

POUSSES DE CHERCHEURS & CHERCHEUSES

Le journal pluridisciplinaire
de la Graduate School
Métiers de la Recherche et
de l'Enseignement Supérieur



université
PARIS-SACLAY

GRADUATE SCHOOL
Métiers de la Recherche
et de l'Enseignement
Supérieur

CONGRÈS JUNIOR PLURIDISCIPLINAIRE DE L'UNIVERSITÉ PARIS-SACLAY JEUDI 8 JUIN 2023

QUI?

Si vous êtes en L3, M1, M2, en cycle ingénieur ou cycle normalien, c'est pour vous!

QUOI?

Formats possibles:
• Communications orales courtes
• Posters
• Vidéos pré-enregistrées

QUAND?

Date limite des soumissions: 5 avril
Retours du comité de sélection: 2 mai
Fin des inscriptions au congrès: 12 mai
Congrès à l'ENS Paris-Saclay: 8 juin

COMMENT?

En vous rendant sur le site de la Graduate School MRES (QR code en bas de l'affiche)

RÉCOMPENSES!

Des prix seront remis pour les meilleures participations selon différentes catégories!

Rapprochez-vous de vos encadrants, qu'ils n'hésitent pas à se renseigner en contactant: gs.mres@universite-paris-saclay.fr

INFORMATIONS



ÉDITO

La Graduate School Métiers de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur (GS MRES) est fière de lancer *Pousses de chercheurs et chercheuses*, le journal pluridisciplinaire qui met à l'honneur les travaux de recherche des jeunes de toute l'Université!

Transverse à l'ensemble de l'Université Paris-Saclay et complémentaire des GS et institut disciplinaires ou thématiques, la GS MRES propose aux étudiants et aux étudiantes qui se destinent aux métiers de la recherche et de l'enseignement supérieur des actions dédiées leur permettant de découvrir ces métiers et favorisant le rapprochement de l'ensemble des disciplines scientifiques.

Dans cette dynamique, le premier Congrès Junior pluridisciplinaire s'était tenu le 2 juin 2022 et avait accueilli plus de 100 équipes d'étudiants et d'étudiantes de l'Université Paris-Saclay (composantes universitaires, grandes écoles, universités membres associés). Ce congrès avait pour vocation de permettre à des équipes de niveau L3 à M2 de présenter leur projet de recherche en cinq minutes sous la forme d'une communication orale, d'un poster ou d'une vidéo pré-enregistrée. Au préalable, les équipes s'étaient prêtées au jeu du dépôt d'un résumé, qui a été relu par un comité scientifique composé de scientifiques de l'ensemble des Graduate Schools de l'Université. À l'issue du congrès, les lauréats des différents prix ont eu la chance de valoriser leur travail à travers une formation dispensée par les journalistes scientifiques de l'Université (que nous remercions chaleureusement!) pour écrire les articles que vous trouverez dans ce premier numéro du journal.

La seconde édition du Congrès Junior a eu lieu le 8 juin 2023, un beau succès, avec encore plus de participants et un prochain numéro de *Pousses de chercheurs et chercheuses* en perspective.

Bonne lecture à toutes et tous!

David Néron
Directeur de la Graduate School Métiers
de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur

LE CONGRÈS JUNIOR PLURIDISCIPLINAIRE EST ORGANISÉ PAR



GRADUATE SCHOOL
Métiers de la Recherche
et de l'Enseignement
Supérieur



Site web de la
Graduate School
Métiers de la Recherche
et de l'Enseignement
Supérieur de l'Université
Paris-Saclay

LE CONGRÈS JUNIOR PLURIDISCIPLINAIRE A ÉTÉ ACCUEILLI À L'ENS PARIS-SACLAY,
IL A BÉNÉFICIÉ DU SOUTIEN DE L'ÉCOLE, COORDINATRICE DE LA GRADUATE SCHOOL.

école —————
normale —————
supérieure —————
paris — saclay —————

AVEC LE SOUTIEN FINANCIER DE L'INSTITUT DATAIA



ÉTABLISSEMENTS COMPOSANTES DE L'UNIVERSITÉ PARIS-SACLAY



UNIVERSITÉS MEMBRES-ASSOCIÉS



Directrice de la publication : Estelle Iacona
Directeur de la rédaction : David Néron
Rédacteurs en chef : Véronique Meder et Antoine Duval
Secrétaire de rédaction : Stéphanie Nowak
Design graphique, illustrations et typographie de titrage : Jérôme Foubert
Couverture : Illustration inspirée d'un motif de William Morris
Impression offset : Merico
Tirage : 500 ex
Numéro ISSN : en cours

SOMMAIRE

2	AFFICHE DU CONGRÈS JUNIOR PLURIDISCIPLINAIRE 2023 • ÉDITO •
6	JONGLERIE MUSICALE : QUAND LES NOTES DE MUSIQUE SUBISSENT LA GRAVITÉ
8	ACTIVITÉ PHYSIQUE ET JEUX VIDÉO : UN MÉLANGE EFFICACE POUR LE PLAISIR ET LA SANTÉ DES SENIORS
10	L'HYDRODYNAMIQUE JUSQUE DANS NOS ASSIETTES : L'ÉCOULEMENT DES COUSCOUS ET CROZETS
12	VULGARISATION & MÉDIATION SCIENTIFIQUE DU SARS-COV-2
14	QUAND LA LUMIÈRE RENCONTRE LA MATIÈRE AU-DELÀ DU VISIBLE
16	ENSEIGNER LA DÉMARCHE SCIENTIFIQUE ET LA CHIMIE GRÂCE À DES OBJETS DU QUOTIDIEN
18	ENDOSEEK : DÉTECTER L'ENDOMÉTRIOSE
20	BOÎTES QUANTIQUES DE CARBONE : QUAND LA DÉTECTION D'IONS FERREUX DEVIENT UN JEU D'ÉLECTRONS!
22	SARS-COV-2 : LE MYSTÈRE DE LA TRANSMISSION ANIMALE
24	À LA CONQUÊTE DE L'ESPACE HARMONIQUE
26	RETOUR SUR LE CONGRÈS JUNIOR PLURIDISCIPLINAIRE DU 2 JUIN 2022

JONGLERIE MUSICALE : QUAND LES NOTES DE MUSIQUE SUBISSENT LA GRAVITÉ

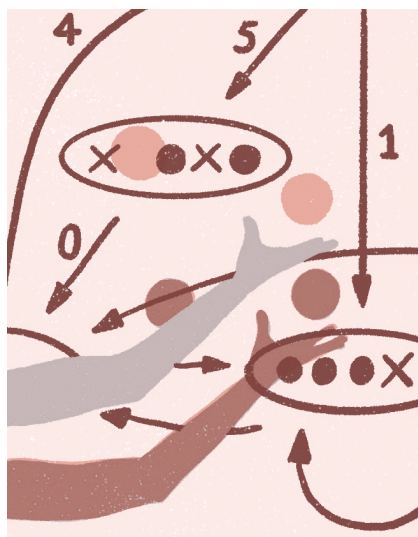
Prix Sélection
du comité
scientifique
pour leur
présentation orale
« Combinatoire
et jonglerie
musicale ».

Article rédigé par
Josué Moreau et Léo Kulinski,
M2 master parisien de recherche en informatique
(MPRI) à l'ENS Paris-Saclay
GS Informatique et sciences du numérique

On pense souvent que tout a déjà été fait dans les arts. Pourtant, la jonglerie musicale, une discipline dans laquelle créer de la musique se fait en jonglant, montre que de nombreuses pistes restent à explorer.

C'est l'objet de la collaboration entre Vincent de Lavenère, un jongleur professionnel, Nicolas Thiéry et Florent Hivert, deux chercheurs en informatique au Laboratoire interdisciplinaire des sciences du numérique (LISN - Univ. Paris-Saclay, CNRS, CentraleSupélec, Inria).

Lors d'un stage de première année de master parisien de recherche en informatique, effectué en 2021 au LISN sous la direction de ces chercheurs, Josué Moreau et Léo Kulinski ont travaillé à créer des figures de jonglerie produisant des musiques bien déterminées.

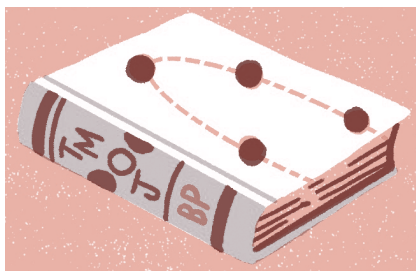


Vue artistique d'un diagramme de jonglerie
utilisant la notation siteswap

Est-il possible de jongler avec des notes? On ne parle pas ici d'un Mozart s'amusant avec ses partitions, mais bien de jonglerie musicale. C'est cette variante de la jonglerie que Vincent de Lavenère, jongleur professionnel, développe depuis plus de vingt ans au sein de la compagnie *Le chant des balles*. En mettant des cloches dans des balles, il les transforme en de véritables instruments de musique. En s'intéressant aux rythmes et mélodies réalisables avec ces balles, le jongleur musicien conçoit des spectacles alliant visuel et son. Pour autant, est-il possible de jongler n'importe quelle musique? Et si oui, comment le faire? C'est à ces questions qu'a tenté de répondre ce stage réalisé au sein du LISN.

La démarche n'est pas simple, car les balles de musique représentent un instrument assez particulier. Le son n'est pas produit lors du lancer de la balle, mais lors de sa réception. Il existe donc un délai entre ces deux actions, qui est proportionnel à la hauteur du lancer. Cela complique d'autant plus la tâche du jongleur. Cette particularité offre toutefois une certaine liberté créative. Pour jouer un *do* suivi d'un *ré*, on peut, bien sûr, lancer dans cet ordre les balles émettant ces notes. Mais il est aussi possible de d'abord lancer suffisamment haut la balle *ré* pour avoir le temps de lancer et d'attraper la balle *do* avant que la balle *ré* ne soit récupérée. Imaginez: un musicien capable de changer l'ordre des notes tout en jouant la même mélodie! Plusieurs combinaisons de lancers successifs, certaines plus faciles à réaliser que d'autres, donneraient ainsi la même musique.

Déchiffrer les balles : des chiffres et des balles



Mais avant de trouver de tels enchaînements, il faut comprendre ce qu'est une figure de jonglerie. Il s'agit d'abstraire la situation afin de révéler les mécanismes impliqués. Un peu comme si l'on prenait un jongleur en action et que l'on faisait un arrêt sur image. Qu'observerait-on ? Soit les balles dans les mains du jongleur, qui les relancera plus tard, soit les balles dans les airs, en train de retomber. Cette distinction est à l'origine de la notation *siteswap*, élaborée par quelques mathématiciens et mathématiciennes dans les années 1980. C'est une manière d'écrire les séquences de jonglerie. Les jongleurs et jongleuses s'en servent pour décrire leurs figures. L'étude de cette notation a d'ailleurs débouché sur l'élaboration de théorèmes mathématiques, compilés dans le livre *The Mathematics of Juggling* de Burkard Polster, et même à la découverte de nouvelles figures !

Une balle dans une botte de foin

Dès lors, le modèle *siteswap* représente une bonne base sur laquelle s'appuyer, tout en devant l'adapter aux balles sonores. La représentation ainsi obtenue est particulièrement propice à l'usage d'un ordinateur, ce qui fournit un cadre dans lequel concevoir un algorithme capable de dire quelles figures produisent telle mélodie.

Cependant, l'ajout de notes de musique au modèle demande de distinguer chacune des balles. Dans le modèle classique, lorsque le jongleur doit effectuer un lancer, il est libre de choisir quelle balle, présente dans sa main, lancer. Peu importe la balle choisie, la figure réalisée sera toujours la même. Cela n'est en revanche plus vrai en jonglerie musicale, puisque lancer une balle plutôt qu'une autre change la mélodie jouée. Dans ce contexte, une figure n'est pas qu'une succession de lancers, elle est aussi la musique restituée. Cela fait exploser le nombre de possibilités d'enchaînements qui s'offrent au jongleur. Pour jongler, par exemple, la mélodie d'*Au clair de la Lune*, 10^{32} enchaînements sont possibles, soit bien plus que le nombre de grains de sable sur Terre. Toutefois, l'écrasante majorité d'entre eux n'est en réalité pas exécutable.

Jonglez, vous êtes filmés

En ce sens, toutes les figures trouvées par l'algorithme ne répondent pas à la problématique donnée. La plupart du temps, elles sont beaucoup trop difficiles à jouer. Il ne faut pas oublier que cet algorithme a vocation à être utilisé par des jongleurs et jongleuses. Il s'agit donc de ne pas passer à côté de certains détails essentiels. Ceux-ci manquent au modèle et ne sont compris qu'en dialoguant avec les artistes. Il en va ainsi du nombre maximum de balles qu'il est possible de tenir en main et dont le modèle doit tenir compte. Ou encore de la rapidité ou de la technicité de certains enchaînements de lancers, inatteignables et à proscrire.

Autant de contraintes physiques particulièrement épineuses à appréhender. Expliquer pourquoi une figure est facile à jongler, ou non, n'est pas évident. Pire encore, cela varie d'un artiste à un autre. Comment rendre compte de cette complexité ? Cette question, encore en cours d'étude, trouvera peut-être sa réponse grâce à l'analyse vidéo. En filmant une personne en train de jongler, on comprendra peut-être mieux quelles figures elle est capable de produire. Et qui sait, un jour, on proposera à chaque artiste une manière de jouer une musique selon son propre style de jonglerie !



