

#7 . 2017 / 05

U

le magazine de l'université de Bordeaux

LA CRISE DES RÉFUGIÉS,
DE QUOI PARLE-T-ON ?

LES SONDAGES
POLITIQUES
VALENT-ILS ENCORE
QUELQUE CHOSE ?

LA MISSION
CARAMBAR
SONDE LES
FONDS MARINS
DES BAHAMAS



L'aéronautique

une filière dans l'air du

temps





U #7

Antivol U

Avec plus de 200 km de pistes cyclables dans son agglomération, Bordeaux est devenu le royaume du vélo!

© Franck Tallon

Édito

L'Université doit aujourd'hui concilier deux objectifs essentiels à une formation académique de haut niveau : développer la recherche fondamentale, libre et indépendante, garante du progrès scientifique et donc du meilleur niveau de connaissances, et savoir répondre de manière adaptée aux besoins de la société et des entreprises en termes de métiers et d'innovation.

Relever ce défi suppose de faire des choix stratégiques. Le thème de ce numéro de U autour de l'aéronautique illustre l'un des axes stratégiques de développement pour l'université de Bordeaux. On connaît l'importance du secteur aéronautique et du spatial, civil et militaire, qui est l'un des tout premiers contributeurs au commerce extérieur français et emploie plus de 350 000 personnes dans le pays. Bordeaux et sa région contribuent à ce leadership international, avec le premier bassin d'emploi européen dans

le domaine et 630 entreprises spécialisées, dont les principaux grands groupes de l'aéronautique adossés à un vaste réseau de sous-traitants constitué de PME/PMI sources de création d'emplois et gage de vitalisation de nos territoires.

L'université de Bordeaux a progressivement installé des compétences en termes de recherche et de formation au service de cet environnement. C'est le cas de notre institut de maintenance aéronautique (IMA) qui forme aux métiers techniques et d'ingénierie nécessaires à la gestion du cycle de vie des systèmes aéronautiques. C'est le cas de plusieurs grands laboratoires qui mènent une recherche de pointe dans le domaine de l'informatique, de la microélectronique, ou des matériaux et représentent un précieux vivier d'innovation. C'est aussi le cas de la plateforme de formation continue mise en place dans le cadre de l'initiative d'excellence qui répond aux besoins des industriels au plan national et international. Afin d'anticiper les besoins à venir du marché de l'emploi



© O. Got, université de Bordeaux

Manuel Tunon de Lara
Président de l'université de Bordeaux

dans ce secteur très demandeur et de mieux se positionner au plan international, l'université de Bordeaux va regrouper et développer ses compétences au sein de ce qui pourrait préfigurer un institut de l'aéronautique et de l'espace, en partenariat avec les écoles d'ingénieur et les industriels régionaux et nationaux du domaine. S'appuyant sur la plateforme aéroportuaire, ce nouvel institut proposera des formations de bachelor, de master et de nouveaux cursus d'ingénieur. L'offre de formation initiale et continue fera une place importante à l'alternance et s'appuiera sur une nouvelle génération de dispositifs pédagogiques ; elle sera adossée aux activités de recherche mutualisées dans le domaine et menées en collaboration avec les universités étrangères partenaires de ce nouvel institut.

Ce défi, relevé collectivement, devrait nous permettre d'amener l'université de Bordeaux à occuper une place de leader européen, à la hauteur de la position des entreprises françaises de l'aéronautique et du spatial.

Sommaire



ÊTRE PAGE 3

- 4 Crise des réfugiés, de quoi parle-t-on ?
- 6 Émile Peynaud ou le goût du vin
- 8 Reiko Oda, femme aux cent visages

L'ÂÉRONAUTIQUE UNE FILIÈRE DANS L'AIR DU TEMPS PAGE 10

- 13 L'homme à la conquête de l'air
- 16 Voler en toute sécurité
- 20 Le droit aérien, une spécialité bordelaise
- 22 Industrie aéronautique et de défense en France, quels enjeux pour demain ?
- 24 5 innovations bordelaises de haut vol
- 28 Les *low cost* à tire d'aile



COMPRENDRE PAGE 31

- 32 Banc d'Arguin : quand le vent et les courants mettent leur grain de sable
- 34 La mission Carambar sonde les fonds marins des Bahamas
- 38 Le corps humain sous toutes les gravités
- 40 Les sondages politiques valent-ils encore quelque chose ?



