



www.cnrs.fr

DOSSIER DE PRESSE | PARIS | 4 AVRIL 2017

NanoCar Race, la première course internationale de molécules-voitures

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 :

Un accélérateur de recherche	3
Des experts en ingénierie moléculaire.....	4
Les premiers pas de « l'atome -technologie ».....	4

Entrez dans la course !

Un microscope unique au monde	5
Pourquoi une piste en or ?	6
Le déroulé	7
Les règles.....	9

Les organisateurs	11
--------------------------------	----

Les équipes	12
--------------------------	----

Ressources	23
-------------------------	----



Nanocar Race, c'est :

Un accélérateur de recherche

La Nanocar Race, et la conception des nanocars qu'elle implique, fait progresser la recherche dans le domaine de la chimie de synthèse, dans la construction de microscopes de plus en plus performants et également dans le contrôle des molécules-machines.

Au-delà de la simple compétition, chaque étape de l'organisation de la course, chaque synthèse de nano-voiture et chaque stratégie d'évaporation ou de propulsion a fait, ou va faire, l'objet de publications scientifiques, apportant à la communauté des physiciens et des chimistes des réponses aux questions encore à résoudre dans ce domaine.

Les chercheurs font ainsi face à de nombreuses inconnues : pourquoi par exemple l'image en microscopie à effet tunnel garantit-elle la reconstruction des orbitales moléculaires¹, ce qui permet aux pilotes de reconnaître leur nano-voiture, et pas un mélange non reconnaissable d'états électroniques ? Ces questions sont au cœur de l'évènement : les nanocars ne pourront pas participer à la course tant qu'elles ne seront pas correctement imagées avec le microscope à effet tunnel utilisé au CEMES-CNRS.

D'autres questions se posent : pourquoi un objet quantique comme une molécule-moteur de 1,5 nm de diamètre se comporte-t-il de manière presque classique² quand il est déposé sur une surface ? Peut-on faire tourner ce moteur dans un seul sens ? Comment mesurer et calculer la puissance motrice de molécule -moteurs qui équipe chaque nano-voiture ?

Les phénomènes inélastiques, grâce auxquels un très faible pourcentage de l'ensemble des électrons transférés cède quelques quanta d'énergie à la nano-voiture (ce qui lui permet d'avancer ou de tourner) sont quant à eux très mal compris. C'est l'un des défis de la Nanocar Race, puisque chaque nano-voiture participant à cette course devra être propulsée via ces phénomènes inélastiques, qui apportent un peu d'énergie à la molécule.

Tous les défis auxquels ont répondu les chercheurs pour préparer cette course seront autant de nouveaux pas vers des domaines inédits de la chimie et de la physique. Chaque équipe repartira ainsi avec de nouvelles compétences, de nouvelles données et de nouveaux savoir-faire pour développer, par exemple, la chimie en surface (qui permet la réalisation de synthèse chimique directement sur une surface propre), de

¹ En chimie, une orbitale moléculaire est une fonction mathématique décrivant les états électroniques d'une molécule. Cette fonction peut être utilisée pour calculer des propriétés physiques ou chimiques comme la probabilité de trouver un électron dans une région précise.

² Un moteur peut être classique c'est-à-dire lorsque le mouvement est créé par la rotation ou le basculement d'un groupement chimique, ou quantique, c'est-à-dire lorsque le mouvement est créé par le passage des électrons par les différents états électroniques de la molécule avec une certaine probabilité.



nouvelles règles de conception pour les molécule-machines ou une nouvelle science des surfaces, dite membranaire, qui pourrait permettre de déposer une molécule-machine à la surface d'une cellule ou de contrôler le mouvement d'une seule molécule dans un liquide.

Des experts en ingénierie moléculaire

En ingénierie moléculaire, l'enjeu est de pouvoir prévoir le bon fonctionnement du mécanisme moléculaire recherché et de parvenir à contrôler, par exemple, un changement de conformation de la molécule étudiée.

