres qui, dans l'ordre où on les rencontre en cheminant à partir du point de départ des parcours découverte sont les suivantes :

<b>1- ONERA</b> <b>2- ENSTA</b> <b>3- Ecole Polytechnique</b> <b>4- Centre de Recherche Polytechnique</b>	<b>5- Pépinière d'entreprise X – Technologies</b> <b>6- Institut d'Optique</b> <b>7- Thales Recherches et Technologies</b> <b>8- Danone Vitapole</b>
--	---

Pour chacun de ces établissements ou entités, on s'efforce de répondre aux questions suivantes :

- *Quel est cet établissement ? Que signifie son sigle ? De qui dépend-il ? Depuis quand est-il là ?*
- *Quelle est sa vocation au sein de la structure dont il dépend ?*
- *Qu'y fait-on exactement ? Qui y travaille, combien de personnes, quelles qualifications ?*
- *Comment y travaille-t-on : grandes lignes de l'organisation, répartition des surfaces .... ?*
- *Quels grands moyens met-on en oeuvre (particulièrement ceux qui sont perçus de l'extérieur sous diverses formes, bruits, vapeurs...) ?*
- *Qu'y a-t-on réalisé de particulièrement remarquable ces dernières années ?*

Un dernier chapitre enfin est consacré à l'environnement scientifique du plateau de Palaiseau avec une attention particulière portée aux associations "Île de Science" et "Optics Valley".

Les adresses des sites internet permettant d'aller encore plus loin dans la connaissance de ces diverses entités sont indiquées à chacun des chapitres et rappelées en fin de brochure.

oooooooo







Qu'est-ce que c'est ?

*Dans l'enceinte de l'ancien fort de Palaiseau, l'*

**Premier acteur en France et fédérateur de la recherche aéronautique et spatiale**, l'**ONERA** opère principalement au bénéfice de l'industrie du secteur, des agences spatiales et des agences de défense de l'Union Européenne. Il mène des études d'expertise, de faisabilité, d'aide aux spécifications, de recherche amont ou appliquée et de concepts.

#### Ses missions :

- Orienter et conduire les recherches dans le domaine aérospatial,
- Valoriser ces recherches pour l'industrie,
- Fournir à l'industrie prestations et assistance technique,
- Conduire des actions d'expertise au bénéfice des Ministères de la Défense et de l'Industrie,
- Former des chercheurs et ingénieurs

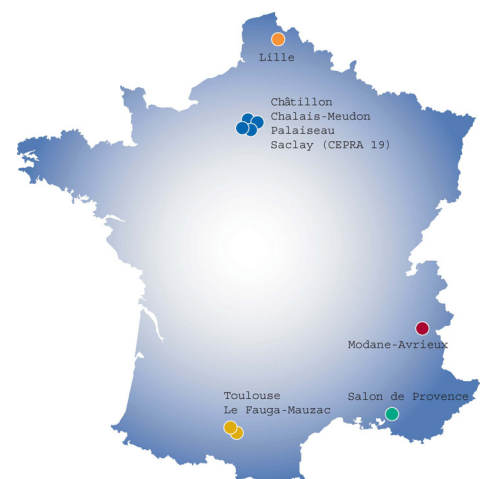
#### Son profil :

ONERA

- Etablissement public scientifique et technique à caractère industriel et commercial créé en 1946 et placé sous la tutelle du Ministre de la Défense.
- Site de Palaiseau ouvert en 1947, dans l'enceinte de l'ancien fort et aménagé dans sa configuration actuelle à partir de 1958. Accueille actuellement un effectif de 330 personnes dans 34 000 m<sup>2</sup> de surfaces bâties sur un terrain de 19 hectares.

**L'ONERA** a son siège à Châtillon (92) et compte 8 centres en France où travaillent au total près de 2000 personnes dont plus de 1200 chercheurs, ingénieurs et techniciens.

- Il gère des grands moyens d'essais, dont le premier parc européen de souffleries.
- Il collabore étroitement avec ses homologues du monde entier,
- Son budget annuel avoisine 190 M€, dont 40% environ financés par subvention de la Défense et 60% par des contrats émanant d'agences gouvernementales ou européennes ou de l'industrie.





*Qu'est-ce qu'on y fait ?*

Les activités de l'**ONERA** reposent d'une part sur 17 départements scientifiques, dont un laboratoire mixte ONERA-CNRS, et d'autre part sur une Direction des Grands Moyens Techniques.

Les départements sont regroupés en quatre branches scientifiques sous responsabilité de la Direction Scientifique Générale. Ces branches traitent respectivement de :

- Mécanique des fluides et énergétique
- Matériaux et structures
- Physique
- Traitement de l'information et systèmes

Les départements opérationnels suivants sont représentés au **centre de Palaiseau** :



ONERA Palaiseau. L'entrée chemin de la Hunière et des Joncherettes

### **Electromagnétisme et radar :**

Amélioration des systèmes existants et définition de systèmes futurs dans les principaux domaines d'application de l'électromagnétisme que sont le radar, la furtivité, la compatibilité électromagnétique, la guerre électronique et les télécommunications.

### **Mesures physiques :**

Développement et exploitation de capteurs, d'instruments et de techniques de mesures au profit de recherches expérimentales et de validations de code de calcul dans les domaines aéronautiques et spatiaux tels que l'aérodynamique, l'énergétique, les matériaux, l'environnement atmosphérique, la géodésie et la physique fondamentale.

### **Optique théorique et appliquée :**

Prospective et recherche dans le domaine de l'optronique au service de l'aéronautique, de l'Espace et des systèmes militaires. Modélisation de la scène optronique et de données thermo-optiques. Conception et réalisation d'instruments passifs. Concepts d'imagerie haute résolution. Systèmes laser.

### **Energétique fondamentale et appliquée :**

Modélisation mathématique et expérimentation de l'aérothermique et de l'aérothermochimie appliquées à tous les types de propulseurs aérospatiaux (turboréacteurs, statoréacteurs, superstatoréacteurs, moteurs fusées à propergol solide et à ergols liquides) dans le cadre de nouveaux concepts de propulseurs de générations futures.



ONERA Palaiseau Vue intérieure

### **Matériaux métalliques et procédés :**

Conception, élaboration et étude de matériaux métalliques pour utilisation dans les avions et les turbomachines : superalliages pour aubes et disques, revêtements protecteurs et barrières thermiques pour aubes de turbines, alliages à base d'aluminium et de titane. Etudes prospectives de nouveaux matériaux métalliques pour utilisation à haute température.

### **Matériaux et systèmes composites :**

Conception, mise au point et amélioration de matériaux composites et de leurs procédés de fabrication.

### **Prospective et synthèse :**

Coordination des études à long terme sur des filières technologiques et des concepts novateurs en valorisant les synergies entre les différentes disciplines maîtrisées par l'ONERA.

*Qui y travaille et comment ?*

La politique à long terme de l'ONERA est préparée en concertation avec les Organismes d'Etat concernés (DGA pour les activités militaires, DGAC pour les avions civils, CNES pour l'espace,...) et les grands industriels du domaine (EADS, SNECMA, Dassault, THALES,...). Sont ainsi définies annuellement les priorités de recherches et les sources de financements.

Les travaux sont ensuite répartis entre les différents départements scientifiques et centres, en fonction des compétences, charges et moyens disponibles.

Les recherches sont fréquemment menées dans le cadre de conventions passées avec d'autres organismes de recherche - c'est particulièrement le cas avec l'homologue allemand de l'ONERA, le DLR - ou avec des industriels.

Les résultats des recherches sont généralement publiés et mis à la disposition de l'industrie, dans des conditions qui dépendent des clauses de confidentialité des conventions. Ainsi les industriels finançant des travaux peuvent conserver l'exclusivité des résultats.



Ancien fort et constructions récentes

A **Palaiseau**, 20% de la surface bâtie est consacrée aux laboratoires et aux moyens d'essais.

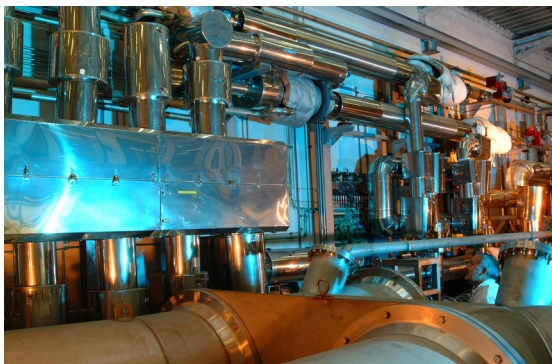
Les effectifs permanents du centre comprennent environ 200 ingénieurs et cadres, 80 techniciens et 30 ouvriers et employés

La structure générale de l'ancien fort peut encore être distinguée malgré un comblement partiel des douves. Et l'actuelle direction d'établissement s'efforce de maintenir en l'état les parties du fort non utilisées comme par exemple la caponnière du saillant Sud-Ouest.

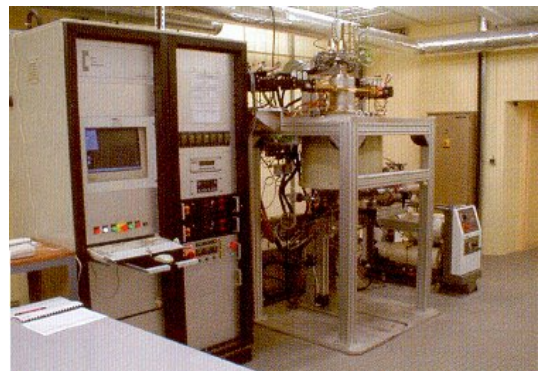
Les travaux de recherches s'effectuent en suivant les mêmes méthodes de travail que celles déjà décrites pour les établissements voisins du plateau : échanges entre chercheurs en salles de réunions, modélisations sur ordinateurs et expérimentations. Le relais est ensuite assuré par l'industrie pour les applications : développements complémentaires et mise en place des moyens de production.

La particularité du site est de disposer de moyens d'expérimentation dédiés aux essais de chambres de combustion de moteurs d'avions. Les palaisiens situés dans le voisinage et qui entendent parfois des bruits assimilables à ceux de sirènes n'ont pas à s'alarmer : on est en train de préparer l'avenir en cherchant entre autres à réduire les nuisances sonores des avions, bien plus souvent gênantes pour tous les palaisiens.

Le centre de Palaiseau accueille en permanence une trentaine de doctorants ou post-doctorants et environ 25 apprentis et stagiaires. Plusieurs de ses chercheurs assurent en outre des fonctions d'enseignement.



Banc d'essais moteurs M1



Réacteur préindustriel permettant de réaliser des dépôts sur des aubes de turbines



*De quels moyens particuliers dispose-t-on ?*

Parmi les multiples grands moyens d'études ou expérimentations installés à Palaiseau, nous prendrons deux exemples : le banc d'essais "Mascotte" pour l'étude de la propulsion de lanceurs spatiaux et la chambre sourde "Babi" pour l'étude de la détectabilité d'objets par radars.

**Le banc d'essais MASCOTTE** (Montage Autonome Simplifié pour la Cryocombustion dans l'Oxygène et Toutes Techniques Expérimentales)



Infrastructure « MASCOTTE »

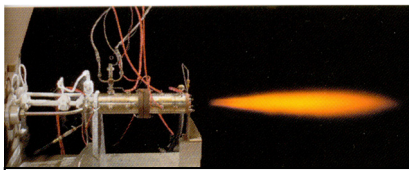
Quand on longe le site de l'ONERA, on peut être intrigué par l'enchevêtrement de tuyauteries et les nombreux réservoirs de stockage de fluides que l'on découvre alors. Il s'agit là de "l'intendance" nécessaire pour préparer la propulsion spatiale de demain après avoir contribué aux succès de celle d'aujourd'hui.

On étudie en effet sur le banc "Mascotte" comment s'amorce et se maintient la combustion de différents ergols dans l'oxygène aux températures très basses qui résultent de la décompression de ces gaz préalablement liquéfiés et stockés sous hautes pressions.

Pour les lanceurs Ariane qui utilisent l'hydrogène et l'oxygène liquide, on a ainsi analysé les instabilités de la flamme de propulsion, les transitions aux allumages... et contribué à leur maîtrise.

Pour le futur, on étudie l'emploi d'ergols susceptibles de remplacer l'hydrogène, comme par exemple le méthane qui, à capacités de propulsion identiques, nécessite un volume de stockage moindre et pourrait être mis en œuvre sur des lanceurs réutilisables.

De puissants moyens informatiques permettent le contrôle des expériences et l'analyse des résultats.



Exemple de flamme de propulsion

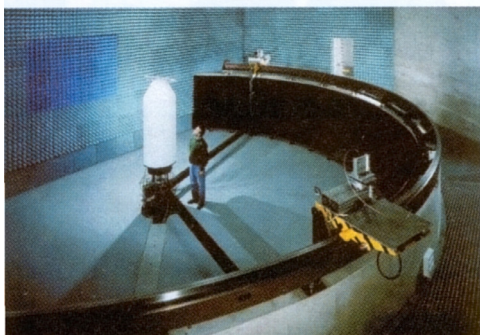
Salle de contrôle des expérimentations



**La chambre d'essais BABI** ( Banc d'Analyses Bistatiques)

On a beaucoup parlé lors des derniers conflits des avions furtifs qui échapperaient aux radars. Dans le langage des spécialistes, ces avions sont dits posséder une faible "surface équivalente radar", c'est à dire qu'ils se comportent vis à vis des radars qui les illuminent comme des miroirs de très très petites dimensions ne renvoyant donc vers ces radars que des échos non discernables du bruit ambiant.

Cette surface équivalente peut varier considérablement suivant l'angle d'observation (c'est la raison pour laquelle on équipe les petits bateaux de trièdres réflecteurs qui ont la propriété de renvoyer toujours la même quantité d'énergie quel que soit la direction et permettent donc aux radars des bateaux ou avions de secours de les détecter quelque soient les conditions de mer).



Chambre sourde « BABI »

Des codes de calcul très puissants ont été développés pour modéliser ces effets et en tenir compte dans la conception aussi bien des avions, bateaux... que des radars. Mais des mesures restent nécessaires pour valider ces codes ou analyser finement des phénomènes non encore modélisables. C'est le rôle du banc Babi qui présente l'avantage de pouvoir régler indépendamment l'une de l'autre les positions des sources d'émission et de réception (d'où l'appellation "bistatique") alors que ces sources sont habituellement confondues sur un radar.

Dans une chambre sourde, c'est à dire une pièce dont les murs sont munis de pyramides chargées en carbone pour absorber les ondes qui par réflexions viendraient perturber les mesures, on dispose sur un plateau tournant l'objet à analyser.

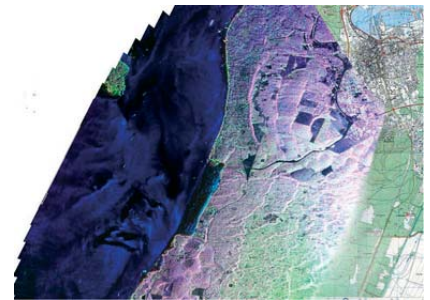
Une antenne d'émission et une antenne de réception pouvant être déplacées sur un rail circulaire permettent l'illumination de l'objet et la mesure de ce qu'il réfléchit. C'est ensuite par des traitements complexes des signaux émis et réfléchis que l'on est en mesure de restituer la surface équivalente radar de l'objet sous différents angles et ce pour différentes fréquences et différentes polarisations des ondes émises.

*Qu'est-ce qu'on y a fait de remarquable ?*

## L'imagerie radar

Les appareils photographiques installés sur des avions ou satellites permettent d'obtenir des images du sol de très haute résolution aussi bien de jour, dans le domaine du visible, que de nuit, dans le domaine de l'infrarouge. Mais quand les zones à photographier sont sous couverture nuageuse, ces moyens sont inopérants.

C'est là où le radar possède un avantage déterminant. Les ondes qu'il utilise peuvent traverser les nuages et même, si elles ne sont pas trop élevées, le couvert végétal permettant ainsi de voir sous les arbres. Autres avantages du radar, sa résolution, exprimée en mètres ou décimètres, est indépendante de la distance et il se prête bien à la mesure du relief.



Une image radar



RAMSES sur avion Transall

Pour disposer de tous les éléments nécessaires à la conception de tels radars, l'ONERA a réalisé un véritable banc d'essais volant installé sur avion de transport Transall et capable de fonctionner à différentes fréquences, avec différentes formes d'ondes. C'est RAMSES (RADAR Multi-Spectral d'Etudes de Signatures)

Plusieurs campagnes d'essais ont lieu chaque année, généralement à partir du Centre d'Essais en Vol d'Istres. C'est une équipe basée à Palaiseau qui a en charge la préparation de ces essais et l'interprétation de leurs résultats.

Les applications sont soit de type militaire, par exemple pour l'équipement d'avions de reconnaissance (c'est le cas en France avec les Mirage F1 CR qui ont contribué, entre autres en Yougoslavie, à l'obtention de renseignements indépendamment des sources américaines), soit de type civil avec comme exemple les satellites Spot 5 délivrant des images radar utiles entre autres en agriculture.

## Le laboratoire d'élaboration des matériaux métalliques.

De l'extérieur de l'ONERA, on voit surtout des bureaux. Mais lorsqu'on y regarde de plus près depuis la forêt, on peut distinguer des installations, pas toujours très encourageantes pour le promeneur du fait des nombreuses arrivées électriques indiquant une consommation sans commune mesure. Que fait-on donc dans ces laboratoires ?

En fait, on y pratique un jeu passionnant de création de nouveaux matériaux. L'ensemble des éléments du célèbre tableau de Mendeleïev y est trituré dans tous les sens, pour fabriquer de nouveaux matériaux métalliques (alliages à base d'aluminium, de titane, de nickel, de niobium...) utilisés pour la réalisation des principales pièces d'un moteur d'avion à réaction : le disque et les aubes, au cœur du compresseur et de la turbine servant à la propulsion.

Les métallurgistes disposent d'un ensemble d'outils pour fondre la matière (fours à induction, four à arc, four à plasma), la mélanger (creuset froid), diriger sa orientation cristalline (four pour monocristaux), la diviser (unité de production de poudre), la compacter (presse isostatique à chaud), l'extruder (presse à filer) et protéger thermiquement tous ces nouveaux matériaux (laboratoire de dépôt par pulvérisation) afin qu'ils résistent au mieux aux contraintes thermiques, mécaniques et environnementales de plus en plus sévères qu'ils doivent subir au cours de leur vie.



Four à plasma

Dans le domaine des assemblages, une nouvelle technologie vaut le détour, puisqu'elle risque d'intéresser le grand public dans quelques années. Il s'agit du soudage par friction malaxage ! A quoi cela peut-il servir ? La majorité des cellules d'avions est en tôles d'alliages d'aluminium assemblées par rivetage. Cette technologie éprouvée présente néanmoins des inconvénients (poids du fait de la superposition des tôles pour le rivetage, vulnérabilité des zones rivetées, etc...) et c'est une nouvelle technique, développée en Grande Bretagne en 1991, qui fait l'objet d'études à ONERA. L'avantage de cette technique par rapport à l'assemblage mécanique (rivet) ou au soudage (fusion locale du métal) est qu'elle n'entraîne ni de surépaisseur (d'où allègement) et ni de fusion (malaxage à l'état solide des deux parties à assembler). Cette absence de fusion permet de peu détériorer les propriétés structurales et mécaniques des alliages métalliques.

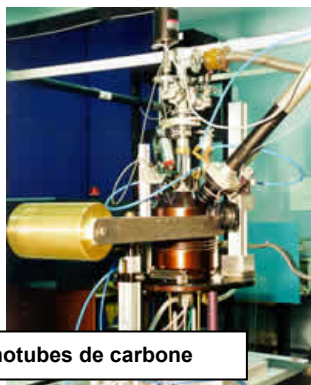


Le grand public verra certainement cette technologie dans des objets plus usuels, comme les pièces structurales d'automobiles, de TGV ou de navires grande vitesse où les alliages d'aluminium sont aujourd'hui souvent omniprésents.

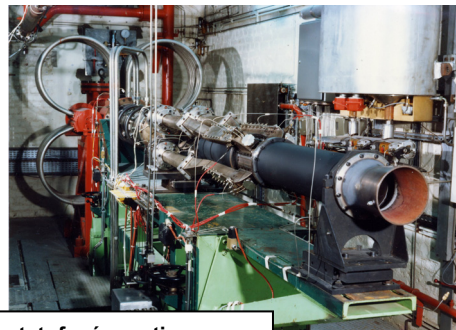
Trois exemples de recherches récentes :



1- Soudage par friction malaxage



2- réacteur pour nanotubes de carbone



3- statofusée rustique

...et un autre exemple...

### TIMBRE-POSTE, un moyen d'essai optronique performant

L'**ONERA** a développé l'instrument **TIMBRE-POSTE** (Télescope d'Imagerie Multispectrale à Barrettes REgistrables Pour l'Observation de type Satellitaire de la TERre), équipé d'une voie visible et de deux voies infrarouge. Monté à bord d'un hélicoptère, ou bien installé sur un point haut, cet instrument fournit des images en luminance des scènes au sol, avec de très hautes résolutions spatiale et radiométrique.

Timbre-Poste a pour mission d'acquérir des données sources visant à étudier, spécifier et optimiser les futurs systèmes d'observation infrarouge. Opérationnel depuis 1998, il sert de multiples finalités : observation satellitaire, reconnaissance aérienne de nouvelle génération, identification air-sol par analyse multispectrale, guidage terminal de missiles, validation de codes de simulation.



TIMBRE-POSTE  
en vol sur hélicoptère  
. PUMA



TIMBRE-POSTE  
en essais au sol  
sur tour



Crédits photos :

ONERA

Reproduction interdite sans autorisation

Document établi par ADPP avec la collaboration et sous le contrôle de l'ONERA - Médiation Scientifique  
Mme Marie-Claire COET Tel : 01.46.73.49.38  
Site internet ONERA à visiter pour informations complémentaires : [www.onera.fr](http://www.onera.fr)

*Qu'est-ce que c'est ?*

***Dans l'enceinte de l'ancienne Batterie de l'Yvette, des laboratoires de l'***



### La vocation de l'école:

"Former des ingénieurs polyvalents aptes à assurer la conception, la réalisation et la direction de systèmes industriels complexes dans l'environnement économique international"

### Son profil

L'Ecole Nationale Supérieure de Techniques Avancées (ENSTA) a été créée en 1968 par décision du Ministère des Armées confirmée par décret en 1970.



Par cette décision, étaient regroupées sous une appellation unique quatre écoles d'applications spécifiques de l'Ecole Polytechnique :

- L'Ecole Nationale Supérieure du Génie Maritime, créée en 1741, pour constituer le corps des ingénieurs constructeurs de la marine militaire.
- L'Ecole des Ingénieurs Hydrographes, elle aussi à ancienne tradition, corps créé en 1814.
- L'Ecole Nationale Supérieure de l'Armement, créée en 1936.
- L'Ecole Nationale des Poudres créée en 1900.

Ces 4 écoles avaient initialement été conçues pour instruire, dans leurs activités respectives, les ingénieurs militaires que l'Etat recrutait essentiellement à l'Ecole Polytechnique pour les besoins de la Défense Nationale. Mais depuis ses origines, l'Ecole du Génie Maritime s'était ouverte à des élèves civils se destinant à faire carrière dans l'industrie. Aussi la nouvelle ENSTA reçut-elle la mission de continuer à accueillir des Polytechniciens dans le cadre de leur école d'application mais aussi de former des ingénieurs civils dans toutes les options proposées antérieurement par les différentes écoles.

Depuis 1994, l'ENSTA est devenue un établissement public à caractère administratif sous tutelle du Ministère de la Défense, doté de l'autonomie administrative et financière. Ses activités sont réparties sur deux sites :

- le site de Paris, Boulevard Victor, accueille la direction de l'école et trois de ses laboratoires de recherche, c'est également là que sont dispensés les enseignements.
- le site de Palaiseau a accueilli en 1972 les laboratoires de Mécanique et d'Optique Appliquée dans les locaux de la Batterie de l'Yvette laissés vacants par le Service Technique des Télécommunications de l'Armée de l'Air.

En 2004/2005, l'ENSTA compte 525 étudiants dont 15% de nationalité étrangère, 60 doctorants, près de 50 enseignants chercheurs permanents et 120 chercheurs associés. L'école fait en outre appel chaque année à près de 750 enseignants vacataires.

En matière de relations internationales, elle a conclu une quarantaine accords d'échanges, partenariat et double diplôme avec des universités étrangères. Elle conduit une grande partie de ses recherches dans le cadre de coopérations, certains de ses laboratoires étant mixtes, notamment avec Polytechnique et le CNRS.



L'ENSTA, Bd Victor à Paris XV<sup>ème</sup>



*Qu'est-ce qu'on y fait ?*

## L'école d'ingénieurs

L'ENSTA fait partie du noyau d'écoles du **groupe A** (les 12 écoles d'ingénieurs et de commerce les plus réputées de France). Elle délivre annuellement environ 160 ingénieurs et recrute en première année sur le concours Mines Ponts une centaine d'étudiants, puis en seconde année une cinquantaine de Bac + 4 scientifiques français et étrangers et enfin en dernière année des polytechniciens.

L'Ecole propose à ses élèves une formation d'**ingénieurs généralistes** aptes à assurer la conception, la réalisation et la direction de systèmes industriels complexes, sous des contraintes économiques fortes et dans un environnement international. Pour ce faire, elle dispense un programme de formation très souvent actualisé en fonction de l'évolution des techniques de pointe complété par des enseignements de langues, de culture générale, de droit et d'économie.

L'enseignement s'appuie à la fois sur les équipes d'enseignants-chercheurs de l'ENSTA et sur la participation de nombreux enseignants vacataires du monde économique et industriel au fait des évolutions techniques dans les domaines les plus variés.

L'ENSTA dispense également des formations de 3e cycle labellisées "**Masters Spécialisés**" dans les domaines "**Architecture navale et offshore**" et "**Architecture des systèmes d'information**".

