



# fête de la SCIENCE

Portes ouvertes du laboratoire LAAS-CNRS

# Nano, robots, réseaux, commande :

*les systèmes du LAAS  
décryptés pour vous*

20 novembre 2009 de 14 h à 16 h (scolaires)  
21 novembre 2009 de 10 h à 18 h (grand public)

Présentation du LAAS .....	p. 2
Les systèmes étudiés au LAAS.....	p.3
Plan du LAAS et emplacement des démonstrations .....	p. 4
Nano	
Démo 1 - Production d'électricité à partir d'énergie photovoltaïque .....	p. 5
Démo 2 - De l'énergie avec du bruit ! .....	p. 6
Démo 3 - L'électronique au service de la sécurité et du confort dans la voiture.....	p. 7
Démo 4 - Radio sur fibre optique : comment transmettre de la musique avec de la lumière et des antennes.....	p. 8
Démo 5 - Des réseaux de capteurs sans fil pour tester les nouveaux satellites .....	p. 9
Démo 6 - Nanobiotechnologies : un concert d'atomes et de molécules simulé sur ordinateur .....	p.10
Démo 7 – Film «Une précieuse enveloppe pour des chercheurs en herbe» .....	p. 11
Frise des dimensions.....	p. 12
Démo 8 – Comment naissent les puces électroniques ? Fabrication de micro et nano composants dans la salle blanche .....	p. 14
Commande	
Démo 9 - Comment détecter des défaillances oscillantes dans l'ordinateur de bord d'un Airbus A380 ? .....	p. 18
Démo 10 - Découvrir les bases de l'automatique en pilotant une maquette d'hélicoptère .....	p. 19
Démo 11 - Optimiser votre trajet.....	p. 20
Informatique	
Démo 12 - Métrologie et détection d'anomalies du trafic .....	p. 21
Robotique	
Démo 13 – Le robot humanoïde HRP2 .....	p. 22

# maire

Adam, le 1er robot tout-terrain du LAAS .....	p. 23
HRP2 le robot sympa .....	p. 24
Parcours ludique.....	p. 26
Vidéos.....	p. 28
Projection-Débat «Nano, éthique et société» .....	p. 29
Exposition «Réalisme et poésie de la vie scientifique», Jean Dieuzaide au LAAS, photographies 1968-1976 .....	p. 30

# Présentation du LAAS-CNRS

Le LAAS (laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes) est le plus important laboratoire de recherche du CNRS. Il est associé à quatre établissements de l'Université de Toulouse : l'Université Paul Sabatier (UPS), l'Institut national des sciences appliquées (INSA) et l'Institut national polytechnique de Toulouse (INPT). Plus de 650 personnes et près de 20 équipes de recherche contribuent aux recherches en sciences et technologies de l'information, de la communication et des systèmes dans quatre grands domaines :

- les micro et nano systèmes,
- l'automatique, l'optimisation et le traitement du signal,
- les systèmes informatiques critiques,
- la robotique et l'intelligence artificielle.

Le LAAS développe deux axes transdisciplinaires : les interactions avec le vivant (biologie et santé, interaction des systèmes avec les humains) et l'intelligence ambiante (programme Adream).

## **Des recherches High Tech**

Pour mener à bien ses recherches le LAAS dispose de moyens technologiques de qualité :

- une salle blanche dédiée à la fabrication de micro et nano composants
- une plate-forme de caractérisation pour tester ces composants
- une plate-forme de robotique riche d'une dizaine de robots (humanoïde, robot d'aide à la personne, robots d'extérieur terrestres et aériens)
- une plate-forme de conception assistée par ordinateur (CAO) de conception de microsystèmes
- une plate-forme de réseaux informatiques pour valider des architectures complexes, pour la métrologie, la modélisation et la sécurité
- une plate-forme systèmes embarqués qui intègre logiciels, capteurs, actionneurs et modèles dynamiques.

## **Les différents métiers présents au LAAS**

Parmi les 650 personnes travaillant au LAAS, 200 sont chercheurs et enseignants-chercheurs (ils donnent des cours à l'Université de Toulouse), 45 sont post-doc (le titulaire d'une thèse occupe souvent des postes temporaires, fréquemment à l'étranger, avant d'être recruté, il est alors surnommé post-doc), 275 préparent une thèse (1ère étape de la carrière d'un chercheur), 115 sont ingénieurs, techniciens et administratifs (fonctions de supports à la recherche).

## **Partenariats**

Le LAAS est impliqué dans les trois pôles de compétitivité présents en région Midi-Pyrénées : Aerospace Valley, Cancer-Bio-Santé, Agrimip Innovation. Il fait partie du centre d'intégration Nanolnnov de Toulouse ainsi que du réseau thématique de recherche avancée « Sciences et technologies de l'Aéronautique et de l'Espace » (RTRA-STAE). Il anime un club d'entreprises de 65 membres : le Club des Affiliés. Inventeur du concept de laboratoire commun l'associant à des entreprises. Quelques chercheurs du LAAS se sont lancés dans la création d'entreprises innovantes.

# Les systèmes étudiés au LAAS-CNRS

## *Micro et nano systèmes*

comme les micro capteurs pour mesurer gaz, liquide ou radiations ; micro et nano composants pour les télécommunications, la puissance électrique ou destinés à la biologie et à la santé

## *Systèmes embarqués*

comme l'électronique et les réseaux électriques et les logiciels « embarqués » dans une automobile, un avion, un satellite

## *Systèmes intégrés*

comme les capteurs, l'électronique de commande d'un moteur, ou dans un téléphone portable

## *Systèmes répartis à large échelle :*

Internet, les grands réseaux de communication...

## *Systèmes biologiques*

micro et nano systèmes destinés au vivant, machines bioinspirées...

## *Systèmes mobiles*

téléphone portable, PDA...

## *Systèmes robotiques et autonomes*

robots d'intervention, robots aériens, robots de service, robots humanoïdes...

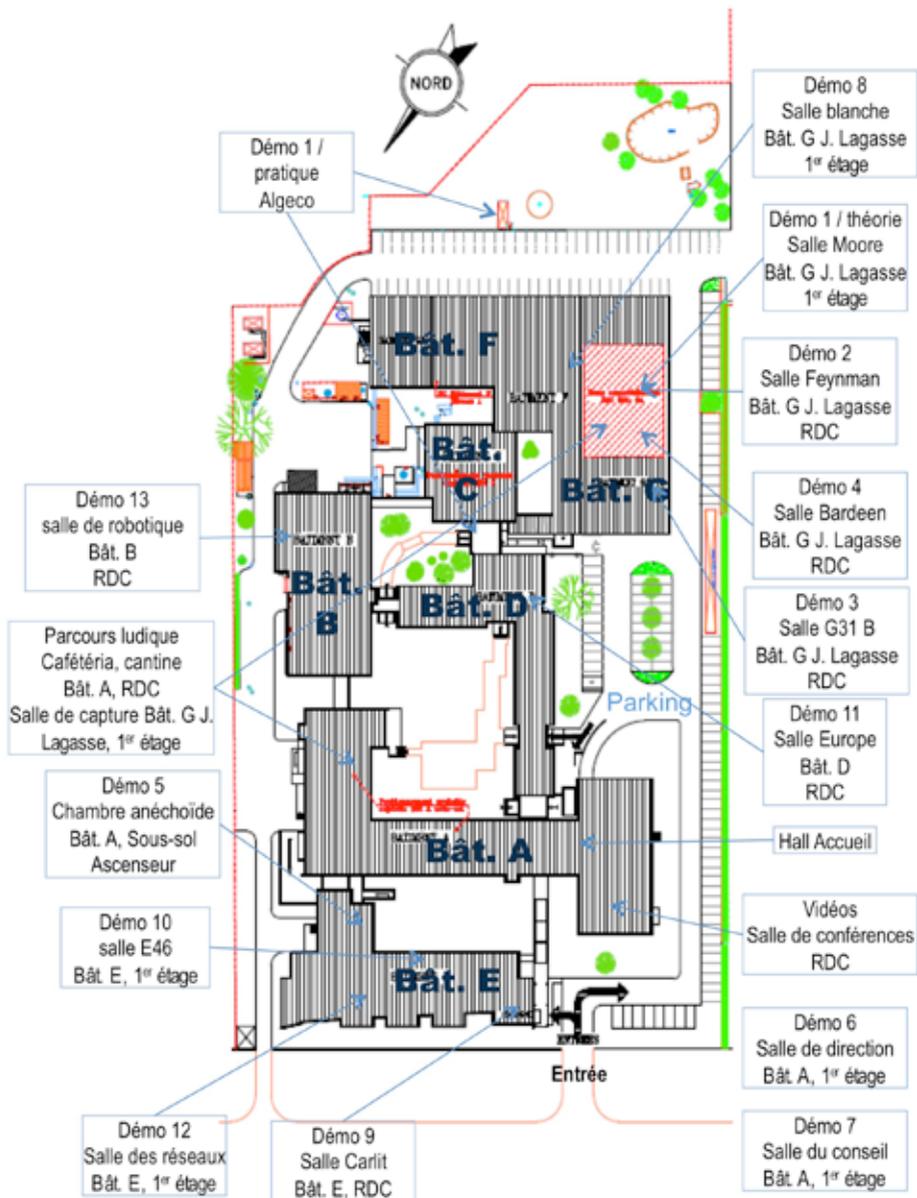
## *Systèmes informatiques critiques*

la sécurité, la fiabilité et des performances des réseaux de communication, satellites, systèmes de contrôle des trains ; la protection de la vie privée.