Le spectacle de jonglerie musicale
Ballade à Quatre de la compagnie *Le chant des balles*

ACTIVITÉ PHYSIQUE ET JEUX VIDÉO : UN MÉLANGE EFFICACE POUR LE PLAISIR ET LA SANTÉ DES SENIORS

Prix
Sélection
du comité
scientifique pour
sa présentation orale
« Effets physiques et
cognitifs d'un programme
d'exergames immersifs
et interactifs chez
les personnes
âgées »

Article rédigé par Néma Béraud-Peigné,
M2 Vieillesse, Handicap :
Mouvement et Adaptation (VHMA)
à l'Université Paris-Saclay
GS Sport, mouvement, facteurs humains

Néma Béraud-Peigné et deux enseignantes-chercheuses de l'Université Paris-Saclay et de l'Université Paris Cité se sont attachées à comprendre les effets d'une nouvelle génération de jeux vidéo actifs auprès des plus de 60 ans.

Assistés par un mur immersif et interactif, ces nouveaux exergames représentent des leviers prometteurs sur lesquels s'appuyer pour améliorer les capacités physiques et cognitives des personnes âgées et lever leurs freins à la pratique physique.

C'est un fait avéré : la population mondiale est de plus en plus âgée. La part des aînés est en augmentation dans quasiment tous les pays. Selon l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee), la France compte aujourd'hui quinze millions de personnes âgées de plus de 60 ans, soit plus de 20 % de sa population. Un chiffre qui grimpera à 24 millions d'ici 2060, soit un tiers de la population prévue.

Si vivre plus longtemps offre la possibilité de continuer à emmagasiner connaissances et expériences de vie, le vieillissement s'accompagne aussi souvent d'une diminution progressive des capacités de l'organisme, tant physiques que cognitives. Les fonctions cognitives représentent les facultés cérébrales permettant à une personne d'être en interaction avec son environnement, c'est-à-dire de percevoir, de se concentrer, d'acquérir des connaissances, de raisonner, de s'adapter et d'interagir avec les autres. Elles jouent un rôle crucial dans les tâches de la vie quotidienne. Leur

détérioration, au même titre que celle des fonctions physiques, affecte la qualité de vie et perturbe le quotidien des personnes.

Dès lors, « bien vieillir » représente un enjeu sociétal sur lequel porter ses efforts. Et face au vieillissement croissant de la population, il convient de développer des stratégies préventives efficaces afin de réduire le nombre d'années vécues avec des incapacités physiques et/ou cognitives. En associant idéalement stimulation physique et cognitive, les *exergames*, des jeux vidéo actifs, apparaissent comme une alternative convaincante pour amoindrir les détériorations liées à l'âge.

Vieillesse ne rime pas nécessairement avec détérioration

Alors que l'imaginaire collectif attribue à l'avancée en âge une détérioration stricte et continue des fonctions physiques et cognitives, certaines personnes conservent, en réalité, très longtemps un niveau élevé d'efficacité. D'autres subissent

des détériorations rapides et précoces. Ces différences s'expliquent par le fait que le corps et le cerveau s'adaptent face aux expériences vécues par l'organisme au cours de la vie d'une personne. Certains comportements mis en place de manière adaptée, tels que l'activité physique et l'entraînement cognitif, sont capables de modérer les effets de l'âge.

C'est justement ce sur quoi portent certains travaux de recherche : réussir à intervenir de façon optimale chez les seniors à travers une combinaison d'entraînements physique et cognitif. Une des pistes explorées : les *exergames*, mêlant exercices physiques et jeu vidéo. Une nouvelle génération d'entre eux, assistés par un mur immersif et interactif (EM2I), est au cœur des recherches de Pauline Maillot, maîtresse de conférences à l'Université Paris Cité et membre de l'Institut des sciences du sport-santé de Paris (I3SP), d'Alexandra Perrot, maîtresse de conférences à l'Université Paris-Saclay et membre du laboratoire Complexité, innovation, activités motrices



et sportives (CIAMS – Univ. Paris-Saclay, Univ. d'Orléans) et de Néva Béraud-Peigné, aujourd'hui doctorante à l'Université Paris-Saclay et membre du laboratoire CIAMS et I3SP, et dont le mémoire de master Activité physique adaptée et santé (parcours Vieillessement, handicap: mouvement, adaptation) a été encadré par les deux enseignantes-chercheuses. Plus grands, plus immersifs et plus sociaux que les stars du marché – Wii ou Xbox –, ces nouveaux *exergames* n'ont encore bénéficié d'aucune étude auprès des seniors.

Quand les nouvelles technologies partent à la rencontre des seniors

Menée par les trois chercheuses sur une unique séance auprès de 38 personnes âgées afin de tester l'outil, une étude préliminaire a montré que les EM2I sont adaptés à ce type de public. Expérience utilisateur positive, plaisir perçu élevé, intensité physique adaptée aux recommandations internationales et charge de travail adéquate: les résultats sont encourageants. Début 2022, l'équipe a conduit une seconde étude auprès de 34 seniors inactifs en bonne santé physique et cognitive, afin

de mesurer les effets physiques et cognitifs d'un programme basé sur ce nouvel outil. Il s'agissait de déterminer s'il est plus efficace qu'un programme d'activité physique conventionnel, comportant marche et renforcement musculaire. Chaque moitié de participantes et participants a suivi un type de programme, soit conventionnel soit basé sur les EM2I. Chaque programme a duré trois mois et s'est composé de deux séances d'une heure par semaine. Grâce à des tests physiques et cognitifs effectués en amont et en aval des programmes, les scientifiques ont évalué leurs effets et ont comparé l'évolution des groupes.

Cette étude révèle que le programme utilisant les EM2I et celui conventionnel présentent des bénéfices comparables sur un large panel de fonctions physiques (endurance, souplesse, équilibre dynamique, force du bas du corps). Sur le plan cognitif, alors que le groupe EM2I a bénéficié d'une amélioration de quatre des six fonctions cognitives testées (double-tâche, inhibition, mémoire visuospatiale à court terme et de travail), le groupe ayant suivi un programme d'activité physique conventionnel a affiché uniquement une meilleure

mémoire visuospatiale à court terme.

Les implications cliniques de ces résultats sont importantes. Ils montrent que les EM2I sont capables d'optimiser les stratégies destinées à améliorer la santé physique et cognitive des personnes âgées. L'Inserm y faisait d'ailleurs mention dans son rapport d'expertise en 2019: « *il serait intéressant de valider l'apport d'autres pratiques d'activité physique plus ludiques que celle de pédaler sur vélo fixe trois fois par semaine selon un protocole immuable* ». En déguisant l'entraînement en jeu, les *exergames* représenteraient la solution pour introduire de manière régulière l'activité physique dans la vie des seniors les plus réfractaires, tout en stimulant leurs fonctions cognitives. Avec pour finalité, l'augmentation de la qualité de vie.

RÉFÉRENCES

- Fissler, P., Küster, O., Schlee, W., & Kolassa, I.-T. Novelty Interventions to Enhance Broad Cognitive Abilities and Prevent Dementia. In *Progress in Brain Research*. Vol. 207, 403-434, (2013).
- Béraud-Peigné, N., Maillot P. & Perrot A. Evaluation of User Experience of an Immersive and Interactive Wall Exergame in Older Adults. *Games for Health*, 11(6), (2022).

L'HYDRODYNAMIQUE JUSQUE DANS NOS ASSIETTES : L'ÉCOULEMENT DES COUSCOUS ET CROZETS

Prix
sélection du
comité scientifique
pour sa communication
orale « Étude
de l'hydrodynamique
de divers types
de couscous dans
un four
tournant »

Article rédigé par Aka Doche,
M1 Procédés à l'Université Paris-Saclay
GS Sciences de l'ingénierie
et des systèmes

Du 28 mars au 15 juillet 2022, un ensemble de travaux sur l'hydrodynamique de solides s'est tenu au sein du laboratoire *Paris-Saclay Food and bioproduct engineering* (SayFood – Univ. Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech).

L'objet principal des recherches a été la conduite de diverses expériences et mesures pour la caractérisation de l'hydrodynamique de différents solides, à savoir des couscous et des crozets.

Combiner expériences et modélisations tout en reproduisant les phénomènes d'écoulements lors de procédés industriels : tels sont les objectifs du groupe de chercheurs et chercheuses de l'équipe Procédés microbiologiques, stabilisation, séparation

(ProBioSSep) du laboratoire SayFood. Ces travaux ouvrent la porte à des méthodologies de caractérisation d'écoulement des solides. Dans ce cadre, les résultats serviront à une meilleure représentation de l'hydrodynamique de poudres et autres solides dans des équipements rotatifs, notamment

les fours tournants. L'affinage des données déjà existantes ainsi que la détermination d'éléments caractéristiques ont été les deux axes phares de ces trois mois et demi de travaux. Les études ont porté sur trois volets, regroupant des notions d'hydrodynamique appliquée à divers types d'aliments granuleux, ici le couscous et les crozets, dans un four tournant.

État de l'art : le démarrage de tout projet scientifique

Pour mener à bien ces études expérimentales, une équipe composée de Marie Debaq, Kevin Lachin et Stéphane Vitu, enseignants-chercheurs à AgroParisTech et au Conservatoire national des arts et métiers (Cnam), accompagnés de Aka Doche, stagiaire et étudiante en master Procédés option Génie des procédés, a été constituée.

Trois variétés de couscous aux granulométries différentes (grains de taille moyenne, fine et extra-fine) ont été méticuleusement sélectionnées en amont du projet. Celui-ci a également fait appel à deux équipements pilotes : un tambour tournant de l'ancien



Four tournant du Cnam

site d'AgroParisTech à Massy et le four tournant du Cnam à Paris. Le projet s'est ainsi déroulé sur deux phases, chacune sur un site.

Ne pouvant démarrer sans un aperçu des avancées sur le sujet, il a d'abord fallu réaliser une étude bibliographique, ce qui a constitué une base pour classer et trouver un plan d'action approprié avant les démarches expérimentales. Ceci a fait ressortir trois principaux paramètres : les angles de talus dynamiques ou encore l'angle d'inclinaison de la charge granulaire lors de la rotation du tambour, l'épaisseur des couches actives (soit l'épaisseur de granulat dévalant rapidement la surface du lit de solide) et les temps de mélange.

Pour mesurer ces trois éléments caractéristiques, la voie privilégiée a été celle de l'analyse d'images. Celle-ci a d'ailleurs occupé un espace important tout au long du projet. En effet, après avoir obtenu les images de solides en rotation dans le tambour, les mesures ont été effectuées par voie numérique. En outre, par souci de précision, l'analyse d'images aide à connaître le temps nécessaire pour atteindre l'homogénéité de mélange de solides de deux couleurs.

Bien que jalonné d'obstacles, concernant la réalisation des systèmes d'analyse ou durant la mise en route et la modification du nouveau pilote, ce travail a abouti à des conclusions satisfaisantes. Les données recueillies ont notamment été d'une grande utilité quant à la compréhension du phénomène d'écoulement et l'implication des caractéristiques de forme et de taille des solides.

Couscous et crozets : même combat

Une fois l'étude bibliographique et les mesures des caractérisations terminées, l'équipe a dû compléter des jeux de données et des résultats préexistants. Au lieu de couscous, les mesures sur four tournant ont fait appel aux crozets, des pâtes alimentaires savoyardes, aplaties et coupées en carré. Les manipulations ont porté sur l'étude de la distribution de temps de séjour (DTS). Cette méthode est fréquemment utilisée en génie des procédés afin de caractériser le flux de matière par de simples tests au traceur, et lors d'analyses de performances d'équipements industriels.

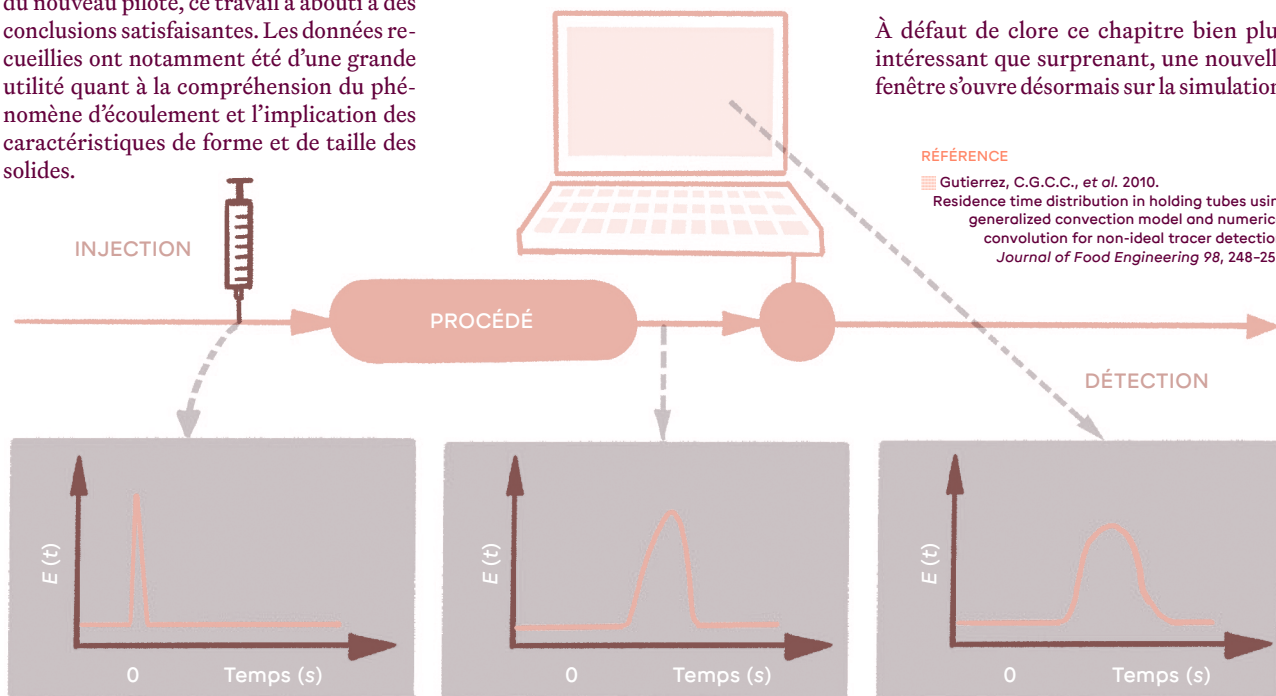
De manière simplifiée, l'étude de la DTS consiste tout d'abord à introduire à l'entrée du four des crozets préalablement colorés, avec un mode d'injection dit par impulsion (également utilisé lors d'études sur les réacteurs). On lance ensuite un chronomètre afin de déterminer le temps nécessaire aux crozets pour atteindre la sortie du four. Enfin, on récolte des échantillons afin d'obtenir la concentration de traceurs sortant du four toutes les 30 secondes.