L'Ecole entretient des partenariats privilégiés avec des universités parisiennes et des grandes écoles concernant certaines spécialités, parmi lesquelles on peut citer :

- "Intelligence et décision", "Mécanique et Energétique", "Océan, Atmosphère, Climat et Télédétection" de Paris VI - Rayonnement et Energie » de Paris XI - Master "Modélisation et Simulation" de l'ISTN	- " Technologies Avancées en Matériaux et Structures" et "Master Parisien de Recherche en Informatique" de l'Ecole Polytechnique - "Dynamique des structures et systèmes couplés" de Centrale Paris
---	--

Le caractère généraliste de la formation permet aux diplômés de l'ENSTA d'exercer dans de nombreux secteurs d'activité comme l'industrie automobile ou navale, les réseaux et télécommunications, la propulsion spatiale, la robotique, l'océanologie ou l'environnement. Recherchés par les grandes entreprises, la majorité des jeunes ingénieurs ENSTA trouvent généralement un premier emploi au sein des directions de recherche et développement, de bureaux d'études, pour évoluer rapidement vers des postes d'encadrement et de gestion de projets.

## L'organisation

L'école est organisée **5 Unités d'Enseignement et de Recherche** ou **UER** et **2 départements d'enseignement**.

- Unité d'Optique Appliquée - Unité de Chimie et Procédés - Unité de Mathématiques Appliquées - Unité de Mécanique - Unité d'Électronique et d'Informatique	- Département Droit, Economie, Gestion - Département Langues, Culture et Communication
---	---

## La recherche

La recherche fait partie des missions de l'Ecole. Elle contribue de manière dynamique, tant au niveau fondamental qu'appliqué, au projet pédagogique de l'Ecole et à la satisfaction des besoins des entreprises. Elle est réalisée pour une part par les enseignants-chercheurs de l'ENSTA auxquels s'associent des chercheurs d'autres organismes de recherche publics tels le CNRS, l'INSERM, l'Ecole Polytechnique.... Les laboratoires des Unités de Mécanique et d'Optique Appliquée sont installés à Palaiseau:

**L'Unité de Mécanique** travaille en particulier sur l'acoustique, les interactions fluide-structure, les vibrations non linéaires, la mécanique automobile, les matériaux à mémoire de forme, l'océanographie et les fluides géophysiques. Les partenariats, en France, avec l'X, le CNRS, l'INRIA et, à l'étranger, avec les universités de Stanford, Michigan, Georgia Tech (USA), Montréal (Canada) et Eindhoven (Pays-Bas) seront à renforcer.

**L'Unité d'Optique Appliquée** est une Unité Mixte de Recherche ENSTA/CNRS/Polytechnique. C'est l'un des leaders mondiaux dans le domaine des lasers à impulsions ultra-courtes et ultra-intenses et de leurs applications. Elle est fortement impliquée dans les contrats européens. Des développements importants sont en cours grâce à une dotation du Contrat de Plan Etat-Région. Les futurs projets (ultra-haute intensité, sources pour la radiothérapie du cancer par protons ou la lithographie dans l'extrême ultraviolet) visent à intensifier les contacts industriels

Qui y travaille et comment ?

## L' Unité de.Mécanique à la Batterie de l'Yvette

L'ensemble des thèmes développés en propre ou en partenariat vise à maintenir un équilibre entre une recherche académique et une recherche plus finalisée. La première vise à garantir et à pérenniser les compétences scientifiques de l'Unité. La seconde permet de valoriser ces compétences en les mettant au service de problèmes industriels. L'Unité maintient ainsi en permanence un réseau étroit de relations privilégiées avec les services de recherche et de développement de nombreux partenaires (PSA, Renault, EDF, CEA, CNES...). Les activités du Laboratoire de Mécanique sont réparties en deux groupes :

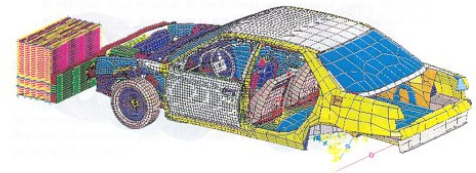
### Le Groupe Matériaux-Structures

Les recherches de ce Groupe sont étroitement liées aux filières d'enseignement proposées par l'Ecole : transport, électronucléaire, énergie et production.

Les travaux sur la modélisation et le calcul des structures en **matériaux à mémoire de forme** s'effectuent en partenariat avec le Laboratoire de Mécanique des Solides de l'Ecole polytechnique.

Les travaux sur la **sécurité des structures** (crash automobile, fatigue) ainsi que l'étude et la modélisation des procédés de soudage intéressent directement l'industrie des transports.

L'analyse métallurgique des **mécanismes d'usure vibratoire** de barres de contrôle est inspirée par des préoccupations concernant l'industrie nucléaire. Les **vibrations non linéaires de structures minces** constituent un thème transversal qui fédère les deux groupes de l'Unité et qui contribue fortement à sa renommée.



Simulation d'un crash automobile

### Le Groupe Dynamique des Fluides et Acoustique

Les recherches de ce Groupe couvrent un spectre large. Cette diversité résulte notamment de l'ensemble des partenariats et conventions établis entre l'Unité et plusieurs autres laboratoires partageant des objectifs communs (Ladhyx, IPSL, IRCAM, INRIA, ESPCI, Fast). Ajoutons que ces partenaires contribuent également de manière active à l'enseignement de l'Ecole.

Les thèmes abordés rejoignent ceux des filières de l'Ecole liées au transport terrestre, aérien et maritime, à l'environnement, à l'océanographie et à l'espace. Les travaux récents concernent **la modélisation et la perception des sources sonores, la cavitation, l'étude des couches de mélange et des sillages plans, la dynamique des fluides géophysiques, l'océanographie régionale et la dynamique des interfaces sable-fluide.**

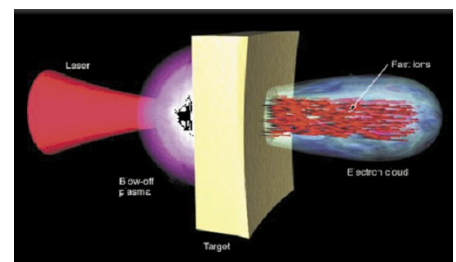
## L'Unité d'Optique Appliquée à la Batterie de l'Yvette

Le Laboratoire d'Optique Appliquée a pour thème de recherche la production et l'utilisation multidisciplinaire **d'impulsions lasers ultra brèves** : quelques femtosecondes (une femtoseconde représente  $10^{-15}$  secondes, c'est-à-dire un milliardième de milliardième de seconde ou microseconde) et de fortes puissances : jusqu'à 100 terawatts (un térawatt représente un million de millions de watts ou mégawatts).

La parfaite qualité optique du faisceau laser permet d'atteindre après focalisation des intensités record de plus  $10^{20}$  W/cm<sup>2</sup>. Le LOA est le seul laboratoire en Europe délivrant à une cadence de 10 Hz de telles intensités. Cet atout majeur permet d'une part une **étude fondamentale de l'interaction laser matière ou laser plasma**, et d'autre part d'ouvrir des perspectives d'applications dans beaucoup de domaines (médecine, biologie, astrophysique, chimie, physique nucléaire et des accélérateurs).

Le LOA offre une infrastructure de recherche européenne. Il est fortement sollicité par des chercheurs européens intéressés par les installations et par des collaborations avec les groupes du laboratoire. Les contrats européens, auxquels s'ajoute un accord de collaboration NSF/CNRS avec l'Université du Michigan (USA), donnent lieu à une ouverture internationale importante. Par ailleurs, le développement des lasers femtosecondes est source d'efficaces collaborations industrielles.

La forte intensité crête des impulsions lasers permet l'étude de la matière dans des conditions extrêmes d'interaction dans le régime relativiste. De plus, les lasers ultra-brefs du LOA permettent de produire des sources de rayonnement et de particules aux propriétés des plus intéressantes : productions de rayonnements secondaires toujours ultra-brefs : ultraviolet lointain (EUV), rayonnement X cohérent et incohérent, source de particules (faisceaux d'électrons et de protons, ou source de neutrons pulsée). Ces sources qui sont aussi un sujet d'étude (compréhension de leur mécanisme, amélioration des performances) sont aujourd'hui déjà utilisées pour étudier des phénomènes avec des résolutions temporelles inégalées dans ces domaines.



Génération de particules par laser



*De quels moyens particuliers dispose-t-on ?*

**Le site**

Au sortir de la seconde guerre mondiale, c'est l'Armée de l'Air qui a occupé les locaux restés intacts de la batterie de l'Yvette pour y installer les laboratoires d'essais de son Service Technique des Télécommunications de l'Air (STTA) et procéder là au contrôle des équipements qu'elle faisait développer ou approvisionnait.

La structure de la batterie se prêtant peu à ces activités, des locaux nouveaux à usage de laboratoires - très vastes - et bureaux ont alors été construits au dessus des fortifications. Les douves ont été comblées et les anciennes parties du fort enterrées ont été aménagées pour recevoir des moyens d'essais spéciaux : caissons d'essais climatiques, pots vibrants, centrifugeuses, cages de Faraday...

La décision ayant été prise à la fin des années 60 de regrouper à Bruz près de Rennes l'ensemble des moyens d'essais des armées, ces installations se sont trouvées libres et ont été affectées à l'ENSTA qui se trouvait alors à l'étroit à Paris, en particulier pour développer ses activités de recherche.

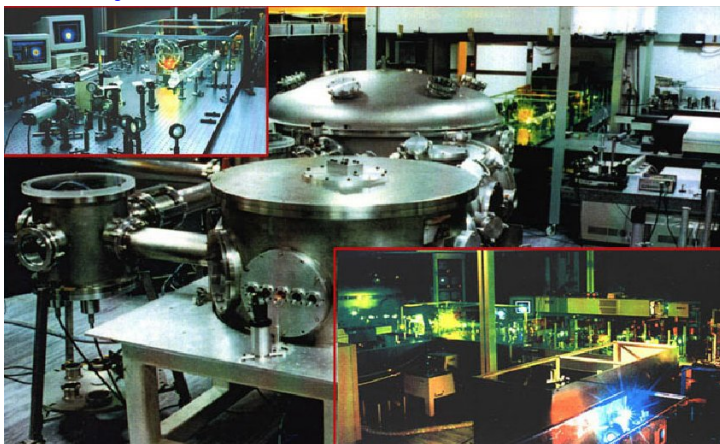
L'ENSTA a donc, à partir de 1972, mis en place dans ces locaux ses grands moyens de recherche et d'essais mécaniques et acoustiques puis, à mesure du développement de cette technique nouvelle, son Unité d'Optique Appliquée avec ses grands lasers, les boyaux de liaison entre les différentes parties de la batterie offrant à la fois les développements, la stabilité et la protection nécessaires à ces types d'activités.

L'ENSTA dispose ainsi aujourd'hui de près de 8.000 m<sup>2</sup> de laboratoires et bureaux pour une occupation du sol de près de 5.000 m<sup>2</sup> sur un terrain de 5,5 ha.

**Les moyens**

On présente sommairement ci après l'un des grands moyens qu'elle y a installés :

**La salle jaune**

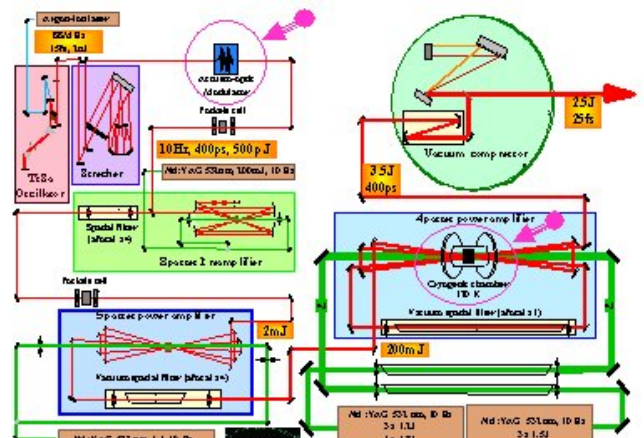


On y réalise des expérimentations sur lasers ultra-brefs. Ceci suppose la mise en place de montages optiques très complexes et devant présenter de grandes qualités de stabilité.

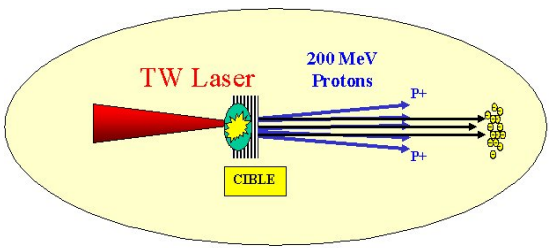
Partant de sources laser relativement conventionnelles et de puissance limitée, on procède à différentes opérations d'étalement de spectre, amplification, recombinaison sous vide afin d'obtenir les finesses d'impulsions et les puissances voulues

Le schéma synoptique présenté ci contre et que l'on ne détaillera pas car il s'adresse à des spécialistes a pour seul objectif d'illustrer la complexité des montages optiques.

On y montre comment partant d'impulsions laser de la classe des centaines de picosecondes en durée et des picojoules en énergie, on aboutit à des impulsions de la classes des Joules et des femtosecondes qui sont des caractéristiques nécessaires pour que la lumière interagisse avec la matière et provoque l'émission de particules très énergétiques.



**Un exemple de chaîne laser femtoseconde amplifiée délivrant à 10 Hz des impulsions de quelques dizaines de femtosecondes et permettant par exemple après focalisation d'engendrer des protons**

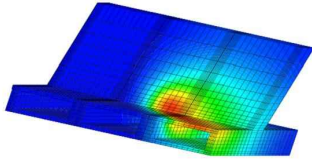


**Un exemple d'application des lasers :**  
*La génération de protons : par le potentiel accélérateur du nuage d'électrons éjectés du plasma créé par la focalisation du laser super intense sur cible métallique*

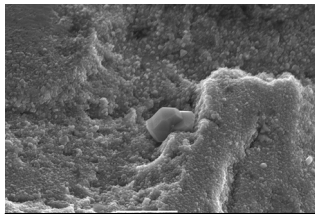
*Qu'est-ce qu'on y a fait de remarquable ?*

*Pour ne citer que quelques résultats récents ayant fait l'objet de publications ou de communications, on peut mentionner :*

### Pour le Groupe Matériaux et Structures de l'Unité de Mécanique :



Soudage Ariane 5

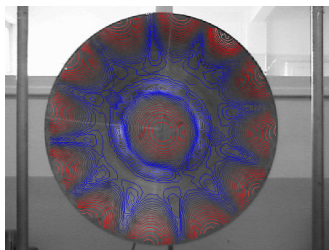


Usure d'une barre de Contrôle

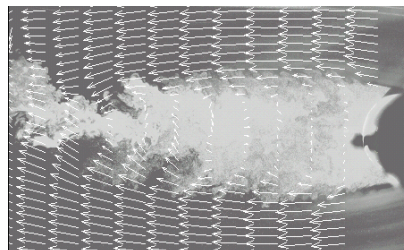
- La **modélisation de l'assemblage de structures**, travaux en liaison avec l'industrie de modélisation simplifiée du crash automobile. Un article synthétisant la méthode a été publié.
- Le **calcul thermomécanique** et l'optimisation des contraintes résiduelles dans les culasses du moteur fait actuellement l'objet d'une thèse CIFRE en collaboration avec le LMS et PSA.
- La **simulation thermomécanique** de procédés de soudage des rails par aluminothermie ou de soudage par friction (friction stir welding) avec le développement d'un modèle eulérien-lagrangien. Cette maîtrise de la simulation du soudage à l'arc a permis d'étudier les déformations résiduelles de la tuyère du moteur d'Ariane 5 pour le CNES.
- L'étude de l'**influence du milieu nucléaire agressif** et du temps de séjour en cuve de réacteurs nucléaires sur les mécanismes d'usure de barres de contrôle : Les états de surface ont été analysés par microscopie optique et microscopie électronique à balayage couplée à l'analyse chimique par EDS et la microdureté. La mise en évidence du rôle joué par la tribo-corrosion dans la dégradation de ces composants mais aussi la bonne tenue à l'usure de leur dispositif de guidage ont été clairement démontrés.

### Pour le Groupe Dynamique des Fluides et Acoustique :

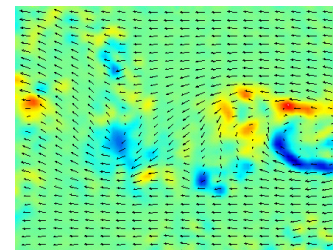
- L'étude des **vibrations de grande amplitude de structures minces**. Elles font apparaître des termes non-linéaires qu'on ne peut plus négliger dans les équations du mouvement et sont responsables d'un ensemble de comportements difficiles à prévoir : perte de stabilité, sauts brusques d'amplitude aux points de bifurcations, solutions chaotiques... Les études se sont concentrées en 2004 sur le cas des coques sphériques. Les équations de coque font intervenir toutes les non-linéarités typiques des grands déplacements, et l'étude théorique met en évidence un facteur de forme gouvernant le rapport des quantités intrinsèques de la coque (courbure, épaisseur et rayon). Un couplage sous-harmonique a été mis en évidence et étudié théoriquement et expérimentalement.



Vibrations d'un Gong



Etude et Contrôle de Sillages turbulents



- L'étude du **comportement non-linéaire de haut-parleurs**, qui fait actuellement l'objet d'une thèse à l'UME, et qui s'étend actuellement à la problématique plus générale de la restitution sonore dans l'habitacle des véhicules (partenariat Renault).
- L'étude de l'**ajustement géostrophique** et de la formation de cyclones intenses. L'instabilité barocline standard ne permet pas de décrire complètement la dynamique des fronts et notamment leurs intensifications rapides qui conduisent à des tempêtes dont l'intensité et l'accélération sont difficilement prévisibles. Il a été montré que dans certaines configurations l'ajustement géostrophique d'un gradient de densité horizontal conduit à une instabilité de cisaillement rapide qui engendre des tourbillons cyclonique de petite échelle.
- L'étude et le contrôle de **sillages turbulents** (Collaboration PSA, DGA). On tente de comprendre le lien entre les efforts globaux sur un corps (corps automobile, profil portant) et les structures du sillage turbulent. Les contrôles ont pour but de réduire la traînée, d'augmenter la portance et de limiter les phénomènes de cavitation dans l'eau. On utilise des contrôles passifs (artifices sur la structure, injection de polymères pour les sillages dans l'eau), et actif ou réactifs (par le biais d'actuateurs pilotés).



## Pour l'Unité Optique Appliquée, un projet majeur : PROPULSE

Le projet **PROPULSE** (**PRO**ton thera**P**y assisted by **U**ltra-intense **LaSE**r) concerne une application des lasers ultra-intenses à l'oncologie, c'est-à-dire au traitement des cancers. L'objectif est de proposer une alternative économique à l'utilisation des énormes et coûteuses machines nécessaires aujourd'hui pour le traitement des cancers par protonthérapie.

La radio-thérapie par protons est une technique connue, qui présente des **avantages capitaux pour le traitement de nombreux cancers, en particulier chez les enfants**. Mais cette technique est trop peu répandue en raison du coût important des installations accélératrices traditionnelles.

Les travaux de l'UOA sur l'accélération de protons par laser ultra-intense et ultra-court permettent aujourd'hui d'envisager, à l'échelle de quelques années, d'introduire les méthodes d'accélération laser dans des systèmes médicaux. La réduction sensible (dans un facteur 10) des coûts d'investissement et la quasi absence de personnel d'entretien, ajoutés à une réduction naturelle des parois de radioprotection, constituent les arguments qui militent en faveur de ce développement scientifique, technologique et médical répondant à un véritable besoin de réduction des dépenses de santé dans le traitement des cancers.

Seulement en Europe le défaut de telles machines fait déplorer quelques milliers de décès et autant de séquelles chaque année.

### Les PCRDT :

*Ce sont les Programmes-Cadre de Recherche et Développement Technologique de l'Union Européenne. Le 6<sup>ème</sup> plan concerne la période 2002-2006.*

*Ces programmes visent à faire travailler en commun des chercheurs de différents pays en vue de favoriser les échanges, promouvoir une culture scientifique commune et renforcer la base industrielle européenne.*

*La conduite de tels programmes nécessite à la fois la compétence scientifique et de grandes qualités managériales, les intérêts des différents participants étant souvent concurrents. L'anglais s'est imposé comme langue de travail.*

La France, et plus particulièrement la région sud de Paris, dispose de l'ensemble des compétences nécessaires pour réaliser un projet adapté au besoin. Dans chacune des disciplines requises, on trouve dans cette zone les compétences qui se maintiennent au tout meilleur niveau mondial.

C'est la raison pour laquelle l'UOA, et particulièrement à l'intérieur de cette Unité Mixte de Recherche **l'ENSTA**, a pris la tête, dans le cadre du 6<sup>ème</sup> PCRDT (voir encadré) d'un vaste consortium européen regroupant plus de trente laboratoires de recherche ou industriels.

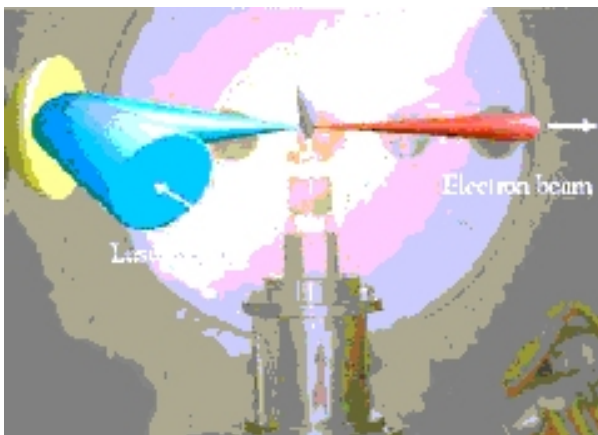
L'objectif de ce consortium, qui allie des compétences de domaines très divers tels que lasers, optique, médical, chimie.... est de développer en Europe la nouvelle technologie de protonthérapie par laser intense, à l'instar de ce qui se passe aux Etats-Unis ou au Japon.

### L'intérêt des sources de particules par plasma laser :

*Pour étudier la matière ou procéder à des traitements médicaux, il est nécessaire d'accélérer des particules pour qu'elles atteignent de très grandes vitesses ou énergies. Ceci est habituellement réalisé dans des accélérateurs à l'aide de champs électriques dont l'amplitude est toutefois limitée par les risques de claquages. L'accélération ne peut donc être que progressive et les particules doivent parcourir parfois plusieurs dizaines de kilomètres pour atteindre les vitesses recherchées.*

*Un plasma à l'inverse peut supporter des tensions très élevées et on peut ainsi réduire les parcours d'accélération nécessaires à quelques millimètres.*

*Par sa maîtrise des lasers intenses à haute cadence de répétition et des dispositifs optiques, l'UOA a su créer de tels plasmas, par exemple sur un jet d'hélium, et obtenir des jets de particules à haute énergie.*



#### La démonstration de principe

*Un faisceau laser (ici en bleu) est focalisé sur un jet d'hélium. Il y a création d'un plasma et génération d'un faisceau d'électrons (ici en rouge).  
(résultats publiés dans la revue américaine Science)*

*Crédits photo ENSTA. Reproduction interdite sans autorisation*

Document établi par ADPP avec la collaboration et sous le contrôle de l'ENSTA  
M. Jean Baptiste HOFFMANN et Mme Valérie TOOMEH Tel : 01 45 52 54 58 – [communication@ensta.fr](mailto:communication@ensta.fr)  
Site internet ENSTA à visiter pour informations complémentaires : [www.ensta.fr/](http://www.ensta.fr/)

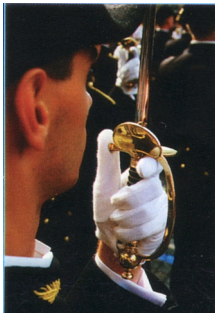
Qu'est-ce que c'est ?

**Sur le campus Polytechnique du Plateau de Palaiseau, l'****La vocation de l'école :**

- former pour les entreprises des cadres à fort potentiel, des innovateurs, des jeunes ayant l'esprit d'entreprise
- former pour la recherche des savants de haut niveau
- former pour les services de l'État de futurs hauts fonctionnaires

**Sa devise :** C'est Napoléon 1<sup>er</sup> qui la lui a fixée :

**"Pour la Patrie, les Sciences et la Gloire"**

**Son profil**

- fondée par Monge et Foucroy, elle est d'abord l'Ecole Centrale des Travaux Publics puis devient l'Ecole Polytechnique en 1794.
- implantée sur la montagne Ste Geneviève à Paris en 1804, elle s'installe sur le plateau de Palaiseau en 1976 sur un terrain de 186 ha avec 155000 m<sup>2</sup> de surfaces bâties
- elle compte aujourd'hui près de 2000 élèves, dont 1000 seulement sont présents à un moment donné sur le plateau de Palaiseau. Parmi eux, 400 viennent de l'étranger. Leur formation s'étale sur 4 années dont 15 mois de stages.
- près de 400 personnes interviennent, à des titres divers, dans l'enseignement ou l'encadrement des travaux pratiques.

**Polytechnique** est un Établissement public d'enseignement et de recherche placé sous la tutelle du Ministère de la Défense. Son Conseil d'Administration, traditionnellement présidé par un ancien de l'école exerçant de hautes fonctions dans l'industrie, est constitué de représentants de l'État, d'institutions étrangères, d'entreprises ainsi que du corps enseignant et des élèves.

