



www.cnrs.fr

DOSSIER DE PRESSE | PARIS | 4 AVRIL 2017

Nanocar Race : la première course de molécules-voitures

L'essentiel de la course



Un évènement CNRS

Contact

Presse CNRS | Alexiane Agullo | T 01 44 96 43 90 | alexiane.agullo@cnrs-dir.fr



www.cnrs.fr

Sommaire

Nanocar Race c'est :

Une expérience scientifique unique.....	3
Un microscope unique au monde	4
Une piste en or.....	4
... A suivre en temps réel !	5
Le règlement de la course	6
Les organisateurs.....	7
Les équipes.....	8
Les ressources.....	19



www.cnrs.fr

Nanocar Race, c'est :

La Nanocar Race est une course où des machines, constituées de quelques centaines d'atomes seulement, concourent sur une piste d'or 50 000 fois plus fine que l'épaisseur d'un trait de stylo bille. Ces nanocars, ou molécules-voitures, peuvent posséder de vraies roues, un vrai châssis et elles avancent avec l'énergie d'une impulsion électrique.

Cette énergie est fournie par un instrument particulier : un microscope à effet tunnel. A l'aide d'un petit courant électrique, la pointe de ce type de microscope permet de visualiser de petits objets qui peuvent être 30 000 fois plus petits que l'épaisseur d'un cheveu. Ce sont également ces petites impulsions électriques qui permettront aux nanocars d'avancer.

Habituellement, ce type de microscope ne possède qu'une seule pointe. Mais le Centre d'élaboration de matériaux et d'études structurales (CEMES) du CNRS à Toulouse possède un microscope unique, avec quatre pointes, contrôlables indépendamment : un instrument idéal pour organiser une course et piloter en même temps quatre molécules-voitures différentes !

Quatre équipes testeront ainsi, chacune à partir de son propre poste de pilotage, différentes machines moléculaires avec le même microscope, en même temps et sur la même surface. Une première mondiale !

Une expérience scientifique unique...

La Nanocar Race est la première occasion pour les chercheurs de tester en conditions réelles le pilotage simultané de plusieurs machines moléculaires, conçues indépendamment les unes des autres.

La Nanocar Race, et la conception des nanocars qu'elle implique, fait progresser la recherche dans de nombreux domaines. En effet, au-delà de la simple compétition, l'organisation de la course et la conception de molécules-voitures ont imposé des progrès scientifiques et techniques majeurs, apportant à la communauté des physiciens et des chimistes des réponses aux nombreuses questions encore à résoudre dans ce domaine.

Notions clés :

Les atomes et les molécules :

Les atomes sont les constituants fondamentaux de la matière. Chaque atome est constitué d'un noyau, composé de protons et neutrons, et d'électrons, orbitant autour du noyau. Les molécules sont constituées d'atomes unis les uns aux autres par des liaisons chimiques.

Il s'agit ici pour les chercheurs de parvenir à faire avancer et à piloter une nanocar pendant 36 h. Au-delà de la vitesse, c'est la maîtrise de la trajectoire de ces voitures qui est primordiale et aujourd'hui totalement novatrice. Des mois d'essais sont nécessaires pour arriver à obtenir puis à conduire un bolide performant.



Une grande maîtrise de l'ingénierie moléculaire est donc nécessaire pour concevoir la meilleure machine possible.

Les années futures verront certainement nombre de ces objets moléculaires utilisés pour construire les machines de notre quotidien. Elles pourraient rendre de grands services, par exemple dans la déconstruction atome par atome de nos déchets industriels et urbains ou dans la collecte d'énergie. Le développement de microscopes multi-pointe, comme celui du CEMES-CNRS, permettra également de synchroniser un grand nombre de molécules-machines, afin d'en démultiplier la puissance, pour le stockage ou la captation d'énergie par exemple.

Un microscope unique au monde

La course de nanocars se déroulera sur le LT-Nanoprobe, construit par Scienta Omicron pour le CEMES-CNRS et financé par la région Occitanie et le fonds européen de développement régional (FEDER). Constitué de quatre pointes capables de balayer la même surface indépendamment, en parallèle, à basse température et en ultravide, cet instrument fournit pour chaque microscope des images avec résolution de 2 picomètres, soit 2 milliardièmes de millimètre.