Mais le travail ne s'arrête pas là ; une fois les concentrations connues, il devient possible de configurer les courbes de DTS représentant la concentration de traceurs présents dans le four à chaque instant, et ce en fonction du temps. Cette méthode, très répandue pour des expériences de modélisation hydrodynamiques ou en génie des procédés, permet d'analyser les performances d'un équipement. Ainsi, on réalise plusieurs expériences au cours desquelles on modifie les conditions opérationnelles, telles que la vitesse de rotation, le débit de crozets introduits et l'inclinaison du four.

Le four tournant utilisé mesure 1,95 m de long et possède un diamètre interne de 10,13 cm. Des releveurs, facilitant le mélange des solides, sont disposés à l'intérieur de ce four. Lors des mesures, le four est manié en suivant un régime permanent. En d'autres termes, les crozets en rotation dans le four conservent un débit d'écoulement unique durant l'expérience.

Au terme de ces quelques mois de travaux, l'équipe a noté de nombreux résultats concernant l'influence des conditions opératoires sur les temps de séjour dans le four. Cette étude a aussi eu pour but l'amélioration d'un modèle adimensionnel déjà proposé pour la détermination du temps du séjour moyen des solides dans un four tournant.

À défaut de clore ce chapitre bien plus intéressant que surprenant, une nouvelle fenêtre s'ouvre désormais sur la simulation.



D'après Gutierrez et al., 2010

RÉFÉRENCE

Gutierrez, C.G.C.C., et al. 2010.
Residence time distribution in holding tubes using generalized convection model and numerical convolution for non-ideal tracer detection.
Journal of Food Engineering 98, 248-256.

VULGARISATION

&

Article rédigé par
Claire Delpuech et Léa Tesson,
M1 bidisciplinaire Chimie-Biologie à l'Université Paris-Saclay
GS Chimie

MÉDIATION SCIENTIFIQUE DU SARS-COV-2

La pandémie liée au SARS-CoV-2 a affecté tout le monde.

Journalistes et scientifiques ont contribué à largement médiatiser ce sujet, jusqu'à ce que celui-ci occupe toute l'attention du public.

Cependant, bon nombre de non-initiés à l'épidémiologie n'ont que peu ou pas compris les termes employés au cours de ces débats. En effet, un tel sujet controversé nécessite un grand nombre de connaissances, qui ne sont, de prime abord, pas forcément accessibles au grand public. Une lacune qu'a tenté de combler le projet de Claire Delpuech et Léa Tesson.

L'objectif de ce projet, mené lors de la première année de master à l'Université Paris-Saclay de Claire Delpuech et Léa Tesson,

et sous la direction du Dr Aurélien Alix, a été de rendre le vaste sujet de la pandémie de la Covid-19 accessible à tous.

Outre un poster diffusé lors du Congrès junior pluridisciplinaire de la Graduate School Métiers de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur, ce projet a été présenté aux Étincelles du Palais de la découverte pendant l'été 2022. Cela a permis d'exposer les bases de la virologie concernant le virus SARS-CoV-2, ainsi que les moyens de détection développés jusqu'ici pour lutter contre ce virus.

Le SARS-CoV-2 et ses variants

Le SARS-CoV-2 appartient à la famille des coronavirus. Le nom de ce groupe de virus n'a pas été choisi au hasard : il fait référence aux protéines *Spike* présentes à la surface du virus, en forme de couronne. De manière imagée, si ces protéines sont une clé, alors le récepteur ACE-2 à la surface des cellules pulmonaires et intestinales humaines en est la serrure.

À l'intérieur d'une enveloppe appelée capside, se trouve l'information génétique du virus sous forme d'un ARN (acide ribonucléique). Celui-ci est formé à partir de quatre bases nucléiques.

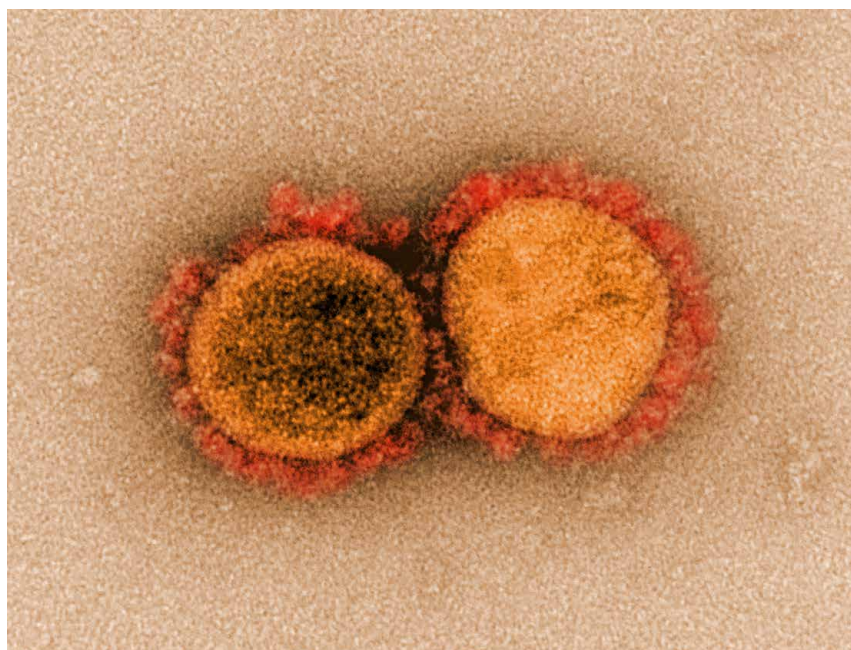


Fig.1 SARS-CoV-2 observé au microscope électronique à transmission.

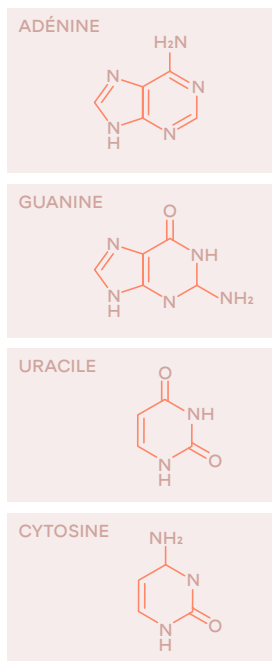


Fig. 2
Bases nucléiques composant l'ARN.

Pour produire de nouveaux virus, des virions, l'ARN doit d'une part être recopié (par réplication) et d'autre part traduit en protéines. De la même manière que nous associons les lettres afin de former des mots, trois bases nucléiques successives (le codon) codent pour un acide aminé, et une série d'acides aminés donne une protéine. Cependant, le virus ne possède pas de machinerie cellulaire lui permettant d'infecter des cellules animales.

Finalement, pourquoi le virus a-t-il perdu? La principale explication vient des mutations. Ces variations introduites dans l'information génétique du virus lors de sa réplication induisent parfois une meilleure infectiosité ou transmissibilité de celui-ci. Les mutations sont de nature différente – insertions, délétions et substitutions de bases nucléiques – sans que celles-ci n'apportent systématiquement des avantages sélectifs au virus. Cependant, lorsqu'un nouveau variant s'implante avec succès dans un territoire, cela engendre une nouvelle vague épidémique.

Détectations

Dans un but de protection de la population, de nombreux moyens de dépistage ont été mis en place pour détecter, de manière rapide et efficace, la présence du virus chez un individu. Le test RT-PCR (*Retro-Transcriptase Polymerase Chain Reaction*)

détecte la présence de l'information génétique provenant du virus SARS-CoV-2. Pour ce faire, un prélèvement nasopharyngé est nécessaire afin de récupérer l'ARN viral. Ce dernier est ensuite rétro-transcrit en une double hélice d'ADN, plus stable.

Une fois la rétrotranscription réalisée, l'ADN subit une répétition de cycles de PCR, procédé que l'on peut décomposer en trois étapes élémentaires. On effectue d'abord une dénaturation de l'ADN afin de casser la double hélice d'ADN en deux brins distincts. La deuxième étape est celle de l'appariement d'amorces complémentaires aux simples brins d'ADN. Les séquences des amorces utilisées ont été créées pour se lier spécifiquement à l'ADN viral à amplifier par la suite. Une fois le point d'ancrage réalisé, la troisième étape consiste en l'élongation du brin d'ADN complémentaire, jusqu'à avoir une quantité suffisante d'ADN provenant du virus. Ces trois étapes sont répétées environ 25 fois. En somme, un brin d'ARN prélevé équivaut à 10^{25} copies au terme du processus. C'est grâce à cette colossale multiplication que la détection (ou non) de l'ADN du virus dans un prélèvement est rendue possible.

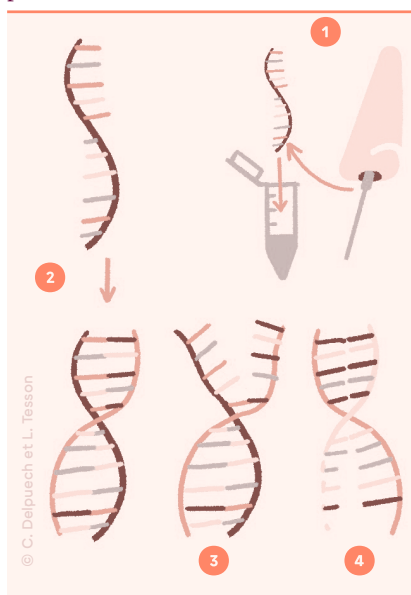


Fig. 3
Schéma explicatif d'un test RT-PCR:
1 Récolte de l'ARN viral par prélèvement nasopharyngé
2 Transcription de l'ARN complémentaire (ADNc)
3 Dénaturation et séparation des bases (95°C)
4 Synthèse du brin complémentaire par une polymérase

Le test RT-PCR est considéré comme le test le plus efficace aujourd'hui pour détecter le SARS-CoV-2. Cependant, il est

très coûteux et nécessite d'être réalisé par des professionnels. C'est dans cette optique que le test antigénique a été développé. Cet autre test repose sur le principe de la détection protéique.

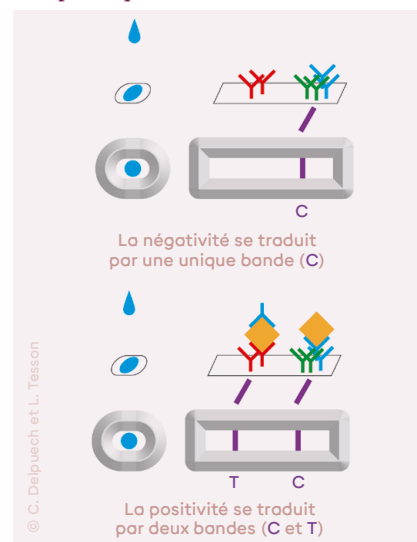


Fig. 4
Schéma explicatif d'un test antigénique. La zone du dépôt de l'échantillon est montrée dans le rond bleu. En bleu l'anticorps traceur, en rouge l'anticorps de capture, en vert l'anticorps de contrôle. Le losange représente l'antigène (protéines virales).

Une fois le prélèvement nasopharyngé réalisé, on ajoute une solution de lyse au matériel viral récolté (ou non), ce qui vient exposer, au niveau de la zone du dépôt du test, les protéines liées au virus: les antigènes. La capside virale s'ouvre et libère son contenu, l'ARN.

La solution migre le long du test par capillarité. Au cours de ce déplacement, des anticorps traceurs spécifiques aux protéines virales forment un complexe anticorps traceurs-antigène. Ce complexe, libre dans le test, migre jusqu'au niveau de deux lignes d'anticorps fixées au test. La première ligne (rouge) est composée d'anticorps de capture formant un complexe antigène-anticorps. La deuxième ligne (verte) est formée d'un complexe anticorps de contrôle-anticorps traceur. Ainsi, la visualisation du résultat dépend du nombre de complexations sur le test: deux bandes visibles indiquent à la personne testée qu'elle porte le virus. Si seule la ligne de contrôle est visible, le test est négatif.

Malgré l'importante médiatisation du SARS-CoV-2, peu de travaux se sont attachés à vulgariser les moyens de le dépister chez l'être humain. Ce projet a pour objectif premier de répondre à ce manque.