De nombreux mouvements sont recherchés comme le basculement d'un groupement chimique, à la manière d'un interrupteur, la rotation d'un rotor moléculaire, la fermeture d'une pince moléculaire pour attraper un atome, l'extension d'un bras moléculaire pour aller chercher un atome ou une petite molécule au loin sur la surface ... Tout cela sans toucher la molécule d'à côté qui peut être seulement distante de quelques nanomètres.

Pour la Nanocar Race, il s'agit de parvenir à faire avancer et à piloter une nano-voiture pendant 36 h. Chaque nanocar, fabriquée par l'une des équipes, est le résultat de synthèses chimiques complexes. Des mois de synthèses, de modélisations et d'essais sont nécessaires pour arriver à obtenir puis à conduire un bolide nanométrique performant. Une grande maîtrise de l'ingénierie moléculaire est donc requise pour concevoir la meilleure machine possible.

Les années futures verront certainement nombre de ces machineries moléculaires activées l'une après l'autre, ou de manière synchronisée, utilisées 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.

Les premiers pas de « l'atome -technologie »

Au-delà de l'accueil de la Nanocar Race, le microscope à quatre pointes du CEMES-CNRS va permettre à l'avenir de construire atome par atome les circuits électroniques du futur, classiques ou quantiques, et de les caractériser. Il permettra aussi de réaliser des mesures de la puissance motrice d'une seule molécule-moteur dans le but d'entraîner des nano-engrenages en silicium. Il s'agit des premiers pas d'une véritable « atome-technologie » où les puces électroniques seront construites atome par atome avec une précision de l'ordre du picomètre³.

Le développement d'instruments à multiples pointes comme celui du CEMES-CNRS, motivé par l'organisation de la course, permettra à terme la synchronisation d'un grand nombre de molécules-moteurs qui devrait également permettre de démultiplier leur puissance motrice, pour le stockage ou la captation d'énergie sur une surface métallique chaude par exemple

³ 1 pm = 10⁻¹² m (soit un milliardième de millimètre).



www.cnrs.fr

Entrez dans la course !

Un microscope unique au monde

La course de nano-voitures se déroulera sur un instrument unique au monde : 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 microscopes à effet tunnel capables de balayer la même surface indépendamment, en parallèle, à basse température et en ultravide, cet instrument fournit pour chaque microscope, des images à l'échelle atomique avec une résolution de 2 picomètres.

Ce type de microscope (dit STM) utilise un phénomène relevant de la mécanique quantique, « l'effet tunnel ». Celui-ci permet de mesurer très précisément la distance entre une pointe métallique ultra fine et une surface conductrice, ou semi-conductrice, grâce au courant électrique établi entre cette pointe et la surface pour des distances inférieures au nanomètre. L'effet tunnel qui survient aux échelles atomique et subatomique désigne la capacité d'un objet quantique à pouvoir traverser une barrière d'énergie même si son énergie est inférieure à l'énergie minimale nécessaire pour franchir cette barrière.

Le microscope du CEMES est actuellement le seul au monde à posséder quatre pointes pouvant être contrôlées indépendamment par quatre utilisateurs sur une même surface. Sa mise au point a posé de nombreux défis aux chercheurs afin de le rendre opérationnel pour la Nanocar Race.

Ils ont d'abord dû modifier le microscope pour réussir à déposer quatre nanocars simultanément au même endroit, afin que les quatre pilotes puissent conduire leur véhicule en même temps et sur la même surface. L'évaporateur qui permet cette opération a nécessité trois mois de construction par une entreprise spécialisée. Cependant, un seul obturateur rotatif dans l'ultravide sera disponible : il découvrira les récipients dans lesquels sont stockés les nano-voitures les uns après les autres pour les évaporer sur la surface d'or. Les chercheurs ont alors inventé un système de masques pour diviser la piste en quatre parties et pour réserver une zone à chaque concurrent. Enfin, comme tout cela se passe dans l'ultravide, les chercheurs ont dû créer un mini ascenseur avec un carrousel de sortie pour orienter ces masques.