Ce type de microscope (dit STM) utilise un phénomène particulier, « l'effet tunnel », qui permet de mesurer très précisément la distance entre une pointe métallique ultra fine et une surface grâce à un courant électrique. Le microscope du CEMES est actuellement le seul au monde à posséder quatre pointes indépendantes. Visualiser quatre portions de la course n'est pas la seule prouesse : les pointes du microscope donnent aux quatre nanocars l'énergie nécessaire pour avancer. Chacune des quatre équipes aura à sa disposition des écrans de contrôle pour guider et contrôler sa voiture.

Une piste en or

La surface d'or a été choisie pour la course car la plupart des nano-voitures interagissent peu avec cette surface. Les quatre pistes de la course devront être nettoyées pour obtenir une surface ultra-propre : la course se déroulant à l'échelle nanométrique (soit à un milliardième de mètre), le moindre grain de poussière sera visible au microscope et risquerait de perturber les molécules-voitures.

La surface d'or sera préparée une première fois sur toute sa surface et testée en parallèle par chaque équipe. Puis les molécules-voitures seront déposées par secteur sur cette surface. Mais même avec beaucoup de précautions, les molécules seront dispersées sur toute la piste et il est probable que des molécules d'un concurrent se retrouvent sur le secteur d'un autre. Avant le départ de la course, chaque pilote devra alors nettoyer son secteur en poussant une par une les molécules « adverses » et en déblayant aussi ses propres molécules pour avoir un parcours de 70 nm à 100 nm libre de toute molécule.

La surface d'or choisie montre naturellement des plissements très réguliers en forme de chevrons, avec une distance entre chevrons d'environ 6 nm. La piste de chaque concurrent sera donc un parcours défini entre 2 chevrons comprenant 3 lignes droites respectivement de 20 nm, 30 nm et 20 nm séparés par un



www.cnrs.fr

virage à droite à 45° et un virage à gauche également à 45°, soit une longueur totale du parcours d'à peu près 100 nm suivant la structure des virages.

Un commissaire de pistes est chargé de certifier que toutes les pistes ont la même structure et la même longueur entre la ligne de départ et la ligne d'arrivée. Ces deux lignes seront matérialisées par le positionnement de deux molécule-voitures qui ne seront pas utilisées pour la course.

A suivre en temps réel !

L'enceinte du microscope dans laquelle se déroule la course est refroidie à -269 °C pour que les molécules n'aient pas de mouvements spontanés et soient plus faciles à manipuler. L'autonomie des réserves en hélium liquide servant à ce refroidissement limite donc la durée de la compétition à 36 h de course.

Pour ce premier test de pilotage de plusieurs machines moléculaires en simultané, le CNRS propose à tous de suivre les différentes étapes de l'expérience lors d'un live en streaming sur la chaîne You Tube Nanocar Race.

Un animateur bilingue (français/anglais) fera vivre la course aux internautes grâce à un plateau TV aménagé dans le laboratoire et de nombreuses caméras immersives. La programmation bilingue détaillée sera affichée sur NanocarRace.cnrs.fr.

Le public pourra ainsi suivre la course en live depuis la salle de pilotage, avec des directs sur plateau, des interviews et des résumés. Ce direct sera entrecoupé d'annonces des événements nouveaux et de vidéos sur les équipes, les préparations ou les partenaires.



www.cnrs.fr

Le règlement de la course

Pour cette première édition, tous les types de nano-voitures ont été acceptés même s'il était préférable que la molécule possède quatre roues, un châssis et un moteur. Les nanocars acceptés pour la course sont composés d'une centaine d'atomes minimum.

Depuis le milieu des années 1990, les chercheurs savent manipuler une molécule à volonté en la « poussant » avec la pointe du microscope. Aujourd'hui, l'objectif est de maîtriser un mode de propulsion particulier, dit inélastique, sans toucher la molécule avec la pointe du microscope grâce à de brèves impulsions électriques. Les pilotes devront être particulièrement attentifs à ne pas briser les liaisons chimiques de la molécule à cause d'un trop grand nombre d'impulsions ou par une succession d'impulsions trop rapprochées dans le temps.

Chaque équipe choisira sa propre stratégie pour générer des images. Cela prend au minimum 3 minutes pour obtenir une image : ils devront donc déterminer s'ils attendent plusieurs mouvements ou s'ils enregistrent une image à chaque déplacement de la molécule.

Certains atomes d'or pourraient également descendre le long de la pointe du microscope lors de ces petites impulsions électriques, ce qui aurait pour effet d'attirer les nano-voitures sur la pointe et les ferait disparaître de l'écran de contrôle des scientifiques. Les équipes seront autorisées à récupérer l'une des voitures évaporées sur la surface en début de course, et mise à l'écart de la piste, pour continuer la compétition (y compris dans le cas où ils cassent leur nanocar).