Prix
sélection
du comité
scientifique pour son
poster « Couplage
plasmonique-
photochromisme
et optique non-
linéaire »

QUAND LA LUMIÈRE RENCONTRE LA MATIÈRE AU-DELÀ DU VISIBLE

Article rédigé par
Lysa Dahmani, M2 Monabiphot
à l'ENS Paris-Saclay
GS Physique

Entre lasers et molécules existe une histoire remplie de grains de lumière intense, d'électrons qui dansent à l'unisson et parfois même de création de nouvelles couleurs.

Cette discipline, sujet du stage de master 2 Molecular Nano Bio Photonics (Monabiphot) de Lysa Dahmani, ouvre un voyage dans le monde invisible et insoupçonné de l'interaction lumière-matière, où le photochromisme rencontre la plasmonique sous le regard scrutateur de l'optique non linéaire.

Des électrons qui oscillent
et créent de la lumière

Les conséquences des interactions entre lumière et matière, telles que l'arc-en-ciel, sont familières à tous et toutes. D'autres phénomènes passent totalement inaperçus, mais sont populaires en laboratoire, où les lasers côtoient la matière à l'échelle des molécules et des électrons.

En nanophotonique (l'étude de la lumière et des interactions avec la matière à des échelles de l'ordre du milliardième de mètre), les scientifiques travaillent régulièrement avec des lasers de différentes longueurs d'onde. Ces sources émettent une énergie si importante qu'elle modifie sur son passage la distribution des électrons dans le temps et l'espace. Or, ce sont ces mêmes électrons, qui, avec les noyaux atomiques, constituent la matière. En effet, cette dernière est composée d'atomes, formés de noyaux autour desquels gravitent des électrons.

Sous l'effet du laser, la distribution des électrons est perturbée et l'ensemble noyaux-électrons se comporte comme un ressort. C'est toute la matière qui se voit chamboulée!

La lumière est un champ électromagnétique, combinant champ électrique et champ magnétique. Ce dernier, beaucoup plus faible que le champ électrique, reste négligeable pour la plupart des interactions lumière-matière, mais il est impossible de complètement l'ignorer.

Le champ électrique ($\vec{E}$) du laser influe sur le comportement des électrons et fait osciller les « ressorts ». Les noyaux étant bien plus lourds que les électrons, leur mouvement reste négligeable. Cette oscillation intervient soit à la même fréquence que le laser, c'est de l'optique linéaire (OL), soit à une fréquence différente (souvent double ou triple), c'est de l'optique non linéaire (ONL). Par définition, le bleu du ciel ou l'arc-en-ciel correspondent à de l'OL.

En ONL, ces charges en mouvement, appelées oscillateurs, génèrent à leur tour un champ électromagnétique, donc de la lumière, à de nouvelles fréquences. Celles-ci sont alors perçues par l'œil humain comme de nouvelles couleurs, à condition que la longueur d'onde correspondante appartienne au spectre du visible.



© Lysa Dahmani

L'ONL permet de générer de nouvelles longueurs d'ondes grâce à des matériaux non linéaires. Il existe par exemple des cristaux capables de produire de la lumière verte (dont la longueur d'onde est 532 nm) à partir d'un laser infrarouge (de longueur d'onde 1 064 nm). Ce phénomène non linéaire populaire est la génération de seconde harmonique (GSH), existant uniquement au cœur de matériaux dits non centrosymétriques, dans lesquels deux photons incidents à une fréquence initiale sont convertis en un photon à la fréquence de seconde harmonique.

Un des intérêts de l'ONL est sa grande sensibilité aux changements de structure moléculaire. Néanmoins, son désavantage non négligeable par rapport à l'OL est la faible intensité des signaux de GSH.

Des curiosités produites par l'interaction lumière-matière

Deux phénomènes majeurs résultent de l'interaction lumière-matière. Lorsqu'une molécule voit sa structure modifiée réversiblement après absorption de lumière (provenant généralement d'une source ultraviolette), c'est le photochromisme. La molécule « photochrome » retrouve son état initial sous une autre irradiation, provenant généralement du spectre visible.

Dans cette étude, la molécule passe d'une forme « ouverte » et tridimensionnelle, à une forme « fermée », plane. Cette photo-conversion s'accompagne habituellement d'une modification de sa couleur en solution ou sous forme solide, et de sa réponse ONL.

D'autre part, les nanoparticules (NP) de métaux précieux (argent, or) sont riches en électrons libres contenus dans un volume très réduit (nanométrique, soit 10^{-9} m). Ce confinement local confère aux électrons de conduction la capacité d'agir comme une seule unité. En présence de photons, l'oscillation de ce « ressort » géant (par rapport aux dimensions atomiques), à l'interface entre le métal et un milieu isolant (air, solvant, etc.) s'appelle un plasmon de surface. Ce dernier engendre des champs électromagnétiques intenses, susceptibles d'exalter les réponses OL et ONL de molécules situées à proximité de la surface métallique.

Hybridation

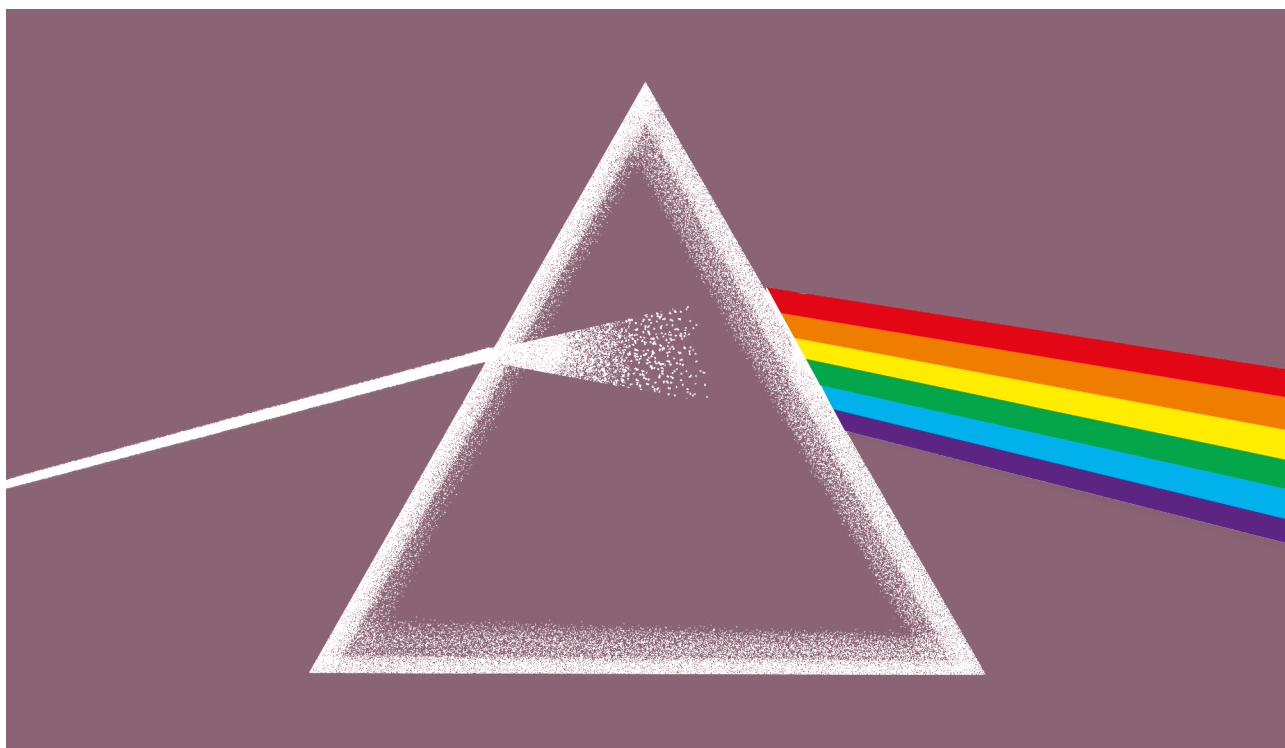
Au sein du laboratoire Lumière, matière et interfaces (LuMin – Univ. Paris-Saclay, ENS Paris-Saclay, CNRS), Lysa Dahmani a synthétisé des systèmes hybrides associant photochromes et nanoparticules d'or présentant des plasmons de surface. Des photochromes dicationiques (portant deux charges positives), sont accrochés sur des

nanobâtonnets d'or, eux-mêmes faiblement chargés positivement en surface mais recouverts d'un polymère chargé négativement (polyélectrolyte) afin d'attirer ces photochromes sur la surface par simple interaction électrostatique.

Grace à la mesure de GSH, il est démontré que la photoconversion des photochromes est bloquée lorsque ceux-ci sont accrochés à la surface des NP. Cette conversion nécessite une modification importante de la géométrie de la molécule. À tel point que lorsqu'elle est fixée à l'état ouvert sur la nanoparticule par ses deux charges positives, la molécule ne peut plus se réorganiser.

Les systèmes hybrides étudiés montrent des signaux de seconde harmonique élevés comparés aux signaux de solution de photochromes ou NP isolées. Cela est dû à l'organisation perpendiculaire des photochromes à la surface des NP. En effet, lorsque les photochromes dicationiques s'empilent latéralement sur le polyélectrolyte, ils forment un ensemble ordonné dit non centrosymétrique à forte activité ONL.

Ainsi, grâce aux lasers et à l'ONL, il est possible d'accéder à l'organisation même des molécules et de mieux comprendre la matière.



La décomposition de la lumière blanche par un prisme fournit un spectre de couleurs de différentes longueurs d'onde : les sept couleurs de l'arc-en-ciel.

ENSEIGNER LA DÉMARCHE SCIENTIFIQUE ET LA CHIMIE GRÂCE À DES OBJETS DU QUOTIDIEN

Article rédigé par Sylvain Betoule,
Éloé Dubus, Gaétan Ramona et Ayoub Traverson,
M1 chimie, parcours Frédéric Joliot Curie,
ENS Paris-Saclay et Université Paris Saclay
GS Chimie

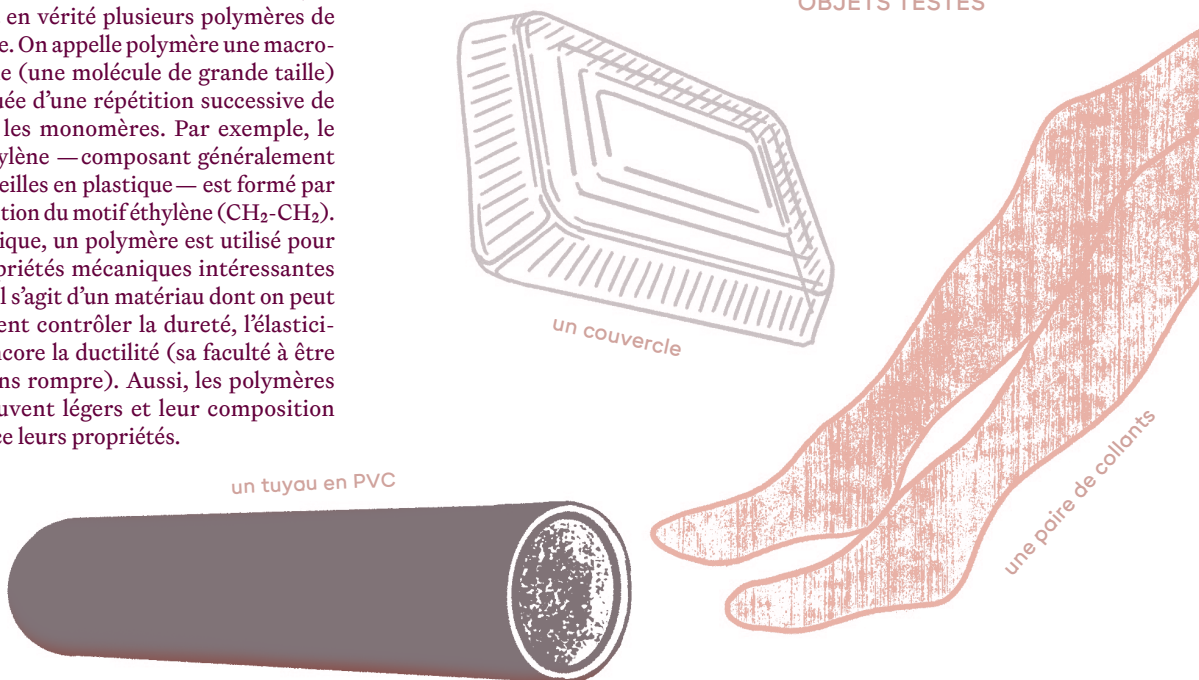
Prix
coup de cœur
du public
pour leur vidéo
« Tests d'identification
de polymères
du quotidien »



Dans le cadre de leur licence de chimie à l'Université Paris-Saclay, Sylvain Betoule, Éloé Dubus, Gaétan Ramona et Ayoub Traverson ont réalisé une vidéo pédagogique présentant différents tests d'identification de polymères composant des objets du quotidien.

Le plastique est partout. Des emballages à certains vêtements, en passant par la tuyauterie, la liste des objets fabriqués en plastique est quasi infinie. Mais derrière ce mot, se cachent en vérité plusieurs polymères de synthèse. On appelle polymère une macromolécule (une molécule de grande taille) constituée d'une répétition successive de motifs: les monomères. Par exemple, le polyéthylène — composant généralement les bouteilles en plastique — est formé par la répétition du motif éthylène ($\text{CH}_2\text{-CH}_2$). En pratique, un polymère est utilisé pour ses propriétés mécaniques intéressantes puisqu'il s'agit d'un matériau dont on peut facilement contrôler la dureté, l'élasticité ou encore la ductilité (sa faculté à être étiré sans rompre). Aussi, les polymères sont souvent légers et leur composition influence leurs propriétés.