L'école est largement ouverte sur l'international

elle s'efforce d'attirer dans son corps enseignant et ses laboratoires des professeurs et chercheurs de renommée internationale.

elle accueille d'excellents étudiants étrangers et les élèves français sont de plus en plus nombreux à suivre une spécialisation dans un établissement scientifique étranger

**La coopération à l'international**

*100 élèves étrangers par promotion  
dans le cycle ingénieur,  
100 polytechniciens en formation  
diplômante à l'étranger*

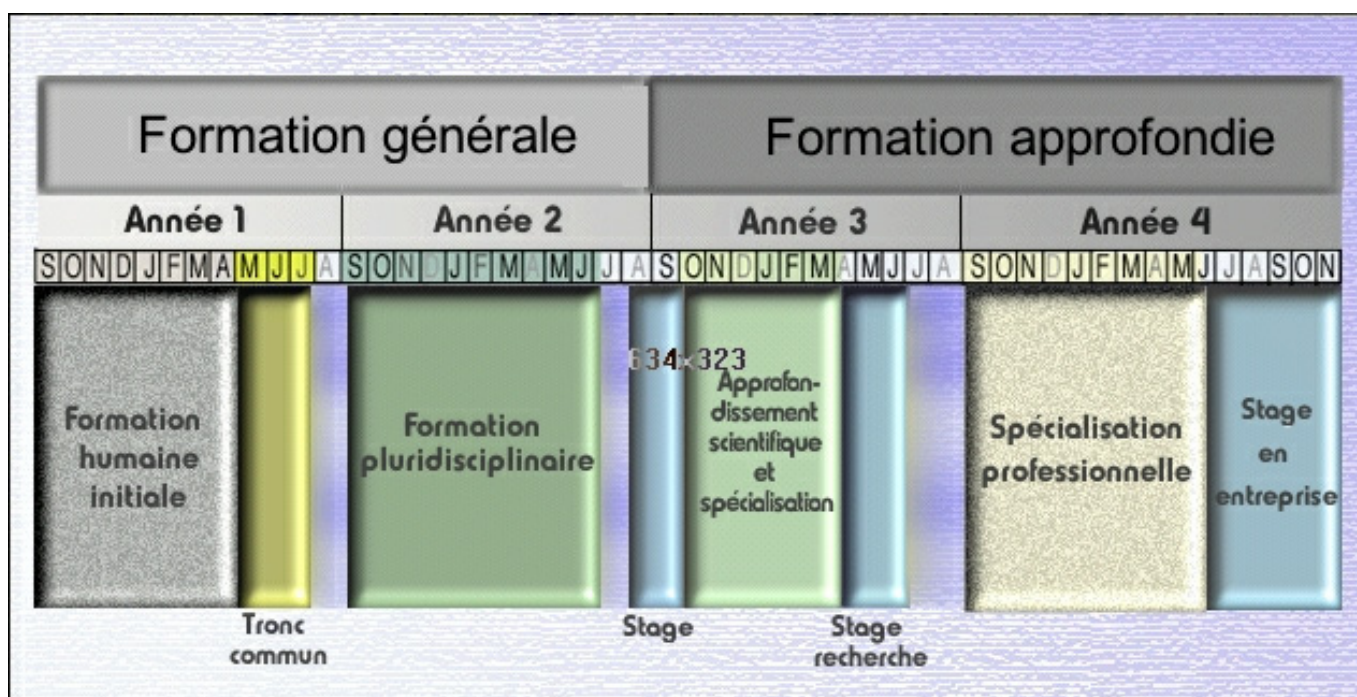




Le cursus du polytechnicien se découpe en deux périodes distinctes :

**1. Les deux premières années** permettent à chaque élève de recevoir une formation humaine de 7 mois puis d'acquérir des connaissances scientifiques pluridisciplinaires de haut niveau. Les élèves doivent approfondir au minimum six des huit matières enseignées: Économie -Mathématiques -Mécanique -Chimie - Informatique -Mathématiques appliquées -Physique -Biologie.

**2. Les deux dernières années** donnent à chaque élève une spécialisation scientifique et professionnelle, débouchant sur un double diplôme de niveau ingénieur ou *master*. La spécialisation scientifique couvre un ou deux des domaines suivants: Sciences économiques -Mathématiques ou Mathématiques appliquées -Écologie et bio-diversité -Électronique, composants et systèmes -Sciences de l'ingénieur et calcul scientifique -Mécanique -Planète Terre -Physique et applications -Informatique - Chimie ou Chimie du vivant.



La quatrième année, année de spécialisation, se déroule majoritairement dans un autre établissement d'enseignement supérieur en double diplôme et sous le contrôle de l'École elle-même (école d'ingénieurs telle que les "Mines" ou les "Ponts", université étrangère, école doctorale, ou formation spécifique montée en partenariat avec un organisme extérieur). Elle peut aussi être effectuée à l'École doctorale de Polytechnique.

Cette École doctorale accueille 350 étudiants en thèse de doctorat dont 20 % d'étrangers. En moyenne 70 thèses sont présentées chaque année.

### Une formation humaine poussée

La formation humaine initiale se déroule pour la majorité dans le Forces armées et sinon dans des organismes civils à vocation sociétale (police, éducation nationale, ONG....).

L'ensemble de la formation est complété par un programme comprenant 15 mois de stage, l'enseignement de deux langues étrangères, des sciences sociales et de la philosophie ainsi qu'une formation à la communication. Par ailleurs, les élèves ont le choix entre 16 sports différents qu'ils pratiquent de façon soutenue, deux fois 1 heure 30, plus une après midi complète chaque semaine.

Le diplôme d'ingénieur polytechnicien est acquis à l'issue de la 3<sup>ème</sup> année mais ce n'est qu'à l'issue de la quatrième année, après validation de la formation de cette dernière année et du stage correspondant, que le diplôme final d'ancien élève de l'École Polytechnique est attribué.

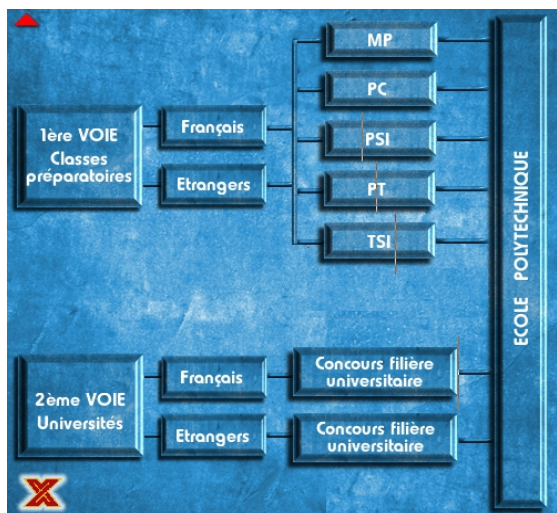
## Le recrutement des élèves

Dans leur majorité, les élèves sont recrutés par concours à l'issue des classes préparatoires aux grandes écoles.

La voie universitaire sur présentation d'un dossier académique et épreuves orales est également possible. C'est celle qu'empruntent souvent les étudiants étrangers.

Les nombres de places mises en concours et les natures et pondérations des épreuves dépendent de la voie suivie en classe préparatoire. Dans tous les cas sont imposées des épreuves de langues et des épreuves sportives comprenant course, saut, lancer, natation.

Le tableau ci après illustre ces différentes voies d'accès en 2005.



<b>MP</b> : Mathématiques / Physique	178 places (99 opt.informat. et 79 opt. Phys/sciences ingénieur)
<b>PC</b> : Physique / Chimie	153 places
<b>PSI</b> : Physique et Sciences de l'Ing.	45 places (épreuves communes ENS Cachan)
<b>PT</b> : Physique et Technologie	10 places (épreuves banque nationale d'épreuves)
<b>TSI</b> : Technologies et Sciences Indust.	2 places (épreuves communes Mines Ponts)
France : Etudiants niveau licence	10 places
Ingénieurs diplômés ENSAM	2 places
Etranger : 2 années d'Université minimum	34 places

En 2004, 4010 candidats français et 1003 candidats étrangers ont concouru. Parmi les français, les 2/3 des admis l'ont été après une année de classe préparatoire spéciale (classes dites 3/2). Les 2/3 également s'étaient préparés au concours en région parisienne. 50 % des admis avaient obtenu la mention très bien au baccalauréat scientifique.

Les jeunes filles peuvent concourir depuis 1972. Elles arrivent fréquemment en position de "major" et représentent en moyenne 15 % des admis.

## Le corps professoral et l'enseignement



Les enseignements sont dispensés par 50 professeurs titulaires et 337 membres du corps enseignant très souvent chercheurs au Centre de Recherche de l'École ou dans les Universités ou bien encore exerçant dans des entreprises ou au service de l'État. Ce corps professoral compte 9 académiciens.

Les travaux pratiques sont encadrés par 60 chefs ou attachés de travaux pratiques

Le tableau ci contre illustre la diversité des enseignements  
Nota : **HSS** : Humanités et Sciences Sociales

Par élève, les 1400 heures de cours dispensées sont réparties en 770 heures de sciences, 100 heures de culture générale, 180 heures de langues étrangères et 350 heures de sport.

## Les débouchés

Ils sont majoritairement vers les entreprises industrielles (34,5 %), les banques, assurances et sociétés de conseil (21, 8 %) et l'ingénierie et les services (12 %).

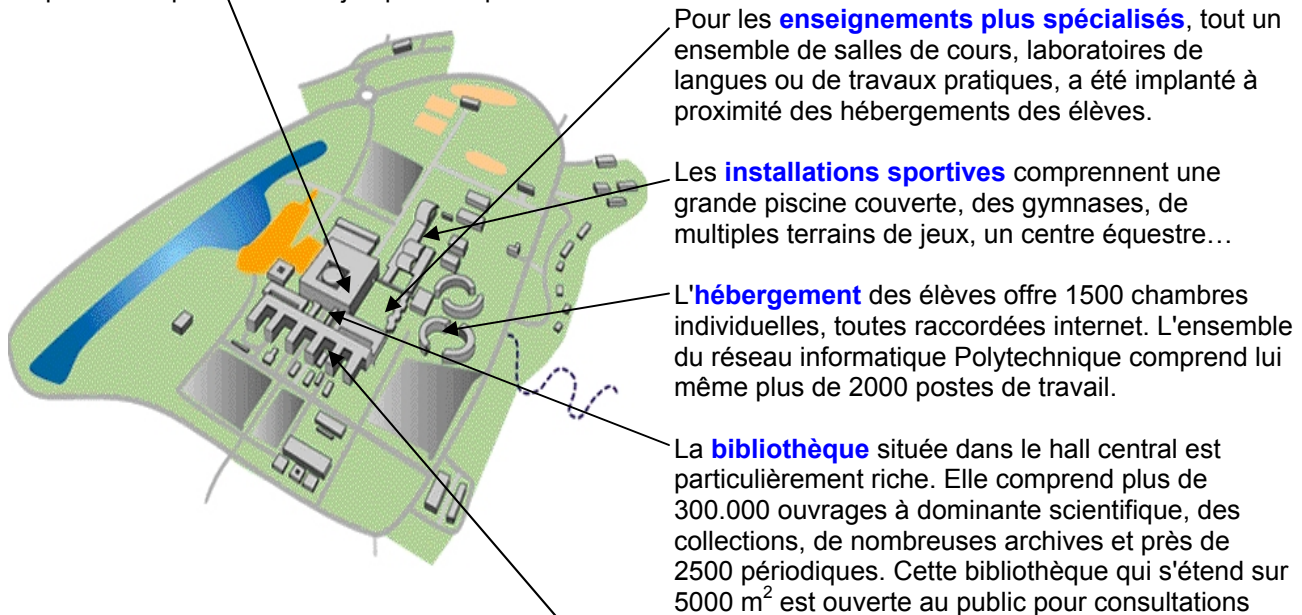
25 % des diplômés s'orientent vers l'Administration et 6,7 % vers l'enseignement et la recherche.



*De quels moyens particuliers dispose-t-on ?*

## Le site

Pour les **enseignements magistraux**, les conférences ou manifestations d'importance, le grand amphithéâtre peut accueillir jusqu'à 790 personnes



sur place. On peut aussi visiter son site internet, très complet

La communication avec les laboratoires du **Centre de recherche** de Polytechnique est particulièrement aisée.

## Les autres activités

En complément aux enseignements, de nombreuses activités sont organisées par les élèves eux mêmes.



Citons tout d'abord les associations d'élèves ou "**Binets**" en argot polytechnicien (c'est-à-dire les "cabinets" de périodes plus anciennes).

Le tableau ci-contre en illustre la diversité.

Aux palaisiens on donnera comme exemple de travaux réalisés par l'un de ces "Binets" l'association X-ARCHEO, le très intéressant ouvrage "**5 000 ans d'histoire à l'Ecole polytechnique**" (fév 2001) qui retrace de façon particulièrement claire l'histoire de notre plateau. On peut emprunter ce volume à la Bibliothèque municipale et l'association ADPP peut vous le procurer.

Citons aussi, parmi les grandes manifestations organisées par les élèves, le "Point Gamma" qui rassemble chaque année environ 5000 étudiants, mais aussi le jumping national en mai et de nombreux concerts et conférences, ciné clubs....

Ces manifestations sont ouvertes aux palaisiens. Information en est généralement donnée à la médiathèque.

Outre ces activités organisées sur le site, les polytechniciens voyagent beaucoup : 40 pays visités en un an et tous les élèves effectuent un stage à l'étranger..

Polytechnique dispose également sur place de nombreux services : banque, hôtel, poste, service médical, service social....

La commodité des liaisons avec la capitale, soit par le RER à Palaiseau - Lozère, soit par les autoroutes, permet cependant aux élèves qui le souhaitent de retrouver le cadre de loisirs qu'ont pu connaître leurs aînés de la Montagne Sainte Geneviève.

Qu'est-ce qu'on y a fait de remarquable ?

Les polytechniciens ont profondément marqué la vie de notre Pays depuis plus de deux siècles. Ils se sont illustrés dès les débuts de l'Ecole, avec par exemple leur forte implication dans la campagne de Bonaparte en Egypte ou leurs apports à la Science du moment. On les a vus à l'œuvre dans tous les grands moments de l'histoire, pendant les guerres mais aussi avant, avec par exemple la mise en place des défenses (Gl Séré de Rivières) ou après, comme cela a été le cas depuis la fin de la seconde guerre mondiale. Ils ont alors, à la tête de la plupart des grands Services de l'Etat, dirigé la reconstruction du Pays et mis en place les structures qui ont permis son renouveau dans des domaines aussi variés que les télécommunications, l'aéronautique, l'espace, le nucléaire....

On ne peut évidemment ici prétendre même résumer ce qu'ont été leurs activités remarquables. On se contentera donc d'un coup de projecteur sur une grande aventure des débuts, avec l'expédition d'Egypte, et d'un autre coup de projecteur sur quelques éminents polytechniciens en ne faisant là que reproduire une page du site internet de l'Ecole. Et on terminera ce très bref parcours par un exemple de travaux d'élèves dans le cadre de leurs « binet », exemple intéressant particulièrement les palaisiens.

### Des débuts de légende : Des savants en Egypte.

En 1798, le directoire souhaitant éloigner le jeune général Bonaparte qui vient de s'illustrer en Italie lui demande de prendre la tête de l'expédition d'Egypte. On cherche alors à contrer l'Angleterre dans cette région et à y ouvrir une voie vers les Indes.

Bonaparte rassemble alors autour de lui une équipe de savants conduite par Monge, le fondateur de l'école Polytechnique et qui y enseigne alors avec des dons pédagogiques hors du commun la géométrie descriptive dont il a défini les bases. Monge est accompagné de Berthollet, qui enseigne pour sa part la chimie et de 42 jeunes polytechniciens.

Dans des conditions très difficiles, ces savants réalisent un travail considérable : relevés topographiques, description très détaillée des monuments et des inscriptions qui y figurent, de la géologie, la flore, la zoologie locales, réouverture de canaux.... C'est par exemple à ce moment qu'est découverte et fidèlement transcrite la pierre de Rosette que les anglais s'attribueront après avoir pris la place des français en Egypte. C'est alors également qu'est fondé l'Institut d'Egypte.

Toutes ces activités débordantes n'empêchent pas d'approfondir des questions scientifiques. C'est ainsi que Monge par exemple formulera la théorie des mirages ou que Berthollet déterminera la composition et les effets du « natron », sorte de soude utilisée par les égyptiens pour déshydrater les corps à momifier.

Ces travaux donneront lieu en 1806 à l'édition d'un ouvrage monumental, la « Description de l'Egypte » qui ne compte pas moins de 900 planches et 3000 dessins très fouillés. Cet ouvrage constitue encore aujourd'hui une source de documentation irremplaçable, nombre des monuments décrits s'étant depuis dégradés ou ayant même disparu.

Ces débuts prometteurs des polytechniciens leur vaudront le soutien sans faille de Napoléon et entreront dans la légende de l'Ecole. Ils n'empêcheront pas qu'émergent simultanément des personnalités qui marqueront la science du moment et dont on retrouve les noms dans les grandes lois de la physique et de la chimie. Ce sont par exemple Fresnel, Biot, Malus, Poisson...sans oublier des enseignants tels Ampère.

### Quelques grandes figures.

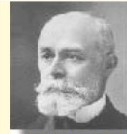
#### Les mathématiciens



Henri Poincaré  
X1873

Augustin CAUCHY X1805  
Michel CHASLES X1812  
Siméon Denis POISSON X1798

#### Les physiciens

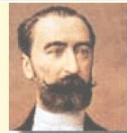


Henri Becquerel  
X1872

François ARAGO X1803  
Jean Baptiste BIOT X1794  
Pierre Louis DULONG  
X1805  
Augustin FRESNEL X1804  
Etienne Louis MALUS  
X1795

#### Les grands serveurs de l'Etat

DENFERT-ROCHEREAU X1842  
Ferdinand FOCH X1916  
Joseph JOFFRE X1869  
FREYCINET Charles de X1846  
Pierre MASSE X1916  
Jacques RUEFF X1919



Sadi Carnot  
X1857

#### Les chimistes



L.-J. Gay-Lussac  
X1797

Emile CLAPEYRON X1816

#### Les philosophes



Auguste Comte  
X1814

Charles RENOUVIER X1934

#### Les industriels et grands ingénieurs



André Citroën  
X1898

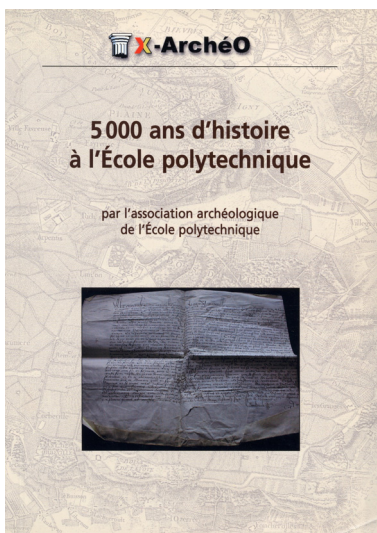
André CITROËN X1898  
Fulgence BIENVENÛE  
X1870  
Conrad de  
SCHLUMBERGER  
X1898



**Les travaux d'un « binet »**

La qualité des hébergements et des installations de loisirs, de sports et culture du campus polytechnique (équivalent aux installations sportives et culturelles d'une ville de 25.000 habitants) permet aux élèves de poursuivre leurs études dans les meilleures conditions. Les études scientifiques sont ainsi équilibrées par une très importante ouverture sur les arts, la société et les cultures, mais aussi par le sport qui fait intégralement partie de leur formation et développe l'esprit d'équipe et la connaissance de soi, ainsi que par la vie associative. Celle-ci se partage entre le développement de passions (robotique, construction automobile, informatique...), le service de la collectivité nationale (enseignement en ZEP, soutien aux handicapés, religions...) ou l'animation du campus (jumping, ciné-club, musique...).

Un exemple qui devrait intéresser particulièrement les palaisiens est celui du « binet » de la promotion 98 nommé « X-Archéo » qui a édité en l'an 2000 un ouvrage parfaitement documenté et construit intitulé



**« 5000 ans d'histoire à l'École polytechnique »** (éditions de l'École polytechnique).

On aurait tout aussi bien pu intituler cette publication « Histoire du Plateau de Palaiseau » car en fait « X-Archéo » a cherché à reconstituer là toute l'histoire du site sur lequel s'est implantée l'École dans les années 70.

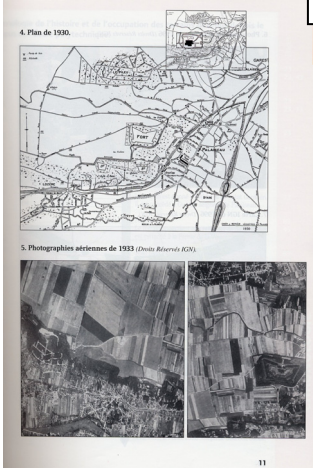
On trouve donc dans cet ouvrage des reproductions de cartes et plans anciens et récents et une chronologie montrant l'évolution de notre plateau ainsi que, dans une série de courts chapitres abondamment illustrés, les grandes étapes de cette histoire : les habitats néolithiques et gallo-romains mis à jour au cours de campagnes de fouilles, notamment lors des chantiers de polytechnique, les grandes fermes du plateau, avec en particulier une iconographie très riche concernant la ferme de la Vauve, le réseau de rigoles alimentant via les étangs de Saclay les grandes eaux de Versailles, la vie à l'heure de la révolution, les fortifications mises en place à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle sous l'autorité du général Séré de Rivières, un polytechnicien.

Ces descriptions sont complétées par des témoignages et des fiches explicatives portant par exemple sur les techniques de fouilles et de datation ou encore sur ce que l'on pense être les gestes des potiers du Néolithique.

Un ouvrage de 120 pages avec illustrations en couleur et très agréablement présenté dont nous vous recommandons vivement la lecture. On peut se le procurer à la bibliothèque de Polytechnique ou l'emprunter à la médiathèque de Palaiseau.

SOMMAIRE	
<b>Introduction</b>	7
Maison d'origine du Carrel	8
CARTOGRAPHIE	9
COMMERCIAL	11
CARTES DE SIVILIS	11
Gravure et Suro-Sol (CHATELAIN)	16
Régimes hydrauliques locaux (CHATELAIN)	19
Archéologie sur le plateau de Saclay (CHATELAIN)	21
<b>La Rangée des Granges</b>	
La Rangée des Granges (CHATELAIN)	23
Quelques poteries de la Rangée des Granges (CHATELAIN)	29
La céramique : étude et vocabulaire (CHATELAIN)	31
La céramique : modelage et fabrication (CHATELAIN)	32
<b>Présences Néolithique et Romaine à la mare aux Cannelles</b>	
Présences Néolithique et Romaine à la mare aux Cannelles (CHATELAIN)	33
La fouille (CHATELAIN)	36
Mécanisme de la mare (CHATELAIN)	38
<b>La Humière : un passage stratégique</b>	
La Humière : un passage stratégique (CHATELAIN)	43
<b>La ferme de la Vauve</b>	
La ferme de la Vauve (CHATELAIN)	46
Les manuscrits de la Vauve (CHATELAIN)	49
<b>La ferme des Granges</b>	
La ferme des Granges (CHATELAIN)	53
<b>Une rigole pour alimenter le château du Roi Soleil</b>	
Une rigole pour alimenter le château du Roi Soleil (CHATELAIN)	57
Colbert, ingénieur du Roi (CHATELAIN)	60
Mare de Saclay (CHATELAIN)	63
Les Châsses du Roi (CHATELAIN et GARNIER)	63
Restes et déchets (CHATELAIN)	66

Trois des pages de l'ouvrage illustrant sa présentation  
 (-1-sommaire, -2-plans 1930,  
 -3-Fouilles rangée des granges)



Crédits photos Polytechnique: Reproduction interdite sans autorisation

Document établi par ADPP avec la collaboration et sous le contrôle de Polytechnique  
 Tel : 01.69.33.30.53  
 Site internet Polytechnique à visiter pour informations complémentaires : [www.polytechnique.fr](http://www.polytechnique.fr)

Qu'est-ce que c'est ?

**Sur le campus Polytechnique du Plateau de Palaiseau, le****Sa vocation :**

- mener des recherches pluridisciplinaires couvrant les enseignements fondamentaux de l'école
- promouvoir des applications industrielles
- favoriser les échanges internationaux

**Sa devise :**

**L'excellence de la Recherche...**  
**...au service du progrès dans l'entreprise...**

**Son profil**

- se constitue au fil du temps sous l'impulsion de personnalités telles que L. Leprince Ringuet en 1936 (hautes énergies) ou L. Schwartz en 1963 (mathématiques).
- s'installe sur le plateau de Palaiseau en 1976 et occupe 25.000 m<sup>2</sup> des surfaces bâties



- compte aujourd'hui plus de 1300 personnes dont 600 chercheurs couvrant tous les domaines de la recherche, 130 d'entre eux enseignant à Polytechnique.
- son activité est répartie actuellement en **sept domaines** et s'exerce dans **21 laboratoires** constitués en **Unités Mixtes de Recherche Polytechnique - CNRS** pouvant associer d'autres écoles, organismes ou entreprises
- son orientation vers le monde de l'entreprise se traduit chaque année par la signature de près de 250 contrats

**Le Centre de Recherche Polytechnique** est partie intégrante de l'École qui a le statut d'Établissement Public d'Enseignement et de Recherche et est placé sous la tutelle du Ministère de la Défense. Son Conseil d'Administration est celui de l'École.

Le Centre se veut de plus en plus ouvert à l'international

- il participe à de nombreux programmes européens
- ses quelques 1000 publications annuelles sont preuve de son rayonnement.
- il accueille en permanence plus de 250 chercheurs ou étudiants étrangers de 45 nationalités et participe à leur formation dans le cadre de l'école doctorale.
- son budget dépend pour environ 40 % du CNRS, 40 % de l'École et 20 % de contrats d'organismes nationaux ou européens ou d'entreprises.



**Un exemple de coopération internationale : le détecteur de particules CMS du CERN**



Qu'est-ce qu'on y fait ?

Vouloir résumer en une seule page toute la diversité des recherches menées dans le Centre relève de la gageure. On se contentera donc ici de nommer les différents domaines avec les noms et sigles des laboratoires qui leur sont rattachés en donnant pour chacun d'eux quelques repères nécessairement très réducteurs.



### Biologie

- **Laboratoire de Biochimie (BIOC)** : étude des molécules biologiques et micro-organismes (ex : bactéries, levures, protéines, enzymes...)
- **Optique et biosciences (LOB)** : biologie moléculaire et cellulaire, compréhension des mécanismes de fonctionnement des protéines, effets d'impulsions laser ultra brèves...



### Chimie

- **Hétéroéléments et coordination (DCPH)** : étude de nouveaux matériaux conducteurs, magnétiques...
- **Synthèse organique (DCSO)** : étude de nouvelles réactions avec applications thérapeutiques.
- **Mécanismes réactionnels (DCMR)** : étude des réactions en phase gazeuse avec application pharmacie, agriculture, environnement...



### Informatique

- **Informatique (LIX)** : théories avancées, sémantique, algorithmie distribuée, architectures pour reconnaissance des formes...
- et **Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication à l'X** : valorisation et sécurisation des logiciels



### Sciences Economiques et Sociales

- **Centre d'économétrie (CECO)** : analyse de comportement des agents économiques (ex crises, bulle spéculative...) et mise au point de méthodes mathématiques... et Centre de recherche en gestion (CRG) : description, analyse, théorisation des processus de gestion dans un monde fortement évolutif

- **Centre de recherche en épistémologie (CREA)** : philosophie des sciences, organisation des systèmes complexes, modélisation des facultés cognitives, problèmes d'éthique....