## *Applications*

Les principaux domaines d'applications de ces systèmes sont l'aéronautique, l'espace, les transports, l'énergie, les services, la santé, les télécommunications, l'environnement, la production et la défense.

# Plan général et emplacement des démos



# NANO Fiche démo 1

## Quelques illustrations de la production d'électricité à partir d'énergie photovoltaïque

**Démonstrateurs** : Cédric Cabal, Bruno Estibals, Stéphane Petibon, Jean-François Reynaud, Lionel Séguier

**Référent** : Corinne Alonso

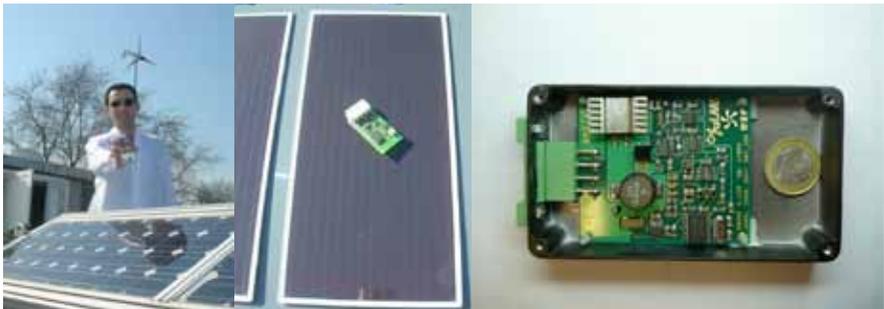
**Description** : L'énergie solaire photovoltaïque est une forme d'énergie renouvelable permettant de produire de l'électricité par transformation d'une partie du rayonnement solaire grâce à des modules solaires photovoltaïques, comprenant plusieurs cellules reliées entre elles.

Actuellement, l'électrification par l'énergie solaire photovoltaïque est une solution alternative pour un habitat en site isolé, éloigné du réseau électrique. Elle permet de couvrir les besoins domestiques en utilisant des appareils standards (petit électroménager, téléviseur, chaîne haute-fidélité, micro-informatique, etc.) et des équipements spécifiques économes en énergie (éclairage et froid).

Le photovoltaïque raccordé au réseau représente une filière émergente pour la production décentralisée d'électricité. Toute personne disposant d'un habitat résidentiel, d'un bâtiment communal ou d'un autre lieu d'implantation susceptible de recevoir un champ de modules photovoltaïques, peut devenir un producteur d'énergie renouvelable en injectant toute ou partie de l'électricité localement produite dans le réseau de distribution public. EDF achète systématiquement l'énergie ainsi produite à des tarifs préférentiels.

Nous présenterons ici les bases nécessaires pour comprendre comment fonctionne un panneau photovoltaïque ainsi que les composants principaux d'une chaîne de production d'énergie à base de photovoltaïque.

**Lieu** : théorie Bât. G Jean Lagasse, 1er étage, salle Moore / pratique Algeco solaire extérieur ou atrium si pluie



# NANO Fiche démo 2

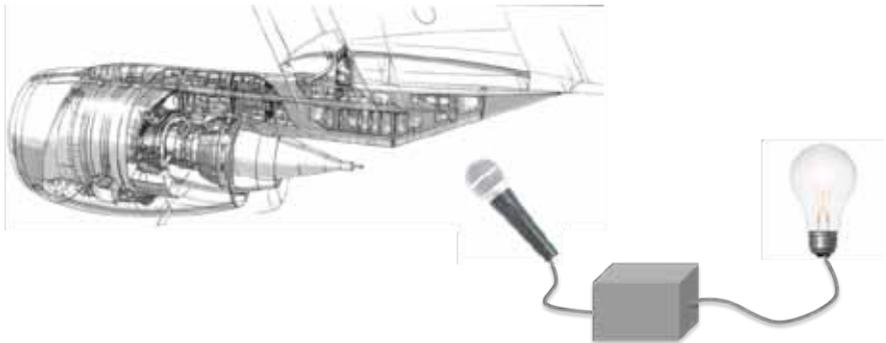
## De l'énergie avec du bruit !

**Démonstrateurs** : Jean-Marie Dilhac et Nicolas Nolhier

**Référent** : Nicolas Nolhier

**Description** : La miniaturisation des systèmes électroniques communicants permet aujourd'hui de les disperser et de les abandonner en grand nombre dans un milieu, pour effectuer des mesures et les transmettre. Utiliser pour leur fonctionnement des piles électrochimiques est souvent impossible à cause de considérations portant sur le poids, la durée de vie ou la pollution. Le microsysteme doit alors capturer son énergie dans son environnement (lumière, vibrations, différences de température...). La démonstration se propose de montrer comment de l'énergie électrique peut être tirée du bruit acoustique.

**Lieu** : Bâtiment G Jean Lagasse, salle Feynman



# NANO Fiche démo 3

## L'électronique au service de la sécurité et du confort dans la voiture

**Démonstrateurs** : Patrick Tounsi, Jean-Baptiste Sauveplane et Hussein Dia

**Référent** : Patrick Tounsi

**Description** : Pour assurer la sécurité et le confort des passagers, un nombre important de fonctions complexes est géré par des circuits électroniques embarqués dans les véhicules (automobile, TGV, avion). Ces circuits traitent l'information issue de nombreux capteurs (de température, de vitesse, d'accélération...) envoient de l'information à des circuits capables également d'actionner des charges telles que des moteurs électriques. Dans les deux cas, les nombreux composants semi-conducteurs, utilisés dans les puces électroniques, sont soumis à de fortes contraintes externes (température, vibration, humidité, corrosion) et internes (courant électrique fort...). Les modifications de comportement ainsi engendrées au fil du temps (vieillesse) peuvent induire des défaillances graves.

L'étude de la fiabilité permet de comprendre les différents phénomènes en jeu et de garantir la sécurité des fonctions assurées par l'électronique embarquée.

La démonstration sera basée sur un exemple simple pour montrer les différents éléments de la chaîne qui permettent la prise de décision et son exécution par des circuits électroniques dans une automobile. La visualisation de la température d'un composant à l'aide d'une caméra Infra-Rouge montrera comment on peut détecter des signes de vieillissement et en tirer des règles de conception afin d'éviter certaines défaillances

**Lieu** : Bât. G, salle G31B à droite

*Disposition des différents calculateurs et actionneurs dans une voiture*



*Exemple de l'actionnement d'un lève-vitre électrique*



# NANO Fiche démo 4

## Radio sur fibre optique : comment transmettre de la musique avec de la lumière et des antennes

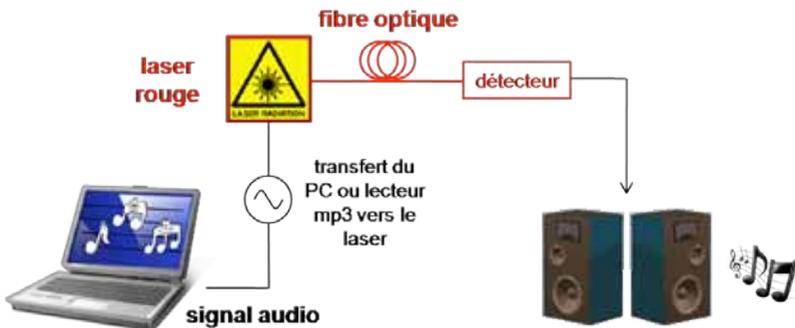
**Démonstrateurs** : Aude Bouchier, Olivier Llopis ...