LES TROIS DIFFÉRENTS
OBJETS TESTÉS



Des tests accessibles

À l'aide d'une série de tests, il est possible de déterminer le type de polymère composant certains objets. En effet, afin d'identifier les polymères les plus présents au quotidien, seules quatre expériences suffisent. L'avantage de cette série de tests est qu'il est possible de la réaliser dans la plupart des lycées français. Il suffit de hottes aspirantes et d'une source de chaleur de type bec Bunsen pour mener à bien ces expériences.

Les polymères présentent un intérêt croissant en chimie des matériaux, en raison de leurs multiples propriétés. Cependant, le défi environnemental autour de ces macromolécules est immense, tant à cause de leur lente et polluante dégradation que de leur fabrication. C'est un sujet d'avenir restant aujourd'hui peu abordé dans les programmes scolaires. Jonathan Piard, professeur agrégé de chimie à l'École normale supérieure Paris-Saclay et superviseur du projet, le confirme : « *les polymères ne sont pas suffisamment abordés de manière générale en première et deuxième année de licence. Je trouve cela dommage, car il s'agit de composés qui sont extrêmement présents dans notre quotidien. Il s'agit d'une industrie en pleine mutation, qui devra répondre aux enjeux environnementaux et sociétaux* ».

Des notions fondamentales de chimie

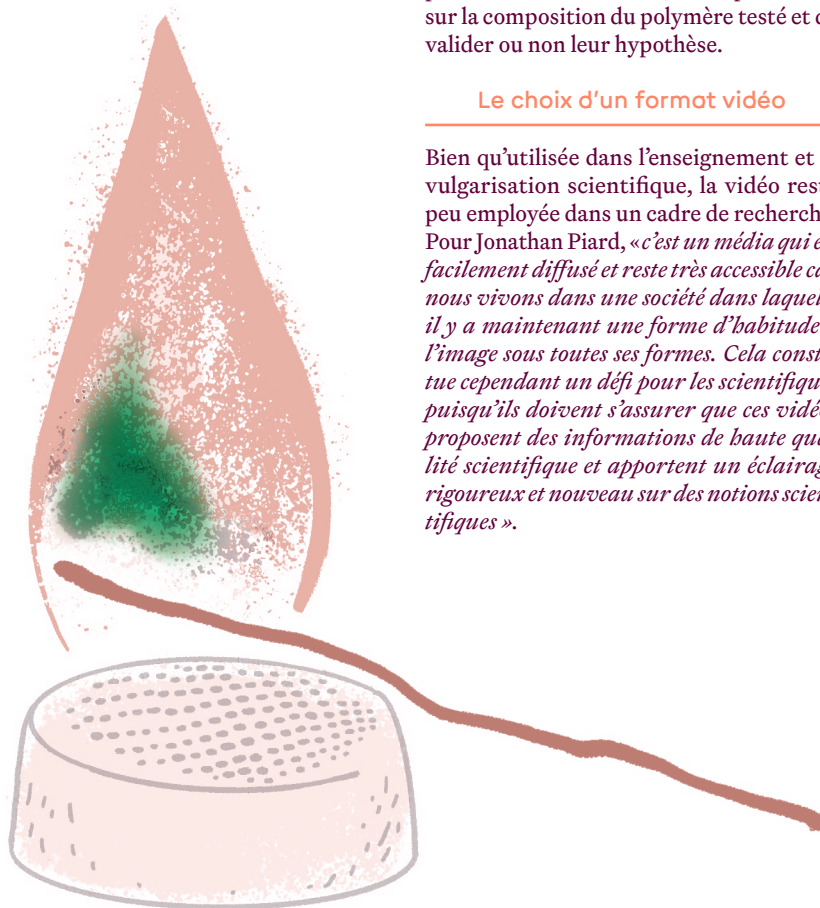
Les quatre tests mis en place permettent d'aborder de nombreuses notions fondamentales de physique et de chimie. La première expérience consiste à comparer la densité du polymère à celle de l'eau. Les calculs de masses et de volumes utilisés durant ce test sont abordés dès le collège.

Le deuxième test consiste à identifier le pH (potentiel hydrogène) du polymère. Celui-ci décrit l'acidité d'une solution chimique. Pour déterminer le pH d'un polymère, il faut le chauffer à sec dans un tube à essai, puis mesurer le pH de la vapeur émise à l'aide d'un papier imbibé d'une solution indicatrice de son acidité : le papier pH.

Un troisième test détermine la capacité de dissolution du polymère dans l'acétone. Cette expérience repose sur le fait que les interactions physico-chimiques qui s'établissent entre l'acétone et les longues molécules de certains polymères sont plus fortes

que celles maintenant la structure de ces polymères. Ainsi, les polymères perdent leur structure et se dissolvent dans ce solvant.

Le dernier test, celui de Belstein, se base sur les propriétés spectroscopiques et l'identification des composés chimiques en fonction de la couleur de la lumière qu'ils émettent, lorsqu'ils sont chauffés à haute température. Il est par exemple possible d'observer une flamme verte en chauffant un fil de cuivre mis en contact avec du polychlorure de vinyle (PVC). C'est la spectroscopie de flamme ; une pratique utile dans divers domaines comme la chimie analytique ou la criminalistique, un ensemble de pratiques physico-chimiques utilisées par les forces de police et la justice. De manière générale, la spectroscopie est essentielle à tous les pans de la chimie, qu'elle soit analytique, organique ou même lors de l'étude des corps célestes, avec l'astrochimie.



Une flamme verte est observée lorsque du cuivre qui a été en contact avec du PVC est chauffé à la flamme.

Une mise en œuvre réelle de la méthode scientifique

Au cours de ces tests, la multitude des notions abordées montre la richesse de l'étude des polymères, constate Jonathan Piard. « *Il s'agit d'une thématique extrêmement riche et transverse qui permet de réinvestir un très grand nombre de notions en chimie. Elle est donc à la fois transdisciplinaire et pluridisciplinaire.* »

Il est possible de présenter la série de tests sous un angle pédagogique. En effet, découvrir par soi-même la composition d'un objet du quotidien aide à intégrer les étapes clés du raisonnement scientifique : émettre une hypothèse, proposer puis mettre en œuvre un protocole expérimental, analyser les résultats et conclure. Ainsi, les observateurs et observatrices (élèves de collèges et lycées, curieuses, curieux, etc.) peuvent supposer la nature du polymère étudié puis mettre en place le parcours des tests à réaliser. Enfin, il leur est possible, à partir de leurs résultats, de se prononcer sur la composition du polymère testé et de valider ou non leur hypothèse.

Le choix d'un format vidéo

Bien qu'utilisée dans l'enseignement et la vulgarisation scientifique, la vidéo reste peu employée dans un cadre de recherche. Pour Jonathan Piard, « *c'est un média qui est facilement diffusé et reste très accessible car nous vivons dans une société dans laquelle il y a maintenant une forme d'habitude à l'image sous toutes ses formes. Cela constitue cependant un défi pour les scientifiques puisqu'ils doivent s'assurer que ces vidéos proposent des informations de haute qualité scientifique et apportent un éclairage rigoureux et nouveau sur des notions scientifiques* ».

Prix
sélection du comité
scientifique pour
leur vidéo « EndoSeek :
mise en œuvre d'une
cascade CRISPR/Cas,
vers un nouveau test
de diagnostic de
l'endométriose »

ENDOSEEK : DÉTECTER L'ENDOMÉTRIOSE

Article rédigé par

Stelina Loidice, L3 Biologie-Santé et 1^{re} année
de Magistère de Biologie à l'Université Paris-Saclay
Eve Do Espirito Santo, L3 Archéologie et Histoire de l'art,
et Mathieu Nairabeze, Master 2 Biologie Santé Spécialité Risques
Sanitaires Nucléaires, Radiologiques, Biologiques,
Chimiques et Explosifs (NRBCe) de la Faculté de médecine
de Sorbonne Université et de l'École du Val de Grâce
du service de santé des armées
GS Santé publique



Vidéo
présentée

Sous l'encadrement de plusieurs membres de l'Institut de biologie intégrative de la cellule (I2BC - Univ. Paris-Saclay, CEA, CNRS), l'équipe iGEM GO Paris-Saclay 2021 a participé, avec son projet EndoSeek 2021, au concours international de biologie synthétique iGEM où elle a remporté une médaille d'or et le *Best Inclusivity Award* face à 356 équipes.

Son but : détecter des microARN circulant dans le sang et dont le taux est dérégulé en cas d'endométriose. Cette maladie, qui touche une femme sur dix, est à l'origine de menstruations douloureuses, de problèmes d'infertilité et de douleurs pelviennes chroniques.



L'International Genetically Engineered Machine (iGEM), est un concours international de biologie synthétique créé en 2003 par le *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). La biologie synthétique consiste à assembler des biobriques (gènes, ARN, virus...) dans un châssis (un organisme vivant), afin de répondre à une problématique donnée. Ainsi chaque année, les équipes iGEM développent des trésors d'ingéniosité afin de surmonter des problématiques d'ordre environnemental, sanitaire ou de recherche.

Présenté au concours en 2021 et lauréat de la médaille d'or et du *Best Inclusivity Award*, EndoSeek est un projet de détection de l'endométriose à travers une simple prise de sang. Il est porté par l'équipe iGEM GO Paris-Saclay 2021 composée d'une dizaine d'étudiantes et d'étudiants issus de différentes filières, de licence 1 au master 2, de la Faculté des sciences d'Orsay, de l'ESPCI et de l'École du Louvre.

L'endométriose : une maladie douloureuse souvent mal diagnostiquée

L'endométriose est une maladie gynécologique dont la prévalence dans la population est estimée à 10% des femmes en âge de procréer. Elle débute par la prolifération, en dehors de l'utérus, de tissus similaires à ceux de l'endomètre.

Le symptôme le plus courant de cette pathologie est la douleur (70% des femmes) : règles douloureuses et plus abondantes, douleurs pelviennes chroniques, douleurs lors des rapports sexuels, à la miction ou à la défécation. L'endométriose est également la cause d'une baisse de la fertilité (40% des femmes) et provoque de la fatigue.

Entre l'apparition des symptômes et les biopsies chirurgicales (laparoscopie) confirmant la maladie, les femmes souffrant d'endométriose consultent en moyenne pendant sept ans des médecins avant d'obtenir un diagnostic correct.

Mieux détecter l'endométriose grâce aux biomarqueurs

Face à ce constat, l'équipe iGEM GO Paris-Saclay 2021 a souhaité mettre au point une méthode de détection de la pathologie plus rapide et moins invasive. Une simple prise de sang réalisée dans un laboratoire d'analyses médicales fournirait ainsi l'information à une personne atteinte.

Le choix du biomarqueur (protéine, micro-ARN, sucres...), dont la présence révèle la maladie, et celui du fluide biologique à considérer proviennent d'une analyse de la littérature scientifique. Ce sont les micro-ARN, des petits ARN régulateurs de l'expression génique qui ont été retenus pour le test, car ils sont décrits comme étant potentiellement impliqués dans l'endométriose. Circulant dans le sang, leur concentration se trouve dans ce cas dérégulée.

Une cascade CRISPR/Cas qui éclaire le diagnostic

Pour son projet, l'équipe a fait appel à la technique des « ciseaux moléculaires » ayant valu à la chercheuse française Emmanuelle Charpentier et à sa collègue américaine Jennifer Doudna le prix Nobel de chimie en 2020. Cet outil de biologie moléculaire permet de couper un ADN à un endroit précis, au niveau de séquences spécifiques (CRISPR), grâce à une protéine particulière (Cas).

Le test de détection des microARN mis au point repose sur une cascade de signalisation CRISPR/Cas impliquant les protéines Cas13a et Cas14a1, capables de couper différents acides nucléiques (voir figure plus bas). Cette cascade fonctionne en deux parties : la détection d'un microARN d'intérêt par le complexe Cas13a/crRNA puis l'amplification du signal par le complexe Cas14a1/sgRNA. La présence et la quantité de microARN est révélée par une émission de fluorescence.

L'ingéniosité de ce test réside dans l'interdépendance des deux parties de la cascade (détection puis amplification) et dans des coûts matériels limités : seule une fabrication « sur mesure » du crRNA est nécessaire. Ce test est à la portée de n'importe quel laboratoire de biologie médicale et moléculaire.