Ils ont également allongé de 1 mm les supports de pointe sur chaque STM pour permettre quatre balayages en parallèle sans que les supports ne se touchent. Le système de pilotage a aussi subi quelques retouches : le logiciel de contrôle a été séparé en quatre logiciels distincts, un pour chaque pointe, pour que chaque équipe possède son propre poste de pilotage.

Les pointes en tungstène du microscope nécessitent quant à elles une longue préparation avant de pouvoir être utilisées. Depuis plusieurs dizaines d'années, la procédure de préparation des pointes de ce type de microscope a été standardisée. Après une attaque électrochimique en milieu basique d'un fil de tungstène de 250 microns de diamètre, les chercheurs obtiennent des pointes d'environ 100 nm de rayon de courbure, mais oxydées. Ils doivent ensuite monter les pointes sur un petit tube en acier inox de 250 microns de diamètre interne appelé « support pointe » qui permet de fixer la pointe sur le STM. Après cette fixation et après introduction dans le vide, la pointe est chauffée entre 200 °C et 400 °C pour enlever l'oxyde. Ces



www.cnrs.fr

étapes seront réalisées au CEMES dans une chambre de préparation spécifique mise en place au laboratoire avant le début de la course.

Pourquoi une piste en or ?

La surface d'or a été choisie pour la course car la plupart des nano-voitures établissent peu de liaisons chimiques avec cette surface, quelle que soit leur composition chimique. Les quatre pistes de la course devront être déblayées en parallèle pour obtenir des pistes libres de toutes molécules autres que celles concurrentes. Les chercheurs pourront utiliser pour cela la technique expérimentale de manipulation d'atomes à l'unité, connue depuis 1989 avec les travaux précurseurs de D. Eigler à IBM, puis ceux de J.K. Gimzewski et C. Joachim en 1996 pour la manipulation de grosses molécules.

La surface d'or sera préparée une première fois sur ses 8 mm de diamètre et testée en parallèle par chaque équipe. Puis les molécules seront évaporées 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, 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 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 atomique 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.



www.cnrs.fr

Le déroulé

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

5 étapes sont obligatoires avant que les voitures puissent s'élancer sur la piste.

Etape 1 : préparation des pointes

L'ultime étape de la préparation des pointes consiste à les approcher de la surface pour réaliser un petit contact afin de « mouiller » le bout de la pointe (l'apex) du microscope avec des atomes d'or et parfaire ainsi sa structure atomique. Elle sera réalisée par chacune des équipes.

Durée : Une nuit à 200 °C en chambre sous ultravide (UHV) puis une après-midi entière par pointe sur la station d'émission de champs que les chercheurs du CEMES ont montée dans la chambre de préparation du microscope à quatre pointes.

Protocole : La recette de préparation est tenue secrète par la plupart des équipes sauf la partie finale, la petite indentation de la pointe dans la surface d'or, c'est-à-dire la manière dont ils vont finaliser la structure atomique du bout de leur pointe.

Difficultés : Il faut que les quatre pointes soient toutes prêtes à peu près en même temps (au début de la compétition) et avec la même qualité car après le début de la course, il sera impossible d'ouvrir le cryostat pendant 36 h et de changer de pointe. Cependant, si une pointe devient mauvaise, les chercheurs peuvent facilement la reformer sans perturber les autres équipes.

Etape 2 : préparation initiale de la surface d'or

Durée : 90 minutes environ.

Protocole : L'échantillon d'or est un mono cristal commercial très pur, appelé Au (111), avec un seul côté poli de qualité optique supérieure. Après son introduction dans la chambre de préparation en ultravide du STM, la surface de l'échantillon est nettoyée par un bombardement d'ions argon pendant 10 minutes. Ensuite, l'échantillon d'or est recuit à 450 °C pendant 20 minutes. Après trois cycles de bombardement d'argon et de re-cuisson, une surface propre, et pratiquement sans défauts structuraux, est obtenue.