**Référent** : Aude Bouchier

**Description** : Pour beaucoup d'entre nous, avoir accès à internet à notre domicile ou au travail passe par l'utilisation du wifi. Mais comment marche le wifi ? Entre le serveur hébergeant le site que vous consultez et votre ordinateur, il y a des bornes wifi et des « tuyaux » de transfert, parfois sur de très longues distances. De votre borne personnelle à votre ordinateur, les informations se propagent dans l'air grâce à des antennes, sur le même principe que les antennes râteaux des télévisions ou les paraboles pour le satellite. Entre le fournisseur d'accès et votre borne, elles se propagent soit dans des câbles électriques, soit dans des fibres optiques pour un transfert plus rapide.

Nous allons vous dévoiler une partie des mystères du wifi en vous présentant différentes façons de transmettre de la musique d'un point à un autre, grâce à des antennes et des fibres optiques. Nous simulerons entre autres une liaison à longue distance (environ 50 km). Les télécommunications par fibre optique utilisent des lasers comme moyen de transport en commun des informations. Nous vous présenterons donc quelques spécimens de ces sources particulières et pourtant si présentes dans notre quotidien avec des lasers parmi les plus gros jusqu'aux plus petits...

**Lieu** : Bâtiment D, RDC, salles Bardeen et caractérisation



# NANO Fiche démo 5

## Des réseaux de capteurs sans fil pour tester les nouveaux satellites

**Démonstrateurs** : Julien Henaut, Florian Perget

**Référents** : Daniela Dragomirescu, Robert Plana

**Description** : Le lancement d'un satellite est une des phases les plus critiques après sa mise en orbite. Devant l'impossibilité d'effectuer des réparations dans l'espace, le constructeur est contraint à valider le fonctionnement du satellite avant le lancement avec le maximum de précautions possible. Des essais recréant les conditions de lancement sont mis en place. Des milliers de capteurs\* scrutant la moindre déformation mécanique sont alors disposés sur toute la structure du satellite qui vont détecter et corriger au sol des problèmes qui auraient pu être fatal. Ces capteurs, constitués en réseau, sont aujourd'hui reliés par des fils au poste de commande de l'opérateur chargé du test. D'où une grande complexité dans la mise en place de ce type de réseaux de mesure à laquelle s'ajoute un coût de déploiement très important. C'est pourquoi des recherches sur le développement de réseaux de capteurs sans fil sont conduites au sein du laboratoire. Les applications visées concernent essentiellement les systèmes de tests des nouveaux satellites mais aussi des avions avant leurs certifications.

La démonstration vous présentera ces recherches. Les enjeux et les développements autour des télécommunications seront mis en lumière autour d'une maquette de satellite utilisée au laboratoire et d'un réseau de capteur de température à haut débit. Cette présentation sera l'occasion de présenter les moyens de développement de nouvelles antennes avec en particulier la chambre anéchoïde\*\*.

\* capteur : Dispositif qui traduit un phénomène physique (température, pression de l'air, présence d'un gaz, ...) en information électrique.

\*\* chambre anéchoïde : Salle d'expérimentation dont les parois sont recouvertes de pyramides de mousse de polyuréthane qui absorbent les ondes électromagnétiques, ne provoquant donc pas d'écho pouvant perturber les mesures.

**Lieu** : Bâtiment E, sous-sol, chambre anéchoïde



*Maquette de satellite équipée  
d'un réseau de capteurs sans fils*

# NANO Fiche démo 6

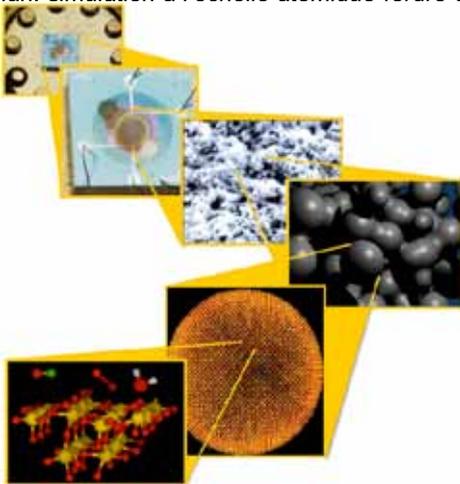
## Nanobiotechnologies : un concert d'atomes et de molécules simulé sur ordinateur

**Démonstrateur** : Alain Estève

**Référent** : Alain Estève

**Description** : A l'ère de la microélectronique et de l'avènement de moyens de calcul super puissants (supercalculateurs: plusieurs dizaines de milliers de cœurs de calculs en parallèle), la conception assistée par ordinateur (CAO) est devenue un outil majeur de simulation pour les nanotechnologies. Nous montrons les évolutions récentes de ces logiciels de simulation qui permettent d'analyser les comportements de la matière à l'échelle des atomes et des molécules. Ainsi, devient-il possible de tester et concevoir virtuellement les assemblages les plus audacieux, maîtrisés à l'échelle des atomes, qui seront à la base des dispositifs miniaturisés de demain (capteurs, actionneurs, laboratoires sur puces etc.).

*Différents plan montrant un capteur de gaz vu à différentes échelles: au premier plan, simulation à l'échelle atomique (ordre du nanomètre) de l'interaction entre des molécules (H<sub>2</sub>O, CO...) avec une surface d'oxyde d'étain, en arrière plan, photo du capteur.*



# NANO Fiche démo 7

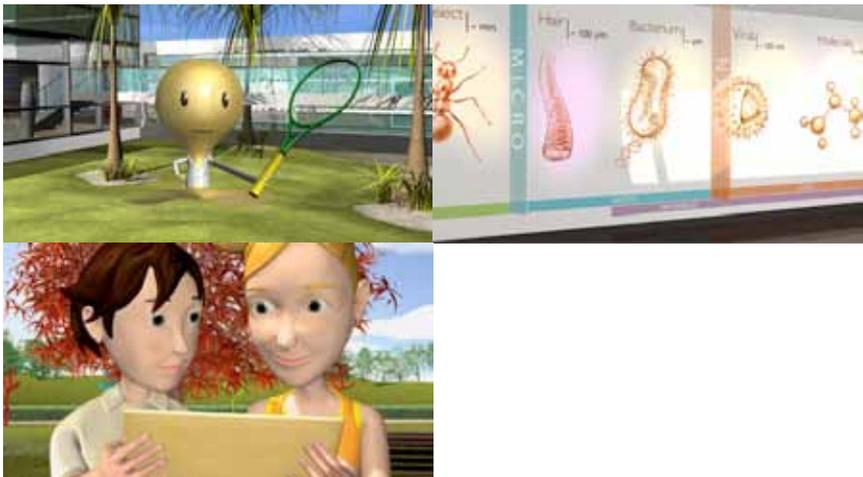
## Projection du film d'animation européen « Une précieuse enveloppe pour des chercheurs en herbe »

**Démonstrateur** : Christel Martin-Cerclier

**Référent** : Christophe Vieu

**Description** : Auteur : Christophe Vieu et Christel Martin-Cerclier - Réalisateur : Franck Grimal - Producteur : CNRS Délégation Midi- Pyrénées - 2008, 16 minutes

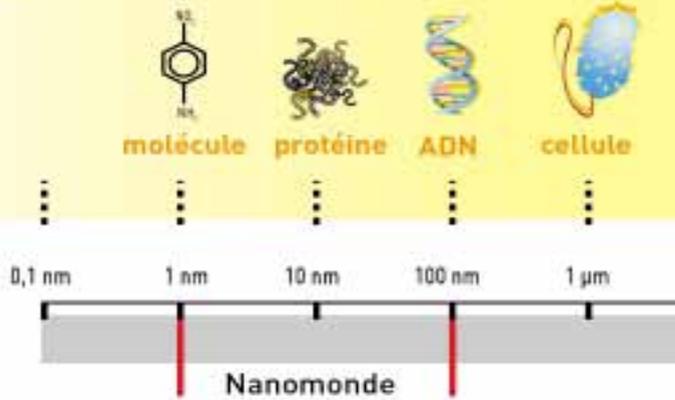
Aujourd'hui les scientifiques fabriquent et étudient des objets minuscules de la taille des molécules grâce aux nanotechnologies. Comment font-ils ? Quelles sont les applications ? Au travers de ce film, un garçon et une fille découvrent cet univers étonnant ainsi qu'une passion pour la recherche scientifique. Destinée à un public de collégiens et lycéens (10-16 ans), ce film permet aux enseignants d'introduire ces technologies de pointe et de parler de sciences d'une manière ludique. Il a été conçu dans le cadre du programme européen NaPa (Emerging Nanopatterning Methods) et a été traduit en 11 langues. Un livret d'accompagnement pédagogique à usage des enseignants est à l'étude.