Un projet aux multiples desseins

EndoSeek n'est pas qu'un projet scientifique ; les questions éthiques liées au diagnostic d'une maladie n'y sont pas en reste. Grâce au soutien de l'université européenne EUGLOH, une collaboration entre l'équipe iGEM GO Paris-Saclay 2021 et l'équipe iGEM de l'Université de Lund (Suède) a débouché sur la collecte, sous forme de vidéos, de l'ensemble des enquêtes menées auprès des personnes et des organismes concernés par la maladie d'Alzheimer et l'endométriose. Le but est de déterminer dans quelle proportion le développement de projets initiés lors du concours iGEM et

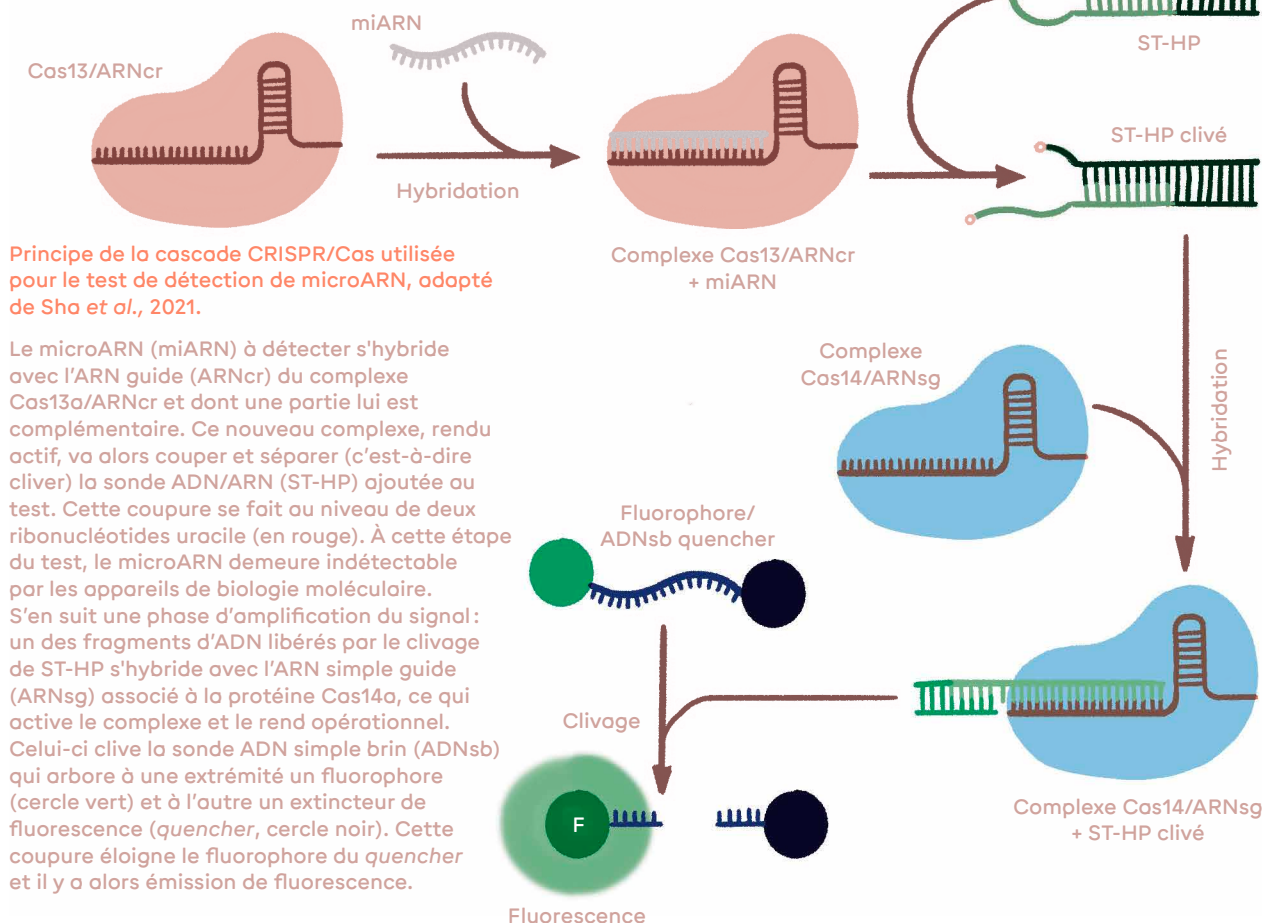
plus largement en sciences dans une thématique de diagnostic ont une incidence sur le quotidien des personnes, la prise en charge de la maladie mais aussi comment adapter le projet de recherche selon les besoins et les préoccupations des patientes et patients.

Au final, participer au concours iGEM ne veut pas uniquement dire faire de la biologie de synthèse. Cela implique aussi de coder et de lancer un site Internet dédié, de produire des vidéos, de faire de la médiation scientifique, de mener des collaborations avec d'autres équipes du concours, ou encore d'étudier l'impact du projet sur la société. Pour EndoSeek, l'équipe a même conçu un jeu vidéo !

La relève a été assurée par l'équipe iGEM GO Paris-Saclay 2022 et son projet environnemental « CO₂ Cure ».

RÉFÉRENCE

Sho, Y., et al. Cascade CRISPR/cas enables amplification-free microRNA sensing with fm-sensitivity and single-base-specificity. *Chemical Communications*, 57(2), 247-250 (2021).



Prix
sélection
du comité
scientifique pour
la vidéo « Synthèse
et caractérisation
de boîtes quantiques
de carbone par voie
micro-onde »

BOÎTES QUANTIQUES DE CARBONE :

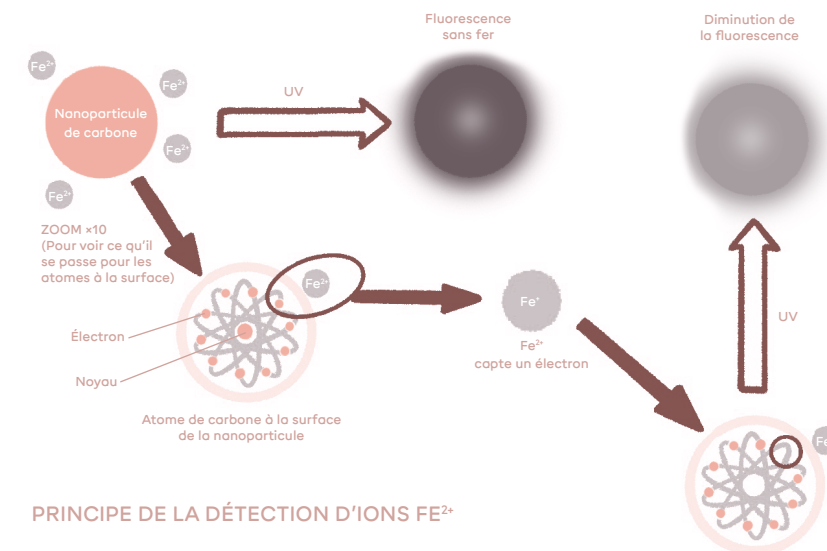
Article rédigé par
Audrey Pollien, L3 Physique-Chimie
parcours Frédéric Joliot-Curie à l'Université Paris-Saclay

QUAND LA DÉTECTION D'IONS FERREUX DEVIENT UN JEU D'ÉLECTRONS !

Au cours de leur troisième année de licence double-diplôme
Physique-Chimie – parcours Frédéric Joliot-Curie à l'Université Paris-Saclay,
Audrey Pollien et certains de ses camarades ont procédé
à la synthèse de nanoparticules de carbone par irradiation micro-onde
et l'ont appliquée à la détection d'ions ferreux (Fe^{2+}).

Disponibles sous la forme de poudres, de gels ou liquide, les nanoparticules ont aujourd'hui envahi notre quotidien. On en retrouve par exemple dans les emballages rigides alimentaires, les crèmes hydratantes ou encore la peinture d'ameublement. Mesurant entre 1 et 100 nanomètres (nm ou 10^{-9} m), soit au moins cinquante fois plus petites que le diamètre d'un cheveu, ces particules de matériau nanométriques présentent bien des intérêts : leur taille leur confère des propriétés physico-chimiques inhabituelles et remarquables, qui diffèrent selon le matériau (céramique, carbone ou métal) utilisé.

Les nanoparticules sont notamment capables de capturer et de confiner des électrons. Telle une bille lâchée dans un bol et qui finirait par s'arrêter au fond et s'y retrouverait « piégée ». Elles représentent ainsi de véritables puits de potentiels. On parle de boîtes quantiques.



PRINCIPE DE LA DÉTECTION D'IONS Fe^{2+}

Plus grandes qu'un atome mais plus petites qu'une cellule humaine, les nanoparticules suscitent toutefois autant d'espoirs quant à leurs applications possibles, en électronique, optique, automobile, cosmétique, chimie, pharmacie, agroalimentaire, médecine..., que d'inquiétudes quant à leur impact sur la santé humaine ou l'environnement.

Dans un tel contexte, les nanoparticules de carbone semblent de plus en plus tirer leur épingle du jeu, en raison notamment de leur faible toxicité. Leur synthèse nécessite d'ailleurs peu d'ingrédients. Elle s'opère en chauffant au four à micro-ondes de l'acide citrique ou de l'acide malique,

présents dans le citron ou la pomme, avec de l'éthylènediamine. Pourtant, la taille des nanoparticules formées en suspension demeure assez peu documentée. C'est tout l'objectif du travail entrepris lors de ce mini-projet de recherche: mieux caractériser la taille des nanoparticules issues de cette synthèse.

A-t-on bien synthétisé des nanoparticules ?

En premier lieu, il s'agit de s'assurer qu'on a bien formé des nanoparticules lors de la synthèse et pour cela, rien de mieux que la fluorescence, observée grâce à une lampe à ultraviolets (UV). Car sous ce rayonnement UV, d'une longueur d'onde donnée, les suspensions de nanoparticules de carbone apparaissent lumineuses. On dit qu'elles sont photoluminescentes.

Cela provient d'un processus particulier: les électrons des atomes de carbone du matériau absorbent l'énergie du rayonnement UV (les photons) et passent dans un état dit excité. Ils retournent ensuite à leur état fondamental en émettant eux-mêmes un type de lumière (photons), nommée fluorescence.

L'observation de cette fluorescence repose sur l'éthylènediamine, qui est un agent de passivation. Il stabilise les défauts électroniques se trouvant à la surface des nanoparticules ce qui empêche les électrons des atomes de carbone de le faire. Il évite ainsi que ces électrons ne « se perdent » ou

ne soient capturés lors du passage à l'état excité. S'il est absent, les électrons n'ont pas la possibilité d'atteindre leur état excité et c'est le noir complet: les particules ne fluorescent pas.

Et si on alloit plus loin ?

Grâce à un spectrofluorimètre, il est possible de pousser davantage l'étude de cette fluorescence. Cet instrument permet de quantifier l'émission de lumière. Fait notable, la fluorescence change en fonction du précurseur choisi. Les nanoparticules issues de l'acide citrique présentent une fluorescence bleue alors qu'elle est verte pour les nanoparticules issues de l'acide malique. Ceci s'explique par la bande d'émission de lumière, c'est-à-dire l'étendue des longueurs d'onde émises par les particules issues des deux types de synthèse. Elle est plus large avec l'acide malique qu'avec l'acide citrique.

Or, cette bande d'émission détermine également la taille des nanoparticules. Plus elle est large, plus les nanoparticules présentent des tailles différentes. La bande d'émission obtenue avec l'acide citrique étant plus étroite que celle avec l'acide malique, la taille des nanoparticules y est plus homogène.

Il est possible d'aller encore plus loin dans l'analyse de cette fluorescence grâce à une matrice d'émission et d'excitation de fluorescence (MEEF). La MEEF fournit, en trois dimensions, l'intensité et la largeur

de la bande de fluorescence. Les cartes de fluorescence obtenues par ce biais sont différentes selon le précurseur choisi. Elles viennent appuyer des distributions en tailles distinctes entre les deux suspensions de nanoparticules.

Une autre caractérisation est-elle possible ?

La technique de diffusion dynamique de la lumière (*Dynamic Light Scattering* ou DLS) indique également la taille des nanoparticules, par la mesure de leurs mouvements et de la lumière qu'elles diffusent. Les résultats obtenus lors des expériences s'accordent avec ceux issus de la fluorescence. Avec l'acide citrique, les particules mesurent moins de 5 nm. Plus grosses avec l'acide malique, elles présentent des tailles comprises entre 30 et 800 nm. Cette différence de taille provient d'une durée de chauffe plus longue lors de la synthèse, ce qui fait croître davantage les particules.

Quelles utilisations pour ces nanoparticules de carbone ?

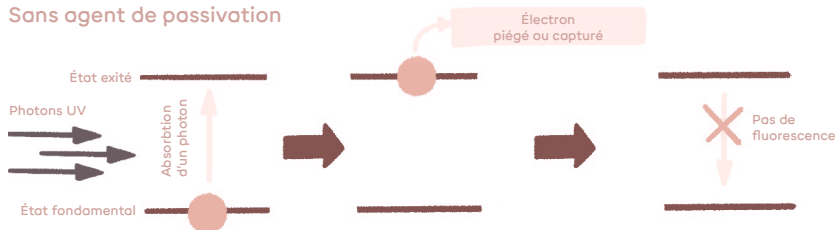
Les nanoparticules de carbone sont capables de « capter » les ions ferreux (Fe^{2+}) présents dans un médicament couramment administré à l'être humain en cas de carence en fer, le Tardyferon®, et employé lors des expériences. Une fois captés, les ions Fe^{2+} se retrouvent à la surface des particules. Là, ils capturent les électrons des atomes de carbone.

Or, plus il y a d'électrons d'atomes de carbone capturés, moins les transferts électroniques à la base de l'émission de fluorescence sont réalisables. En conséquence, la fluorescence des nanoparticules diminue. On parle d'inhibition de la fluorescence. Cette inhibition est d'ailleurs plus importante avec des nanoparticules de petite taille, car la surface disponible aux ions Fe^{2+} y est plus importante. Dès lors, utiliser les nanoparticules de carbone se révèle être un bon moyen pour déterminer la quantité d'ions Fe^{2+} présents dans un échantillon de Tardyferon®, en la reliant à la baisse de fluorescence générée.

