

LE LABORATOIRE D'INFORMATIQUE, DE ROBOTIQUE ET DE MICROELECTRONIQUE DE MONTPELLIER (LIRMM).

Ce 12 juin 2018, nous avons visité le LIRMM. Cette visite était conjointe avec celle d'un groupe de la Société des Ingénieurs et Scientifiques de France (IESF). Nous avons été accueillis par son directeur, Philippe Poinet qui nous a présenté le laboratoire (**photo 1**).



Photo 1. Philippe Poinet, directeur du LIRMM présente le laboratoire.

Le Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier ou LIRMM (<http://www.lirmm.fr/>) est une unité mixte de recherche, dépendant conjointement de l'Université Montpellier et du Centre National de la Recherche Scientifique. Il a fêté ses 25 ans d'existence en 2017. Les recherches sont conduites au sein de trois départements scientifiques: Informatique, Microélectronique et Robotique eux-mêmes organisés en 22 «équipes-projet» comprenant 3 équipes de institut national de recherche en sciences du numérique (INRIA) et une équipe de l'Université de Perpignan. Plus de 400 personnes permanentes ou non-permanentes y travaillent.

Les thématiques du département Informatique nous ont été présentées par son directeur Gilles Tronbettoni. Elles s'étendent des frontières des mathématiques à la recherche appliquée: algorithmique des graphes, bioinformatique (voir exemple ci-après), cryptographie, réseaux, génie logiciel, intelligence artificielle, interaction homme-machine et, bases de données et systèmes d'information. Cette dernière thématique englobe l'exploration de

données, connue aussi sous l'expression «Data Mining». Il a pour objet l'extraction de connaissances à partir de grandes quantités de données, le «Big Data», par des méthodes automatiques ou semi-automatiques en utilisant des algorithmes issus des statistiques ou de l'intelligence artificielle, pour construire des modèles à partir des données, c'est-à-dire trouver des structures intéressantes ou des motifs selon des critères fixés au préalable, et d'en extraire un maximum de connaissances

Le département Microélectronique mène des recherches sur la conception et le test de systèmes intégrés et microsystèmes en mettant l'accent sur les aspects architectures, modélisation et méthodologie. Enfin, le département Robotique s'intéresse à des problèmes de synthèse, de supervision et de gestion de systèmes dynamiques complexes (robots, interface robot/vivant), mais aussi de navigation, localisation et de pilotage de véhicules autonomes.

Au final, théorie, outils, expérimentations et applications sont présents dans tous les domaines de compétence scientifique du laboratoire.

Notre parcours s'est poursuivi par les visites de la plateforme de Robotique et du département de microélectronique. Pour limiter la longueur de ce compte-rendu, nous ne présenterons ici que trois flash, un par département: le développement d'algorithmes phylogénétiques, la sécurité matérielle des puces électroniques et les robots sous-marins.

La phylogénie est une branche de la biologie qui étudie les relations évolutives entre êtres vivants. Ces relations sont représentées par des d'arbres phylogénétiques, construits à partir de données moléculaires ou sur la base de caractères morphologiques, anatomiques et physiologiques. Ils sont ainsi une représentation graphique des relations de parenté entre groupes d'êtres vivants. L'apport de la biologie moléculaire et du séquençage de l'ADN conduit à des arbres phylogénétiques moins subjectifs et ambigus que ceux basés sur d'autres caractères et d'inférer de relations évolutives entre des organismes très éloignés. De plus ces caractères évoluent généralement de manière plus continue et homogène que les caractères morphologiques ou physiologiques. Et enfin, les données moléculaires peuvent être facilement quantifiées. Face à ces énormes masses d'information, il faut des algorithmes à la fois rapides et précis pour reconstruire

l'histoire évolutive, la phylogénie de séquences d'ADN ou de protéines. Plusieurs de ces algorithmes ont été développés au LIRMM. Ils sont disponibles sur la plateforme de bioinformatique <http://atgc.lirmm.fr/phyml/>