# NANO

Les dimensions du monde du vivant et celles des produits fabriqués par l'homme nous donnent une bonne idée de l'échelle du nanomonde.

**Monde du vivant**



Les dimensions du monde du vivant et celles des produits fabriqués par l'homme nous donnent une bonne idée de l'échelle du nanomonde.

**voie descendante**



atome



agrégat d'atomes

laser à boîte quantique

nano-transistor

## Qu'est-ce que le nanomètre ?

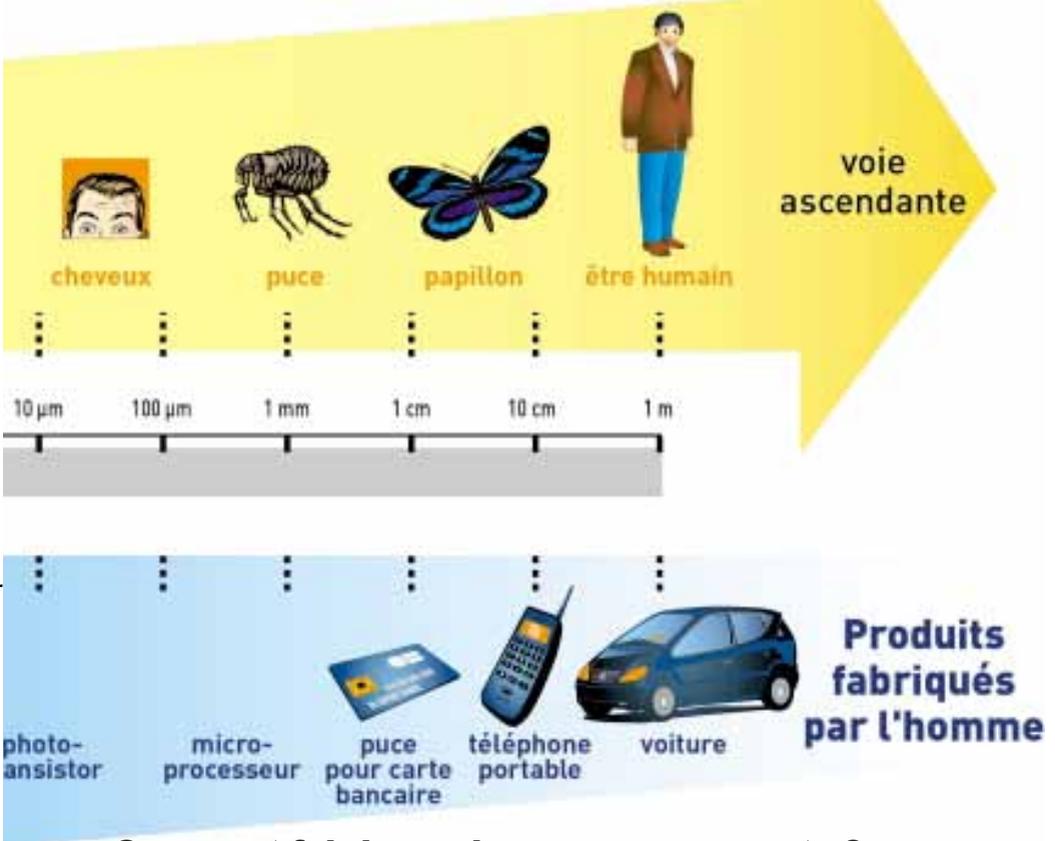
Le préfixe « nano » vient du grec et signifie très petit. Les scientifiques l'utilisent comme préfixe dans les unités de mesure pour exprimer le milliardième de l'unité de base : le nanomètre est le milliardième de mètre, soit 0,000 000 001 mètre.

Il est d'usage de l'écrire en abrégé « nm ». Un nanomètre, c'est environ :

- 500 000 fois plus fin que l'épaisseur du trait de stylo à bille ;
- 30 000 fois plus fin que l'épaisseur d'un cheveu ;
- 100 fois plus petit que la molécule d'ADN ;
- 4 atomes de silicium mis l'un à côté de l'autre.

# Frise des dimensions

D'après la brochure «A la découverte du Nanomonde»  
éditée par le Ministère chargé de la recherche.



## Comment fabriquer des nanocomposants ?

en adoptant une voie descendante (en anglais «top-down») : on part d'un matériau, on le «découpe» et on le «sculpte» pour réduire le plus possible les dimensions de l'objet ou du composant que l'on veut fabriquer. C'est la voie qu'a suivie l'électronique depuis 30 ans, provoquant une révolution technologique dont l'ordinateur est le résultat le plus remarquable. L'effort de miniaturisation a d'abord conduit à des composants de dimensions micrométriques et est maintenant descendu en dessous des 100 nm.

• en adoptant une voie ascendante (en anglais «bottom-up») : on assemble la matière atome par atome pour construire des molécules que l'on intègre ensuite dans des systèmes plus grands. Cette voie est similaire à celle suivie par la nature : à partir des molécules d'ammoniac, de dioxyde de carbone, d'eau et de sels minéraux, elle a formé durant 4 milliards d'années d'évolution le monde du vivant si riche et si complexe d'aujourd'hui.

# NANO Fiche démo 8

## Comment naissent les puces électroniques ? Fabrication de micro et nano composants dans la salle blanche

**Démonstrateurs :** Pierre-François Calmon, Laurent Mazenq, Monique Dilhan, Véronique Conédéra, Stéphane Aouba

**Référent :** Hugues Granier

**Description :** Cette visite exceptionnelle vous permettra de découvrir les différentes étapes et les équipements utilisés pour la fabrication des circuits intégrés encore appelés puces électroniques présentes dans de multiples appareils de la vie courante (voitures, ordinateurs, consoles de jeu vidéo, téléphones mobiles, etc.)

Après avoir enfilé la tenue réglementaire, vous allez parcourir les différentes zones de la salle blanche, un environnement strictement contrôlé (poussière, température, humidité, lumière) afin d'éviter toutes contaminations particulaire et lumineuse.

Fabriquer une puce électronique, c'est réaliser sur quelques centimètres carrés de surface et quelques microns d'épaisseur un assemblage d'une multitude de composants interconnectés ; simultanément, pour des centaines d'exemplaires identiques. A l'échelle d'une puce, un minuscule grain de poussière représente un rocher qui bouche les chemins dédiés à la circulation des électrons qui transmettent le signal donc l'information. C'est pour cela que la fabrication a lieu en « salle blanche ». L'air est constamment renouvelé et filtré. Il contient 100 000 à 1 million de fois moins de poussières que l'air extérieur. Les opérateurs portent en permanence une combinaison qui les couvre presque des pieds à la tête, et retient les particules qu'ils génèrent naturellement.

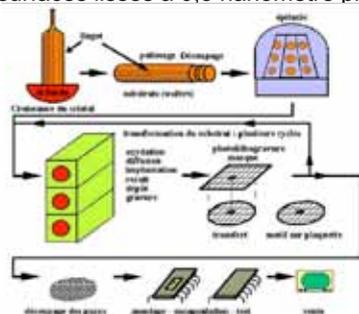
C'est principalement sur des plaquettes de silicium que ces puces électroniques sont réalisées. Mais on travaille également sur d'autres matériaux comme les métaux, des polymères, du diamant, des matériaux qui émettent de la lumière, etc.

### Étapes préliminaires (avant la salle blanche)

– Fabrication des plaquettes de Silicium

Extrait du sable par réduction, le silicium est cristallisé sous forme de barreaux de 20 ou 30 cm de diamètre, ensuite sciés en tranches de moins d'un millimètre d'épaisseur qui sont polies jusqu'à obtenir des surfaces lisses à 0,5 nanomètre près.

C'est sur cette tranche de silicium appelée substrat (ou wafer) que des centaines de puces sont fabriquées simultanément, grâce à la répétition ou la combinaison d'opérations élémentaires : traitement thermique, dépôts, photolithographie, gravure et dopage... Au total ce sont peuvent être plus de 200 opérations qui se succèdent pour aboutir à la naissance de la puce électronique. Cette étape est réalisée par des industriels spécialisés.