Si une équipe casse sa pointe du microscope, elle sera par contre disqualifiée : il est en effet impossible de rouvrir le microscope pour changer de pointe.

L'équipe gagnante sera celle dont la molécule-voiture passera la première sa ligne d'arrivée ou qui sera la plus avancée sur sa piste à la fin des 36 h.



www.cnrs.fr

Les organisateurs



Christian Joachim
Directeur de la course

Directeur de recherche du CNRS
christian.joachim@CEMES.fr



Jean-Pierre Launey
Commissaire de piste

Professeur à l'université de Toulouse III –
Paul Sabatier
jean-pierre.launay@CEMES.fr

Le Centre d'élaboration de matériaux et d'études structurales du CNRS

Créé en 1988, ce laboratoire du CNRS mène des recherches fondamentales en sciences des matériaux, en physique du solide et en chimie moléculaire. Il est associé à l'Université Toulouse III - Paul Sabatier et à l'Institut national des sciences appliquées de Toulouse (INSA). Ses activités concernent avant tout la fabrication, l'étude et la manipulation de nano-matériaux. Il vise aussi au développement de microscopes et de spectroscopes de pointe. L'ensemble des équipements et des compétences nécessaires aux pico-technologies, c'est-à-dire des technologies fonctionnant à des échelles allant jusqu'à un milliardième de millimètres, sont rassemblés au sein du PicoLab du CEMES.

En savoir plus : [PICOLAB, interagir avec le nanomonde](#)



www.cnrs.fr

Les équipes

American-Austrian NanoPrix Team

Nom de la voiture : Dipolar Racer

Pays : États-Unis / Autriche

Laboratoires : Smalley Institute for Nanoscale Science and Technology (Rice University) / Institute für Chemie (Graz Universität)

Equipe :



Leonhard Grill
Chef d'équipe

Autriche
Professeur à l'université de
Graz
leonhard.grill@uni-graz.at



Victor Garcia-Lopez
Designer

Etats-Unis
Maître de conférence à
l'université de Rice
victor.garcia@rice.edu



Grant Simpson
Pilote

Autriche
Maître de conférence à
l'université de Graz
grant.simpson@uni-graz.at



James Tour
Chef d'équipe et designer

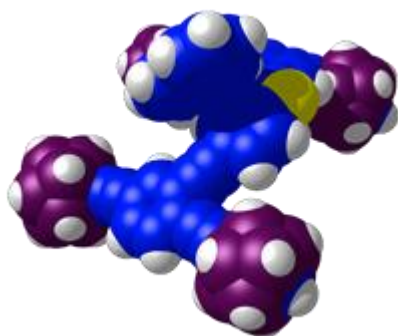
Etats-Unis
Professeur à l'université de Rice
tour@rice.edu

Mode de propulsion :

L'équipe n'a pas encore choisi sa molécule finale pour la course. Plusieurs sont en cours d'optimisation. La même stratégie que les autres équipes a été néanmoins adoptée : le Dipolar Racer se déplacera grâce à l'interaction de son pôle magnétique et du courant électrique provoqué par le microscope.

Composition:

Le Dipolar Racer est un assemblage de différents composants : roues, axes, châssis et un moteur qui change de forme sous l'effet du courant.



© Rice University



www.cnrs.fr

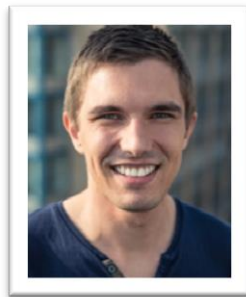
Nano-windmill Company

Nom de la voiture : Windmill

Pays : Allemagne

Laboratoire : Institute for Materials Science et Max Bergmann Center of Biomaterials - TU Dresden

Equipe :



Frank Eisenhut
Pilote

Allemagne
Doctorant à l'université de Dresde
frank.eisenhut@nano.tu-dresden.de



Francesca Moresco
Chef d'équipe et copilote

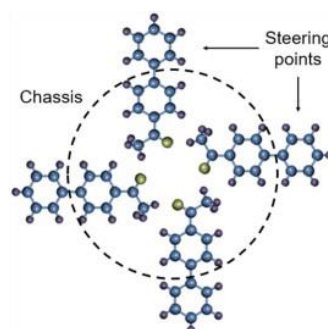
Allemagne
Directrice de recherche à l'université de Dresde
francesca.moresco@nano.tu-dresden.de