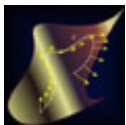
### Mathématiques et Mathématiques Appliquées

- **Centre de mathématiques Laurent Schwartz (CMLS)** : étude de théories mathématiques avancées.
- **Centre de mathématiques appliquées (CMAP)** : modélisation et analyse numérique par exemple en propagation des ondes ou écoulement des fluides.



### Mécanique

- **Hydrodynamique (LadHyX)** : étude des instabilités d'écoulements et transitions vers des turbulences.
- **Mécanique des solides (LMS)** : étude du comportement de matériaux et structures dans l'industrie ou le génie civil, étude de la mécanique des sols et roches.../
- **Météorologie dynamique (LMD)** : études et modélisations pour prévisions météorologiques, variations du climat...



### Physique

- **Optique appliquée (LOA)** : étude des applications de lasers à impulsions ultras brèves en biologie, physique du solide...
- **Physique des interfaces et des couches minces (PICM)** : étude des semi-conducteurs et isolants. Applications en micro électronique, optoélectronique, énergie solaire....
- **Physique de la matière condensée (PMC)** : étude de la physique des surfaces, des matériaux désordonnés. Applications à la résonance magnétique nucléaire (RMN) en biologie, au stockage de l'énergie...
- **Physique et technologie des plasmas (LPTP)** : étude du 4<sup>ème</sup> état de la nature, les plasmas. Applications à l'astrophysique, à la production et au transport d'énergie
- **Laboratoire Leprince-Ringuet (LLR) - physique des particules et astrophysique** : études des interactions de particules, des rayons cosmiques.
- **Physique théorique (CPHT)** : physique mathématique des interactions fondamentales, physique des plasmas...
- **Solides irradiés (LSI)** : étude des endommagements de matériaux par irradiation, de biomatériaux, de polymères...
- **Utilisation des lasers intenses (LULI)** : mise à la disposition des chercheurs civils européens de lasers intenses pour l'étude des effets d'impulsions très fines sur des matériaux.

## Les gens.

Bon nombre des laboratoires du Centre de recherche sont nés de la volonté de professeurs de l'école de constituer, avec des élèves particulièrement doués et passionnés pour un domaine, des petites équipes de réflexion puis de recherche. Cette marque d'origine se maintient et les enseignants à l'école restent très présents dans la structure du centre : 130 d'entre eux sont aujourd'hui à compter parmi les presque 600 chercheurs que compte le centre. Ils trouvent certainement là un moyen de rester à la pointe de l'innovation dans tous les domaines qu'ils couvrent et peuvent donc immédiatement adapter leurs enseignements en conséquence.

Mais d'autres raisons ont conduit au fil du temps le Centre à étoffer ses structures :

- La variété des domaines couverts et l'ampleur croissante des moyens nécessaires imposaient de s'adosser tout d'abord au CNRS. Tous les laboratoires sont maintenant des unités mixtes CNRS Polytechnique et de nombreux partenariats sont mis en place avec d'autres entités, comme l'ENSTA, le CEA....
- Le développement de l'école doctorale soit en tant que quatrième année du cursus des polytechniciens, soit pour l'accueil d'étudiants d'autres grandes écoles ou universités françaises et étrangères imposait également une démarche analogue

Le centre de recherche polytechnique n'est donc pas seulement un lieu de ressourcement de ses enseignants. Il a acquis les caractéristiques, les structures de fonctionnement et la renommée des grands centres internationaux avec son campus accueillant étudiants et chercheurs de très nombreux pays, sa pépinière d'entreprises permettant de faire éclore les idées les plus prometteuses, son attractivité vers les grands groupes industriels. L'exemple récent de Thales est à cet égard significatif. Le tableau ci après illustre ces propos.

Domaines	personnel	chercheurs	en thèse
Biologie et chimie	158	71	44
Mécanique des solides et des fluides	270	105	74
Optique, Electro Magn, Phys. des particules	364	156	55
Physique de la matière condensée	125	63	32
Informatique, maths et physique théorique	238	127	73
Sciences humaines et sociales	130	51	61
total	<b>1285</b>	<b>573</b>	<b>339</b>

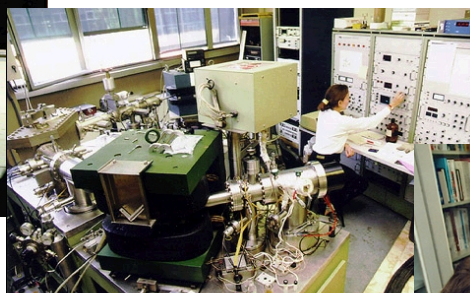
On notera que contrairement à une idée répandue du fait de la tutelle sur l'école du ministère de la Défense, les recherches à vocation militaire n'ont qu'un très faible poids et les critères de sélection puis d'évaluation des travaux sont ceux en usage dans tous les domaines couverts par le CNRS.

## Les façons de travailler

Elles sont diverses. On en illustre ici quelques unes....



Les mathématiciens, tout en tirant tous les profits possibles de l'informatique, s'enorgueillissent d'avoir conservé leur tableau noir...



La chimie et la biologie requièrent des appareils complexes. Ici un spectromètre de masse.



Les réunions d'équipes et séminaires sont une forme habituelle du travail des chercheurs. Ici des épistémologistes.



Et bien sûr l'informatique est partout présente. Ici mise à profit par des thésards.

...



*De quels moyens particuliers dispose-t-on ?*

Trois exemples pris parmi une très grande diversité de moyens :

### LULI : Laboratoire d'Utilisation des Lasers Intenses



Vue des deux chaînes laser LULI 2000

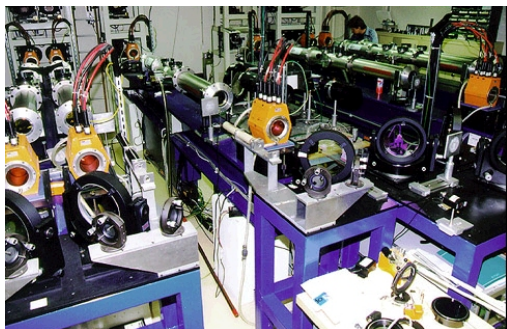
Luli est le pôle national civil du CNRS dédié aux recherches autour des lasers à impulsions de forte puissance. C'est une des grandes infrastructures européennes dans le domaine. Il accueille des chercheurs de tous pays et leur fournit du "temps laser", c'est à dire des créneaux d'utilisation des installations. Il compte environ 20 chercheurs, 20 doctorants, 40 ingénieurs, techniciens et administratifs et une centaine d'utilisateurs extérieurs chaque année.

Les expériences portent sur les interactions de la lumière et de la matière, la formation de plasmas et ont des retombées en astrophysique et géophysique, en radiographie, en fusion nucléaire par procédé dit "de confinement".

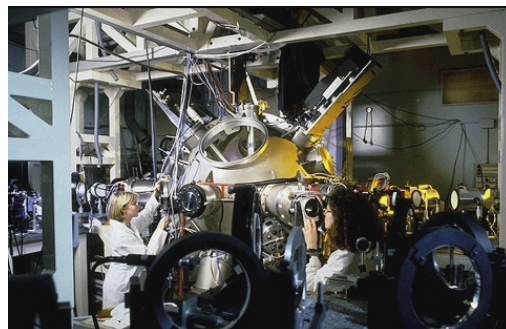
Les puissances sont considérables : on parle de térawatts et même avec les dernières installations de pétawatts

( $10^{15}$  Watts, c'est à dire un million de milliards de watts) mais pendant des temps extrêmement brefs : on parle en femtosecondes ( $10^{-15}$  secondes, c'est à dire un million de milliardième de seconde).

L'installation proprement dite comprend des lasers que l'on couple pour additionner leur puissance, des amplificateurs et dispositifs de compression permettant de concentrer l'énergie sur des temps très brefs, six enceintes d'expérimentation où se préparent les expériences et tout un ensemble de moyens de mesures : spectrographes, caméras....



Etage final Luli



Préparation d'une expérimentation

### Dépôts plasmas

Ces moyens sont mis en œuvre par le Laboratoire de Physique Interfaces et Couches Minces (PICM) qui forme avec le CNRS l'Unité Mixte de Recherche UMR CNRS/EP 7647.

Le but est l'étude de couches minces semi-conductrices et diélectriques, (par exemple silicium se présentant soit de façon amorphe, soit sous forme microcristalline), et ce en vue de définir et caractériser des matériaux nouveaux présentant des caractéristiques optoélectroniques ou électriques spécifiques. Les moyens permettent les dépôts de plasmas avec différents gaz et le contrôle en temps réel de la croissance des couches minces à l'échelle des atomes par méthode dite d'ellipsométrie spectroscopique.

### Spectromètres de masse

Ce sont les outils clé de la compréhension des structures des molécules et de l'analyse de leurs proportions relatives dans des échantillons de toutes natures. Leur principe qui repose sur l'accélération par un champ électrique puis la déviation par un champ magnétique de particules préalablement ionisées est connu depuis longtemps, mais on continue de progresser dans les finesses d'analyse et l'automatisation des procédés.

Ces moyens sont mis en œuvre notamment par les Laboratoire de Biochimie (BIOC) et des Mécanismes Réactionnels (DCMR) qui forment avec le CNRS respectivement les Unités Mixtes de Recherche UMR CNRS/EP 7654 et 7651. Le but est alors l'analyse d'échantillons d'origine biologique et la détection de molécules particulières pouvant n'être présentes qu'à l'état de traces.

Les applications de cette technique, complétée par d'autres telles que la chromatographie liquide ou gazeuse, concernent la toxicologie légale, le métabolisme chez les petits enfants, la caractérisation de maladies génétiques liées à des déficiences d'enzymes...mais aussi le contrôle environnemental, les datations....

*Qu'est-ce qu'on y a fait de remarquable ?*

*Chacun des vingt trois Laboratoires du Centre de Recherche Polytechnique est en mesure de présenter de remarquables réalisations. Une simple visite de leurs pages internet permet d'en mesurer la diversité. Mais la complexité des sujets traités fait qu'il est bien difficile pour des non spécialistes d'en mesurer toute la portée.*

*Les quelques exemples que l'on donne ici n'ont donc pas d'autre ambition que d'illustrer ce à quoi peuvent conduire des recherches dans ces deux domaines de prédilection pour la sélection des élèves de l'école que sont les mathématiques et la physique, et ce dans des applications touchant notre vie quotidienne (murs antibruit, météo...) ou l'actualité (viaduc de Millau), ou bien de montrer comment le Centre prend part aux grands programmes internationaux de recherche très amont, en astrophysique et physique des particules, ou encore comment recherche et industrie préparent ensemble le futur (coopération X-THALES sur les nanotubes de carbone).*

## Modélisations et simulations

À chacune des étapes de ce parcours découverte des établissements scientifiques du plateau de Palaiseau reviennent les mêmes mots : modélisations et simulations numériques.

Il s'agit d'outils informatiques qui permettent d'évaluer à l'avance, c'est-à-dire avant qu'il n'ait été concrètement réalisé, le comportement d'un dispositif lorsque l'on le soumet à différentes contraintes.

Les domaines d'application vont de l'infiniment petit à l'infiniment grand. De la structure très fine des noyaux des atomes au cosmos. Et à notre échelle, pratiquement tout ce qui nous entoure est aujourd'hui modélisé. Le climat, les ouvrages d'art, les moyens de transport, les composants qui équipent les appareils que nous utilisons ...

Différentes techniques sont utilisées suivant que l'on s'intéresse à des dispositifs élémentaires ou à leur assemblage en systèmes. Et les contraintes externes que l'on peut faire jouer pour évaluer les comportements de ces dispositifs ou systèmes sont elles aussi très diverses : contraintes mécaniques, contraintes thermiques, effets de rayonnements électromagnétiques ...

Dans tous les cas, ce sont des compétences variées qu'il faut savoir associer pour constituer ces modèles : compétences des physiciens qui doivent déterminer les lois de la physique qu'il faudra appliquer lorsqu'on voudra évaluer les effets de telle ou telle contrainte, compétences des mathématiciens qui doivent rechercher les simplifications et mises en forme des formules des physiciens pour que les temps de calcul soient acceptables, compétences des informaticiens qui doivent adapter ces formules aux ordinateurs dont on dispose et rendre les outils commodément utilisables, compétences enfin d'expérimentateurs qui doivent contrôler, à partir de réalisations test, la validité des modèles.

Le Centre de Recherche Polytechnique à l'avantage de rassembler toutes ces compétences. Les modélisations ne pouvaient donc qu'y être puissamment développées.

On se limitera ici à introduire un type de modélisation, les "éléments finis" avec trois exemples d'application : la tenue viaduc de Millau aux vents, les effets de murs antibruit et le comportement d'antenne de radars.

Dans les trois cas, la première étape est celle du "maillage" c'est-à-dire de la décomposition de la surface ou du volume que l'on veut étudier en "mailles", c'est-à-dire en petits éléments, par exemple triangulaires, qui, mis côte à côte, finissent par représenter tout le dispositif que l'on veut étudier. Tout un travail consiste alors à donner à ces "éléments finis" la dimension optimale en fonction du résultat visé. Une taille trop faible conduira à des éléments trop nombreux et des temps de calcul prohibitifs. Une taille trop grande ne permettra pas d'atteindre la précision que l'on peut viser. Et un autre travail est de fournir aux utilisateurs des modèles les outils qui permettront de générer automatiquement, à partir du plan d'une pièce, le maillage optimal.

La seconde étape consiste à appliquer à chacune de ces mailles les lois de la physique qui relèvent du domaine que l'on veut étudier (dans le cas d'antennes, ce seront par exemple les célèbres lois de Maxwell), à calculer ensuite comment chaque maille réagit sur ses voisines et quel est l'effet résultant de toutes ces interactions.

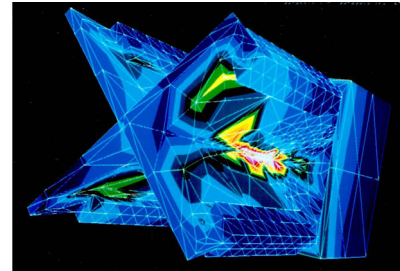
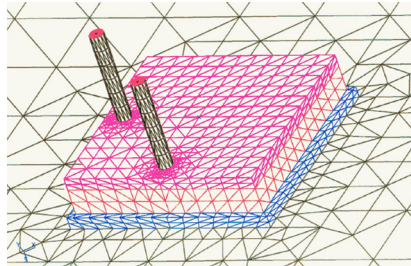
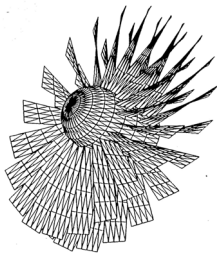
Dans une troisième étape, on fait varier les paramètres d'entrée du modèle. Ce seront par exemple la direction et la force des vents ou la fréquence et la polarisation d'une onde ... On présente sur des graphiques aisément interprétables ce qui résulte de l'application de ces contraintes externes. Ce seront par exemple la déformation subie par un élément de pont, l'évaluation des contraintes internes et la marge de



sécurité par rapport aux limites de rupture. Reste alors à l'ingénieur à optimiser son modèle en changeant des formes ou des matériaux et à examiner comment il réagit dans des conditions extrêmes qu'il serait d'ailleurs difficile de reproduire en essais dans la réalité

Ces techniques de modélisation ont atteint un tel degré de précision que l'on peut aujourd'hui très souvent remplacer, lors du développement d'un produit nouveau, la réalisation physique de maquettes et prototypes par des "prototypes virtuels, c'est-à-dire existant uniquement sous la forme de modèles pour ordinateurs.

Les axes de travail pour le futur portent maintenant sur la modélisation simultanée de différents effets ou encore la représentation de systèmes complexes, c'est-à-dire composés d'un grand nombre de dispositifs de nature différente mais pouvant interagir.

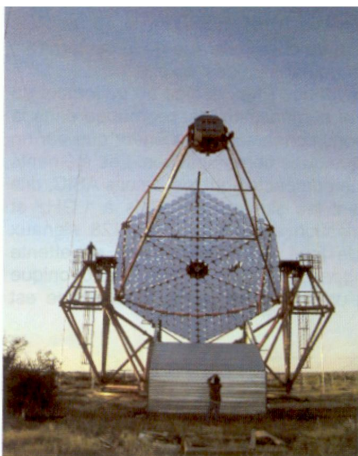


Trois exemples de modélisations par éléments finis : Aubes de réacteur et éléments d'antenne radar

### Grands programmes internationaux de recherche fondamentale

Un bon exemple des engagements internationaux du Centre de Recherche est donné par le Laboratoire Leprince Ringuet (LLR), ex laboratoire de physique nucléaire des hautes énergies. Dans ce domaine en effet, l'ampleur des moyens expérimentaux qu'il est nécessaire de mettre en oeuvre impose la coopération.

Cela est vrai en astrophysique, et plus particulièrement pour ce qui concerne l'étude des rayonnements à très haute énergie (rayons gamma) qui émanent du cosmos et aident à mieux comprendre comment s'est constitué et évolue notre univers. On parle là de GeV ou giga électrons-Volts, c'est-à-dire de milliers de millions d'eV).



Télescope HESS (Namibie)

Le laboratoire y avait montré son savoir-faire avec la mise en place dans les Pyrénées de l'expérience "Thémis" - un grand nombre de petits miroirs ou héliostats renvoyant vers une tour équipée de photodétecteurs l'énergie reçue.

Cette expérience avait été poursuivie avec l'Allemagne avec le projet "Hess" consistant à mettre en place en Namibie quatre grands télescopes aujourd'hui opérationnels. Et de laboratoires collabore maintenant entre autres au projet d'initiative américaine "Glast" visant à conduire des expérimentations de même nature dans l'espace sur satellite.

Cela est également vrai dans le domaine de l'étude des interactions entre particules.

Le laboratoire avait participé aux campagnes menées par le CERN près de Genève ou par d'autres grands centres de recherche européens et qui ont conduit à définir ce que l'on appelle le "modèle standard de particules" expliquant la constitution de la matière.

Il est aujourd'hui très impliqué dans le projet majeur du CERN, le LHC (Large Hadron Collider ou grand collisionneur de hadrons ou particules lourdes).

On vise à mettre là en place d'immenses détecteurs dont le CMS (Compact Muons Solenoid ou solénoïde compact pour muons). Cet instrument devrait permettre, à partir de 2007, de mettre en évidence par des collisions de protons à très haute énergie les célèbres "Bosons de Higg" qui viendraient définitivement conforter les hypothèses du "modèle standard" de la matière.

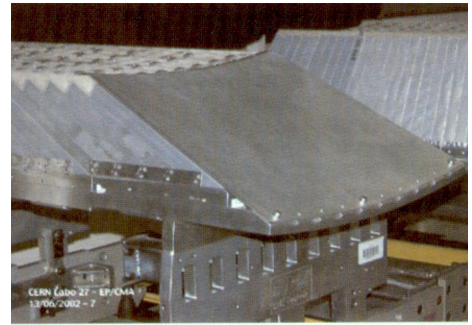
Les expériences devraient également ouvrir de nouvelles perspectives théoriques en particulier dans la voie de la connaissance de ce que les physiciens ont baptisé "l'antimatière".

Ce détecteur de 12.500 tonnes est l'oeuvre d'une collaboration mondiale de 1700 physiciens de 32 pays. Le laboratoire Leprince Ringuet est particulièrement impliqué dans le "détecteur calorimètre électromagnétique" placé dans le champ magnétique très intense créé par des solénoïdes supraconducteurs de près de 10 m de diamètre.

Le détecteur est composé d'un très grand nombre de voies (82.000) ayant des temps de réponse extrêmement rapides (on parle en nanosecondes ou milliardièmes de microsecondes).

Les problèmes à résoudre sont à la fois d'ordre mécanique (comment assembler ces 82.000 voies), d'ordre électronique (comment traiter les signaux délivrés par toutes ces voies) et d'ordre informatique (comment réduire dans un facteur de l'ordre de 10 millions le flux des informations délivrées par le détecteur pour qu'il soit interprétables par les expérimentateurs).

Ceci explique qu'à côté de la cinquantaine de physiciens qui opèrent dans le laboratoire (et pour nombre d'entre eux enseignent), on trouve des services de mécanique, d'électronique et d'informatique d'une quinzaine de personnes chacun. Le laboratoire est ainsi capable de concevoir, réaliser ou faire réaliser, contrôler et manager des projets de grande ampleur.



Structure alvéolaire du détecteur CMS



Un exemple des moyens du LLR : un autoclave

### Un exemple de coopération du Centre de Recherche avec l'Industrie : les nanotubes de carbone.

C'est au début des années 90 qu'ont été mises en évidence au Japon des propriétés étonnantes des **nanotubes de carbone**. Il s'agit de feuillets d'une forme particulière de carbone<sup>1</sup> qui sont enroulés en cylindres de diamètre de la classe du nanomètre, c'est-à-dire du milliardième de mètre. Ces nanotubes sont par exemple plus résistants mécaniquement que l'acier tout en étant six fois plus légers, ils peuvent être meilleurs conducteurs que le cuivre et ils pourraient donner lieu à de multiples applications telles que le stockage de l'hydrogène, les écrans plats, les détecteurs thermiques de rayonnements, les prothèses médicales.... Il reste cependant encore bien des étapes à franchir avant que l'on sache les produire industriellement.

L'Académie des Sciences et l'Académie des Technologies ont estimé que ce devait être un axe majeur de recherche susceptible d'amener à terme une révolution comparable à ce qu'a été la découverte des semi-conducteurs dans les années 50 ou celle des lasers dans les années 60. Des sommes dépassant 500 millions d'euros sont investies chaque année dans ce domaine aux États-Unis, au Japon, en Europe, avec cependant une assez grande dispersion des efforts.

Certaines propriétés des nanotubes de carbone intéressent particulièrement l'industrie électronique. Ce sont en particulier leur capacité à émettre des électrons sous l'effet d'un champ électrique sans avoir besoin d'être chauffés, comme on est obligé de le faire avec les **cathodes** des tubes électroniques, ou encore, sous certaines conditions, une grande mobilité des électrons le long des tubes.

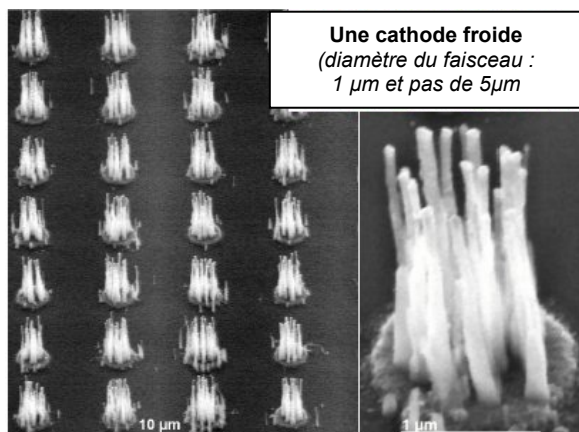
Cette propriété laisse entrevoir la possibilité de réaliser des **transistors** fonctionnant à de très hautes fréquences et délivrant de fortes puissances avec de bons rendements. Ce serait par exemple une façon d'économiser l'énergie prélevée sur les batteries des téléphones mobiles.

Ce sont des raisons qui ont poussé **THALES et l'Ecole Polytechnique** à mettre en place une **ERC** ou **Equipe de Recherche Commune** d'une quinzaine de personnes s'appuyant largement sur le Laboratoire de Physique des Interfaces et Couches Minces (LPICM) et le Laboratoire des Solides Irradiés (LSI) du Centre de Recherche.

<sup>1</sup> On peut se représenter un nanotube de carbone comme résultant de l'enroulement d'une feuille de graphène (plan atomique du graphite, dans lequel les atomes de carbone sont arrangés au sommet d'hexagones. Une feuille de graphène est semblable à un grillage de poulailler). La façon dont les atomes de carbone se connectent quand un feuillet se referme pour former le cylindre détermine les propriétés électroniques du nanotube. Ce dernier peut être métallique ou semiconducteur.



Dans le domaine des "**cathodes froides**", l'objectif est d'améliorer encore la durée de vie des tubes électroniques hyperfréquences qui équipent par exemple les radars satellite de communications.

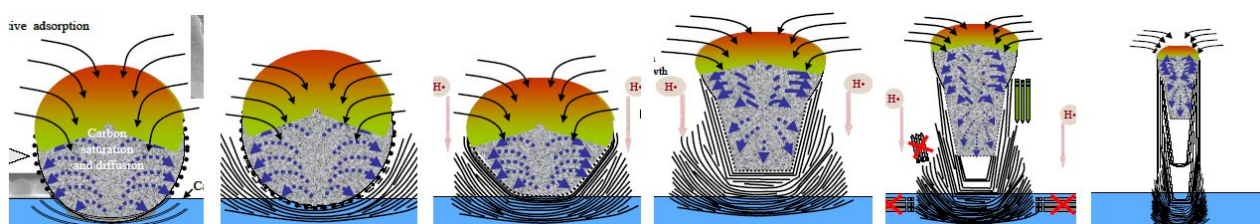


L'équipe a dans ce domaine mis au point un procédé de fabrication original permettant de faire croître des nanotubes de carbone alignés verticalement à partir de plots métalliques soigneusement répartis dans le plan d'un substrat. Afin que le champ électrique à l'extrémité des nanotubes soit maximal (ce qui favorise l'émission d'un fort flux d'électrons) il faut en effet que les nanotubes soient ordonnés en réseaux, avec un pas de l'ordre de 2 fois leur hauteur.

Les densités de courant obtenues aux premiers stades expérimentaux sont de la classe de l'ampère par centimètre carré et laissent entrevoir des possibilités d'emploi industriel à moyen terme (5 à 10 ans).

Dans le domaine des **transistors**, une démonstration de l'effet avait déjà été effectuée par une équipe IBM mais une difficulté à surmonter restait d'associer un grand nombre de nanotubes pour atteindre les niveaux de puissance requis par les applications. Là encore, l'équipe a mis au point un procédé original breveté qui devrait conduire à très court terme à des résultats se situant au meilleur rang mondial.

Une partie de ces travaux est conduite dans le cadre de contrats de recherche européens associant des partenaires de diverses nationalités, notamment anglaise avec l'Université de Cambridge.