– Fabrication des plaquettes de matériaux par épitaxie

Une autre technique de croissance est utilisée pour des matériaux très spécifiques, l'épitaxie. L'épitaxie est une étape technologique consistant à faire croître du cristal sur du cristal. Etymologiquement, «épi» signifie «sur» et «taxis», «arrangement». La technique va donc consister à utiliser le substrat obtenu dans l'étape précédente comme germe cristallin de croissance et à faire croître la couche par un apport d'éléments constituant la nouvelle couche.

Il existe plusieurs techniques permettant d'obtenir cette épil couche, celle utilisée pour les wafers est l'épitaxie par jet moléculaire. Cette technique consiste à envoyer des ions à la surface d'un substrat dans un vide très poussé afin d'éviter tout choc ou contamination sur le parcours. Le principe est l'évaporation sous vide par chauffage. Par le contrôle des cellules d'évaporation, on crée un jet de molécules en direction du substrat. On obtient ainsi une très grande précision de croissance, des jonctions très abruptes, mais cette opération est très lente. La vitesse de croissance est de l'ordre de 1 nano mètre par minute. Cette technique est donc très coûteuse et ne concerne que des dispositifs à très forte valeur ajoutée.

## **Etape 1 – Fabrication des masques**

Classiquement, la fabrication d'un circuit électronique utilise une série de masques, support en verre sur lequel sont réalisés des motifs opaques. Selon la complexité du circuit intégré, il peut y avoir jusqu'à une vingtaine de couches. Le masque de chaque couche est identique à un négatif photographique, il est obtenu en «taillant» au laser une couche de chrome déposée préalablement sur une plaque de quartz d'une extrême pureté. Chaque couche correspond à un schéma électronique

Ensuite le substrat enduit avec une résine sensible à des rayonnements est exposé (rayonnement ultra-violet, rayons X, électrons, selon les méthodes) à travers chacun de ces masques. Le puissant rayonnement dégrade le matériau, reproduisant le motif du masque, comme une véritable gravure. Cette technique, appelée lithographie, permet ainsi de dessiner en plusieurs étapes le circuit à réaliser.

## **Etape 2 – Photolithographie**

Etape-clé, elle consiste à reproduire dans une résine photosensible le dessin des circuits à réaliser. Cette résine est déposée sur le silicium. La lumière d'une source lumineuse de très faible longueur d'onde (UV ou inférieure) y projette l'image d'un masque. Avec cette technique nous atteignons des résolutions de l'ordre du micron ou inférieures au micron selon la nature de l'équipement utilisé.

## **Etape 3 – Lithographie électronique**

La technique est identique à la photolithographie mais le rayonnement optique est remplacé par un faisceau électronique et les résines photosensibles par des résines électro sensibles. Par cette technique nous pouvons atteindre des résolutions nanométriques

# NANO Fiche démo 8

## **Etape 4 – Croissance et dépôt de films minces**

Dans des fours portés à très haute température nous injectons des gaz spécifiques. Par réactions chimiques entre les gaz et les substrats, réactions activées par la haute température, nous faisons croître de nouveaux matériaux tels l'oxyde ou le nitrure de silicium. Les équipements permettent également de « recuire » des matériaux déposés par ailleurs.

## **Etape 5 – Electrochimie**

Par cette technique nous faisons croître des couches épaisses (jusqu'à plusieurs dizaines de microns) d'or, de cuivre et d'alliages magnétiques.

## **Etape 6 – Métallisation**

Il s'agit du dépôt de couches fines (inférieures à 2 micromètres) de matériaux ultra purs. Ces dépôts se font dans des machines maintenues constamment sous vide. Le principe du dépôt repose sur la condensation sur le substrat d'un matériau préalablement évaporé. Réservé pendant longtemps au dépôt des métaux cette technique s'ouvre maintenant à de nouvelles applications (matériaux piezo électriques, polymères, etc.)

## **Etape 7 – Gravures plasma et humide**

A l'inverse du dépôt, la gravure enlève de la matière à la plaquette, toujours dans le but de réaliser un motif. Deux voies principales : la gravure dite «humide», qui utilise des réactifs liquides, et la gravure sèche (ou gravure plasma) qui emploie des réactifs gazeux.

## **Etape 8 – Chimie**

La zone de chimie permet des nettoyages de très haute pureté des plaquettes. Il est également possible de réaliser des opérations de gravure humide spécifiques ; ou de faire des traitements qui vont permettre l'adhérence des futurs matériaux qui vont être déposés.

## **Etape 9 – Implantation ionique**

Cette étape à pour but de charger électriquement des zones très localisées de matériau semi-conducteurs on parle de «dopage». Les ions de dopant sont implantées verticalement dans la surface du silicium par un faisceau d'ions de haute pureté accéléré par des tensions pouvant atteindre 200 000 Volts...

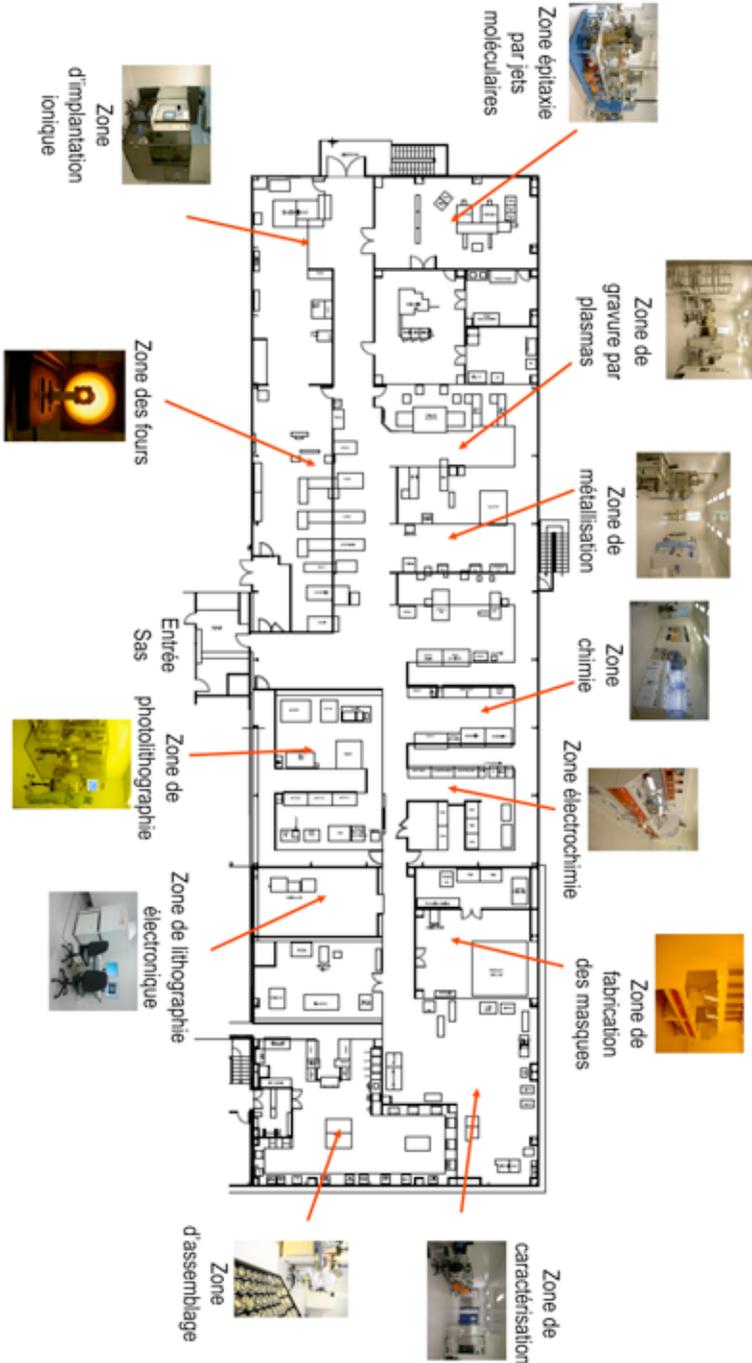
## **Etape 10 – Assemblage**

Après l'ensemble des opérations de création de couches actives, un substrat comportant de nombreux circuits identiques doit être découpé. Ensuite chaque puce élémentaire sera montée sur un support (boîtier). Enfin, après soudure des liaisons composant - pattes de sortie, le composant sera encapsulé.

## **Etape 11 – Caractérisation : inspection du wafer**

Il s'agit d'une étape critique du processus global de fabrication du wafer. En effet à chaque étape du processus de fabrication, il doit être inspecté minutieusement à l'aide de d'appareils particulièrement coûteux comme par exemple des MEB (microscope électronique à balayage).