Mode de propulsion :

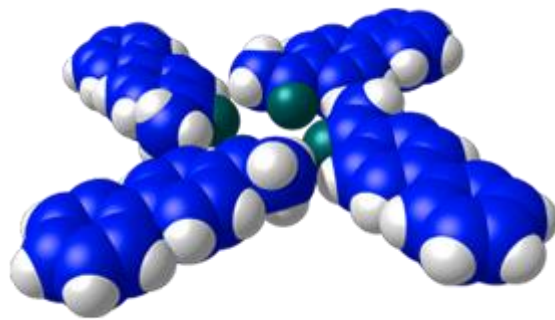
L'énergie électrique appliquée à la voiture est transformée en mouvement. En utilisant des impulsions électriques avec la pointe du microscope, Windmill se déplace de façon précise et contrôlée. Les quatre molécules permettent le mouvement dans une des quatre directions possibles.

Composition :

Windmill est composée de quatre molécules d'ABP (acétylbiphényle) connectées par des liaisons hydrogènes (le cercle sur la figure). Les impulsions électriques seront appliquées sur des points précis de direction de la molécule.



L'ABP est disponible dans le commerce mais il est nécessaire d'en assembler des molécules pour former la nanocar. Afin de maximiser la formation des structures, il faut ajuster les conditions d'évaporation de la molécule.



© Technical University Dresden



www.cnrs.fr

NIMS-MANA team

Nom de la voiture : NIMS-MANA car

Pays : Japon

Laboratoire : International Center for Materials Nanoarchitectonics

Equipe :



Katsuhiko Ariga

Japon
Directeur de recherche au NIMS-MANA
ARIGA.Katsuhiko@nims.go.jp



Marek Kolmer
Pilote

Pologne
Chercheur à la Jagiellonian
University
marek.kolmer@uj.edu.pl



Kosuke Minami
Chimiste

Japon
Post doctorant au NIMS-MANA
MINAMI.Kosuke@nims.go.jp



Waka Nakanishi
Chef d'équipe et designer

Japon
Directrice de recherche au NIMS-MANA
NAKANISHI.Waka@nims.go.jp



Yasuhiro Shirai
Designer

Japon
Directeur de recherche au NIMS-GREEN
SHIRAI.Yasuhiro@nims.go.jp



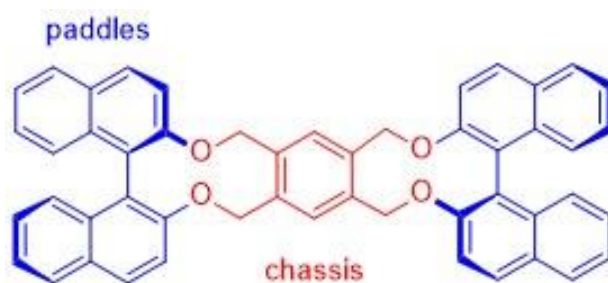
We-Hyo Soe
Pilote

Japon
Chercheur au NIMS-MANA
Toulouse Satellite
We-Hyo.Soe@cemes.fr

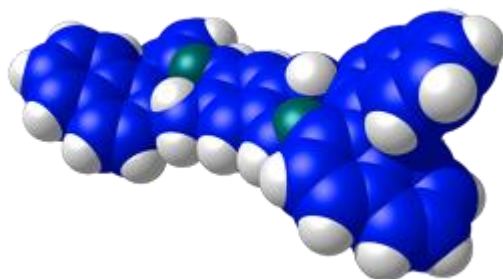
Mode de propulsion :

Les molécules qui composent la voiture peuvent pivoter autour de leurs liaisons : la molécule se déplace comme une chenille.

Composition :



La NIMS-MANA car est composé de deux naphthalènes, connus pour leur odeur. Chaque naphthalène est une sorte de « patte » de la NIMS-MANA car.