ÉCHANGER PAGE 43

- 44 L'innovation œnologique, du labo aux chais
- 47 La Chine, *the place to be*
- 48 Quand biodiversité rime avec université

U, le magazine de l'université de Bordeaux #7 - mai 2017

Abonnement gratuit, écrire à u-magazine@u-bordeaux.fr

Éditeur : université de Bordeaux,
351 cours de la libération 33405 Talence Cedex

Directeur de la publication : Manuel Tunon de Lara, président

Direction de la rédaction : Annabelle Ouvrard-Milon,
directrice de la communication

Rédactrice en chef : Stéphanie Béraud-Sudreau

Rédactrice en chef adjointe : Delphine Charles

Comité éditorial : Pierre Dos Santos, Hèleène Jacquet, Vanessa Oltra, Éric Papon, Olivier Pujolar, Sandrine Rui, Manuel Tunon de Lara

Rédacteurs : Stéphanie Béraud-Sudreau, Delphine Charles, Yoann Frontout, Luc Robène, Anne-Marie Tournepiche, Julia Zimmerlich

Maquette et illustrations : Sylvie Dubroca, Katia Justin, Jacques Machemy, Anne Tsvétoukhine

Photos : Hugues Bretheau, SAM, université de Bordeaux, sauf mention contraire

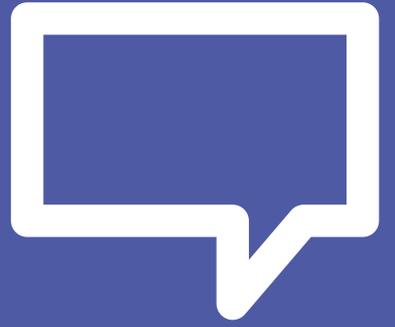
Imprimeur : Sodal Langon

Certifié PEFC
(imprimé avec des encres végétales)

ISSN 2418-1897 - Dépôt légal à parution

Retrouvez les numéros de U sur
u-bordeaux.fr/U-magazine





ÊTRE

4

Crise des réfugiés,
de quoi parle-t-on ?

6

Émile Peynaud
ou le goût du vin

8

Reiko Oda,
femme aux cent visages

Crise des réfugiés, de quoi parle-t-on ?



Par Anne-Marie Tournepiche, professeur de droit public à l'université de Bordeaux, membre du Centre de recherche et documentation européennes internationales (CRDEI) et du Centre d'excellence Jean Monnet d'Aquitaine.

Malgré une diminution du nombre de demandes d'asile en début d'année 2016, l'Union européenne reste confrontée à une crise migratoire sans précédent. Les États membres peinent à trouver des réponses adaptées aux demandeurs de protection et aux drames qui se succèdent en Méditerranée. Décryptage par Anne-Marie Tournepiche.

« Migrant », « réfugié », « demandeur d'asile ». Ces termes sont parfois utilisés de façon synonymique, alors qu'ils ont un sens qui leur est propre et qu'il est essentiel de bien distinguer. Un migrant peut se définir comme une personne qui choisit de quitter son pays d'origine pour des raisons qui peuvent être diverses (études, travail, regroupement familial, meilleures conditions de vie...). Un réfugié fuit son pays d'origine car il craint « avec raison d'être persécuté du fait de sa race, de sa religion, de sa nationalité, de son appartenance à un certain groupe social ou de ses opinions politiques » (article 1^{er} de la Convention de