# Salle blanche



# COMMANDE Fiche démo 9

## Comment détecter des défaillances oscillantes dans l'ordinateur de bord d'un Airbus A380 ?

**Démonstrateurs** : Renaud Pons et Louise Travé-Massuyès

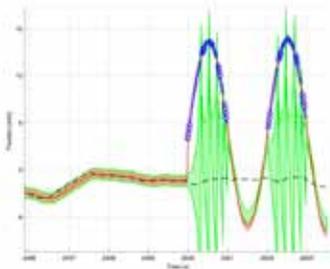
**Référent** : Louise Travé-Massuyès

**Description** : Comme tous les circuits électriques et électroniques, l'ordinateur de contrôle de vol d'un avion peut être soumis à des signaux électriques parasites. Dans certaines circonstances, ces parasites peuvent aboutir à une « défaillance oscillante », c'est à dire un mouvement non désiré de va-et-vient des ailerons et des gouvernes de l'avion. Ces défauts peuvent affecter le confort des passagers et la longévité de certains matériels. Pour les détecter, nous avons développé une méthode originale qui utilise deux outils importants de l'intelligence artificielle et des mathématiques.

Le premier outil est le « diagnostic à base de modèles ». Il permet de comparer le fonctionnement du système que l'on veut surveiller (avion, voiture, satellite et même le corps humain) avec une simulation de ce système calculée par un ordinateur. Cette comparaison nous permet de détecter les dysfonctionnements, de déterminer leur origine et enfin de proposer des réparations.

Le second outil, l'« analyse par intervalles », était conçu à l'origine pour corriger certaines erreurs de calculs dans les ordinateurs. Nous l'utilisons ici pour compenser un éventuel manque de connaissances sur le fonctionnement du système que nous voulons surveiller.

Après avoir expliqué les grands principes des deux méthodes, nous montrons comment nous les combinons pour détecter les pannes oscillantes dans un ordinateur de vol d'un Airbus A380.



# COMMANDE Fiche démo 10

## Découvrir les bases de l'automatique en pilotant une maquette d'hélicoptère

**Démonstrateurs** : Dimitri Peaucelle, Vincent Mahout

**Référent** : Dimitri Peaucelle

**Description** : L'automatique encore appelée théorie de la commande, est une science qui propose des outils théoriques et pratiques pour rendre autonomes des systèmes dynamiques. Ces systèmes peuvent être mécaniques, électroniques, biologiques etc. Les applications sont multiples dans tous les secteurs industriels complexes comme l'industrie aéronautique et spatial. Elles se rencontrent également dans l'environnement quotidien de chacun : robinet thermostatique de la douche, régulation de vitesse de voiture, ...

La démonstration illustrera cette théorie par une maquette mécanique à 3 degrés de liberté et actionnée par 2 hélices. La présentation souligne la notion de commande en boucle fermée, ses potentialités et sur les défis théoriques et industriels sous-jacents.

Une boucle fermée permet, dans un système de commande ( généralement une puce électronique dédiée), de mesurer la grandeur à réguler (on dit également «asservir») pour savoir quoi faire. Prenons l'exemple d'une voiture sans régulateur automatique de vitesse. Le conducteur représente le système de commande. La vitesse est la grandeur à réguler tandis que la mesure de la grandeur est effectuée par les yeux du conducteur via le compteur de vitesse. Le conducteur appuie plus ou moins sur la pédale d'accélérateur en fonction de ce qu'il voit (mesure) et de la vitesse à laquelle il souhaite aller (consigne). Lorsqu'il y a un régulateur de vitesse, la puce électronique «remplace» le cerveau et est alors capable d'effectuer l'ensemble de ces tâches. Le conducteur n'a plus qu'à donner la consigne de vitesse.



# COMMANDE Fiche démo 11

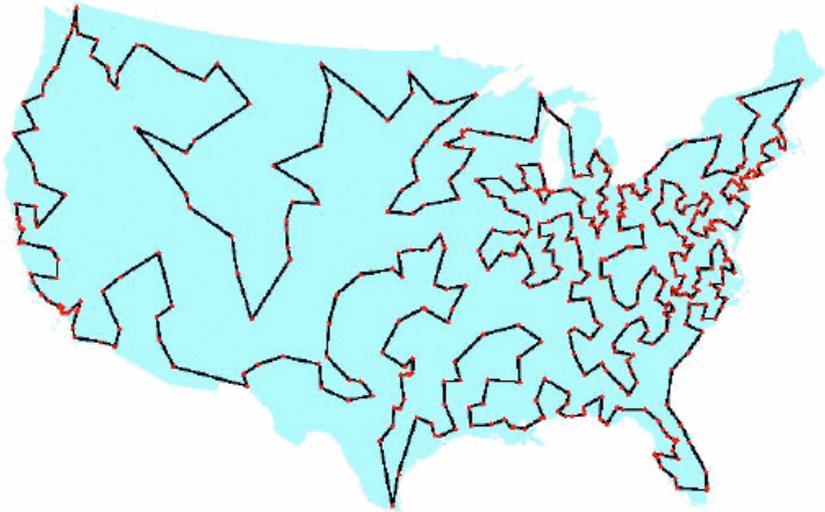
## Optimiser votre trajet

**Démonstrateurs** : Laurent Houssin, Fallou Gueye

**Référent** : Laurent Houssin

**Description** : Avec la diversification des moyens de transport et la multiplicité des voies routières, choisir un itinéraire combiné avec un ou plusieurs moyens de transport devient parfois un casse-tête.

Les scientifiques se sont intéressés à ce problème à partir du 19<sup>e</sup> siècle. En particulier, c'est sur le problème du «voyageur de commerce» que se sont portées les premières recherches. Ce problème consiste à trouver le plus court chemin qui relie un ensemble de villes et à revenir à son point initial. Malgré les progrès des ordinateurs, ce problème reste très difficile. Pour un ensemble de 15 villes, il y a environ 15 milliards de possibilités, les énumérer toutes prendrait environ une dizaine d'heure avec un ordinateur récent. Durant cette démonstration, nous illustrons la difficulté du problème par des jeux informatiques où nous tentons de résoudre quelques exemples. Nous présentons ensuite les variantes de ce problème sur lesquelles le LAAS travaille actuellement.



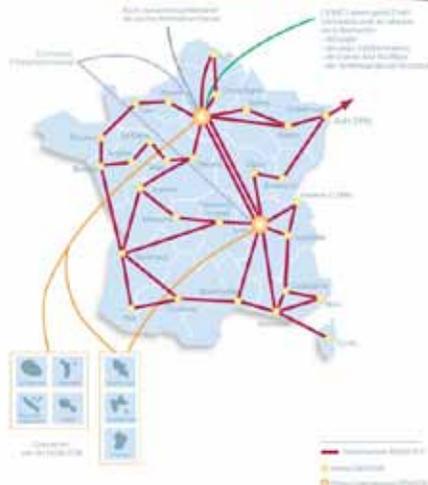
# RESEAUX Fiche démo 12

## Détection d'anomalies dans le trafic Internet

**Démonstrateurs** : Johan Mazel, Philippe Owezarski

**Référent** : Philippe Owezarski

**Description** : L'Internet est aujourd'hui une des cibles privilégiées des pirates informatiques. Le problème est extrêmement important de nos jours et stratégique. De plus, les opérateurs et administrateurs sont souvent démunis face à l'expérience et l'imagination des pirates, les attaques et les virus de plus en plus avancés, leur nombre et leur vitesse d'apparition grandissant. En particulier, aujourd'hui les pirates s'immiscent partout, compromettent de grands nombres de machines et initient des attaques subtiles et massives. Cela entraine un besoin fort en matière de sécurité, les systèmes de défense actuels étant inadaptés au risque réel existant dans l'Internet d'aujourd'hui. Le LAAS mène depuis plusieurs années des études pour évaluer et comprendre les menaces qui pèsent sur l'Internet et ses utilisateurs. L'objectif de cette démonstration consistera à illustrer comment on peut détecter des attaques perpétrées à l'encontre des réseaux de l'Internet, et assurer leur sécurité.



# ROBOTS Fiche démo 13

## Le robot humanoïde HRP2

**Démonstrateurs** : Anthony Mallet

**Référent** : Jean-Paul Laumond

**Description** : Le robot humanoïde HRP2 sert de plateforme expérimentale pour le développement des recherches fondamentale en robotique. Plusieurs démonstrations mettront en évidence sa capacité à repérer des objets, les saisir et les déplacer, de communiquer avec un opérateur, de danser et de jouer des percussions. Ces démonstrations illustreront les tout derniers résultats de recherche obtenus au LAAS en matière de maîtrise de l'espace et du mouvement.