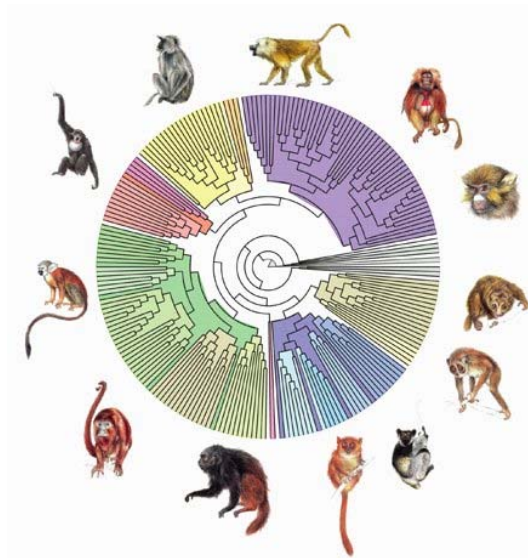


Photo 2. Arbre phylogénétique des primates
- Copyright: O.Gascuel, S.Guindon /LIRMM-CNRS, E.Douzery, P-H.Fabre/ISEM-CNRS, F.Chevenet /IRD

Leur succès s'explique par la qualité des approches statistiques et leur rapidité qui ont rendu réalisables des analyses qui étaient tout simplement impossibles auparavant. Aujourd'hui, ils sont utilisés dans divers domaines. Ils ont permis d'établir le phylome humain qui répertorie tous nos gènes ainsi que leurs homologues dans les autres espèces. Le fait de disposer de la phylogénie facilite les recherches visant à établir la fonction des gènes. En parasitologie et en virologie, ces phylogénies permettent de retracer l'histoire des épidémies. Des avancées sur le génome du virus d'immunodéficience humaine (VIH) viennent d'être publiées dans Nature.

Chacun d'entre-nous a été confronté à un cheval de Troie logiciel. Ce programme d'apparence inoffensive en contient un autre, malveillant celui-là et qui est installé par l'utilisateur lui-même, ignorant qu'il fait pénétrer un intrus sur son ordinateur. C'est par analogie, que ce type de programme a été baptisé « cheval de Troie », en référence à la ruse qu'Ulysse utilisa pour contourner les défenses adverses. La sécurité informatique concerne surtout la sécurité des logiciels. Qu'en est-il de la sécurité matérielle ? Cette

problématique doit-elle rester cantonner au seul domaine de la défense ? Les circuits intégrés encore appelés puces électroniques sont présents dans de multiples appareils de la vie courante (voitures, ordinateurs, consoles de jeu vidéo, téléphones mobiles, carte vitale, moyen de paiement, domotique).

Fabriquer une puce électronique, c'est réaliser sur quelques centimètres carrés et quelques microns d'épaisseur un assemblage d'une multitude de composants interconnectés et ceci en un grand nombre d'exemplaires. Elle contient principalement des transistors, jusqu'à deux milliards aujourd'hui (1 750 000 000 transistors sur les microprocesseurs Intel en 2015-2016). Vous avez bien lu presque deux milliards et seulement 2250 en 1971. La taille des motifs minimaux voisine actuellement les 10 nanomètres. Un seuil de 5 nanomètres semble une limite physique lié à l'apparition de phénomènes quantiques et aux difficultés d'évacuation de la chaleur émise par son fonctionnement (**photo 3**).

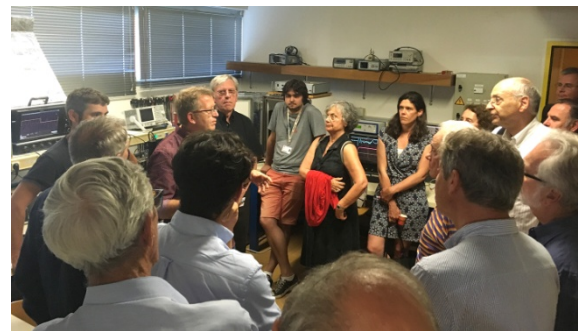


Photo 3. Pascal Nouet, directeur du département de microélectronique nous présente la problématique de la sécurité des puces électroniques.

Plusieurs étapes de lithographie sont nécessaires pour réaliser les puces dans l'environnement ultra-confiné des salles blanches. La mondialisation de la production et les procédures délocalisées n'interdisent pas que lors de ces pérégrinations la puce hérite de quelques « transistors malveillants ». Pour détecter ces éventuels chevaux de Troie matériels, le département effectue des recherches pour analyser les puces par thermographie infrarouge à ultrahaute résolution. Nous avons vu qu'un des problèmes liée à la miniaturisation était la dissipation thermique. Le cheval de Troie en action évacue de la chaleur et sa présence peut ainsi être mise en évidence !