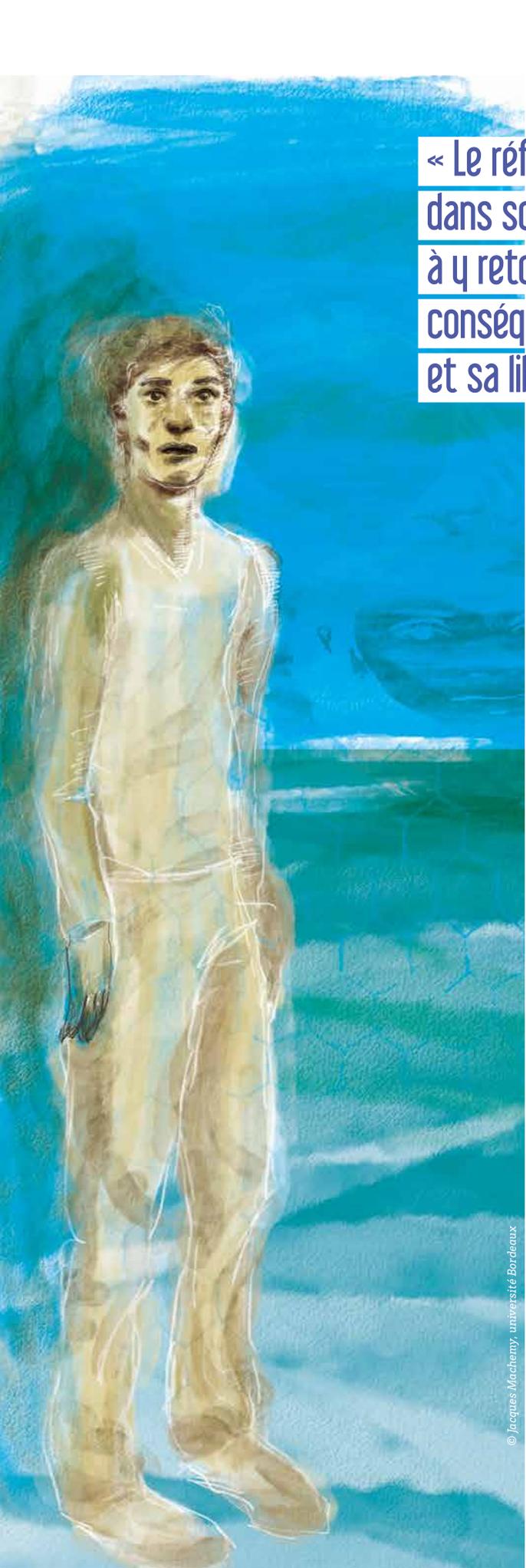
Genève du 28 juillet 1951). Le réfugié n'est donc plus en sécurité dans son pays et le contraindre à y retourner aurait de graves conséquences sur sa vie et sa liberté. Ainsi, la spécificité de la situation des réfugiés explique qu'une protection particulière leur soit accordée. La Convention de Genève du 28 juillet 1951 relative au statut des réfugiés constitue aujourd'hui encore le socle de leur protection internationale, dont les principes sont repris tant dans le droit européen que dans les droits internes des États membres. Ce texte donne ainsi une définition du réfugié, énonce les droits fondamentaux que l'état d'accueil devrait leur garantir et pose le principe de non-refoulement selon lequel un réfugié ne peut pas être renvoyé



conventiondegeneve.refugies.u-bordeaux.fr

La Convention de Genève a fait l'objet d'un travail de recherche mené par les enseignants-chercheurs et doctorants du CRDEI, qui a notamment abouti

à l'élaboration d'un site internet consacré à un commentaire, article par article, du texte et à l'élaboration d'une importante base de données.



« Le réfugié n'est plus en sécurité dans son pays et le contraindre à y retourner aurait de graves conséquences sur sa vie et sa liberté. »

dans un pays dans lequel sa vie ou sa liberté serait menacée. Le demandeur d'asile est celui qui demande à obtenir le statut de réfugié, mais dont la demande n'a pas encore fait l'objet d'une décision définitive.

Ainsi, le réfugié est un migrant, mais un migrant ne se verra pas forcément reconnaître le statut de réfugié et la protection que ce statut entraîne. Les états sont liés par le droit international et européen dans le domaine de l'asile, tandis qu'ils restent libres de gérer les flux des autres migrants par leurs propres politiques nationales d'immigration.

Perspectives incertaines

L'Union européenne peine à trouver des solutions efficaces à la crise migratoire. Elle est confrontée à des positions divergentes entre ses États membres qui soit n'ont pas la volonté (Pologne, Hongrie...) ou alors, s'ils l'ont, se retrouvent isolés (Allemagne), soit n'ont pas la capacité (Grèce, Italie) de gérer efficacement l'afflux des migrants et réfugiés. Ainsi, malgré l'accord des chefs d'États européens à l'automne 2015 sur un plan de relocalisation depuis la Grèce et l'Italie de 160 000 personnes ayant manifestement besoin de protection, à peine 7 000 ont effectivement été relocalisées dans les différents États membres.