# Adam, le 1er robot tout-terrain du LAAS

Le robot ADAM («Advanced Demonstrator for Autonomous Mobility») est le premier robot tout-terrain avec lequel le LAAS a travaillé, dès 1993. Il a été à l'origine du projet EDEN («Expérimentations de Déplacements en Environnements Naturels»), autour duquel se sont focalisés près de 10 années de recherches sur la navigation autonome, principalement orientées vers la robotique d'exploration planétaire.

Il a été conçu à St Petersburg dans les années 70, initialement pour être exploité comme engin de terrassement télécommandé. L'un de ses cousins a notamment été exploité sur la centrale de Tchernobyl dans les jours qui ont suivi l'accident de 1986. Au laboratoire, il a été équipé de capteurs qui lui permettent de percevoir son environnement : caméras et télémètre laser.

S'il semble aujourd'hui proche du dinosaure (lourd, très lent, peu intelligent), il a cependant permis de nombreuses avancées scientifiques. Il est l'ancêtre de toute une branche de la robotique étudiée au LAAS. Son successeur direct est le robot Lama, actuellement exposé au musée des Arts et Métiers à Paris, et les robots Dala et Mana, toujours exploités au laboratoire.



# HRP2, le robot sympa



Salut! Je m'appelle HRP2. Je suis un robot humanoïde.



J'ai été fabriqué au Japon.

Comme toi, j'ai 2 mains..

Ensuite, j'ai voyagé à travers le monde pour venir en France



...et 2 jambes..

...mais, à la place du cerveau, j'ai des ordinateurs...



...et je vis avec des caméras.



Je me déplace avec des engrenages et des moteurs..



..et je dois être rechargé quand je suis fatigué.



J'ai appris à marcher..

.. à soulever des poids..

..et à chercher des choses comme des balles.

Mais, la plupart du temps, je m'amuse beaucoup tout en apprenant les sciences!!!

Parfois, je tombe malade, et mes amis m'aident à aller mieux!

Venez nous rendre visite, à moi et mes amis, au LAAS!

manu  
03/2009

Ce contenu est sous licence Creative Commons Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 2.0 France

## La physique au LAAS en s'amusant !

**Démonstrateurs** : Aude Bouchier, Emilie Leynia de la Jarrige, Florent Seichepine, Samuel Guillon, Sven Salomon, Amélie Beduel, Wassim Filali, Séverin Lemaignan, Nicolas Monnereau, Julien Campos, Emmanuel Marcault, Mélusine Pigeon, Christophe Viallon, Teddy Borr, Christel Martin-Cerclier

**Référentes** : Aude Bouchier, Emilie Leynia de la Jarrige

**Description** : Non, la physique et les sciences ne sont pas difficiles d'accès ! Nous vous proposons quelques expériences simples pour comprendre les bases de la physique en optique, électricité, magnétisme, etc.

### **Optique et imagerie**

- quand la lumière devient liquide : une fontaine lumineuse

Démonstration simple du principe de la fibre optique. La fibre en silice est remplacée par un guide en eau et le guidage existe grâce à la différence d'indice entre l'air et l'eau. Les fibres optiques et les lasers sont étudiés par les équipes du LAAS.

- attention, notre vue peut être trompée ! : quelques illusions d'optique

- l'invisible visible : voir le petit avec un microscope

Introduction des techniques de microscopie qui sont utilisées en salle blanche.

Informatique et robotique

- casting de présentateur météo, la tête dans les nuages...

Démonstration basée sur le principe de l'incrustation vidéo utilisée dans la perception de l'environnement par les robots. Démonstration basée sur une partie d'un travail de thèse.

### **Energies**

La récupération de l'énergie est un des sujets de recherche d'une équipe du LAAS.

- mini défi solaire : le soleil entre en course pour les voitures

Présentation des panneaux solaires et de leurs applications.

- l'eau, énergie à l'état pur

- et si une plante servait de moteur

Les piles naturelles et une application.

### **Electrostatique**

Présentation de l'électrostatique et de ses conséquences sur les circuits.

- le bâton magique

- la machine à éclairs

### **Magnétisme**

- l'effet magnétique ou comment ne pas perdre le nord!

## Vide

- atelier du vide ou comment faire beaucoup avec rien !

Principe du vide, effet sur la gravité, pression, etc... Introduction aux termes employés en salle blanche.

## Ondes

- ondmania : voyage au pays des ondes

Introduction à la notion d'ondes, utile dans de nombreux domaines au LAAS (optique, microondes, etc.)

- le wifi c'est clair ! : une autre façon d'allumer une ampoule

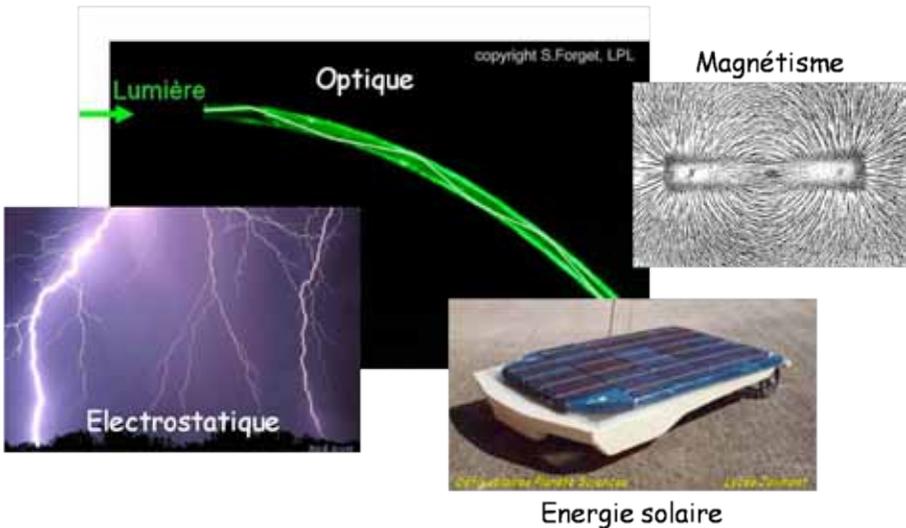
Les ondes comme source d'énergie.

- «chasse» à la marmotte

Présentation de l'ARVA (appareil de recherche de victimes en avalanche : utilisation des ondes basses fréquences (457 kilo Herz) à des fins de sauvetage et familiarisation avec la triangulation.

- bienvenue sur radio patate !

**Lieu** : Bât. A, RDC, cantine et cafétéria / défi solaire Bât. G Jean Lagasse 1er étage, salle de capture



Samedi 21 novembre, Salle de conférences

## • « *Le nanomonde se secoue les puces* »

Emission « C'est pas sorcier » France 3 (2004) commentée par Elena Bedel-Pereira, chargée de recherche au LAAS

3 séances : 12 h, 14 h et 16 h, durée : environ 1 h

Des moteurs aussi petits qu'un cheveu aux insectes artificiels capables de voler de leurs propres ailes, C'est pas sorcier nous offre une plongée au cœur du micromonde – celui de la puce électronique.

Le premier ordinateur occupait une pièce de 160m<sup>2</sup> et se contentait de 5000 additions et 300 multiplications par seconde... Une performance inférieure à celle de nos calculatrices actuelle ! Aujourd'hui, les ordinateurs sont de plus en plus rapides et s'utilisent aussi facilement qu'un calepin, les téléphones portables prennent des photographies et permettent de se promener sur internet... Tout cela grâce à l'invention du circuit intégré, mieux connu sous le nom de puce électronique. Fred, Jamy et Sabine se sont rendus dans les laboratoires qui manipulent l'infiniment petit pour préparer les avancées technologiques de demain.

## • « *Les robots* »

Emission « C'est pas sorcier » France 3 (1998) commentée par ?