**Un exemple de processus de croissance d'un nanotube de carbone :** Une particule métallique soigneusement sélectionnée et de faible diamètre (classe 20 nm) est soumise à un flux carboné type acétylène en phase vapeur enrichi par plasma. La particule absorbe sélectivement le carbone, le dissout, se sature puis redépose ce carbone sous la forme de filaments. Ces filaments s'assemblent en un nid dont on empêche le développement latéral par un flux d'hydrogène atomique. La particule est soulevée par ce nid et s'affine progressivement. Le nanotube se forme et la croissance se poursuit verticalement.  
(extraits diaporama CS Cojocar Thesis)

**On mesure bien avec cet exemple la multiplicité et la complexité des opérations !**

00000000000

*Crédits photos : Polytechnique. Reproduction interdite sans autorisation*

Document établi par ADPP avec la collaboration et sous le contrôle de Polytechnique

Tel : 01.69.33.30.53

Site internet Polytechnique à visiter pour informations complémentaires : [www.polytechnique.fr/recherche](http://www.polytechnique.fr/recherche)

## Sur le campus Polytechnique du Plateau de Palaiseau, la pépinière d'entreprises ...



### Sa vocation :

- donner aux jeunes chercheurs la passion de la technologie et l'esprit d'innovation et de créativité.
- valoriser des résultats de la Recherche par la voie d'équipes mixtes conduisant à la création d'entreprises "start-up" à fort potentiel de croissance et sources d'emplois nouveaux.

### Son profil

- fondée en 1992 sur décision du Conseil d'administration de Polytechnique.
- soutenue également par le CEA, HEC, le Conseil Régional Ile de France, le Conseil Général de l'Essonne, EBN.
- implantée dans les bâtiments dédiés au centre de recherche. Elle en occupe près de 600 m<sup>2</sup>
- compte en 2003 dix entreprises employant de 5 à 10 personnes

## X-TECHNOLOGIES

- est rattachée à la direction du Centre de Recherche de Polytechnique.
- couvre différents domaines d'application des recherches conduites à Polytechnique comme par exemple la santé, avec de nouveaux générateurs de rayons X, la voiture électrique, avec des générateurs d'hydrogène pour piles à combustible, le contrôle des bagages dans les aéroports, la détection des mines ou l'instrumentation de laboratoire.
- a vocation à offrir, à terme, dans un futur "Centre d'entreprise" des capacités d'installation aux "start-up" aptes à voler de leurs propres ailes
- a d'ores et déjà une ouverture internationale avec des ventes sur tous les continents et l'intégration dans ses équipes de chercheurs étrangers.



X-TECHNOLOGIES est un centre technologique ouvert aux jeunes doctorants et post-doctorants, et qui vise à l'émergence industrielle et commerciale des résultats de la recherche.

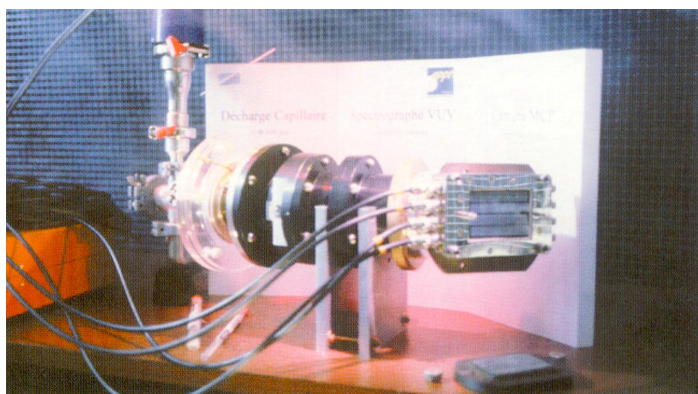
Page d'accueil du site internet X-Tech



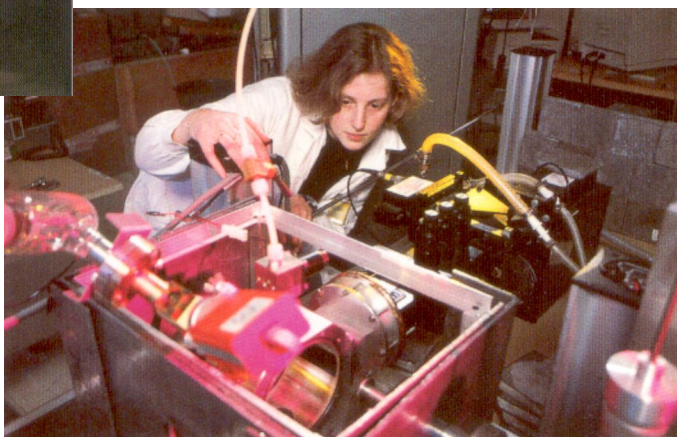
*Qu'est-ce qu'on y fait ?*

Le tableau ci après donne une idée de la diversité des activités dans l'année 2004

<b>Sigle ou nom de l'Entreprise</b>	<b>Signification du sigle</b>	<b>Activité principale</b>
<b>APPEDGE</b>		Simulation des réactions chimiques et transferts thermiques en environnement extrême (cryogénie)
<b>AURIF</b>		Réseaux Informatiques
<b>CETH</b>	<b>Company of Hydrogen Technologies studies</b>	Etude de générateurs d'hydrogène
<b>FASTLITE</b>		Instrumentation de laboratoire pour lasers à impulsions très fines ( <i>ventes dans 15 pays incluant USA, Russie, Japon, Chine...</i> )
<b>GENEWAVE</b>		Utilisation de bio-chips pour contrôler les réactions organiques
<b>IMACS</b>	<b>Ingénierie Mathématique Appliquée et Calcul Scientifique</b>	Modélisations et simulations numériques en acoustique et électromagnétisme
<b>JOBIN-YVON S.A</b>		Ellipsométrie spectroscopique ( <i>a reçu le prix équipe de recherche de l'année 96 décerné par le CNRS</i> )
<b>LASELEC</b>	<i>Identification of <b>ELE</b>ctric cords by <b>LA</b>ser</i>	Identification des cordes électriques par laser
<b>LET IT WAVE</b>		Nouveaux algorithmes de traitement d'images. ( <i>Premier prix national 2002 de la création d'entreprises innovantes</i> )



Un exemple de réalisation : Spectrographe VUV



Mise au point d'appareillages pour la recherche médicale  
(caractérisation d'une source d'électrons capable de produire des rayons X)

*Qui y travaille et comment ?*

La pépinière post-Doctorat de l'Ecole Polytechnique accueille prioritairement et comme son nom l'indique de jeunes chercheurs doctorants ou post-doctorants, c'est à dire venant tout juste de se voir reconnaître le titre de docteur. Mais des chercheurs ou des industriels chevronnés peuvent également apporter toute leurs compétences et faire bénéficier les entreprises naissantes de leur expérience et de leurs réseaux de relations.

Typiquement, à l'initialisation d'un projet, 2 ou 3 jeunes chercheurs s'associent à 2 ou 3 industriels pour former une entreprise SA ou SARL avec le soutien de la pépinière.

Leur première tâche est de construire un "démonstrateur", c'est à dire un appareil s'approchant d'aussi près que possible du produit commercialisable visé mais sans qu'il soit à ce stade fait appel aux moyens industriels nécessaires pour des fabrications suivies.

Parallèlement, ils établissent un "business plan", c'est à dire qu'ils évaluent dans quelles conditions le produit pourra être fabriqué puis commercialisé, quel pourra être son coût et à quel prix il pourra être proposé, quels seront les investissements nécessaires, quels clients on pourra espérer à court terme (l'année du lancement du produit) et à moyen terme (3 à 5 ans); L'objectif est de montrer aux investisseurs éventuels - particuliers ou banques - que l'opération visée a toutes chances d'être viable et rentable à un terme donné.

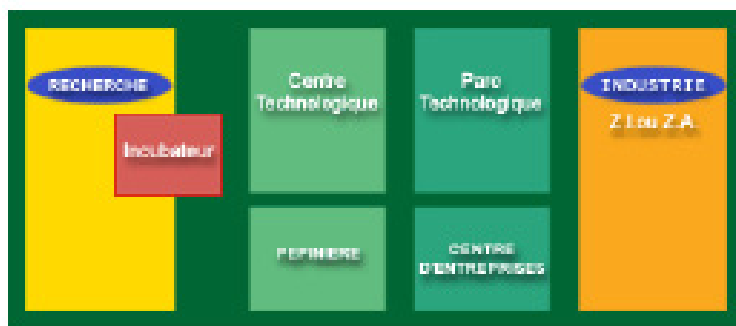
Ils présentent les résultats à des partenaires financiers et industriels en mesure de promouvoir les phases de développement, industrialisation et commercialisation du produit. Les fabrications sont réalisées par des entreprises sous-traitantes équipées des moyens industriels nécessaires.

X-TECHNOLOGIES voit ses premiers doctorants choisir la voie de la création d'entreprise à l'issue de leur doctorat et cela incite fortement à renforcer les différentes phases de la voie de la création d'entreprise :

- la **pré-incubation** au niveau de l'Enseignement,
- l'**incubation** au niveau de la Recherche, au Laboratoire ou à X-TECHNOLOGIES,
- le **centre technologique**, après l'étape du dépôt de brevet ou de l'enregistrement des statuts,
- le **parc technologique**, au niveau de l'Industrie.

Par ailleurs, dans l'idée de suivre et d'accompagner la start-up dans son développement jusqu'au produit, ce qui représente l'issue logique du projet, le programme a retenu le principe de la création d'un **Centre d'entreprises** permettant l'hébergement d'une entreprise jusqu'au niveau de 50 à 200 personnes dans la continuité.

### Cadre d'évolution d'une entreprise



Les différentes étapes entre recherche et industrie  
telles que présentées sur le site internet X-Tech



*De quels moyens particuliers dispose-t-on ?*

Par leur nature même, ces entreprises naissantes n'ont que des moyens limités. Elles font appel, pour les opérations les plus lourdes aux laboratoires du centre de Recherche sur les terrains duquel elles sont implantées, et ce dans le cadre de conventions ou de partenariats dans le cadre de contrats européens ou nationaux.

Les quelques illustrations qui suivent donnent une idée de ces moyens :



**Pour ses travaux d'ingénierie mathématique appliquée et calcul scientifique, la société IMACS fait surtout appel à des moyens informatiques : stations de travail....**



**L'ellipsométrie spectroscopique développée par la société Jobin-Yvon S.A demande à la fois des moyens informatiques et expérimentaux**



**La génération d'hydrogène développée par la société CETH suppose des moyens expérimentaux encore plus lourds....**

*Qu'est-ce qu'on y a fait de remarquable ?*

Les entreprises de la pépinière sont jeunes, ce qui ne les empêche pas d'avoir déjà de remarquables succès à leur actif. Toutes traitent de sujets qui mériteraient de longs développements, mais la place dans cette brochure est comptée. Il fallait faire un choix. Plutôt que de se contenter de quelques lignes consacrées à chacun, on a choisi ici de présenter plus complètement une activité qui donne une bonne illustration de ce que peut être l'apport d'une petite entreprise à un axe majeur de développement du Plateau : **L'optique**. Mais on ne pouvait pas passer sous silence une brillante application des mathématiques à l'informatique. Ce sont donc deux entreprises que nous allons visiter.

## FASTLITE

Dans tous les grands établissements visités jusqu'ici, on a pu mesurer les efforts de recherche dans les domaines de l'optique, et plus particulièrement dans celui des lasers ultra-brefs de très haute puissance. On en a eu des exemples notamment à Polytechnique avec le banc LULI et à l'ENSTA avec le projet PROPULSE. Il n'est donc pas surprenant que l'on retrouve ces mêmes préoccupations chez FASTLITE, l'une des sociétés de la pépinière, avec cette fois le souci de promouvoir des produits innovants et de les commercialiser.

Cette société s'est spécialisée dans l'instrumentation permettant la maîtrise des impulsions laser ultrafines. Après avoir équipé les grands laboratoires français, elle est maintenant présente sur tous les continents et a réalisé en 2004 près de 85 % d'un chiffre d'affaire de 1,2 M€ à l'exportation.

Un parcours des activités de cette société va nous permettre à la fois de rappeler l'intérêt des impulsions laser ultrafines, les difficultés que l'on rencontre pour les manipuler et les innovations que l'on a pu apporter pour surmonter ces difficultés.

### L'intérêt des lasers à impulsions ultrafines

Si l'on cherche à obtenir des impulsions de lasers très courtes, dont la durée se compte en femtosecondes ( $10^{-15}$  seconde, c'est-à-dire un milliardième de microseconde) ou même maintenant en attosecondes (encore 1000 fois moins), c'est surtout parce que cela permet de concentrer l'énergie dont on dispose pour atteindre des puissances instantanées gigantesques pendant la durée des impulsions : La puissance de milliers de centrales nucléaires, mais à cette différence majeure près qu'alors que la puissance d'une centrale est disponible en quasi-permanence, celle du laser à impulsion ne l'est que pendant les instants extrêmement brefs que l'on vient de citer.

Comme un laser produit une lumière cohérente que l'on peut concentrer ou focaliser en un point très précis, il devient alors possible d'atteindre en ces points précis des champs électromagnétiques d'une telle intensité que l'on peut **casser des atomes** et provoquer des émissions de particules comme le font les grands accélérateurs.

C'est sur ces principes de base que reposent de nombreux outils industriels d'usinage, de perçage, de microchirurgie...avec lesquels on ne fait plus fondre de la matière mais on se contente d'arracher localement des atomes avec toute la précision permise par l'optique.

C'est aussi sur ces principes que sont fondés les générateurs de particules pour traitements médicaux tels que le projet "Propulse" présenté lors de la découverte de l'ENSTA ou encore les "allumettes" pour fusion nucléaire dont l'étude est l'un des objectifs du laser Méga Joule que le CEA met en place en Aquitaine.

Pour atteindre de telles puissances, il faut savoir amplifier les impulsions délivrées par des lasers à bas niveau, mais on se heurte vite à une très grande difficulté. Des effets non linéaires ou de « saturation » limitent la puissance que peuvent délivrer les amplificateurs. C'est un phénomène physique général que l'on peut observer même avec un banal poste de radio.

Sans entrer dans trop de détails, disons que cette limitation peut être contournée en étalant la fréquence (ou longueur d'onde) du signal à amplifier, c'est-à-dire en répartissant en quelque sorte la lumière très riche d'une impulsion fine en de nombreux canaux. Chaque canal ne reçoit plus alors qu'une faible partie de la puissance totale qui peut être amplifiée sans effet de saturation. Il faut ensuite bien sûr recombinaison les différents canaux amplifiés. En termes techniques on parle de dispersion puis de compression.

Toutes ces opérations supposent des installations optiques très complexes et des réglages minutieux. C'est avec l'objectif de réduire ces contraintes qu'intervient de la société FASTLITE.

### L'originalité des dispositifs FASTLITE.

L'idée de base est d'utiliser les effets d'ondes acoustiques se propageant dans un cristal pour modifier les propriétés optiques de ce cristal. On est là dans le domaine de l'**acousto-optique**.

Sans à nouveau qu'on puisse entrer dans des détails, disons que les ondes acoustiques générées par des « transducteurs » commandés électroniquement agissent sur les distances entre plans cristallins et modifient ainsi les propriétés de diffraction d'un cristal. On peut de cette façon faire en sorte que différentes fréquences lumineuses subissent des trajets variables en fonction du temps et on rend possibles les opérations de dispersion et compression évoquées précédemment. On dispose ainsi d'un moyen de moduler la forme d'impulsions laser en agissant non pas dans le domaine des fréquences lumineuses mais dans



celui des ondes acoustiques de surface générées par moyens électroniques à des fréquences allant jusqu'à quelques MHz, domaine parfaitement connu des électroniciens.

C'est là le principe de base qui, enrichi par des fonctions de détection et d'analyse de la lumière sortant du cristal, permet un ajustage des formes d'impulsions lumineuses aux gabarits souhaités par simple programmation sur un PC.

Jusqu'à ce jour, le dispositif dont les premiers brevets remontent à 1997 n'a été reproduit nulle part ailleurs dans le monde et Fastlite en est le fournisseur unique sur tous les continents.



Un ensemble Dazzler

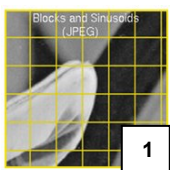
Pour réussir, la société a su rassembler en proportions égales des chercheurs chevronnés, ayant une expérience dans l'industrie tout en étant restés des acteurs scientifiques, et des jeunes chercheurs passionnés par ce domaine naissant et en pleine évolution.

Elle ne dispose pas de moyens de réalisations propres mais ses dirigeants font valoir que les aides aux conceptions aujourd'hui disponibles lui permettent d'assurer la conception de tous les modules nécessaires à ses produits en faisant appel pour leur réalisation à la sous-traitance. Ils font également valoir que leur réussite à l'exportation doit beaucoup aux médias de communication d'aujourd'hui : web et services de livraisons rapides. Il n'est pas indispensable de disposer d'une structure pour réussir.

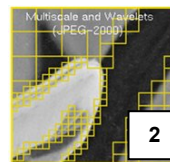
Ayant maintenant atteint un stade de développement qui lui permettrait de figurer en bonne place dans un centre d'entreprises ou une zone industrielle, la société a tenu à rester dans le cadre de la pépinière, au coeur du milieu de la recherche dans le domaine et avec l'objectif de développement de produits innovants nouveaux répondant dans un premier temps aux besoins des chercheurs.

## LET IT WAVE

C'est avec LET IT WAVE ([www.letitwave.fr](http://www.letitwave.fr)) un bel exemple des retombées très concrètes que peuvent avoir les mathématiques, discipline de base de l'école Polytechnique, dans le domaine de l'informatique et par là même dans notre vie courante.



1



2



3

Les utilisateurs toujours plus nombreux d'appareils photo numériques et de microordinateurs se sont un jour ou l'autre trouvés confrontés au « poids » des images que l'on compte en Kilo-octets ou Méga-octets. Ils ont appris que certains formats de codage de ces images permettent de réduire leur poids sans trop influencer sur leur qualité. C'est le cas du très connu format jpeg. Mais ils ne savent pas toujours que derrière de tels sigles peuvent se cacher des concepts mathématiques très avancés.

C'est ainsi que le format jpeg fait appel à des fonctions sinusoïdales (transformée de Fourier) après décomposition de l'image en sous images d'égales dimensions (fig 1).

Le nouveau format jpeg 2000 fait lui appel aux théories beaucoup plus récentes – quelques dizaines d'années – des ondelettes. Le découpage de l'image n'est plus uniforme mais adapté aux détails à reproduire (fig 2).

Les chercheurs de LET IT WAVE ont développé une toute nouvelle théorie, celle des bandelettes, pour définir un nouveau mode de codage encore plus performant. Le découpage de l'image s'adapte aux contours (fig 3).

Les résultats sont spectaculaires. Ils ont valu à LET IT WAVE le prix national 2002 de l'entreprise innovante et **le Grand Prix Européen IST 2005**.

Un exemple de l'efficacité du codage Let It Wave



Crédits photos : Polytechnique, Fastlite et Let it wave. Reproduction interdite sans autorisation

Document établi par ADPP avec la collaboration et sous le contrôle de Polytechnique

Tel : 01.69.33.30.44

Site internet X-Technologies à visiter pour informations complémentaires : [www.xtec.polytechnique.fr/](http://www.xtec.polytechnique.fr/)



### Sa vocation :

A sa fondation, l'Institut d'Optique a reçu pour mission d'utilité publique l'aide au développement de l'industrie optique française. Il a ainsi pour vocation :

- L'enseignement supérieur,
- La formation continue
- La recherche fondamentale et appliquée
- Les transferts de technologie

### Son profil :

- L'Institut a été créé en 1917 et reconnu d'utilité publique comme établissement d'enseignement supérieur privé par la loi du 10 août 1920. Il a délivré ses premiers diplômes d'ingénieur en 1922.
- **L'enseignement supérieur** est assuré par **l'Ecole Supérieure d'Optique** (SupOptique), le **CFA-SupOptique**, les **masters**, et la **formation doctorale**. S'y ajoute la **formation continue**.
- **La Recherche fondamentale et appliquée** s'exerce au sein du **Laboratoire Charles Fabry**, unité mixte de recherche du CNRS.
- **Les transferts de technologie** sont assurés par la structure de soutien aux entreprises **IOTech**.
- L'Institut s'installera sur le campus Polytechnique de Palaiseau en 2006 et y occupera à terme 20.000 m<sup>2</sup> de surfaces bâties.
- Il compte maintenant près de 250 élèves ingénieurs et doctorants avec l'objectif de passer à 360 élèves d'ici 2008.
- Il compte près de 35 chercheurs dont 26 enseignent à l'Ecole Supérieure d'Optique ou à Polytechnique



**L'Institut d'Optique** a un statut mixte public - privé.

- son Conseil d'Administration est composé de représentants de l'Etat, membres de droit, (Ministères de l'Education Nationale, de la Recherche, de l'Industrie, de la Défense, de l'Intérieur et CNRS) mais aussi de membres élus représentants de l'Industrie (Thales, Sagem....) et des Universités et organismes publics (CNRS, CEA, Polytechnique, ONERA....)
- son budget consolidé dépend pour environ 80% de financements publics, et 20 % de ressources propres.
- il est le lieu de rencontre de nombreuses sociétés savantes et a été l'un des fondateurs et le siège initial de "Optics Valley" qui vise à coordonner la discipline en Ile de France et a maintenant son siège à Palaiseau.
- il a conclu des programmes d'échanges avec de nombreux établissements étrangers



Relations internationales de l'Institut d'Optique

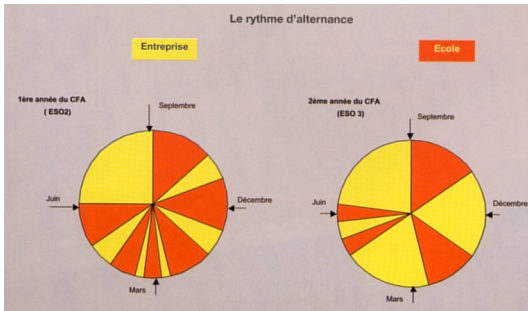


## L'Ecole Supérieure d'Optique

Le cursus de l'ingénieur "**Supoptique**" se déroule sur trois années :

- la première est consacrée aux aspects fondamentaux à la base de l'innovation dans les sciences de la lumière ainsi qu'à une mise en contact avec les entreprises et les différents métiers de l'ingénieur.
- la deuxième année constitue le cœur de la formation d'ingénieur avec un approfondissement des composants et systèmes optiques et des autres domaines technologiques qu'ils utilisent.
- la troisième année est une année d'approfondissements et d'ouverture vers les nouvelles technologies en même temps qu'un renforcement des compétences en management et en gestion.

Cette formation est caractérisée par un équilibre entre les compétences générales, fondamentales et expérimentales. Ce dernier point est pour beaucoup dans la réputation de l'école et contribue en particulier à ce que ses ingénieurs soient très prisés dans les secteurs de la recherche et du développement.



En seconde année, les élèves - ingénieurs peuvent opter pour une obtention du diplôme dans le cadre d'une alternance en entreprise sous statut d'apprentissage sans que les compétences fondamentales n'en soient affectées. Cette voie dite **CFA (Centre de Formation d'Apprentis)** est très appréciée par les entreprises.

L'illustration ci-contre montre comment ces élèves partagent leur temps entre l'entreprise et l'école au cours de ces deux années.

Il est également possible de compléter cette formation d'ingénieur par la préparation d'un DEA "Optique et Photonique" ou une thèse.

**Le Laboratoire Charles Fabry** de l'Institut d'Optique (LCFIO, UMR 8501 CNRS/IO/UPS), ainsi nommé depuis 1998, a pour politique de couvrir un large spectre de recherches du vaste secteur de l'optique. Ses activités sont rassemblées autour de thèmes principaux et structurés en groupes de recherche qui traitent à la fois la recherche de base et les applications qui en découlent. On distingue ainsi :

- **L'optique atomique** : Ce groupe cherche à faire avec des atomes ce que l'on fait en optique avec des photons : réflexions, focalisations, diffractions, interférences... Il a par exemple étudié en détail les miroirs à atomes, étudié la condensation de Bose-Einstein et développé des dispositifs permettant de perfectionner les sources atomiques cohérentes...
- **L'optique quantique** : Ce groupe s'intéresse aux états non classiques du champ lumineux, aux interactions lumière-matière... Il travaille par exemple à l'isolation, au refroidissement et à la détection d'un atome unique dans un piège dipolaire ou à la génération d'impulsions contenant un seul photon en vue d'applications à la cryptographie en télécommunications.
- **La nanophotonique et l'électromagnétisme** : Ce groupe s'intéresse à la structuration de la matière à une échelle inférieure à la longueur d'onde pour obtenir des effets nouveaux comme les « bandes interdites photoniques » ainsi qu'à la modélisation de l'électromagnétisme dans les nanostructures optiques.
- **Les Lasers et la biophotonique** : Ce groupe traite des architectures des systèmes laser, notamment des lasers à solides pompés par diodes laser, du contrôle de leur profil d'impulsion et de leur qualité spatiale. Il traite également des biopuces.
- **Matériaux non linéaires et applications** : Ce groupe s'intéresse à la physique des interactions non linéaires et à ses applications telles que capteurs de vibrations, mémoires holographiques, cavités laser auto-organisables... Il traite aussi de l'élaboration de matériaux non linéaires en couches minces.
- **Systèmes et composants optiques** : Ce groupe traite des surfaces optiques (asphérisation de surfaces à l'échelle nanométrique), des multicouches minces miroirs et séparatrices, de l'interférométrie X-UV (gamme 3 à 200 nm), de la spectro-imagerie.

**IOTech** remplit quatre missions essentielles :

- Répondre à des problèmes particuliers soumis par les entreprises
- Soutenir le démarrage de jeunes pousses
- Aider la valorisation des résultats des recherches du Laboratoire Charles Fabry
- Favoriser une collaboration active entre chercheurs du laboratoire et ingénieurs des entreprises

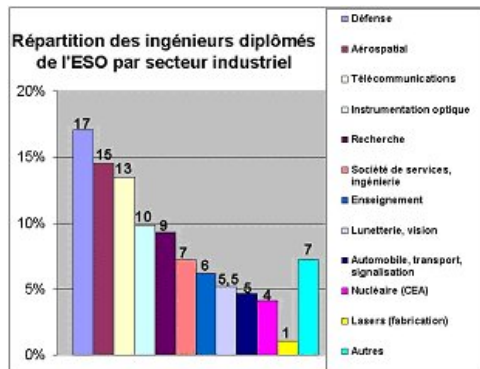
IOTech s'appuie pour cela sur une commission de pilotage présidée par un chercheur. Cette commission décide des actions à mener. Elle dispose du potentiel technique et matériel de l'Institut.