Etape 3 : évaporation des molécules

Durée : En moyenne, il faut une semaine à 15 jours pour apprécier les conditions de sublimation (c'est-à-dire d'évaporation) d'une nouvelle petite molécule de moins de 100 atomes. Ensuite, le protocole peut être reproduit. Pour la course, la durée de sublimation est de l'ordre de la minute. Mais il faut également tenir compte des temps de manipulation suivants :



www.cnrs.fr

- Introduction des creusets dans l'évaporateur : 45 mn.
- Pompage et chauffage de l'évaporateur : 8 h.
- Positionnement des masques pour l'évaporation molécule par molécule : 1 h de manipulation UHV par masque.

Cette étape devrait donc durer un peu plus d'une nuit et une demi-journée, et plus d'une semaine en comptant le temps nécessaire pour imager chaque portion de piste avant la course.

Protocole : Le protocole exact de chaque équipe demeure un secret bien gardé qui comprend la température exacte de sublimation, le poids en milligrammes de la poudre moléculaire introduite dans chaque creuset, la durée de l'évaporation et même la procédure de nettoyage des creusets.

Difficultés : Faut-il évaporer les molécules équipe par équipe sur la surface d'or et s'assurer du bon dépôt des molécules d'une équipe après chaque sublimation ? Ou au contraire réaliser toutes les évaporations d'un coup (en une nuit et une demi-journée) avant de tout imager en STM au risque d'avoir à re-nettoyer tout la surface et tout recommencer ? Il s'agit ici de l'une des inconnues de la course mais qui intéresse toutes les équipes travaillant sur une possible synthèse chimique multi-étages de molécules sur une surface. Il s'agit d'un nouveau domaine de la chimie de synthèse que les chercheurs, en particulier du CEMES, ont été plusieurs à découvrir au milieu des années 2000.

En ultravide : début du compte à rebours de 36 h

Etape 4 : préparation des pistes par les pilotes

Durée: 6 h en moyenne pour déblayer la piste de toutes les molécules-voitures qui ne seront pas utilisées lors de la course. Puis 2 h d'imagerie de la position des atomes d'or le long de la piste, surtout dans les 2 virages afin de préparer les stratégies de course et réussir à négocier les virages sans sortir de la piste.

Les pilotes auront la possibilité de préparer à nouveau leur pointe en lui faisant toucher la surface d'or.

Etape 5 : la cartographie des pistes

Durée : Chaque équipe doit utiliser sa pointe du microscope pour cartographier la piste à l'échelle atomique. Cela prend environ 30 mn pour obtenir une belle image d'environ 200 nm x 200 nm et il faut ensuite cartographier la piste par morceau de 5 nm de côté, en particulier les virages, ce qui peut prendre de trois minutes à une heure en fonction de la qualité des images désirée.

Une fois leur piste entièrement cartographiée, les pilotes peuvent se lancer dans la course !



Les règles

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 acceptées pour la course présentent une structure chimique d'une centaine d'atomes minimum.

Depuis le milieu des années 1990, les chercheurs savent manipuler une molécule à volonté en la « poussant » par interactions répulsives avec la pointe du microscope. Aujourd'hui, l'objectif est de synthétiser et de maîtriser un mode de propulsion particulier, dit inélastique, sans toucher la molécule avec la pointe du microscope.

En général, l'effet tunnel électronique au travers d'une molécule est dit élastique : les électrons passent par effet tunnel au travers de la molécule ne perdent pas d'énergie et n'excitent donc pas cette molécule. Pour un courant standard utilisé en imagerie tunnel, 1 milliard d'électrons passent au travers d'une molécule par seconde. Mais un très faible pourcentage de ces électrons perd quand même un peu d'énergie : c'est l'effet inélastique. Ce phénomène n'est pas très bien compris aujourd'hui et la mise en œuvre de la course est un moyen de mieux le comprendre en le testant sur différents types de molécules et avec la même qualité pour les quatre sources d'électrons (une par pointe).