© NIMS-MANA



www.cnrs.fr

Ohio Bobcat Nano-wagon Team

Nom de la voiture : Ohio Bobcat Nano-wagon

Pays : Etats-Unis

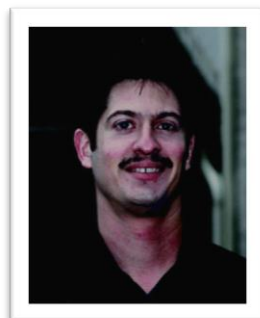
Laboratoire : Laboratory for single atom and molecule manipulation (Athens, États-Unis)

Equipe :



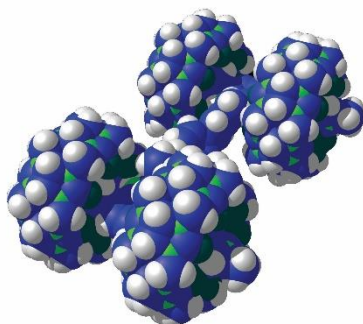
Saw-Wai Hla
Pilote

Etats-Unis
Professeur à l' université de l'Ohio
hla@ohio.edu



Eric Masson
Designer

Etats-Unis
Professeur à l'université de l'Ohio
masson@ohio.edu



© Ohio University

A ce jour, l'équipe n'a pas souhaité communiquer au sujet de la voiture.



www.cnrs.fr

Swiss Team

Nom de la voiture : Swiss Nano Dragster

Pays : Suisse

Laboratoire : Nanolino Lab, Université de Bâle

Equipe :



Catherine Housecroft
Designer

Suisse
Professeur à l'université de Bâle
catherine.housecroft@unibas.ch



Tobias Meier
Copilote

Suisse
Doctorant à l'université de Bâle
tobias.meier@unibas.ch



Ernst Meyer
Chef d'équipe

Suisse
Professeur à l'université de Bâle
ernst.meyer@unibas.ch



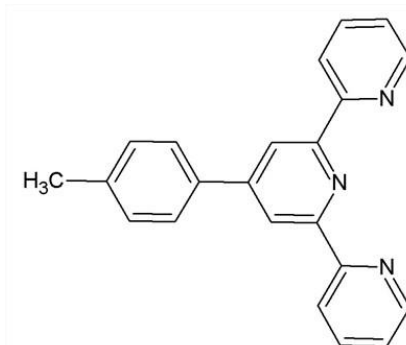
Rémy Pawlak
Pilote

Suisse
Post Doctorant à l'université de
Bâle
remy.pawlak@unibas.ch

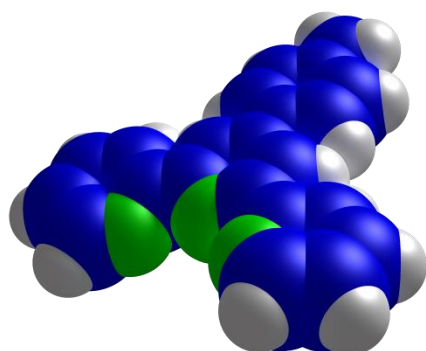
Mode de propulsion :

La Swiss Nano Dragster est propulsée par les impulsions électriques du microscope appliquées sur son moteur situé à la queue de la molécule (partie bleue sur la figure). Le moteur se compose de trois postes de pilotage. Selon la partie activée, la Swiss Nano Dragster se déplace dans des directions différentes.

Composition :



Le Swiss Nano Dragster n'a pas de roues, c'est donc plutôt aéroglisseur : le mouvement de cette voiture est presque sans frottement en raison des faibles interactions entre la structure de la molécule (à base de carbone) et la piste.



© University of Basel



www.cnrs.fr

Toulouse Nanomobile club

Nom de la voiture : The Green Buggy

Pays : France

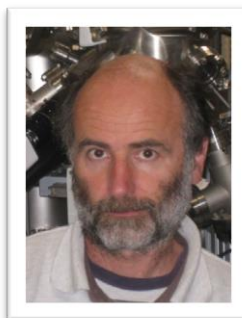
Laboratoire : CEMES-CNRS/Université Toulouse III - Paul Sabatier (Toulouse, France)

Equipe :



Corentin Durand
Pilote

France
Maître de conférence à l'université de
Toulouse III – Paul Sabatier
corentin.durand@CEMES.fr



Sébastien Gauthier
Copilote

France
Directeur de recherche au CNRS
gauthier@CEMES.fr



Claire Kammerer
Directrice technique

France
Maître de conférence à l'université
de Toulouse III – Paul Sabatier
claire.kammerer@CEMES.fr