## Les élèves

**Le recrutement** : Les élèves ingénieurs sont recrutés à 85 % par concours après classes préparatoires aux grandes écoles. Ils proviennent à 35% des sections **MP** (Mathématiques et Physique), à 30% des sections **PC** (Physique et Chimie), à 30% des sections **PSI** (Physique et Sciences de l'Ingénieur) et à 5% des sections **TSI** (Technologies et Sciences Industrielles) et **PT** (Physique -Technologie). Les autres élèves ingénieurs sont admis sur titres en première année (titulaires d'un BTS en génie optique, d'un DUT en mesures physique ou d'un DEUG) ou en deuxième année (titulaires d'une maîtrise de physique).

Les étudiants titulaires d'une licence peuvent être admis en première année de maîtrise. Les titulaires d'une maîtrise peuvent être admis en deuxième année de maîtrise.

Les deux diplômes ouvrent la voie à une thèse de doctorat dans les laboratoires publics ou privés.



**Les débouchés** : Les deux tiers des ingénieurs font carrière dans les entreprises privées. Pour l'autre tiers, environ 12% vont vers la défense et autant vers le CEA. Les métiers pratiqués se répartissent entre la recherche fondamentale (10%), la recherche appliquée et le développement (40%) et les projets industriels, l'ingénierie et les études techniques (50%).

**La vie étudiante** : Elle très dynamique dans l'établissement et se développe autour d'associations telles que le Bureau Des Elèves (BDE) et ses nombreux clubs, l'association sportive, la Junior Entreprise et des activités culturelles, voyages, soirées...

## Les enseignements

Ils sont assurés par les enseignants-chercheurs ou les chercheurs de l'établissement et par de nombreux intervenants du monde de l'entreprise et de la recherche. Ils sont caractérisés par des moyens très importants mis au service de la formation expérimentale. Les laboratoires de travaux pratiques performants dans les domaines de l'optique, de l'électronique et du traitement du signal, de l'informatique sont des outils pédagogiques essentiels.

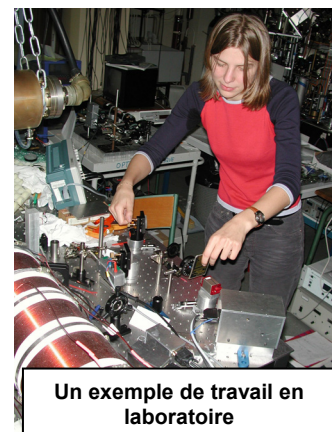
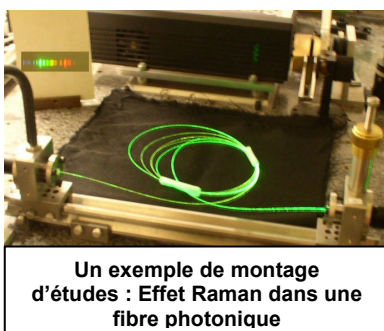
## Le Laboratoire Charles Fabry

Il compte près de 80 chercheurs, ingénieurs et techniciens conduisant une centaine d'études industrielles par an et publiant également plus d'une centaine d'articles par an.

Les activités sont variées, allant de la réalisation de matériaux spécifiques tels que fibres optiques en silice très pure, cristaux sans défauts pour lasers ou modulateurs de lumière..., à la réalisation de composants aux limites des technologies, avec des précisions d'une fraction de micromètre ou encore au dépôts de couches minces.

Sont également étudiés des dispositifs d'imagerie, de visualisation, de navigation, de nettoyage par laser, d'endoscopie médicale, de télécommunications, de stockage d'informations...

La métrologie de précision et l'étalonnage figurent également parmi les spécialités du Laboratoire.





*De quels moyens particuliers dispose-t-on ?*

## L'Ecole

Outre les salles et amphithéâtres pour cours magistraux, de nombreuses installations pour travaux pratiques et des moyens informatiques puissants concourent à la formation des élèves. Deux exemples en sont donnés ci-après



Elèves en salle de travaux pratiques

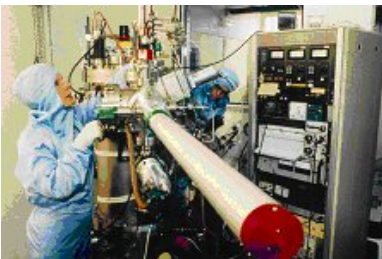


Elèves en salle informatique

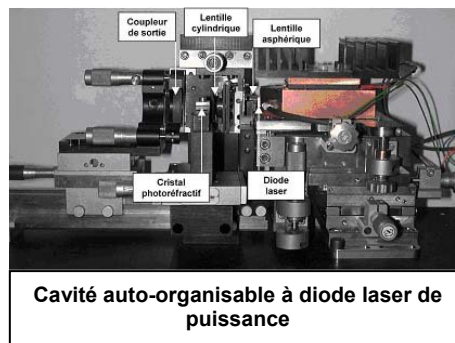
## Le Laboratoire

Il est doté des moyens propres lui permettant, au stade de la recherche ou pour la métrologie, d'aborder les différents domaines couverts aujourd'hui par l'optique. Par exemple moyens d'élaboration de nouveaux matériaux optiques ou électro-optiques, moyens de dépôts de couches minces ou encore moyens de réalisation de composants « nanophotoniques »....

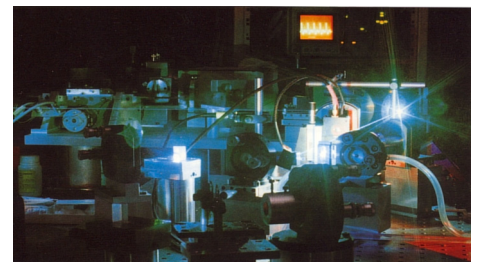
Il dispose également de salles d'expérimentations requérant des conditions de stabilité particulières pour accueillir des montages optiques complexes. **Quelques exemples de ces moyens :**



Moyens de dépôts de couches minces



Cavité auto-organisable à diode laser de puissance



Laser titane-saphir et miroirs pour atomes

## L'implantation sur le campus de Polytechnique

A la date d'édition de cette brochure (avril 2005), un projet architectural a été sélectionné et les premiers travaux de terrassement ont été entrepris. Le futur Institut d'Optique présentera une grande homogénéité de conception avec le centre de recherche Thales qu'il voisinera.



La mosaïque de photos ci contre illustre les concepts retenus.

(copyright : SERAU  
Architectes et ingénieurs associés)

*Qu'est-ce qu'on y a fait de remarquable ?*

*Le domaine de l'optique est maintenant très vaste et l'Institut ayant vocation à en étudier les différents aspects, ses réalisations marquantes ne manquent pas. Avec les mêmes règles que pour les autres établissements présentés dans cette brochure, nous ne ferons ici que commenter sommairement trois exemples de réalisations (gyromètres à fibres optiques, optique adaptative et cryptographie quantique) et nous citerons et illustrerons quelques autres recherches pouvant susciter votre curiosité.*

## Gyromètres à fibres optiques



Essais d'un gyromètre à effet Sagnac

Ils résultent d'une observation : quand un système est en mouvement, la lumière ne met pas exactement le même temps pour aller dans un sens ou dans l'autre. C'est un effet que G.Sagnac avait mis en évidence il y a près d'un siècle en plaçant un dispositif interférométrique sur une table tournante. Cet effet porte maintenant son nom.

On peut, à partir de ce principe mesurer des vitesses angulaires. Le fait de disposer maintenant avec les lasers de lumière cohérente y aide grandement.

Dans les expériences initiales, un flux lumineux était séparé en deux voies qui suivaient, par des réflexions successives sur des miroirs, des trajets inverses et venaient ensuite se recombinaient en donnant lieu à un réseau d'interférences. L'utilisation de fibres optiques en lieu et place des miroirs simplifie les montages et permet d'augmenter la longueur des parcours lumineux, ce qui est synonyme d'une plus grande précision.

L'Institut s'est particulièrement penché sur la réalisation de joints tournants optiques permettant de déporter laser et interféromètre et d'alléger la partie en rotation.

De tels dispositifs ont été utilisés par exemple pour mesurer avec une très grande précision la vitesse de rotation de la terre et ses variations. Ils ont supplanté dans un grand nombre d'applications de navigation les classiques gyromètres reposant sur le principe bien connu

des volants d'inertie (une roue lancée à grande vitesse tend à s'opposer aux déplacements de son axe de rotation. La mesure des efforts qu'il faut faire pour contrecarrer la force correspondante permet de remonter aux accélérations subies, et donc aux vitesses et en final, dans une « centrale à inertie » à la position du porteur).

## Optique adaptative

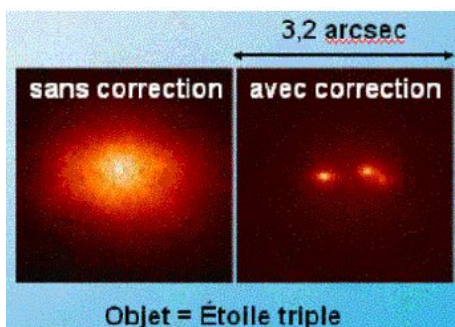
Il s'agit de dispositifs visant à corriger les effets de turbulences atmosphériques sur la qualité d'images, notamment les images délivrées par des télescopes terrestres en observation astronomique.

Différentes techniques peuvent être utilisées pour analyser ces perturbations et ensuite les compenser en venant par exemple déformer, à l'aide de petits vérins, le miroir du télescope. Tout ceci suppose la maîtrise de nombreux savoir-faire : analyse de fronts d'ondes, calcul des corrections à effectuer, asservissements pour l'application des corrections, contrôle du résultats global.

L'Institut a particulièrement travaillé à la réalisation de fronts d'ondes perturbés permettant des expérimentations en laboratoire, à la caractérisation des surfaces de miroirs déformables, à la caractérisation d'analyseurs de fronts d'onde de type Shack-Hartman, à la mise en œuvre de l'asservissement et à l'étude des performances de l'ensemble.

L'analyseur Shack-Hartman est dans son principe constitué par un réseau de microlentilles régulièrement distribuées sur toute une surface. Si un front d'onde plan, c'est-à-dire non perturbé, vient éclairer ce réseau, les points de focalisation de chacune des microlentilles sont aussi régulièrement espacés que le sont les microlentilles. Si au contraire le front d'onde a subi, du fait de son passage dans une atmosphère perturbée, des déformations, les points de focalisation ne respecteront plus cette régularité. On peut alors, par la mesure de ces irrégularités puis de puissants calculs, déterminer ce qu'ont été les perturbations et quelles actions on doit avoir sur le miroir pour les corriger. On a avec cet analyseur un bon exemple des techniques et technologies qu'il est nécessaire de maîtriser : réseaux de microlentilles, réseaux de détection, algorithmes de traitement et mise en œuvre informatique....

L'illustration ci contre permet de se faire une idée de l'efficacité du procédé. Là ou sans correction, un télescope ne délivre qu'une image unique et floue, l'application de la correction permet de séparer trois étoiles dont deux sont très proches.



Effet d'une optique adaptative



## Cryptographie quantique

Crypter les messages que l'on veut transmettre pour que seuls les destinataires puissent les comprendre a été une préoccupation de tous les temps. Mais l'explosion des échanges par internet en fait aujourd'hui une question majeure. Les risques de piratage de codes confidentiels ou bien de casse de codes de cryptage à l'aide de machines toujours plus puissantes sont en effet maintenant bien établis.

Des théoriciens se sont penchés sur ces questions. Ils ont établi qu'un code plus long que le message et dont on transporterait la clé par un autre canal que celui des données ne pourrait être « cassé ». C'était jusqu'ici l'un des rôles des valises diplomatiques, mais avec une sécurité encore aléatoire et surtout des délais de mise en œuvre ne correspondant plus aux besoins de l'époque.

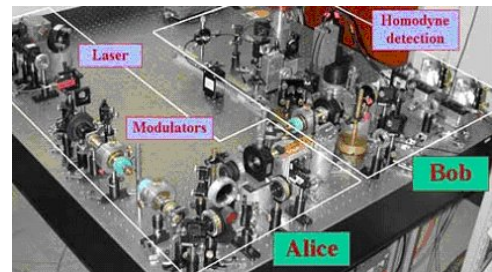
L'optique quantique apporte une solution à ce problème.

Un principe (le principe d'incertitude de Heisenberg) veut que quand on travaille dans l'infiniment petit, au niveau des grains d'énergie ou quanta, on ne peut pas mesurer un état sans le perturber. Ainsi, si l'on manipule un flux de photons ou grains élémentaires de lumière, représentables par un champ électrique polarisé porteur d'une information binaire (zéro ou un suivant que la polarisation est dans un sens ou bien dans le sens perpendiculaire), toute mesure de son état vient le modifier. Si ces photons sont transportés par une fibre optique, il est donc possible de savoir si un intrus espionne la ligne, toute dérivation se traduisant inmanquablement par une modification d'un flux de bits dont on peut convenir par tout autre moyen n'ayant pas lui besoin d'être protégé.

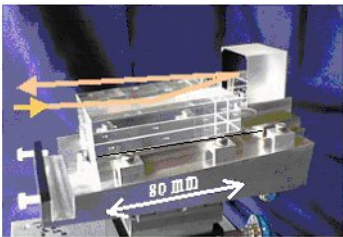
On a là les bases de la cryptographie quantique, mais les difficultés de mise en œuvre ne manquent pas : génération et contrôle des flux de photons, transport de ces photons par fibre optique sur de longues distances, détection à leur arrivée de leur polarisation...

Autant de problèmes que l'Institut cherche à maîtriser. Il a élaboré le premier système complet de cryptographie quantique avec des variables continues, du protocole théorique à l'extraction de la clé. Le résultat majeur a été de prouver le fonctionnement avec des états non spécifiquement quantiques et de fortes pertes de transmissions.

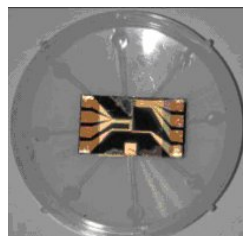
La photo ci-contre montre les composants nécessaires, laser, modulateur, fibre optique, détecteur, pour que deux correspondants, Alice et Bob, puissent échanger une clé secrète.



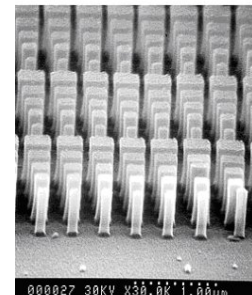
## Quelques autres réalisations remarquables



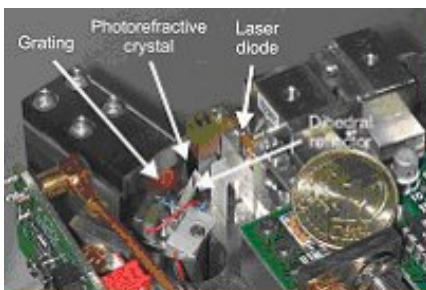
Miroirs de Fresnel et miroir ellipsoïdal constituant le cœur d'un interféromètre imageur.



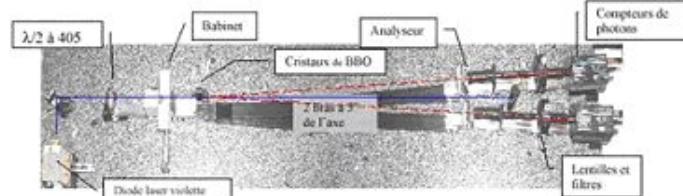
Etude de puces atomiques : piègeage et guidage de faisceaux d'atomes froids par champ magnétique de fils conducteurs microniques



Réseau de diffraction obtenu par gravure binaire plus fine que la longueur d'onde. Cette structure se comporte pour la lumière comme un matériau artificiel d'indice variable.



Diode laser rendue monomode spectral par une cavité auto-organisable. (collaboration Nottest)



Expériences sur photons intriqués en polarisation et corrélations de détection de « photons uniques ».

Crédits photos : Institut d'Optique. Reproduction interdite sans autorisation

Document établi par ADPP avec la collaboration et sous le contrôle de l'Institut d'Optique

Melle Sophie GUEDON Tel : 01 69 35 87 62.

Site internet Institut d'Optique à visiter pour informations complémentaires : [www.institutoptique.fr](http://www.institutoptique.fr)

Qu'est-ce que c'est ?

**Sur le campus Polytechnique du Plateau de Palaiseau ...****Sa vocation :**

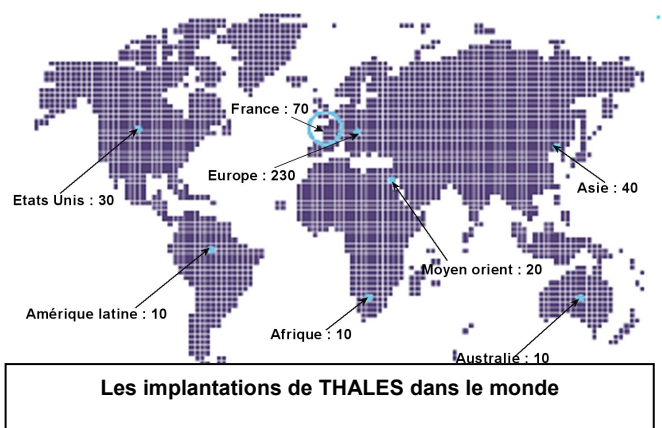
- Assurer un avantage compétitif aux Unités opérationnelles du Groupe par transfert de savoir-faire de pointe, de technologies nouvelles, d'expertises et de compétences.
- Promouvoir l'innovation.
- Contribuer à l'image technique du Groupe

**Son logo :**
**Son profil**

- a rassemblé depuis 1956 sur le site voisin de Corbeville les activités de recherches amont de CSF devenue Thomson-CSF en 1968 puis THALES en l'an 2000.
- s'installe sur le campus Polytechnique en 2005 pour y occuper 18.000 m<sup>2</sup> de surfaces bâties sur un terrain de 4,4 hectares.
- compte aujourd'hui près de 300 personnes se consacrant aux recherches appliquées.
- est au cœur de multiples coopérations internationales et travaille en étroite coopération avec les centres de recherches anglais et néerlandais de THALES
- a des liens privilégiés avec les établissements du plateau : Polytechnique, IOTA, ONERA et avec des Universités sous l'égide du CNRS.

Le **Groupe THALES** est leader européen dans les domaines des équipements électroniques et grands systèmes pour l'aéronautique et la défense. Il opère également dans les technologies de l'information et des services.

- il est présent sur tous les continents, emploie dans 30 pays 60000 personnes dont 32000 en France et 12000 au Royaume Uni
- son chiffre d'affaire a été en 2004 de 10,3 milliards d'euros
- les recherches développements représentent plus de 20% de son activité
- il autofinance plus de la moitié de ses recherches et dispose de près de 15000 brevets. Il en dépose 250 par an.





*Qu'est-ce qu'on y fait ?*

L'activité de THALES Recherches et Technologies s'exerce principalement dans les domaines suivants :

- **La recherche appliquée** conduisant à la mise au point de matériaux et de composants matériels ("hardware") ou logiciels ("software") innovants. Des Unités opérationnelles du Groupe développent ensuite ou font développer et produire en série ces composants pour les introduire dans les équipements qu'elles commercialisent.
- **La définition de méthodes et procédures de travail** communes à toutes les Unités du Groupe, sur tous les continents, et la mise à leur disposition de connaissances et moyens d'analyse communs, par exemple dans le domaine de la fiabilité.

**Dans le domaine du "hardware"**, matériaux et composants, on s'intéresse particulièrement :

- Aux **matériaux semi-conducteurs composés**, c'est à dire faisant appel à un mélange d'éléments de base. Les applications concernent par exemple les transistors devant fonctionner à de très hautes fréquences pour radars et télécommunications, les détecteurs de rayonnements optiques pour caméras de jour, les détecteurs de rayonnements infra-rouges, pour des caméras de nuit, les diodes laser, dont les applications sont maintenant multiples. On en trouve entre autres dans tous les lecteurs de CD.
- Aux **matériaux supra-conducteurs**, encore peu utilisés de façon courante mais qui permettent par exemple de bien séparer des ondes radio qui se superposent. C'est un problème de plus en plus crucial à mesure que se développe l'emploi de ces ondes en télécommunications ou en radars.
- Aux **céramiques** utilisées par exemple pour la réalisation d'oscillateurs très stables ou pour le "packaging", c'est à dire l'interconnexion, la tenue mécanique et la protection de composants.
- A la **photonique** appliquée aux hyperfréquences, par exemple pour remplacer les câbles coaxiaux du genre de ceux qui relient une antenne à un téléviseur par de microscopiques fibres optiques, mais aussi pour réaliser des fonctions beaucoup plus complexes.



Exemples de composants pour transmissions par fibres optiques

**Dans le domaine du "software"**, c'est à dire celui des logiciels, on s'intéresse particulièrement :

- Aux **aides à la décision** dans des situations complexes, quand de nombreux critères doivent être pris en compte, et aux **interfaces "homme-machine"**.
- Aux logiciels dits de **"middleware"**, c'est à dire se situant entre les commandes directes des processeurs et les programmes d'applications traduisant ce que l'on veut faire exécuter par la machine. L'un des objectifs de ce "middleware" est de faciliter la programmation des applications et le portage ou utilisation d'un programme sur différentes machines.
- Aux **structures des calculateurs spécialisés** par exemple pour extraire des signaux utiles noyés au milieu de nombreux signaux perturbateurs.

**Dans le domaine de "l'engineering"**, c'est à dire des méthodes de travail, on s'intéresse particulièrement

- Aux **méthodes et outils de gestion de programmes**
- Aux **outils de modélisation et simulation** ou d'aide à la conception dans des domaines aussi différents que l'électronique, la mécanique, la thermique...., aux méthodes et outils de développement de logiciels et aux procédures permettant d'assurer leur qualité.

**Dans le domaine du "knowledge management"**, c'est à dire de la gestion des connaissances, on s'intéresse aux méthodes et outils permettant que les expériences acquises dans une Unité puissent être accessibles facilement à d'autres unités du Groupe. On s'intéresse aussi aux **fiabilités** des composants utilisés par les Unités du Groupe et à la collecte des informations permettant la sélection de leurs fournisseurs. On participe également aux **expertises techniques** que peut requérir le Groupe.

Nota : C'est volontairement que l'on a maintenu dans ce texte destiné à des lecteurs français quelques expressions du langage international. On veut traduire par là le fait que THALES Recherches et Technologies (dont l'appellation réelle dans tous les documents émanant du Groupe est "THALES Research and Technology") opère au niveau international avec comme langue de travail l'anglais.

*Qui y travaille et comment ?*

**Le Centre THALES Recherches et Technologies de Palaiseau** accueille de 300 à 350 personnes dont plus de 200 chercheurs, ingénieurs et doctorants. Bon nombre de ces chercheurs participent sous diverses formes à l'enseignement.

La nouvelle implantation sur le campus de Polytechnique vise à faciliter la communication entre les chercheurs ainsi que la conduite d'études en partenariat. Ces partenariats s'exercent :

- Sur le plan national en premier lieu sur le campus ou le plateau avec les laboratoires de Polytechnique, l'IOTA (Institut d'Optique Théorique et Appliquée), l'INRIA, l'ONERA, mais aussi avec des Instituts universitaires (par exemple IEMN de Lille) ou encore des laboratoires de recherches d'autres Sociétés, comme en particulier Alcatel Marcoussis.
- Sur le plan international avec un très grand nombre d'Organismes principalement dans le cadre de contrats européens.



#### Le chantier de construction à l'automne 2004

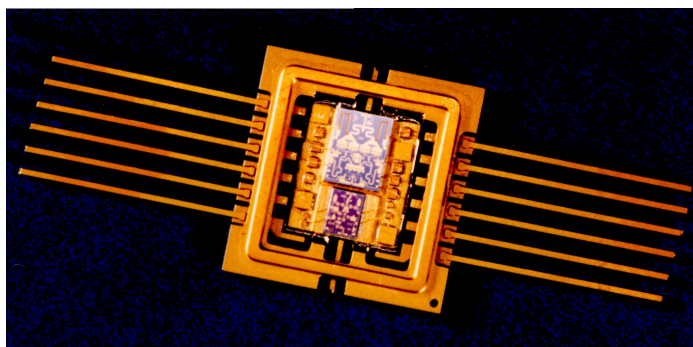
*(Le long de la D 128, hall d'accueil et salles blanches, le long du futur Site Propre de Transport en Commun, laboratoires et bureaux, sur la droite, le lac de Polytechnique et en arrière plan, cachée par la végétation, la D36)*

Les installations d'une surface de 18.000 m<sup>2</sup> comportent une zone dédiée aux études physico-chimiques des matériaux et de composants, avec près de 3.500 m<sup>2</sup> de salles blanches, des laboratoires de caractérisation ou d'études d'applications, ainsi que des bureaux et de nombreuses salles de réunions. De larges zones de circulation favorisent les échanges entre chercheurs tant à l'intérieur du bâtiment qu'avec les autres entités du campus.

Des laboratoires mixtes THALES - CNRS permettent l'accueil de chercheurs des organismes avec lesquels des accords de coopération ont été conclus. C'est le cas en particulier de l'IOTA et du Centre de Recherches de Polytechnique. A l'inverse des chercheurs de THALES peuvent être détachés dans des laboratoires du CNRS.

**Les méthodes de recherche** sont comparables à celles déjà évoquées pour les autres laboratoires du campus avec un fort poids des modélisations et simulations informatiques, suivies de définition de procédés de fabrication, réalisation de modèles expérimentaux et caractérisation par de multiples mesures des produits réalisés. Une attention toute particulière est portée à la fiabilité ou durée de vie potentielle de ces produits. On accélère leur vieillissement en procédant à des essais continus (jour et nuit) à des températures se situant largement au dessus du fonctionnement normal.

Les axes des recherches sont définis collégalement au niveau de la direction générale technique du Groupe avec les représentants des unités opérationnelles.



#### Un exemple de composant à base de « puces » AsGa

*L'AsGa ou Arseniure de Gallium est un matériau composé qui présente des qualités électriques particulièrement intéressantes et permet la réalisation d'amplificateurs et fonctions hyperfréquences très intégrées pour télécommunications, radars...mais aussi des fonctions optroniques.*

*Au laboratoire de recherche, on met au point les procédés de fabrication des matériaux et composants, on contrôle leurs performances et on s'assure de leur fiabilité.*

Les études sont ensuite réparties entre les trois centres européens constituant l'entité THALES Research et Technology avec dominante matériaux et composants, logiciels généraux et ingénierie des systèmes en France à Palaiseau, logiciels, réseaux et traitements d'images en Grande Bretagne et logiciels d'applications aux Pays Bas.