Les chercheurs estiment à moins de 0,01 % le pourcentage des électrons laissant un peu d'énergie au passage. Pour une molécule bien conçue et en choisissant une tension permettant d'atteindre les états inoccupés électroniquement, on renforce cet effet. Un peu d'énergie est alors déposé dans ces états excités⁴ ce qui permet de faire avancer la molécule. Pour pouvoir participer à la course, les nano-voitures devront être propulsées grâce à cet effet inélastique.

Le courant électrique traversant la molécule sera généré par de petites impulsions électriques d'environ deux volts qui ne permettent de la faire avancer que de 0,3 nanomètre en moyenne par impulsion. 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 environ 3 minutes pour des courants tunnels de quelques picoampères : 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 à effet tunnel lors de ces petites impulsions électriques. La modification des lignes de champ électrostatique qui en résulterait attirerait alors les nano-voitures sur la pointe et les ferait disparaître de l'écran de contrôle des scientifiques.

⁴ La configuration électronique est la répartition des électrons (d'un atome, d'une molécule ou de tout autre corps) suivant leur énergie et leur spin. Il y a plusieurs configurations électroniques possibles pour un même atome ou une même molécule : si l'état correspondant à la configuration électronique est celui de la plus basse énergie, on qualifie l'état de fondamental. Dans le cas contraire, il sera qualifié d'état excité.



www.cnrs.fr

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 nano-voiture).

Si une équipe casse sa pointe en tungstène, 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

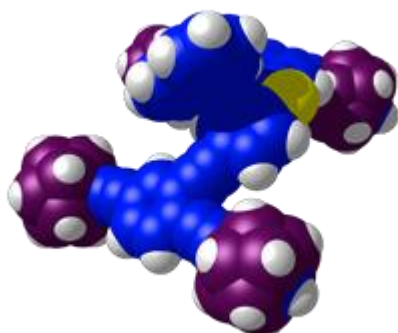
Etats-Unis
Professeur à l'université de Rice
tour@rice.edu

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

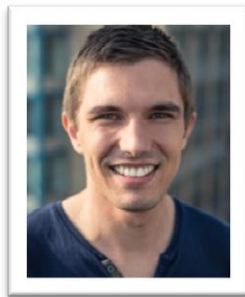
Nano-windmill Company

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

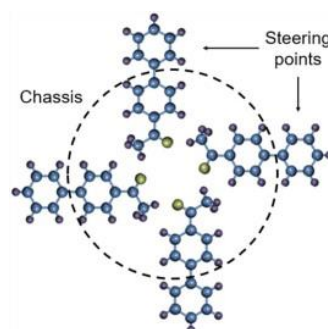
Allemagne
Directrice de recherche à l'université de Dresde
francesca.moresco@nano.tu-dresden.de

Mode de propulsion :

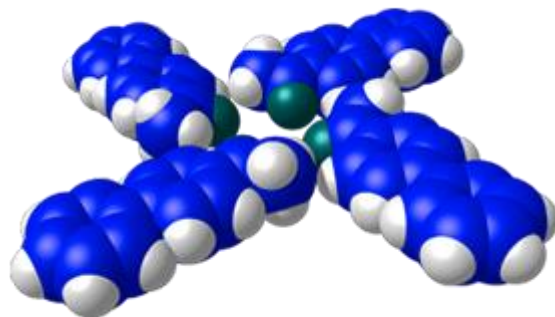
L'énergie électrique appliquée à la voiture est transformée en mouvement. En utilisant des impulsions électriques avec la pointe du microscope, Windmill se déplace de façon précise et contrôlée. Les quatre molécules permettent le mouvement dans une des quatre directions possibles.