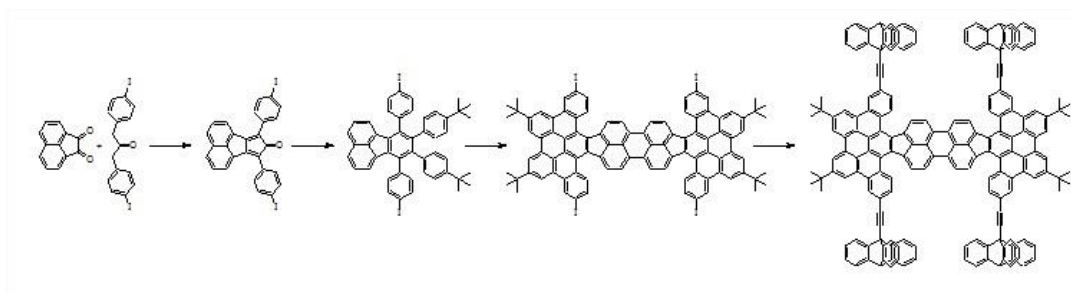
Gwénaél Rapenne
Chef d'équipe et designer

France
Professeur à l'université de
Toulouse III – Paul Sabatier
gwenael.rapenne@CEMES.fr

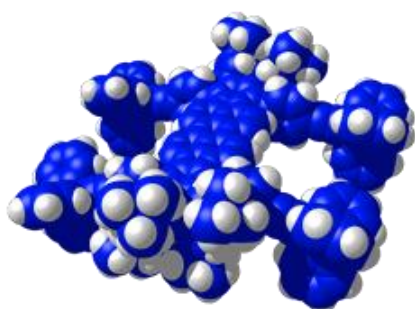
Mode de propulsion :

Chacune des roues de la Green Buggy est équipée d'un groupe chimique capable de pivoter facilement autour d'un axe, complété d'un cliquet moléculaire. Le courant qui traverse ce groupe moléculaire devrait déclencher la rotation d'une roue et ainsi faire avancer Green Buggy de 0,3 nanomètres par impulsion électrique.

Composition :



Au fur et à mesure de la construction de la nanocar, la taille de la molécule augmente (voir figure). La dernière étape est la connexion simultanée des quatre roues, grâce à une réaction de couplage.



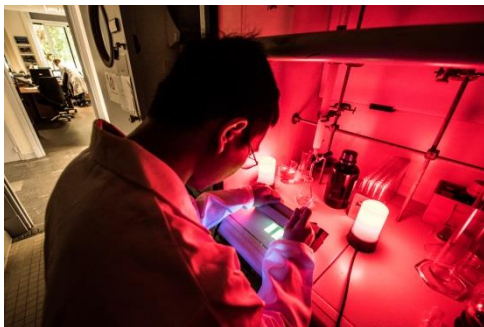
© P. Abeilhou / CEMES-CNRS

Ressources

Ces visuels et d'autres sont disponibles sur la photothèque du CNRS : <http://phototheque.cnrs.fr/p/389-1-1-0/>

Des rushs vidéos sont disponibles auprès d'Alexiane Agullo : alexiane.agullo@cnrs-dir.fr

La construction des voitures :



© Hubert Raguet/CEMES/CNRS Photothèque



© Hubert Raguet/CEMES/CNRS Photothèque

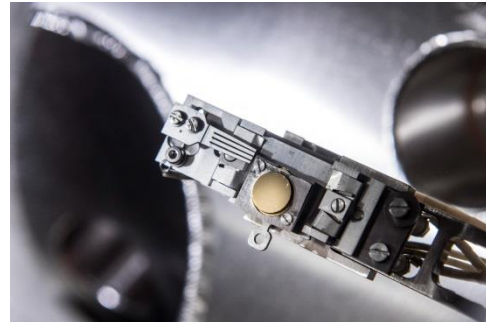


© Hubert Raguet/CEMES/CNRS Photothèque

La piste :



© Hubert Raguet/CEMES/CNRS Photothèque



© Hubert Raguet/CEMES/CNRS Photothèque

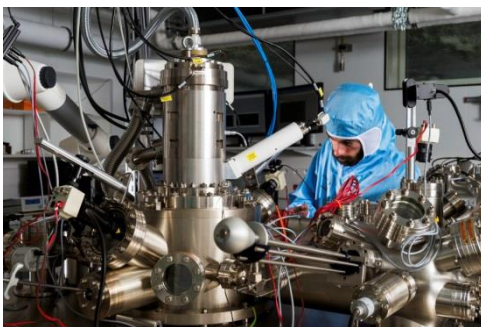
Le microscope :



© Cyril FRESILLON/CEMES/CNRS Photothèque



© Hubert Raguet/CEMES/CNRS Photothèque



© Cyril FRESILLON/CEMES/CNRS Photothèque



© Cyril FRESILLON/CEMES/CNRS Photothèque