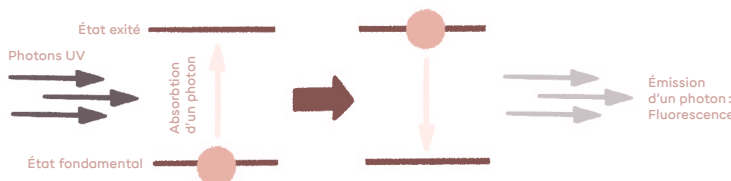
En définitive, il ne reste plus qu'à trouver un agent de passivation commercial pour que cette manipulation de recherche s'ancre totalement dans les produits de la vie courante!

SCHÉMA EXPLICATIF DU RÔLE DE L'AGENT DE PASSIVATION

Sans agent de passivation



Avec agent de passivation



Prix
sélection du
comité scientifique
pour sa vidéo « Rôle de
l'immunité innée dans la
transgression de la barrière
d'espèces par le SARS-
CoV-2 et ses variants chez
différentes espèces
animales »

SARS-COV-2: LE MYSTÈRE DE LA TRANSMISSION ANIMALE

Article rédigé par
Amélie Germond, 2^e année Ingénieur
à AgroParisTech

Depuis son apparition il y a près de trois ans, le SARS-CoV-2, responsable de la pandémie de Covid-19, figure au cœur de plusieurs travaux de recherche. Comme celui mené au sein du laboratoire de Virologie (INRAE, Anses, École nationale vétérinaire d'Alfort) auquel a participé Amélie Germond, élève-ingénieure à AgroParisTech, dans le cadre d'un stage. L'objectif a été de comprendre la transgression de la barrière des espèces opérée par le virus chez différentes espèces animales.

Par le biais d'expérimentations, l'équipe s'est intéressée aux protéines du virus et à leurs potentielles interactions avec des protéines cellulaires chez plusieurs espèces animales. L'enjeu est de réussir à mieux anticiper et réagir à d'éventuels futurs événements similaires.

One Health. Une seule santé. Ce concept énoncé au début des années 2000 figure désormais au cœur des préoccupations de santé publique. Selon lui, la santé de l'être humain dépendrait de celles des animaux et de leur environnement. Toutes seraient étroitement liées. À l'aune de cette approche plus globale de la santé se posent la question des zoonoses, ces maladies transmissibles de l'animal à l'être humain, et celle de l'émergence de nouvelles pandémies auxquelles la population mondiale devra un jour faire face.

L'exemple le plus récent en la matière est celui de la pandémie de Covid-19 provoquée par le SARS-CoV-2, un virus respiratoire de la famille des coronavirus et qui circule dans le monde depuis près de trois ans. Encore inconnu début 2020, ce virus pose de nombreuses questions. Pourtant, les coronavirus représentent une famille de virus

très étudiée dont certains membres ont, par le passé, provoqué plusieurs crises à travers le monde. Comme le SARS-CoV-1, responsable de l'épidémie de syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS) de 2002 à 2004 en Chine, ou du MERS-CoV, apparu en 2012 au Moyen-Orient.

À la source de la pandémie : le rôle de la barrière des espèces

Pour l'heure, l'origine du SARS-CoV-2 demeure inconnue. Après diverses hypothèses à ce sujet, dont une portant sur le pangolin, les regards se tournent vers les chauves-souris. Ces mammifères sont en effet porteurs de souches de virus similaires, connues pour traverser la barrière des espèces. Et c'est là le cœur du projet de recherche mené, notamment, par Sophie Le Poder et Adèle Gambino au sein du laboratoire de Virologie (INRAE, Anses, École nationale vétérinaire d'Alfort), et auquel

Amélie Germond a participé. Tout l'enjeu est d'étudier les capacités du SARS-CoV-2 à franchir la barrière des espèces, c'est-à-dire de voir comment il passe d'une espèce à une autre, de comprendre son fonctionnement et les mécanismes moléculaires impliqués, et ce chez différentes espèces animales.

Des sensibilités à l'infection différentes selon les espèces

Contrairement à ce que l'on pense, le SARS-CoV-2 n'affecte pas uniquement l'être humain : des contaminations de furets, de chiens et de chats ont également été rapportées. Au laboratoire de virologie de Maisons-Alfort, le travail de recherche entrepris porte plus particulièrement sur trois espèces : le chat, le porc et l'être humain. Ce choix découle de la sensibilité de ces espèces au virus, très différente pour chacune d'entre elles. Le chat, par exemple, peut être infecté par le virus, qui s'y

multiplie, et développe des symptômes de la maladie. Le porc, à l'opposé, ne présente aucune sensibilité à l'infection et ne développe, en conséquence, aucun symptôme. Comprendre d'où vient cette différence et quels sont les acteurs impliqués s'avère primordial pour mieux lutter contre le virus.

Un récepteur clé

Les premières études montrent que pour entrer dans une cellule et y initier sa réplique, le SARS-CoV-2 a besoin qu'une protéine particulière, l'enzyme de conversion de l'angiotensine 2 ou ACE2, soit présente à la surface de la cellule. Cette protéine joue le rôle de récepteur du virus. Chez l'être humain, plusieurs types de cellules arborent

l'enzyme ACE2 sur la face externe de leur membrane plasmique, comme les cellules du poumon, des artères, du cœur, du rein et de l'appareil digestif. Il en va de même chez le chat. Mais alors que les cellules du porc possèdent bien un récepteur ACE2 fonctionnel, l'absence de symptômes chez cet animal suggère l'existence d'autres facteurs, intracellulaires, entrant en jeu pour limiter l'infection du virus. Une des hypothèses énoncées concerne la réponse interféron.

Contourner le système immunitaire inné

Les interférons sont des petites protéines sécrétées notamment par des cellules du

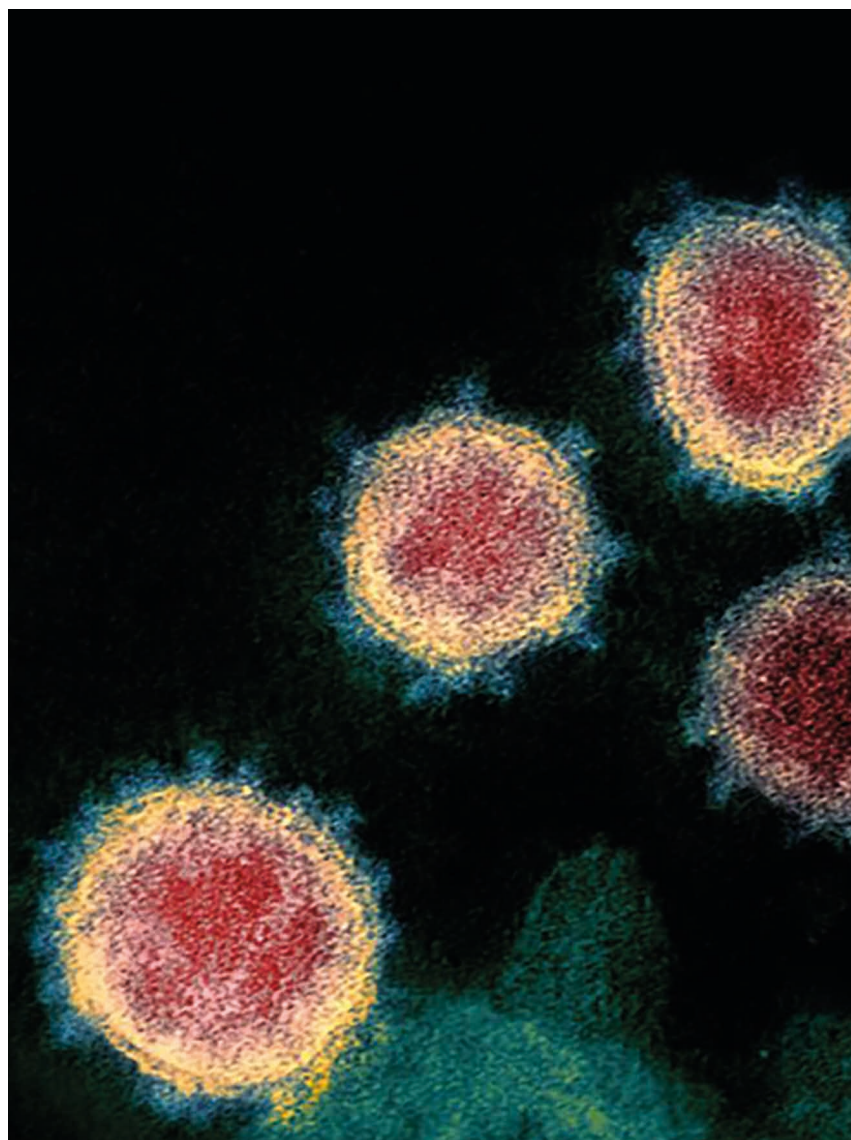
système immunitaire en réponse à la présence dans l'organisme d'éléments moléculaires caractéristiques d'agents pathogènes tels que les virus. Les interférons représentent la première ligne de défense de l'organisme et sont à la base d'une cascade d'activation de gènes débouchant sur une puissante réponse antivirale.

Certains virus réussissent à mettre en place des mécanismes capables de contourner cette barrière de défense du système immunitaire inné. Les cellules infectées deviennent alors incapables d'activer la réponse interféron et il n'y a plus de synthèse de molécules antivirales pour combattre l'infection. Le virus se réplique dans l'hôte. C'est l'hypothèse envisagée dans le cas d'une infection par le SARS-CoV-2 chez l'être humain et le chat. Ce contournement lui permettrait de franchir sans difficulté la barrière des espèces, du moins pour certaines d'entre elles. Chez le porc, le contournement de la réponse interféron ne se ferait pas et la réponse interféron n'étant pas inhibée, l'animal ne serait pas infecté par le virus.

Des interactions protéiques qui en disent long

Pour vérifier son hypothèse, l'équipe du laboratoire de virologie s'intéresse aux interactions des protéines du virus avec celles de la réponse interféron. Les expériences mises en place se basent sur la reconstitution de la nanoluciférase, une molécule bioluminescente qui émet de la luminescence en présence d'un substrat. Chaque protéine testée porte un morceau de nanoluciférase. Si deux protéines interagissent ensemble, la nanoluciférase se trouve reconstituée et on mesure de la bioluminescence. Les résultats sont ensuite normalisés : on définit une valeur seuil pour déterminer si l'interaction entre les protéines est significative – la luminescence mesurée dépasse alors cette valeur – ou non. Dans chaque espèce, on teste les mêmes protéines afin de comparer les mêmes interactions et d'observer d'éventuelles différences.

En améliorant leur compréhension des interactions entre protéines virales et protéines de l'hôte, les scientifiques espèrent ainsi mieux appréhender les mécanismes du franchissement de barrière des espèces opéré par le virus et son fonctionnement. Un atout indéniable en matière de prévention de nouvelles pandémies et de réactions à avoir face à elles.



Virus du SARS-CoV-2 vu en microscopie électronique à transmission.

À LA CONQUÊTE DE L'ESPACE HARMONIQUE

Si elle est un langage inné et universel, la musique est aussi affaire de classification. Pour se repérer au milieu des sons, mathématiciennes, mathématiciens et musicologues travaillent à la confection d'espaces abstraits faits de notes, d'accords ou de signaux.

À l'occasion du colloque international « 1722-2022 : trois siècles du traité de Jean-Philippe Rameau – la musique-science devant la question de l'harmonie » qui s'est déroulé du 7 au 9 novembre 2022 à l'IRCAM,

Alexandre Bestandji, étudiant sortant de l'Université Paris-Saclay, a évoqué les grands enjeux de la conception de tels espaces harmoniques. Qu'est-ce qui fait que deux notes sonnent bien ensemble ? Quels timbres se mélangent le mieux ? La confection de tels édifices demande bien souvent de questionner des mécanismes profonds qui déterminent notre perception même de l'harmonie musicale.