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



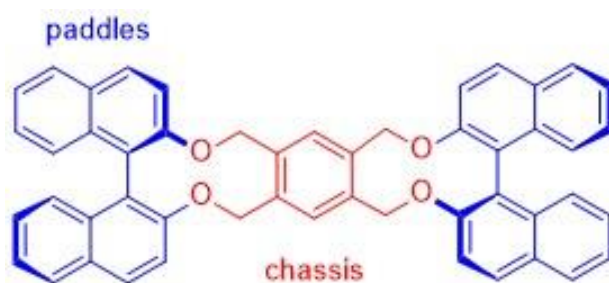
We-Hyo Soe
Pilote

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

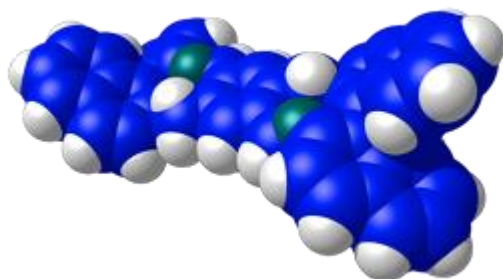
Mode de propulsion :

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

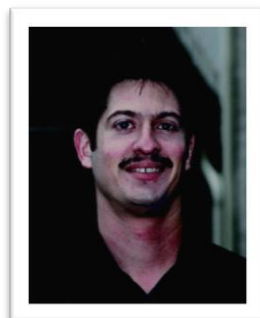
Laboratoire : Laboratory for single atom and molecule manipulation (Athens, États-Unis)

Equipe :



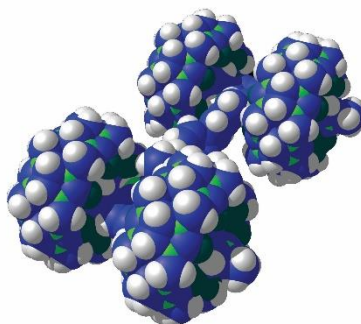
Saw-Wai Hla
Pilote

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

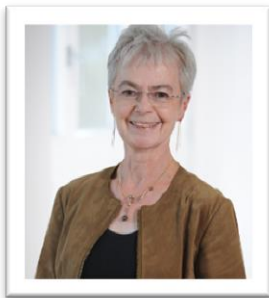
Swiss Team

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



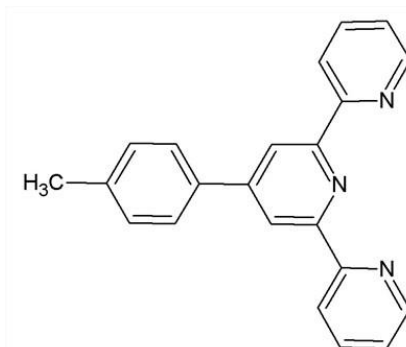
Rémy Pawlak
Pilote

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

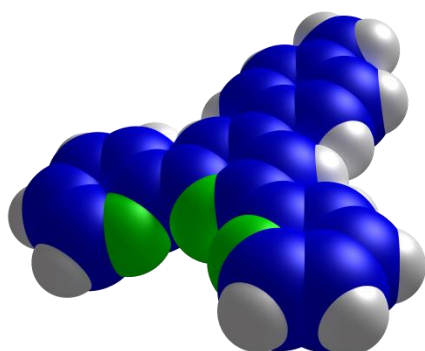
Mode de propulsion :

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

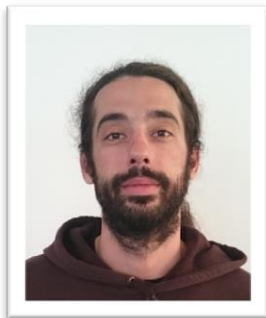
Toulouse Nanomobile club

Nom de la voiture : The Green Buggy

Pays : France

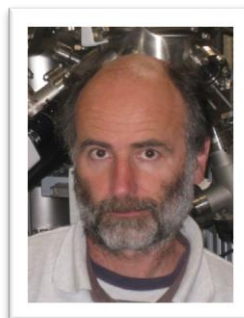
Laboratoire : CEMES-CNRS/Université Toulouse III - Paul Sabatier (Toulouse, France)