Les fonds sous-marins restent difficiles d'accès. Leur exploration et leur exploitation raisonnée constituent des enjeux majeurs. Nous distinguons les robots sous-marins autonomes (AUV) qui se déplacent dans l'eau de manière autonome, contrairement aux ROVs. Un ROV, ou «remotely operated vehicle» (que nous pourrions traduire par véhicule téléguidé), est un petit robot sous-marin contrôlé à distance par un câble ombilical qui transmet électricité, commandes et images en direct. Leur déplacement se fait à l'aide de petits moteurs. D'inspiration biomimétique, il existe même un robot-tortue doté de quatre nageoires indépendantes motorisées. Les ROVs équipés de préleveurs et/ou de divers capteurs facilitent l'évaluation subaquatique, notamment les inventaires de la biodiversité et les suivis des conditions de l'environnement, en offrant un meilleur accès à la faune et à la flore pour un dérangement minimal. Ainsi, un robot-aspirateur des fonds marins, Flipper (30 kg; 65x50x45 cm) (**photo 4**), né au LIRMM, a été utilisé dans les eaux de Mayotte, un hot-spot de biodiversité où l'on recense 70 espèces de cônes. Ces coquillages produisent des venins aux propriétés pharmacologiques très prometteuses. Un antalgique plus puissant que la morphine existe dans le venin du cône magicien (*Conus magus*). Doté de plusieurs caméras HD et d'une pompe qui permet

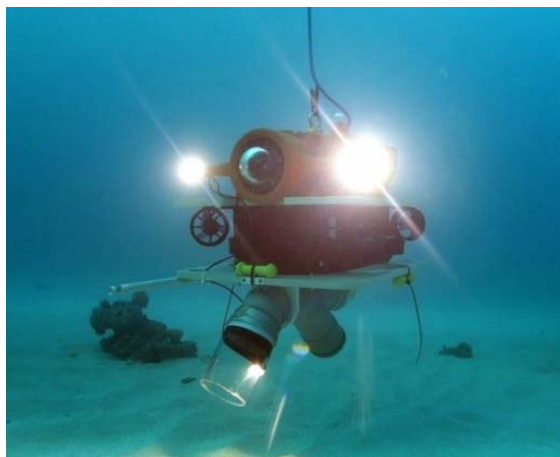


Photo 4. Flipper en action dans les eaux de Mayotte. Copyright Bruno Garel/ Agence française pour la biodiversité, CNRS, Université de Montpellier.

d'aspirer les coquillages en les séparant du sable qui les enrobe. Flipper présente plusieurs avantages sur des plongeurs humains. Il peut fonctionner en continu pendant plusieurs

heures et atteint des profondeurs supérieures à 50 mètres (aujourd'hui limite légale pour la plongée de recherche).

A la fin d'une telle visite, nous voilà un peu moins décontenancés devant des termes comme intelligence artificielle (IA pour les initiés), robots humanoïdes, «Deep Learning», «Machine Learning» et mégadonnées ou «Big Data». En 2016, Alphago bat le meilleur joueur de Go du monde. A présent, des voitures autonomes «Google car» sillonnent la Californie. Comme nous l'avons vu, lors de notre visite, les développements qui s'opèrent au LIRMM sont prometteurs pour nos qualités de vie et pour la qualité de notre environnement. Les robots chirurgicaux deviennent des assistants incontournables de la médecine du futur. Des solutions neuroprothétiques réalistes émergent dans la prise en compte des déficiences sensori-motrices. Par contre, sommes nous totalement rassurés sur ce que nous mijotent les géants du net, les GAFAM (acronyme de Google, Amazon, Facebook, Apple et Microsoft) avec leurs budgets quasi-illimités et leurs soifs de puissance. L'état de droit suppose que le citoyen connaisse à l'avance les règles qui lui seront appliquées et qu'il puisse contester la façon dont elles sont appliquées et exclure l'utilisation d'algorithmes opaques. Le principal danger réside dans l'attrait que les solutions magiques ont pour les prises de décisions. La perspective de traiter de grands volumes de données à faibles coûts est si séduisante que l'on peut en omettre les biais possibles, et les ajustements nécessaires. Tous les deux jours, l'humanité produit autant d'information que ce qu'elle a généré depuis l'aube de la civilisation jusqu'en 2003! La transparence des critères de choix est une condition nécessaire du débat démocratique. Dans ce contexte, l'algorithme, le «c'est la machine qui décide» ne doit pas conduire à dissimuler des choix politiques inavoués. La surveillance de 15 millions de chinois au sein du «pilier social» conduit à la quantification de leurs comportements à partir de critères déduits du «Big Data». Cette dérive Orwellienne se met en place avec un peu de retard. 1984 a été publié en 1949. Ne voyons-nous pas le «Big Data» se substituer au «Big Brother» et le Smartphone au télécran?

Serge Rambal