Les Unités opérationnelles du Groupe peuvent être associées aux études d'applications ou en assurer le contrôle pour le compte de la direction générale. Inversement des chercheurs peuvent être appelés à suivre dans les Unités le développement et la mise en production des composants qu'ils ont étudiés.



*De quels moyens particuliers dispose-t-on ?*

On ne décrira ici que deux des multiples types de moyens nécessaires aux recherches appliquées. Les salles blanches et les réacteurs d'épithaxie

**Les salles blanches**

Pour réaliser les matériaux et composants auxquels on s'intéresse - transistors hyperfréquences, détecteurs dans l'infrarouge, diodes laser... il faut pouvoir introduire à des endroits bien précis dans des matériaux composés des "impuretés" soigneusement dosées qui viendront modifier des caractéristiques électriques locales. Il faut aussi graver des sillons très étroits- moins d'un dixième de micron, c'est à dire un dix millionième de mètre -. Il faut encore métalliser certaines zones du composant pour pouvoir assurer ses connexions électriques sans perturber les zones voisines.... Tout ceci nécessite de nombreux outils très spécialisés. Et on comprend bien que la moindre poussière qui viendrait se déposer sur le matériau encore non protégé à ce stade compromettrait gravement la performance ou la fiabilité ou durée de vie du composant, surtout quand on sait que la réalisation d'un transistor "hétérojonction", c'est à dire comportant plusieurs éléments de base demande plus d'une centaine d'opérations qui au stade de la recherche ne peuvent pas être toutes automatisées.

C'est pourquoi il faut travailler en atmosphère totalement dépoussiérée ou **"salles blanches"**.

On définit la classe de propreté d'une salle blanche par le nombre de particules de diamètre inférieur à 0,5  $\mu$  (0,5 millionième de mètre) que l'on peut trouver dans un pied cube d'air (environ 27 litres). L'atmosphère habituelle en compte de 1 à 10 millions. Il faut donc toute une machinerie pour ne plus trouver, dans les zones où s'effectuent les opérations délicates, que de 1 (voire 0,1) à 100 particules par 27 litres, valeurs au delà desquelles les rendements de fabrication sont compromis.

On travaille dans ces salles en blouse blanche avec calotte, masque, gants et couvre chaussures. Les manipulations s'effectuent sous hottes aspirantes. La machinerie doit permettre de filtrer l'air, maintenir une température et une hygrométrie constantes ainsi qu'une légère surpression de façon à éviter des entrées d'air extérieur lorsqu'on ouvre les portes des sas d'accès. Les



Travail en salle blanche

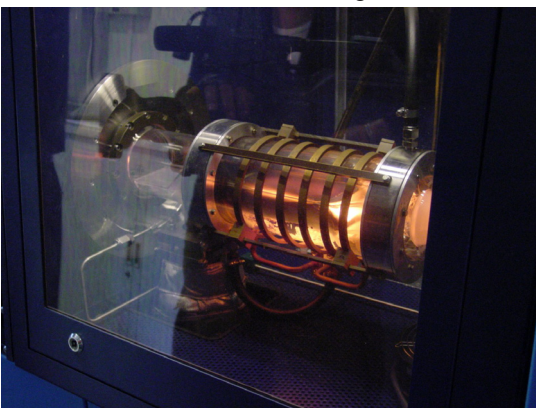
fumées blanches que l'on voit se dégager de ces installations ne sont rien d'autre que de la vapeur d'eau rejetée au cours du processus de filtration.

Les salles blanches de THALES R&T couvrent une surface de 3.500 m<sup>2</sup>.

**Les réacteurs d'épithaxie**

Le terme réacteur ne désigne pas ici un moteur d'avion mais un appareil dans lequel se produisent des "réactions" physico-chimiques contrôlées. C'est l'un de ces outils dont on a besoin pour réaliser des "hétérojonctions" à partir de matériaux composés de différents éléments de base qu'il faut savoir mélanger de façon très précise.

En l'occurrence, il s'agit de chauffer ces éléments de base tels que le gallium, l'indium, l'arsenic, le phosphore, l'aluminium et de provoquer dans une enceinte sous ultra-vide des jets d'atomes ou molécules qui se combinent pour obtenir un cristal du matériau composé désiré.



Un réacteur d'épithaxie

On scie ensuite des tranches de ce cristal et par différents procédés "implante" à des endroits précis des impuretés, applique par photomasquage des métallisations ou creuse des sillons....

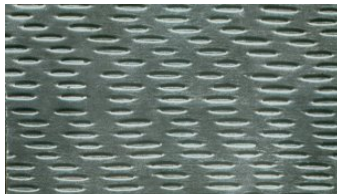
Suivant la nature des éléments mélangés, les "dopages" effectués et les gravures et masquages, on obtient des transistors ou des ensembles de transistors, résistances, capacités appelés "circuits monolithiques hyperfréquences intégrés" pouvant réaliser par exemple sur une seule puce de dimension réduites - quelques millimètres carrés - toutes les fonctions d'émission et réception d'un téléphone mobile

Qu'est-ce qu'on y a fait de remarquable ?

### La lecture des disques laser

Le disque laser est devenu banal. On le trouve dans les salons pour l'écoute des CD ou la visualisation de DVD, ou bien encore dans les microordinateurs pour la lecture ou l'enregistrement de données, dans des baladeurs, des caméras....Et l'on a en général connaissance du fait que la musique ou les images sont pour cela numérisées, c'est à dire transformées en suites de 0 et de 1 qui sont à leur tour gravées sur un disque sous la forme de creux et bosses le long d'une spirale extrêmement fine. Développée, elle s'étalerait sur 6 à 7 kilomètres.

Avec un peu d'imagination, on peut se dire qu'un rayon laser va remplacer la pointe en diamant des tourne disque microsillons d'autrefois ou l'aiguille des premiers phonographes et que quand ce rayon rencontrera des creux ou des bosses, il se comportera différemment et permettra de reconstituer le son ou l'image d'origine. Thomson-CSF a été parmi les premiers au monde à avoir maîtrisé la technologie des diodes laser (petits lasers réalisés suivant des procédés identiques à ceux des transistors) permettant cela.



Gravures sur disque optique

Mais ce n'est pas aussi simple qu'il y paraît car il faut viser à mieux que le micron près - le milliardième de mètre - . Il faut donc concentrer le rayon laser à l'aide d'une lentille pour qu'il n'arrose pas aussi les creux et les bosses du voisinage. Cette concentration se fait normalement en un point fixe de l'espace. Si le disque est gondolé, et il l'est forcément quand on parle en microns, la focalisation du rayon ne se fait plus sur la piste et la lecture n'est plus possible.

C'est une invention brevetée Thomson-CSF maintenant THALES qui a permis de dominer ce problème et ouvert la voie à l'emploi massif des "CD" et "DVD" que l'on connaît aujourd'hui. Cette invention a été longtemps une source de "royalties" pour la société.



Tout Premier disque laser

### Les circuits intégrés monolithiques hyperfréquences : Application au radar automobile

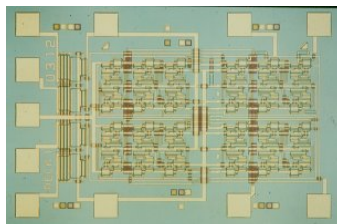
Maintenir la distance de sécurité, variable en fonction de la vitesse, par rapport au véhicule qui précède et ce quelles que soient les conditions atmosphériques requiert beaucoup de vigilance.

Le radar peut y aider. Ses ondes ont en effet la propriété de pouvoir traverser le brouillard pour peu que l'on choisisse les bonnes "fenêtres" de fréquence.

L'une de ces fenêtres se situe aux environs de 100 GigaHertz, c'est à dire à une fréquence 10 à 100 fois plus élevée que celles utilisées par les radars que l'on voit tourner près des aéroports. L'avantage est que l'on peut alors utiliser de toutes petites antennes, à peine discernables sous la calandre d'une automobile, et concentrer le rayon radar en un pinceau très étroit nécessaire pour séparer le véhicule qui précède de ceux qui sont sur une autre file. On bénéficie alors de la loi physique qui veut que le pouvoir séparateur d'une antenne dépende, comme en optique avec les télescopes par exemple, des dimensions de cette antenne et de la longueur d'onde, elle même quantité inverse de la fréquence.

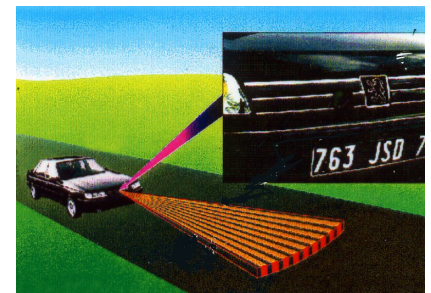
Il faut pour cela disposer des composants qui permettent d'émettre des ondes à cette fréquence élevée et de détecter les ondes réfléchies par le véhicule qui précède en conservant les qualités requises pour effectuer des mesures précises de distances et vitesses utilisées ensuite par le calculateur du véhicule pour régler l'accélération ou déclencher un freinage.

C'est là qu'interviennent les transistors "hétérojonctions" à l'arseniure de gallium objets des recherches de THALES R&T. On a pu ainsi regrouper sur une "puce" de quelques mm<sup>2</sup> toutes les fonctions hyperfréquences d'un radar dit "millimétrique" car utilisant une longueur d'onde qui à 100 GHz n'est plus que de 3 mm.



Puce Arseniure de Gallium  
(dimensions : 1 X 2 mm)

Ce n'est pas là la seule application de ce type de puces. On en trouve dans tous les téléphones mobiles, à des fréquences beaucoup plus basses et on commence à remplacer les grandes antennes tournantes des radars par des dalles fixes équipées de milliers de petits modules dits "actifs", c'est à dire réalisant des fonctions d'émission et réception mais aussi de réglage des ondes. Ceci permet de réaliser ce qu'on appelle le balayage électronique de l'espace. On peut ainsi très rapidement passer de l'observation d'un point du ciel à un autre point du ciel quasi instantanément. Et on remplace les gros émetteurs à tubes utilisant des très hautes tensions - des dizaines de kilovolts - par des modules dont la mise en œuvre est moins contraignante (10 à 20 volts) et ayant de plus longues durées de vie.



Radar automobile



## Quelques autres exemples de réussites

### Les tubes électroniques

Ils ont été et sont encore des pièces maîtresses dans des applications telles que les radars, les télécommunications spatiales, les accélérateurs de particules. Ils ont donné lieu, dans les années qui ont suivi l'installation du Laboratoire de Recherche sur le site voisin de Corbeville, à des innovations remarquables et brevets exploités entre autres aux Etats Unis. Les recherches sont maintenant poursuivies dans une Unité spécialisée de THALES ayant son implantation principale à Vélizy. Cette Unité se place, dans ce domaine très complexe et aux multiples applications au premier rang mondial.

### Les matériaux spéciaux

Le silicium ou des composés tels que l'arseniure de gallium que l'on a cité précédemment ne sont pas les seuls matériaux auxquels fait appel l'électronique. Vous en rencontrez bien d'autres dans votre vie de tous les jours, bien souvent sans vous en apercevoir. Savez-vous par exemple que quand vous composez votre ticket de métro, c'est une « **ferrite** », c'est à dire une poudre de fer soigneusement dosée mise au point par le Laboratoire, qui permet de lire les informations portées par ce ticket ? Une opération pas si triviale qu'il pourrait y paraître si l'on pense par exemple aux problèmes d'abrasion que cela entraîne.



**Tour de « fibrage »**  
(utilisée dans le passé pour recherches sur fibres optiques.)

Autres exemples, il y a toutes chances que dans votre téléphone portable figure un « **résonateur diélectrique** », c'est-à-dire un petit barreau d'un matériau permettant de fixer exactement la fréquence de travail comme le fait un quartz dans une montre, ou bien un « **filtre à ondes de surface** » permettant de s'affranchir des multiples parasites environnants. Il s'agit dans ce cas d'une minuscule puce d'un matériau composé, comme le niobate de lithium. Les signaux électriques à filtrer y génèrent, par l'intermédiaire de « transducteurs » des ondes acoustiques de surface qu'une gravure en surface laisse ou non passer. On réalise ainsi très simplement par des procédés de gravure se prêtant à de très grandes séries des filtres qui dans le passé auraient nécessité de multiples bobines et réglages et beaucoup plus de place.

Et vous Palaisiens qui avez été parmi les premiers bénéficiaires du « câble », savez vous que les « **fibres optiques** » qui ont permis sa réalisation avaient été définies et « filées » au stade initial dans ce Laboratoire ?

Autant d'exemples qui ont donné lieu à d'importants débouchés industriels, avec mise en place d'Unités de production et ventes de licences.

Ainsi, au plus fort de la « bulle informatique », c'est une filiale de THALES située dans le sud de la France et qui avait depuis longtemps pris le relais du Laboratoire qui était le premier producteur mondial de filtres pour téléphones mobiles.

### Les logiciels

Chacun connaît maintenant toute leur importance, les incidents qu'ils peuvent provoquer faisant souvent l'objet d'un grand battage médiatique généralement superficiel car le domaine est peu facile d'accès. C'est aujourd'hui pour THALES comme pour toutes les grandes Sociétés une préoccupation majeure abordée en interne dans un cadre international, avec les filiales anglaises, hollandaises et australiennes du Groupe notamment.

C'est aussi une des raisons qui ont poussé THALES à être largement partie prenante dans le projet « **logiciels et systèmes complexes** » associant des entreprises, des centres de formation et des laboratoires de la Communauté d'Agglomération du Plateau de Saclay en vue de constituer l'un de la vingtaine de pôles de compétitivité voulus par l'Etat dans l'hexagone.

Dans le passé, parmi les aspects traités dans le Laboratoire et ayant eu des retombées dans les grands systèmes de THALES figurent en particulier la cryptographie, les interfaces homme-machine et aides à la décision, particulièrement importants dans le contrôle aérien où THALES se place au premier rang mondial, ou bien encore l'intelligence artificielle et les réseaux neuronaux appliqués au classement de données.

### Les méthodologies

Il s'agit là aussi d'un domaine d'importance première quand on a l'objectif de maîtriser des grands systèmes complexes. Les travaux y sont le plus souvent de nature collective, avec retours d'expérience des Unités. Ils ont conduit à l'élaboration d'un corpus de règles faisant référence dans tout le Groupe et également aujourd'hui adopté par d'autres Groupes français ou étrangers.

*Crédits photos : THALES. Reproduction interdite sans autorisation*

**Document établi par ADPP avec la collaboration et sous le contrôle de THALES TRT**  
**Mr Jean-Pascal DUCHEMIN Tel : 01.69.33.92.81**  
 Site internet THALES à visiter pour informations complémentaires : [www.thalesgroup.com/home/home/](http://www.thalesgroup.com/home/home/)

Qu'est-ce que c'est ?

## Le principal Centre de Recherche et Développement du Groupe DANONE...



### La mission du Groupe DANONE :

"Partout dans le monde, faire grandir, mieux vivre et s'épanouir les hommes en leur apportant chaque jour une alimentation meilleure, des goûts plus variés, des plaisirs plus sains".

### L'ambition de Danone Vitapole :

Apporter des solutions d'innovation pour permettre au Groupe de remplir sa mission

### Son profil :

- Centre installé à Palaiseau au printemps 2002 sur 10 ha avec 30.000 m<sup>2</sup> construits
- 250 personnes en Recherche = 100% de la recherche Groupe dédiée à des projets de recherche appliquée
- 250 développeurs, ingénieurs Qualité et Sécurité Alimentaire
- Missions : " Accélérer l'innovation dans les 3 métiers du Groupe – les Produits Laitiers Frais, les Boissons et les Biscuits – tout en soutenant le double positionnement de DANONE : une offre alliant plaisir et bénéfices santé-nutrition.

### Son logo :



**Daniel Carasso** est le fondateur de la société Danone en France.

Le **Groupe DANONE** est leader mondial dans le domaine des Produits Laitiers Frais et de l'Eau conditionnée. Il est N°2 dans celui des Biscuits et Produits Céréaliers.

- Il est présent dans 120 pays sur tous les continents et emploie environ 90 000 personnes dont près de 30 000 en Europe et 10 000 en France.
- Son chiffre d'affaires a été en 2004 de 13,700 Milliards d'Euros dont près de 70% en Europe. Près de la moitié de ce chiffre d'affaire est réalisé par les Produits Laitiers Frais, l'autre moitié se répartissant à peu près également entre Boissons et Biscuits - Produits Céréaliers.
- Le Groupe DANONE contribue par ailleurs à la promotion de la recherche, de l'information et de l'éducation en matière de diététique et nutrition par l'intermédiaire d'un institut à but non lucratif, l' « Institut DANONE », qui compte 14 Instituts à travers le monde et un Institut international.



**DANONE dans le monde**  
(pour détails voir [www.danone.com](http://www.danone.com))



*Qu'est-ce qu'on y fait ?*

**Les travaux de Recherche menés à Danone Vitapole sont au service de toutes les filiales du Groupe dans le monde. Ils sont définis autour de quatre axes avec un objectif : offrir au consommateur des produits répondant à ses attentes dans tous les pays où le Groupe est présent.**

Premier axe : la **Santé active**

Les matières premières essentielles qui composent la totalité des produits du Groupe sont le lait, les céréales et l'eau. Toutes portent en elles au naturel des bénéfices santé dont le potentiel reste encore largement à explorer.

Au-delà de la Recherche sur les matières premières, de nombreuses études scientifiques sont également menées pour identifier et démontrer les bénéfices santé mis en avant sur les produits. Ainsi en est-il des produits probiotiques comme Bio ou Actimel. Il s'agit de produits contenant des ferments spécifiques qui exercent des effets favorables sur la santé lorsqu'ils sont ingérés en quantité suffisante.

Enfin, Danone Vitapole entretient en continu des liens avec les institutions scientifiques et réglementaires locales et internationales pour mener ses recherches, débattre des résultats et élargir son réseau d'experts et ses collaborations.

Deuxième axe : la **nutrition**

L'ambition du Groupe est d'être reconnu comme un acteur clé en matière d'engagements et de "bonnes pratiques nutritionnelles", tant auprès des consommateurs que des instances scientifiques et réglementaires.

Les objectifs poursuivis sont l'amélioration de la qualité nutritionnelle des produits - à travers notamment des programmes de réduction progressive des taux de sucre et de matière grasse, d'apports en éléments essentiels comme les fibres, vitamines, minéraux et autres ingrédients fonctionnels – et la définition de profils nutritionnels cibles adaptés aux spécificités nutritionnelles et culturelles des consommateurs des différents pays où le Groupe est présent.

Troisième axe : la **préférence consommateur**

DANONE considère que le goût et le plaisir demeurent indissociables de l'acte de se nourrir, même pour les produits ayant un bénéfice santé ou nutritionnel.

C'est pourquoi le Groupe DANONE propose aux consommateurs une offre différenciante, en termes de saveurs, de texture ou d'ergonomie packaging. Cet objectif se traduit par des programmes portant sur la définition de signatures sensorielles fortes, rendant ses produits plus difficiles à imiter, la connaissance approfondie du comportement du consommateur et le respect d'exigences en matière de conformité qualité.

Quatrième axe : **l'innovation technologique**

Les technologies et les formulations sont clés, qu'il s'agisse de protéger les bénéfices santé des produits et leurs caractéristiques sensorielles, de faciliter les lancements et les déploiements mondiaux ou encore d'explorer de potentiels d'innovation.

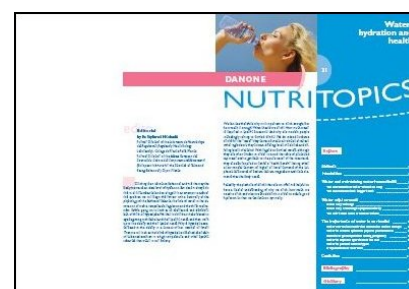
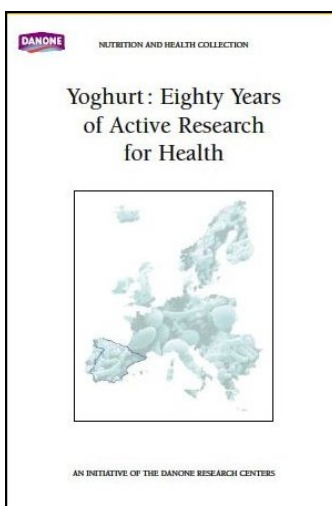
Dans ces domaines, la Recherche se concentre sur la définition des matrices de formulation (c'est-à-dire la « recette »), l'amélioration constante des textures, mais aussi la prospection de matières premières innovantes et la mise au point de prototypes produits.

L'ensemble de ces travaux sont menés dans le souci permanent de garantir une sécurité alimentaire optimale : des outils et des stratégies pour la gestion préventive des risques déjà identifiés et émergents sont élaborés.

Les résultats de la Recherche font l'objet de communications dans des séminaires, congrès ou symposiums. Ces communications sont généralement en anglais.

Le service Communication Scientifique et Coordination de Danone Vitapole édite également trois fois par an une revue spécialisée destinée à la communauté scientifique internationale. Intitulée « **Danone Nutritopics** ». Elle est disponible en français, anglais et espagnol. Divers aspects de la santé et de la nutrition y sont traités, généralement par des experts de renom n'appartenant pas au Groupe.

Ces différentes publications peuvent être consultées sur le site internet [www.danonevitapole.com](http://www.danonevitapole.com) où il est également possible de passer commande.



*Qui y travaille et comment ?*

**Danone Vitapole** se veut "espace de transversalité", c'est à dire lieu où se côtoient l'étude scientifique des matières premières et la mise au point des produits et de leur industrialisation..

Ses chercheurs, informés des exigences des consommateurs des différentes régions du monde par des équipes réparties dans tous les pays réalisent les maquettes de produits pour les Biscuits, Produits Céréaliers, Produits Laitiers Frais et Boissons.

Ils disposent pour cela d'ateliers pilotes semi-industriels destinés aux premiers tests consommateurs et aux essais en usine.

Les 30.000m<sup>2</sup> de surfaces construites sont répartis en :



**L'accès au Centre : la vague**  
(L'emploi de matériaux naturels non traités a été privilégié)

- 10.000 m<sup>2</sup> de laboratoires tels que Sciences de la Vie, création Biscuits et Produits Laitiers Frais, prestations analytiques, sécurité des aliments.
- 10.000 m<sup>2</sup> pour les pilotes Produits Laitiers Frais, Biscuits, Eaux, Fruits.
- 10.000 m<sup>2</sup> de bureaux, salles et circulations.

La conception architecturale vise à faciliter la circulation et la communication entre tous les métiers. Une halle technologique centrale occupée par les pilotes est entourée par les laboratoires et bureaux.

Le choix architectural a été de privilégier en extérieur les matériaux naturels, bois, métaux, sans traitements. Dans le hall d'accueil, très lumineux, une grande fresque murale rappelle, dans le même esprit, ce que sont les produits de la nature à partir desquels s'effectuent les recherches.

Le Centre a une capacité d'accueil de 1000 personnes. Il a une vocation internationale et reçoit des ingénieurs de tous pays, notamment pour faciliter le passage du stade "ligne pilote" au stade de la production industrielle.

Comme cela a déjà été dit, on y conduit non seulement des travaux de recherche sur les propriétés nutritionnelles, gustatives... des matières de base intervenant dans les produits DANONE mais également des travaux de **développement** de produits nouveaux. Il s'agit dans ce cas de définir la composition et les modes d'élaboration et de contrôle de ces produits, en tenant compte des particularités locales, puis de mettre au point et tester les procédés permettant leur production industrielle.



**Travail en laboratoire**

Aux côtés des chercheurs qui disposent d'un environnement de travail et de moyens comparables à ceux des laboratoires voisins du Plateau travaillant dans les mêmes domaines, on trouve donc des ingénieurs de développement opérant sur des "lignes pilotes" représentatives de ce qui existe dans les Unités de production.

Le rôle de ces ingénieurs est de définir très précisément les spécifications et procédés de contrôle des produits de base entrant dans les fabrications, de définir les proportions dans lesquelles ils seront assemblés, les conditions de températures, pressions... dans lesquelles se feront les mélanges et cuissons puis les conditionnements et emballages, en précisant pour chaque opération les tolérances ou marges d'erreur admissibles. Ils définissent également ce que doivent être les contrôles de qualité aux différents stades de la fabrication et sur le produit final.

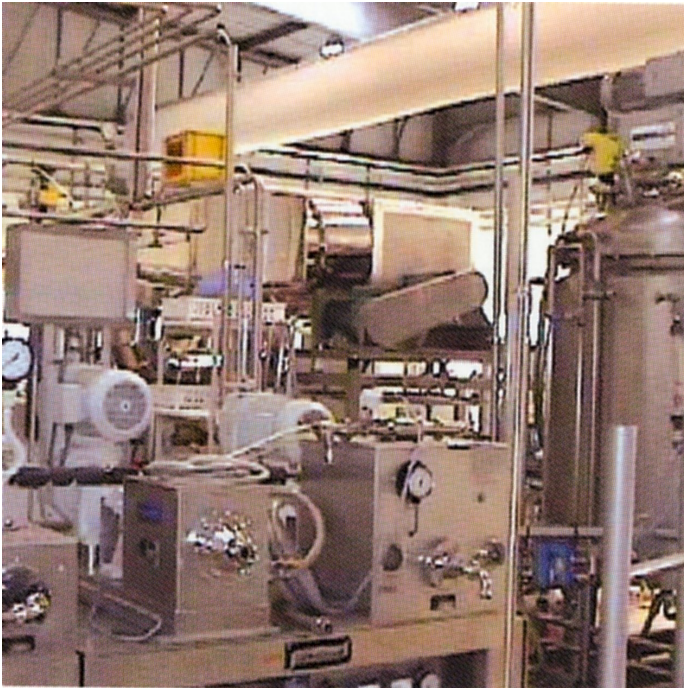
Tout ce travail doit se faire en prenant en compte des objectifs de coûts et des objectifs commerciaux concernant par exemple des qualités gustatives pouvant être fort différentes d'un pays à l'autre. Il s'agit évidemment d'un travail d'équipe où la nécessité de l'intervention des ingénieurs locaux, connaissant bien les particularités et moyens industriels dans leur pays apparaît bien.