2 séances : 11 h, 15 h, durée : environ 1 h

Fred et Jamy vont nous faire découvrir toute sorte de robots. Certains jouent au football et s'affrontent par équipes de 5 lors de la Coupe du monde des robots footballeurs organisée à la Cité des Sciences et de l'Industrie. Equipés de deux roues et d'une ou plusieurs caméras, ils décident seuls de leurs déplacements sur le terrain et sont capables de coopérer pour déterminer leur stratégie de jeu. Fred et Jamy nous explique comment ces robots voient et analysent leur environnement, comment ils décident de leur trajectoire et comment ils coopèrent. Nous rencontrerons aussi des robots à pattes comme Sherpa, fabriqué par la Commissariat à l'Energie Atomique. Ce robot téléopéré a pour mission d'intervenir dans des milieux hostiles pour l'homme, par exemple en cas d'accident nucléaire. Nous verrons comment ces robots marcheurs peuvent monter des escaliers et éviter des obstacles. Puis nous irons sur un petit coin de la planète Mars, qui a été reconstitué au Centre National d'Etudes Spatial de Toulouse. C'est sur ce terrain que s'entraîne EVE, un prototype de robot d'exploration planétaire. Equipé d'un châssis tout terrain et de deux caméras pour voir en relief, il est complètement autonome. Nous verrons comment il trace son chemin tout seul sur un terrain.

Jamy, dans son camion laboratoire, nous dévoile leur fonctionnement, leur langage, comment ils se dirigent et de quelle manière ils s'orientent en terrain inconnu...

- *Présentation du LAAS-CNRS*, réalisation : Daniel Daurat

Séances : 10 h, 13 h

- Film *Parcours de chercheurs : Georges Giralt* directeur de recherche au LAAS, pionnier de la recherche en robotique et intelligence artificielle en France au début des années 70.  
Réalisation : mission de sauvegarde du patrimoine scientifique contemporain Midi-Pyrénées de l'Université de Toulouse, 2008-2009

Séances : 10 h 10, 13 h 10

Résumé de sa carrière / Les origines d'une vocation (Rencontre décisive avec Jean Lagasse) / Les débuts de l'électronique : l'expérience du projet CERN (entretien avec Roland Prajoux) / L'aventure du LAAS (entretien avec Raja Chatila) / L'année sabbatique à Berkeley – Université de Californie / Robotique et intelligence artificielle (vers un robot autonome: expérience Hilare 1977, entretien avec Roland Prajoux ; La «manip des cubes», l'une des premières expérimentations en robotique du laboratoire) / Le programme national ARA (automatisation et robotique avancée) (Rachid Alami) / Les robots d'intervention sur site planétaire (programme RISP) (Après le robot d'exploration, le robot de service et le robot aérien ... par Raja Chatila) / Conclusion : le robot et l'humain, quelle cohabitation pour demain ? (Rachid Alami)

- Projection-Débat

« *Nanosciences, nanotechnologies :  
questions d'éthique, questions de société* »

extrait du DVD «Nanosciences, nanotechnologies» réalisé par CNRS images, suivi d'un débat avec Christophe Vieu, Robert Plana et Jean-Marie François, enseignants-chercheurs.

Séance : 17 h

durée : environ 1 h

# Exposition «Réalisme et poésie de la vie scientifique»

LAAS-CNRS 7, avenue du Colonel Roche - 31077 Toulouse Cedex 4  
www.laas.fr - laas-contact@laas.fr - 05 61 33 62 00

## Jean Dieuzaide

1921-2003, photographe français

Né en 1921 dans la région toulousaine, Jean Dieuzaide s'est initié à la photographie par le reportage. Il couvre en août 1944 la libération de Toulouse et acquiert à cette occasion la reconnaissance, notamment par un portrait du Général de Gaulle, et le statut, sous le nom de Yan, de photographe de presse. Dans les années 1950, il réalise parallèlement des reportages humanistes en Espagne, au Portugal, en Turquie qui seront publiés aux éditions Arthaud. La photographie lui devient progressivement le mode d'expression le plus en harmonie avec son rapport au monde tel qu'il l'observe. A partir des années 1960, il photographie les sciences et l'industrie, rendant des images à la composition très travaillée où sa vision du réel côtoie souvent le poétique et le rêve. C'est dans ces années qu'il vient et revient au LAAS-CNRS, à l'invitation de son ami Jean Lagasse qui dirige alors ce laboratoire de recherche. Jean Dieuzaide s'est lui-même positionné en artisan de la photographie, déclarant en 1954 : « *Il ne nous faut pas chercher à faire œuvre d'art... mais à nous exprimer ... l'esthétisme ne doit certes pas dissimuler le message mais le renforcer ! L'œil est gourmand et exigeant* ». Il crée en 1970, avec quelques amis parmi lesquels Clergue, Boubat, Gautrand, Lemagny, Sudre les Rencontres internationales de la photographie d'Arles ; puis en 1974, la galerie du Château d'Eau, à Toulouse, première galerie française exclusivement dédiée à la photographie.

Jean Dieuzaide est lauréat de nombreux prix et distinctions, dont, spécifiques à la photographie, les prix Niépce, en 1955, et Nadar, en 1966. Ses archives rassemblent un peu plus d'un million de négatifs.

LAAS-CNRS



## Réalisme et *poésie* de la vie scientifique

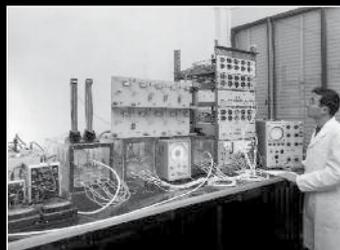
Exposition proposée (décembre 2009- janvier 2010) par le LAAS-CNRS à partir de son fonds photographique, parmi lequel plusieurs centaines d'images de Jean Dieuzaide ; conçue par Marie-Hélène Dervillers, grâce à l'aide et aux souvenirs de Raja Chatila, directeur du LAAS, José Aguilar-Martin, Daniel Estève, Jean-Claude Laprie, Augustin Martinez, Henri Martinot, Jean-Michel Pons, Jean-Bernard Pourciel, Pierre Ribes ; mise en situation par la société Standart, Toulouse. Grand merci pour l'accès aux archives de son mari à madame Jacqueline...

Dieuzaide

## », Jean Dieuzaide au LAAS, photographies 1968-1976

**D**ans le cadre de sa Novela, 1er Festival des savoirs, la ville de Toulouse a inauguré au Museum d'histoire naturelle l'exposition **Oeuvres de sciences, instruments d'art** autour d'images scientifiques du photographe toulousain Jean Dieuzaide. Jean Dieuzaide en effet, aussi connu sous son nom d'artiste Yan, s'est beaucoup plu dans les années 60-70 à photographier les sciences, les technologies et leurs applications industrielles. Cela au gré de ses centres d'intérêt, de sa curiosité et de ses amitiés. Ce sont ces trois raisons qui l'on conduit à photographier abondamment le LAAS et ses membres, ainsi que ses instruments scientifiques d'alors. Intérêt pour la science ; curiosité devant la microélectronique et l'informatique naissantes ; amitié avec Jean Lagasse, directeur fondateur du LAAS en 1968. Les deux hommes, de la même génération, natifs de la même région, de sensibilité apparemment différente – l'un engagé dans l'art, l'autre dans la science – mais de tempérament et d'enthousiasme proches, ont noué une amicale complicité sur la base de ces affinités électives. C'est ainsi que Yan est venu photographier le LAAS en des moments clés du début de son histoire.

Avant même ce début, le LGE, Laboratoire de génie électrique dont une équipe conduite par Jean Lagasse a fondé le LAAS. Là, ce sont des machines, des unités pilotes et les ingénieurs et techniciens qui les font vivre.



Puis le LAAS, l'achèvement des travaux de sa construction, ces bâtiments tout neufs et ces aménagements intérieurs dont Jean Lagasse et le personnel sont fiers.



TU VEUX BOIRE  
QUELQUE CHOSE ?



HEU, UN #512 ?



BIEN SUR !  
HEY, HUMAIN !

TU PEUX NOUS SORTIR UN #512 DU FRIGO ? C'EST  
DANS LE COMPARTIMENT CONVEXE EN  
X:0.45 Y:0.23 Z:1.5 DE COULEUR R:255 G:17 B:35.



?? CONVEXE ?? X,Y,Z ?  
QUELLE COULEUR C'ETAIT ?



PFF... EST-CE QUE L'HUMANOTIQUE  
MARCHERA UN JOUR ?



JE SAIS PAS. IL NE COMPREND  
MEME PAS NOS PLUS SIMPLES  
COMMANDES ! L'INTERACTION  
ROBOT HUMAIN A ENCORE  
DU CHEMIN A FAIRE !





7 avenue du Colonel Roche - 31077 Toulouse  
Tél. 05 61 33 62 00 - Email : [anne.mauffret@laas.fr](mailto:anne.mauffret@laas.fr)  
Plus d'infos : [www.laas.fr](http://www.laas.fr)