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



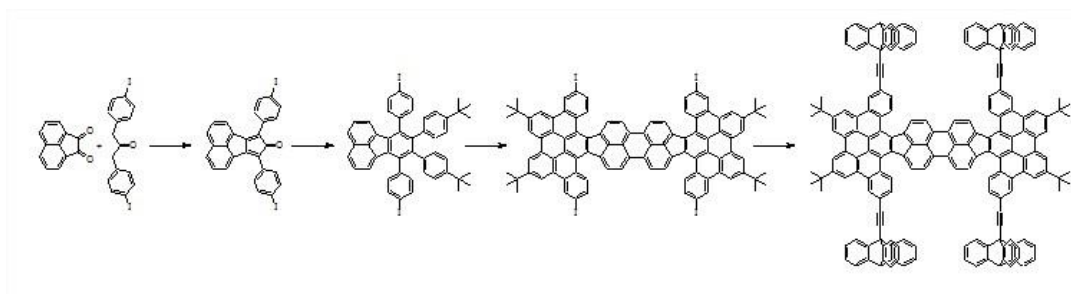
Gwénaél Rapenne
Chef d'équipe et designer

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

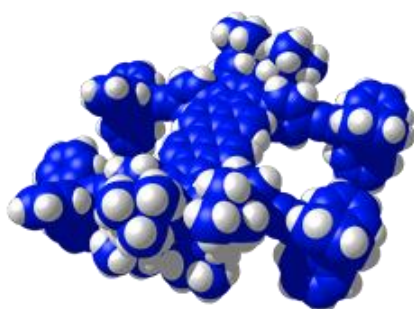
Mode de propulsion :

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

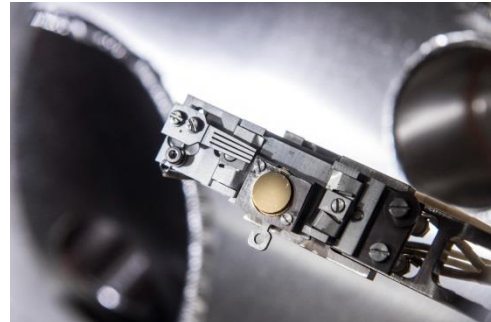


© Hubert Raguet/CEMES/CNRS Photothèque

La piste :



© Hubert Raguet/CEMES/CNRS Photothèque



© Hubert Raguet/CEMES/CNRS Photothèque

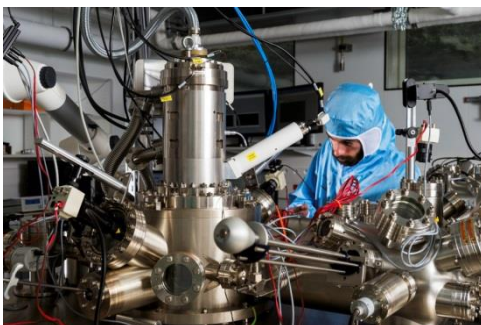
Le microscope :



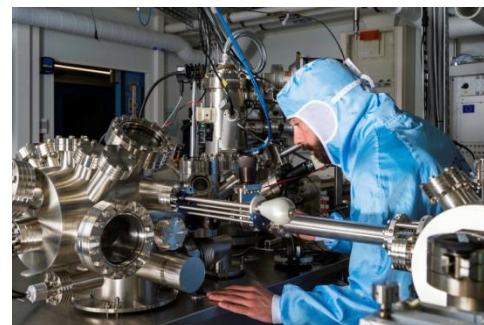
© Cyril FRESILLON/CEMES/CNRS Photothèque



© Hubert Raguet/CEMES/CNRS Photothèque



© Cyril FRESILLON/CEMES/CNRS Photothèque



© Cyril FRESILLON/CEMES/CNRS Photothèque