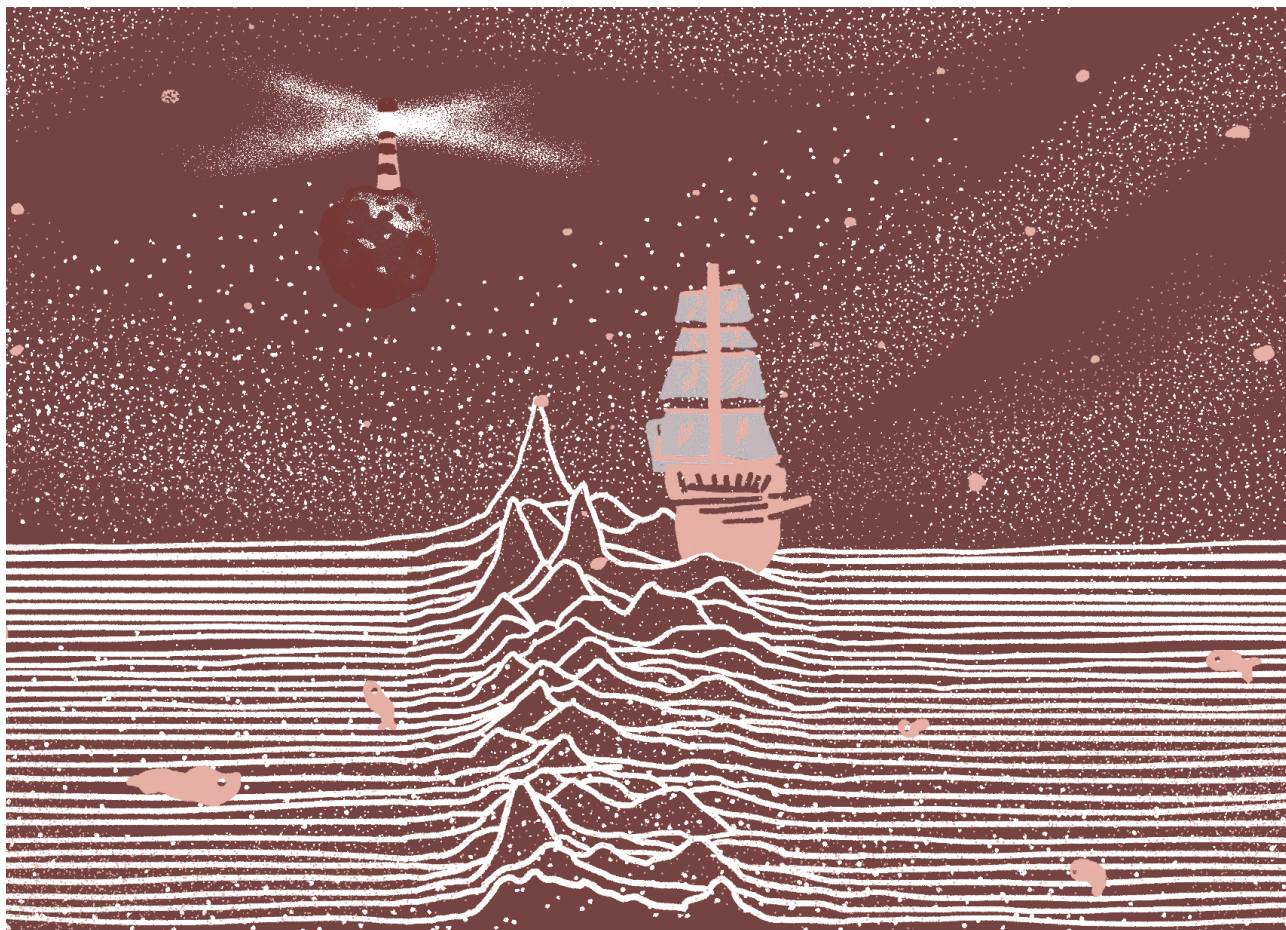
Parmi la grande pluralité des arts que l'Humanité s'est offerte à travers les siècles, la musique semble être parmi les mieux formalisés. La relation particulière qu'entretiennent musique et mathématiques a toujours été d'une sensible fécondité. La littérature scientifique regorge aujourd'hui de modèles conçus pour dépeindre l'harmonie musicale sous toutes ses coutures ; si les mathématiques se gardent souvent de représenter l'esthétique musicale en tant que telle, elles semblent d'une remarquable pertinence quant aux perceptions sensorielles que l'on en a.

On peut désigner la propension qu'ont deux sons à se fondre l'un dans l'autre par le terme *harmonicité*. Derrière cette notion tangible se trouve un objet mathématique bien particulier : l'ensemble des nombres

rationnels, regroupant tous les nombres s'écrivant comme le ratio de deux nombres entiers dont le dénominateur est non-nul. À l'Antiquité déjà, l'étude du monocorde (un instrument composé d'une simple corde vibrante attachée en ses deux extrémités) avait ouvert le chemin entre l'harmonicité des sons et cet ensemble élémentaire. Le nombre de battements par seconde de la corde, appelée sa fréquence fondamentale, détermine la hauteur de la note jouée. Si l'on contraint la corde à l'immobilité en un point précis, soit une fraction de sa longueur totale, la note obtenue est une harmonique. On attend des sons de l'harmonique et de la fréquence fondamentale un mariage heureux si tant est qu'on ait fractionné le monocorde en un ratio simple de sa longueur. Quant à l'harmonicité, le constat est d'une remarquable élégance : il semble que la concordance des sons de deux notes

soit liée au ratio de leurs fréquences. Plus ce dernier est simple, plus les deux notes sont en harmonie.

Bien évidemment, pour un mathématicien ou une mathématicienne, il est essentiel de concevoir une expression formelle, adéquate et exhaustive de cette simplicité. La recherche d'une telle définition se trouve alors au cœur de la théorie de l'harmonicité. Pour ne rien arranger, en pratique, un son musical se caractérise mieux par une combinaison spécifique de fréquences que par sa seule fondamentale. En conséquence, les chercheurs et les chercheuses sont contraintes à l'utilisation d'outils mathématiques beaucoup plus élaborés, issus de l'analyse, du traitement du signal et même des probabilités.



De l'harmonicité aux espaces harmoniques

Bien que les modèles décrivant l'harmonicité détiennent une valeur intrinsèque pour l'analyse musicale, cette notion peut servir de fondation à un édifice mathématique sensiblement plus élaboré. Depuis près de deux siècles, les algébristes et les géomètres se sont affairés à développer toute une panoplie de structures, d'«espaces» servant de scène au théâtre mathématique. Pour façonner l'un de ces espaces, il suffit de construire une fonction susceptible de se comporter comme une distance entre les éléments de l'ensemble à étudier (accords, notes, sons, etc). Si cette fonction vérifie un ensemble restreint de propriétés, alors elle dote ce dernier d'un arsenal d'outils mathématiques puissants et multiples. Chaque type d'espace répond à des problématiques spécifiques. Dans ce cas précis, il s'agit de bâtir un univers dans lequel chaque son fixé dans le temps a pour voisins ceux qui ont le plus d'affinités harmoniques avec lui. Dans cet univers particulier, il est possible de suivre les trajectoires des morceaux

musicaux, traçant les contours de leurs mouvements harmoniques et mélodiques. Les outils issus de l'analyse et de la géométrie sont alors d'une utilité certaine pour qualifier les moindres circonvolutions de ces courbes d'harmonie.

Que faire alors de ces structures alambiquées? Vers quelles sortes d'applications ces espaces harmoniques peuvent-ils mener? Outre la mesure quantitative brute au service de l'analyse musicale, l'idée qu'ils puissent intervenir comme pré-traitement de données en intelligence artificielle n'est pas particulièrement abstruse. Ces espaces, de par les relations qu'ils révèlent entre les sons, peuvent être d'une utilité certaine pour les algorithmes de composition automatique. Instruire la machine d'une manière de quantifier les affinités entre les sons, c'est aussi lui donner l'oreille qui lui permet de les comprendre. Pour tester la pertinence des modèles, ceux-ci sont confrontés à des tests psychoacoustiques perceptifs. Depuis 2020, plusieurs équipes de recherche à travers le monde travaillent à construire des espaces comparables de

manière expérimentale, utilisant des techniques héritées du traitement automatique du langage. Ce paradigme engendrerait aussi des applications au service de la création musicale elle-même, dans les algorithmes de modification de timbre, de correction de hauteur ou plus largement comme une manière pour les compositeurs et compositrices d'arpenter l'univers des sons de manière différente.

Une fois de plus, les mathématiques se font un terreau fertile, tant pour les théoriciennes et théoriciens que pour les praticiennes et praticiens de la musique. Chaque modèle mathématique est un pas de plus vers l'eldorado que représenterait une expression formelle des lois protéiformes de l'harmonie musicale. Dans l'air, la sensation particulière que le langage mathématique puisse héberger un dialecte nouveau, une manière fondamentale et féconde de parler d'harmonie. L'horizon des possibles est encore trouble, mais aux compositeurs et compositrices aventureuses, nul ne saurait dissimuler une telle carte, une boussole pour naviguer dans l'espace des sons.

RETOUR SUR LE CONGRÈS JUNIOR

Tout le comité d'organisation tient à remercier l'ensemble des participantes et participants pour la qualité remarquable de leurs présentations et le professionnalisme dont elles et ils ont fait preuve.

Félicitations particulières à toutes les étudiantes et tous les étudiants retenus:

LES SÉLECTIONS DU COMITÉ

Néva Béraud Peigné, Effets physiques et cognitifs d'un programme exergames immersifs et interactifs chez les personnes âgées, M2 Université Paris-Saclay, présentation individuelle orale

Lysa Dahmani, Couplage plasmonique photochromisme et optique non linéaire, M2 École normale supérieure Paris-Saclay, poster en individuel

Claire Delpuech et **Léa Tesson**, Vulgarisation et médiation scientifique sur le SARS-CoV-2, M1 Université Paris-Saclay, poster en groupe

Aka Doche, Étude de l'hydrodynamique de divers types de couscous dans un four tournant, M1 Université Paris-Saclay, présentation individuelle orale

Amélie Germond, Rôle de l'immunité innée dans la transgression de la barrière d'espèces par le SARS-CoV-2 et ses variants chez différentes espèces animales, 2^e année Ingénieur AgroParisTech, vidéo pré-enregistrée en individuel

Stelina Loiodice, **Mathieu Nairabeze** et **Eve Do Espirito Santo**, EndoSeek: mise en œuvre d'une cascade CRISPR/Cas, vers un nouveau test de diagnostic de l'endométrie, L3 Université Paris-Saclay, vidéo pré-enregistrée en groupe

Josué Moreau et **Léo Kulinski**, Modélisation de la jonglerie musicale, M2 École normale supérieure Paris-Saclay, Université Paris-Saclay, présentation orale en groupe

Nicolas Pereira Rolland, L'industrie brassicole en Lorraine à travers les épreuves de la reconstruction dans les années 1920, M2 Université d'Évry, poster en individuel

Audrey Pollien, Synthèse et caractérisation de boîtes quantiques de carbone par voie micro-onde, M1 Université Paris-Saclay et École normale supérieure Paris-Saclay, vidéo pré-enregistrée en individuel

LES COUPS DE CŒUR DU PUBLIC

Wassim Bourbia, Production d'hydrogène décarboné par conversion plasmique du méthane, M2 CentraleSupélec, présentation orale individuelle

Gaétan Ramona, **Sylvain Betoule**, **Éloé Dubus** et **Ayoub Traverson**, Tests d'identification de polymères du quotidien, M1 Université Paris-Saclay et École normale supérieure Paris-Saclay, vidéo pré-enregistrée en groupe

Adrien Specht, Plasma time: un test sanguin pour estimer l'horloge biologique centrale, M1 École normale supérieure Paris-Saclay, poster en individuel

PRIX SPÉCIAL « L3 OU ÉQUIVALENT »

Alexandre Bestandji, Musique et consonance: les mathématiques de l'harmonie, L3 Université Paris Saclay, présentation orale individuelle



Photo des participantes et participants, sélectionnés pour un prix, présents le jour du congrès

PLURIDISCIPLINAIRE DU 2 JUIN 2022

COMITÉ D'ORGANISATION DU CONGRÈS JUNIOR PLURIDISCIPLINAIRE 2022

Laure-Lise Chapellet (ENS Paris-Saclay, Chimie)
Responsable du projet Congrès Junior

Stéphanie Nowak (GS MRES)
Assistante du projet Congrès Junior

Sarah Cohen-Boulakia (Faculté des sciences d'Orsay,

Nathalie Corbalan (AgroParisTech, Direction de la recherche,
de l'innovation et du transfert technologique)

Bich-Liên Doan (CentraleSupélec, Informatique)

Keitaro Nakatani (ENS Paris-Saclay, Chimie)

Christine Duvaux-Ponter (AgroParisTech, Sciences animales
et Directrice des Formations Doctorales)
Directrice adjointe recherche de la GS

David Néron (ENS Paris-Saclay, Mécanique)

COMITÉ SCIENTIFIQUE DU CONGRÈS JUNIOR PLURIDISCIPLINAIRE 2022

Le comité scientifique est composé du comité d'organisation
et de représentantes et représentants nommés par
les autres Graduate Schools de l'Université Paris-Saclay.

Élodie Bethoux (GS Sociologie
et sciences politiques, UVSQ, Sociologie)

Maryse Bresson (GS Éducation,
Formation, Enseignement, UVSQ, Sociologie)

Sylvain Gautier (GS Santé Publique, UVSQ, Médecine)

Fabrice Gatuingt (GS Sciences de l'ingénierie et des systèmes,
ENS Paris-Saclay, Génie Civil)

Fabienne Goldfarb (Institut des Sciences et de la Lumière,
Université Paris-Saclay, Physique)

Stefan Haar (GS Informatique et sciences du numérique,
Inria/ENS Paris-Saclay, Informatique)

Isabelle Lampre (GS Chimie, Université Paris-Saclay, Chimie)

Éric Morel (GS Health and Drug Sciences,
Université Paris-Saclay, Pharmacie)

Pascale Rialland (GS Life Sciences and Health,
ENS Paris-Saclay, Biologie)

Claire Rogel-Gaillard (GS Biosphera,
INRAE, Génétique, Microbiote)

Michel Rumin (GS Mathématiques, Université Paris-Saclay,
Mathématiques)

Claire Thomas-Junius (GS Sport, Mouvement,
Facteurs Humains, Université d'Évry, Biologie)

Morgane Tirel (GS droit, Université Paris-Saclay, Droit privé)

Natalia Zugravu-Soilita (GS Économie & Management,
UVSQ, Sciences économiques)

Le comité souhaite également remercier tous
les spectateurs et spectatrices venus soutenir les
étudiantes et étudiants, et ainsi découvrir les thématiques
diverses et variées présentées, reflétant la richesse
de l'Université Paris-Saclay.

Un grand merci au pôle multimédia de l'ENS Paris-Saclay
et à l'équipe de réalisation qui ont fait un travail
fantastique afin de permettre la rediffusion en direct
des présentations dans les amphithéâtres et la réalisation
du film promotionnel.

Plus généralement, le comité remercie toutes les personnes
ayant contribué à l'organisation et au bon déroulement
de cette belle journée!