*De quels moyens particuliers dispose-t-on ?*

Dans les laboratoires, on dispose des moyens permettant les analyses physico chimiques, tels les spectromètres de masse, les microscopes optiques ou électroniques... et de toute l'infrastructure informatique permettant les traitements des données recueillies, les modélisations et les échanges locaux ou internationaux.

Mais les moyens majeurs du Centre sont constitués par ses trois lignes pilote respectivement dédiées aux biscuits et produits céréaliers, aux produits laitiers et aux eaux et boissons.

**Un exemple de ligne pilote :**

Les lignes pilote que les visiteurs peuvent découvrir au travers de larges baies vitrées qui les surplombent surprennent par leurs dimensions. L'acier inoxydable y est roi, avec une multiplicité de cuves, enceintes thermiques et tuyauteries de tous calibres.

Peu de personnes gravitent autour de ces installations, la plupart des opérations étant automatisées.

Dans le cas des biscuits et produits céréaliers, on procède là au dosage, au conditionnement et au mélange des différents produits élémentaires entrant dans la composition du produit final, puis à leur malaxage et aux opérations de cuisson.

*Qu'est-ce qu'on y a fait de remarquable ?*

*On ne prendra ici qu'un exemple, celui des yaourts. Exemple particulièrement emblématique puisque c'est avec les « yoghourts Danone » que le Groupe a fait, dès 1929, ses premiers pas vers la notoriété et qu'aujourd'hui encore, au travers de ce que l'on nomme les probiotiques, il cherche constamment à accroître leurs vertus.*

## Les probiotiques

Ce sont des bactéries alimentaires qui génèrent une bonne santé si elles sont ingérées en quantité suffisante et si elles restent vivantes à travers le système digestif. Une centaine de chercheurs et d'ingénieurs du Centre travaillent au quotidien sur le sujet.

De très nombreuses cultures attribuent depuis longtemps aux laits fermentés un grand nombre d'effets positifs pour la santé. Mais il a fallu attendre 1907 pour que ce qui relevait alors d'une forme de bon sens populaire trouve des fondements scientifiques indiscutables.

À cette date, Metchnikoff, un biologiste russe chercheur à l'Institut Pasteur de Paris et prix Nobel, émet l'hypothèse, et la démontre, que certains ferments lactiques, présents dans les laits fermentés, peuvent avoir des effets bénéfiques pour la santé. Il est ainsi à l'origine du concept de « probiotique », c'est-à-dire élément utile à la vie.

### Les débuts....



#### Isaac et Daniel Carasso : pionniers des probiotiques

Intéressé par les travaux du biologiste et prix Nobel Elie Metchnikoff et frappé par la fréquence d'affections intestinales qui touchaient alors les enfants de Barcelone,

Isaac Carasso se lance en 1919 dans la fabrication de Yoghourt et fonde la marque DANONE. Distribuée dans les pharmacies de la ville et soutenue par le corps médical espagnol, DANONE devient vite la référence.

Après des études à l'École supérieure de commerce de Marseille, Daniel Carasso, le fils d'Isaac Carasso, suit un stage de bactériologie à l'Institut Pasteur puis dans un laboratoire spécialisé dans les ferments lactiques en Autriche. Doté de ce bagage

scientifique, Daniel Carasso crée en 1929 la société parisienne du Yoghourt DANONE. Des relations privilégiées sont rapidement nouées avec les médecins, très intéressés par le discours bactériologique et médical de DANONE. Isaac Carasso avait positionné le Yoghourt comme un produit santé vendu en pharmacie, Daniel Carasso lui apportera en plus sa dimension plaisir. Selon le slogan de l'époque, DANONE devient pour tous « le dessert des digestions heureuses ».

### et les suites....

Le concept, un temps oublié, refait surface depuis quelques années, porté par des centaines d'études qui évaluent et identifient les effets des ferments lactiques que sont par exemple le rééquilibrage de la flore intestinale, l'amélioration de la digestion, la facilitation du transit....

Depuis longtemps, des millions d'hommes et de femmes absorbent ainsi sans le savoir des probiotiques lorsqu'ils mangent certains produits laitiers fermentés. On l'oublie souvent mais contenant deux bactéries lactiques spécifiques, le *Streptococcus thermophilus* et le *Lactobacillus bulgaricus*, le Yoghourt est le premier produit laitier fermenté offrant une bonne santé, le plus répandu aussi, devant le Kéfir qui associe ferments et levures lactiques.

Depuis la commercialisation du Yoghourt, de nombreuses autres souches de ferments ont été identifiées comme ayant des effets probiotiques. C'est même là l'un des savoir-faire majeurs des équipes de DANONE Vitapole. La centaine de chercheurs et d'ingénieurs qui travaillent en permanence sur le sujet mettent en évidence les propriétés spécifiques de chaque souche, à la fois en termes de bienfaits particuliers pour la santé et en termes de goût et de texture.

Depuis 85 ans, DANONE a ainsi constitué un patrimoine inégalé constitué de plus de 3 000 souches. Véritable trésor scientifique et avantage compétitif déterminant, cette souchothèque unique bénéficie de conditions drastiques de stockage et de conservation. « Pour être qualifiées de probiotique, précise Jean-Michel Antoine, expert Probiotique au centre DANONE Vitapole, nos souches doivent conserver toutes leurs qualités jusqu'à la fin de la durée de vie du produit. Et pour être sélectionnées par DANONE, elles doivent en plus remplir des conditions très strictes telles que leur innocuité, leur stabilité dans les conditions habituelles de stockage, et surtout leur capacité à exercer un effet bénéfique démontré et à survivre au cours du transit intestinal.

Le maintien de la vitalité des ferments tout au long de la vie du produit est la pierre angulaire du monde des probiotiques ». En partenariat avec la communauté scientifique et de nombreux instituts de recherche en France (INSERM, INRA, Institut Pasteur) et à l'étranger (University of California, Harvard Medical School, Beijing Center of Disease Control, Munich University...), les chercheurs de DANONE ne se contentent pas de collectionner les souches.


Ils établissent des protocoles d'études cliniques et mènent de vastes programmes exploratoires de long terme (sur 5 ou 10 ans). Ce faisant, ils identifient de nouveaux probiotiques qui pourront donner naissance à de nouveaux produits.

La souche *Lactobacillus casei* DN-114 001, que l'on retrouve dans les produits Actimel, a ainsi été sélectionnée par DANONE pour ses propriétés gustatives mais aussi et surtout pour sa capacité à aider les défenses naturelles de l'organisme en interagissant sur l'intestin, premier organe de défense du corps humain. Pas moins de 15 études scientifiques attestent aujourd'hui de l'effet bénéfique apporté par cette souche sur l'équilibre de la flore intestinale, la qualité de la muqueuse intestinale et le fonctionnement du système immunitaire.

La gamme Bio de DANONE (Activia dans plusieurs pays) contient, elle, la souche *Bifidobacterium animalis*, DN-173 010 retenue pour ses effets prouvés sur la qualité du transit intestinal. Huit études menées avec les plus grands laboratoires en confirment les bénéfices.

Selon DANONE, les probiotiques constituent un enjeu nutritionnel et de santé majeur pour les années à venir et répondent parfaitement aux nouvelles tendances de consommation : de plus en plus averti, le consommateur recherche des aliments qui allient plaisir et qualités nutritionnelles, en l'aidant à vivre plus sainement, plus longtemps et dans une condition physique optimale. « Les découvertes sur les probiotiques n'en sont encore aujourd'hui qu'à leurs balbutiements, explique Sven Thormahlen, Directeur général de la Recherche du Groupe. Des études en cours mettent en évidence leurs effets bénéfiques sur différents types d'infections et laissent entrevoir de nombreuses applications potentielles ».


**Actimel®, aidons nos défenses naturelles**



En plus des 2 ferments traditionnels du yoghourt, Actimel® contient un ferment exclusif, le *L. casei* Defensis. Chaque bouteille en contient 10 milliards et aide votre organisme à se renforcer. Ainsi boire Actimel® chaque jour aide vos défenses naturelles.

Découvrez les différentes variétés d' Actimel® !

- [Actimel® Nature sucré](#)
- [Actimel® goût Orange](#)
- [Actimel® 0% Mat. gr. allégé en sucre](#)
- [Actimel® 0% Mat. gr. allégé en sucre goût ananas](#)
- [Actimel® goût Fraise](#)
- [Actimel® goût Multifruits](#)
- [Actimel Nature sucré](#)
- [Actimel goût Orange](#)
- [Actimel® 0% Mat. gr. allégé en sucre](#)
- [Actimel® 0% Mat. gr. allégé en sucre goût ananas](#)
- [Actimel® goût Fraise](#)
- [Actimel® goût Multifruits](#)
- [www.actimel.tm.fr](http://www.actimel.tm.fr)



**Un exemple de promotion commerciale réussie**  
*(On prend appui sur des références à caractère scientifique et montre les différentes déclinaisons d'un même produit de base)*

00000000000000

*Crédits photos : Danone Vitapole  
 Reproduction interdite sans autorisation*

**Document établi par ADPP avec la collaboration et sous le contrôle de Danone Vitapole**  
**Contact : Agnès Berthet Tel : 01.69.35.70.00**  
**Site internet à visiter pour informations complémentaires : [www.danonevitapole.com/extranet/vitapole/](http://www.danonevitapole.com/extranet/vitapole/)**



Pour vous donner l'envie de poursuivre vos découvertes.....\*

### L'environnement scientifique du Plateau de Palaiseau

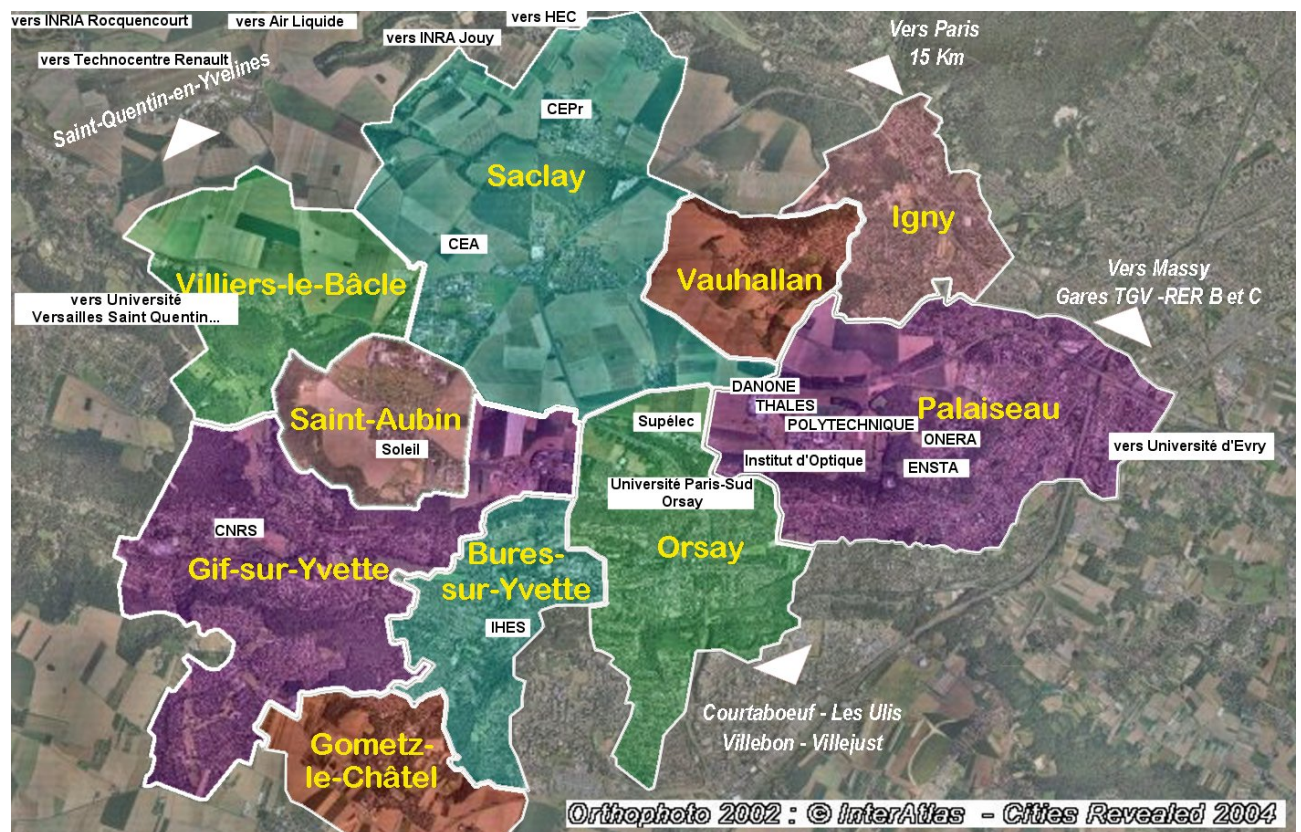
Les établissements de recherche et Développement du Plateau de Palaiseau dont on a pu mesurer toute l'importance en suivant les étapes du parcours proposé s'inscrivent dans un ensemble beaucoup plus vaste.

Cet ensemble est constitué, dans un premier cercle et au niveau de la **CAPS**, la **Communauté d'Agglomération du Plateau de Saclay**, par de grands établissements de renommée internationale qui seront présentés succinctement ci-après. L'association ADPP œuvre auprès des associations voisines pour que des parcours pédestres analogues à celui ici présenté puissent vous être proposés.

Dans un second cercle, au niveau du département de l'**Essonne**, des liens privilégiés sont établis avec le complexe scientifique d'Evry, particulièrement tourné vers la génétique, avec le génopôle, mais aussi vers les télécommunications.

Enfin, dans un troisième cercle, au niveau de la **Région**, le **pôle scientifique Ile de France Sud** associe des établissements d'enseignement supérieur, des centres de recherche et des collectivités territoriales de l'Essonne, des Yvelines, des Hauts de Seine, du Val de Marne, avec de multiples compétences : médical, agroalimentaire, informatique, automobile.....

La carte ci-dessous montre comment est constitué ce premier cercle de la CAPS, avec mention des grands établissements de Recherche Développement qu'on y trouve ainsi que de quelques uns des liens avec des établissements de l'Essonne ou des départements voisins.



Crédits photos : CAPS.Reproduction interdite sans autorisation

Pour en savoir plus, quelques sites internet à consulter :

[www.savoirs.essonne.fr/essonne/servlet/getDoc](http://www.savoirs.essonne.fr/essonne/servlet/getDoc)

[www.essonne-hightech.tm.fr](http://www.essonne-hightech.tm.fr)

[www.industrie.gouv.fr/FranceTech/francais/enavant/v\\_enavant3.htm](http://www.industrie.gouv.fr/FranceTech/francais/enavant/v_enavant3.htm)

## Quelques grandes associations

De grandes associations ont été formées pour promouvoir les échanges entre ces établissements. Nous introduisons ici trois d'entre elles.

### Ile de Science

C'est une association née à l'initiative de scientifiques à l'arrivée de Supélec sur le plateau de Moulon et de Polytechnique sur le plateau de Palaiseau. La volonté politique de créer "un vaste espace de communication libre où chacun profitera des recherches des autres" concrétisée dans le schéma directeur d'aménagement du district du plateau de Saclay a permis de donner à l'association initiale ses dimensions actuelles.

**Ile de Science** associe aujourd'hui 19 établissements totalisant près de 400 laboratoires, 9.000 enseignants et chercheurs, 7.000 ingénieurs, techniciens et administratifs et 30.000 élèves et étudiants. Elle a entre autres pour mission de participer à la vie sociale et culturelle de son espace et d'assurer la communication interne et externe qui découle de ses objectifs. [Site internet : www.saclay-scientipole.org](http://www.saclay-scientipole.org)

### Optics Valley

C'est une association qui a pour mission de structurer, promouvoir et dynamiser la filière **optique-photonique** en Ile de France. Elle réunit les différents acteurs impliqués: groupes internationaux et grandes entreprises, petites et moyennes entreprises, centres de recherches et établissements de formation initiale et continue, organismes de développement et de capital risque, collectivités territoriales.

L'activité représente 10.000 emplois en Ile de France, 300 entreprises dont 6 leaders mondiaux, 1200 chercheurs, 500 doctorants.

Son siège est à Palaiseau, boulevard Nicolas Samson.

[Site internet : www.opticsvalley.org](http://www.opticsvalley.org)

### Paris Pôle Sud

Paris pôle Sud associe des établissements d'enseignement supérieur, des centres de recherche et des collectivités territoriales de l'Essonne, des Yvelines, des Hauts de Seine, et du Val de Marne. C'est un outil de diffusion de l'information et de promotion à l'international. Il accueille le centre de mobilité des chercheurs d'Ile de France Sud.

[Site internet : www.parispolesud.com](http://www.parispolesud.com)

## Les Etablissements Scientifiques voisins dans le périmètre de la CAPS

### Campus d'Orsay de l'Université Paris Sud

Le Campus d'Orsay de l'Université Paris Sud compte près de 2000 enseignants-chercheurs en physique, mathématiques, chimie, biologie, sciences biomédicales, sciences de la terre et de l'univers, sciences de l'ingénieur...

Il accueille près de 13000 étudiants en Faculté et 4000 en IUT.

[Site internet : www.u-psud.fr/orsayf](http://www.u-psud.fr/orsayf)

### Supélec

L'Ecole Supérieure d'Electricité à Orsay compte près de 400 enseignants - chercheurs dans les domaines de l'électronique, de l'électrotechnique, de l'informatique, de l'électromagnétisme...

Elle accueille plus de 1100 élèves et 160 doctorants.

[Site internet : www.supelec.fr](http://www.supelec.fr)

### CEA Saclay

Le Commissariat à l'Energie Atomique de Saclay compte près de 8000 chercheurs, ingénieurs et techniciens traitant des sciences de la matière et du vivant, des réacteurs nucléaires et du cycle du combustible, de la protection et de la sûreté nucléaire...

Il accueille plus de 900 étudiants en DEA, DESS...

[Site internet : www.cea.fr/fr/thema/centres/saclay](http://www.cea.fr/fr/thema/centres/saclay)

### CEPr

Le **Centre d'Essais des Propulseurs** de Saclay est un établissement de la DGA. Il regroupe les moyens de simulation de conditions de vol pour les essais de réacteurs et autres propulseurs pour l'aéronautique militaire et civile.

Il compte près de 900 personnes. Ses installations réparties sur 210 hectares mettent à profit les eaux des étangs de Saclay pour leur refroidissement.

[Site internet : www.saclay-scientipole.org/fr/01saclay10101cepr](http://www.saclay-scientipole.org/fr/01saclay10101cepr)

### SOLEIL

**SOLEIL**, Source Optimisée de Lumière d'Energie Intermédiaire du Laboratoire pour l'utilisation du rayonnement électromagnétique (LURE) est en construction à St-Aubin . Il succèdera au LURE actuellement en place sur le campus d'Orsay et est destiné à l'étude des interactions de rayonnements synchrotron avec la matière. Il permettra par exemple de caractériser les propriétés de surface de matériaux nouveaux.

Il accueillera environ 2000 chercheurs chaque année.

[Site internet : www.synchrotron-soleil.fr](http://www.synchrotron-soleil.fr)

0000000000000

## Remerciements

L'association ADPP remercie le Conseil Général de l'Essonne et la Ville de Palaiseau pour leur soutien à son action, la Communauté d'Agglomération du Plateau de Saclay pour la prise en charge de l'édition du dépliant de présentation du parcours ainsi que les directions et services de communication des différents établissements ici présentés pour leurs accueils et concours.

## Pour en savoir plus.....

On résume ou complète ici les principales informations communiquées au fil des chapitres.

### Adresses des Etablissements

**ONERA** : Chemin de la Hunière 91761 Palaiseau Cedex Tel 0169 93 60 60  
**ENSTA** : Chemin de la Hunière 91761 Palaiseau Cedex Tel 01 69 31 97 55  
**Polytechnique** : Route de Saclay 91128 Palaiseau Cedex. Tel : 69 33 30 59  
**Institut d'Optique** : (jusqu'à 2006) : Centre Scient. Bât 503 91403 Orsay Cedex Tel : 0169 35 88 88  
**THALES** : (jusqu'à mi 2005) : Domaine de Corbeville 91404 Orsay Cedex Tel 01 69 33 00 00  
**Danone Vitapole** : Route Départementale 128, 91767 Palaiseau Cedex : Tel : 01 69 35 70 00

### Quelques uns des sites internet à visiter :

#### Etablissements du Plateau de Palaiseau

**ONERA** : [www.onera.fr](http://www.onera.fr)  
**ENSTA** : [www.ensta.fr/](http://www.ensta.fr/)  
**Ecole Polytechnique** : [www.polytechnique.fr](http://www.polytechnique.fr)  
**Centre de Recherche Polytechnique** : [www.polytechnique.fr/recherche](http://www.polytechnique.fr/recherche)  
**X-Tech** : [www.xtec.polytechnique.fr/](http://www.xtec.polytechnique.fr/)  
**Institut d'Optique** : [www.institutoptique.fr](http://www.institutoptique.fr)  
**THALES** : [www.thalesgroup.com/home/home/](http://www.thalesgroup.com/home/home/)  
**DANONE** : [www.danonevitapole.com/extranet/vitapole/](http://www.danonevitapole.com/extranet/vitapole/)

#### Principaux établissements voisins

**Campus Orsay Université Paris Sud** : [www.u-psud.fr/orsayf](http://www.u-psud.fr/orsayf)  
**Supelec** : [www.supelec.fr/](http://www.supelec.fr/)  
**CEA saclay** : [www.cea.fr/fr/thema/centres/saclay](http://www.cea.fr/fr/thema/centres/saclay)  
**Centre essais des propulseurs** : [www.ixarm.com/cgi-bin](http://www.ixarm.com/cgi-bin)  
**Synchrotron SOLEIL** : [www.synchrotron-soleil.fr](http://www.synchrotron-soleil.fr)

#### Associations et autres sites à visiter

**Association Ile de Science** : [www.saclay-scientipole.org](http://www.saclay-scientipole.org)  
**Association Optics Valley** : [www.opticsvalley.org](http://www.opticsvalley.org)  
**Association Paris Pôle Sud** : [www.parispolesud.com](http://www.parispolesud.com)  
**Essonne Hi-Tech** : [www.essonne-hightech.tm.fr](http://www.essonne-hightech.tm.fr)  
**Université de tous les savoirs Essonne** : [www.savoirs.essonne.fr/essonne/](http://www.savoirs.essonne.fr/essonne/)  
**Ministère Industrie** : [www.industrie.gouv.fr/FranceTech/francais/enavant/v\\_enavant3.htm](http://www.industrie.gouv.fr/FranceTech/francais/enavant/v_enavant3.htm)

**L'auteur** de cette brochure, Pierre Baratault, habite Palaiseau depuis 1969. Il a résidé aux Joncherettes jusqu'en 1976 et a pu apprécier, en famille, les charmes du Plateau alors encore très champêtre. Il en a mesuré toute l'évolution au cours des trois dernières décennies.

Son métier d'ingénieur dans une grande société d'électronique lui avait permis d'établir des liens de confiance avec la plupart des établissements du Plateau.

Il a au sein de l'association ADPP la responsabilité du projet des parcours de découverte.



# *A la Découverte du Plateau de Palaiseau*

*Palaisiens, vous avez bien des raisons d'être fiers de votre Ville.*

*Connaissez la mieux.*

*Faites la mieux connaître.*

C'est d'abord autour des grands axes de communication de la vallée - route Paris-Chartres, chemin de fer devenu RER - que s'est développée notre Ville. Mais depuis une trentaine d'années, une génération à peine, c'est son Plateau entre Yvette et Bièvre qui a totalement changé de visage et porte maintenant de par le monde le nom de **Palaiseau**.

C'est en effet là que s'est mis en place, et continue de se renforcer, l'un des pôles scientifiques majeurs de notre Pays. Résultat conjugué de la volonté de scientifiques décidés à travailler ensemble et de volontés politiques constantes exprimées à tous niveaux : Ville, Communauté d'Agglomération, Département, Région, Etat. La mise en place en cours du Centre d'envergure européenne sur le territoire situé entre Orly, Evry et St-Quentin en Yvelines est là pour l'attester.

*Mais que fait-on exactement sur notre Plateau ? Qui y travaille et comment ? Qu'y a-t-on trouvé de marquant ?*

ADPP tente ici de répondre à ces questions, de façon forcément lacunaire tant la matière est riche et variée. Et ce qu'on écrit aujourd'hui sera demain incomplet ou dépassé. Sans compter qu'il n'est pas simple de trouver un langage permettant à tous d'aborder des domaines souvent fort complexes.

Toutes raisons qui, jointes à des moyens limités, font que vous n'aurez pas avec ce dossier la brochure que l'association appelle de ses vœux et que vous auriez pu garder en main en cheminant sur le Plateau. Mais en contrepartie, c'est un dossier qui pourra vivre. Aidez nous par vos observations et critiques à faire que ce soit le cas.

Quelques autres publications d'ADPP consultables à la Médiathèque de Palaiseau et dans les bibliothèques des Etablissements Scolaires et des Centres de Loisirs :

**- Brochure "Parcours botanique dans la Forêt domaniale" :**

*Une brochure éditée par ADPP avec le soutien de la Ville et présentant les principales variétés de la flore que l'on peut découvrir sur le Plateau dans la forêt domaniale au long de quatre étapes commentées. (édition oct 2003 . 50 pages avec représentation couleur des plantes et arbres)*

**- Brochure "Parcours histoire du Plateau ":**

*Une brochure éditée par ADPP présentant les sites de fouilles des habitats anciens des périodes néolithique et gallo-romaine, le réseau des rigoles alimentant les étangs de Saclay et les grandes eaux de Versailles, les grandes fermes et les fortifications que l'on peut découvrir au long d'un parcours de 8 km. (édition janvier 2005. 60 pages avec encarts couleur)*

**- Parcours Etablissements Scientifiques :**

*Un dépliant édité par ADPP avec le soutien de la CAPS et du Conseil Général de l'Essonne et permettant de découvrir les Etablissements présentés dans ce dossier en suivant un parcours pédestre de 7 km qu'il est possible d'écourter.*

Vous pouvez vous procurer ce dépliant à la Mairie, à la médiathèque, au syndicat d'initiative ou auprès de l'association.