L'échec de ce plan de relocalisation montre que ce n'est pas

en se fondant sur la solidarité, mais sur la sécurité que l'Union européenne a proposé des solutions consensuelles, par un renforcement du contrôle aux frontières extérieures de l'Union et la mise en place d'un corps européen de gardes-côtes et de gardes-frontières.

Parallèlement, les États membres se sont appuyés sur des États tiers afin de trouver des solutions permettant de réduire les flux migratoires à destination de l'Union européenne, comme en témoigne l'accord controversé conclu en mars 2016 entre l'Union européenne et la Turquie. Si cet accord a effectivement eu pour conséquence une nette diminution des arrivées en Grèce depuis la Turquie, il a déplacé le problème car contraint les demandeurs d'asile à emprunter une autre route migratoire, celle de la Méditerranée centrale. Cette route, très dangereuse, a entraîné une forte recrudescence des naufrages, avec des décès en mer qui ont dépassé le triste nombre record de 5 000 en 2016.

L'avenir dira si l'Union européenne et ses États auront, dans un contexte international de plus en plus incertain, la capacité de gérer l'évolution de cette crise sans perdre de vue les principes de solidarité, de respect de la dignité humaine et des droits fondamentaux. ■

Émile Peynaud ou le goût du vin



© DR

Portrait d'un œnologue qui a marqué l'histoire de cette science à l'université de Bordeaux, dans le Bordelais et au-delà, dans le monde des amateurs et professionnels du vin. Sans modération.

Le goût du vin. Nulle autre expression n'a été aussi seyante et opportune pour évoquer Émile Peynaud, cet œnologue et chercheur bordelais. Qualifié tour à tour de « père de l'œnologie moderne » ou presque simplement de « maître ». Considéré comme celui qui a révolutionné les techniques de vinification d'après-guerre plus particulièrement dans le Bordelais, et dont certains évoquent qu'il y aura eu « un avant et un après » lui. Voici çà et là ce qu'on peut lire sur lui. Rien de moins que cela. Émile Peynaud et *Le goût du vin*, c'est d'abord la dégustation. Il en

a expliqué tous les contours dans cet ouvrage qu'il dit avoir « écrit en pensant à tous ceux qui s'intéressent au vin, au vin de qualité s'entend, et qui, au-delà de la gorgée avalée, s'interrogent sur les mystères de son goût et sur la signification de boire ». D'ailleurs sous-titré « le grand livre de la dégustation », il en est à sa 5^e édition depuis 1980. Pour Gilles de Revel, directeur adjoint et responsable des formations de l'Institut des sciences de la vigne et du vin (ISVV), « le travail d'Émile Peynaud est le squelette de nos enseignements, on s'en inspire fortement ». D'ailleurs si ses étudiants n'ont pas encore acquis *Le goût du vin* leur premier jour de cours, il n'est pas concevable qu'ils ne l'aient pas dès le deuxième. Émile Peynaud et le goût du vin, c'est aussi celui de la transmission. Dans ses nombreux ouvrages, certains traduits en an-

glais, italien, allemand : *Connaître et faire du vin, Le vin et les jours...* Le vocabulaire juste, un style quasi-poétique quand il évoque qu'« on ne boit pas de vin par besoin, mais pour la satisfaction », pour « apaiser une soif gourmande ». D'ailleurs Bernard Pivot ne s'y trompera pas et le fera venir plusieurs fois sur le plateau de son émission de télévision littéraire *Apostrophes*. Jean-Claude Berrouet, autre œnologue reconnu qui œuvra au Château Pétrus avant sa retraite, a eu le plaisir d'avoir Émile Peynaud comme professeur au début des années 60. « C'était c Émile Peynaud et le goût du vin, c'est une histoire qui ne serait pas sans Jean Ribéreau-Gayon et dont les origines remontent... à Pasteur. En effet, avant de découvrir le vaccin contre la rage, le chimiste français a, en son temps, révolutionné la viticulture par ses études sur la fermentation. Il

eût pour élève un certain Ulysse Gayon (1845-1929), à l'origine de la bouillie bordelaise et qui dirigea la Station agronomique et œnologique à Bordeaux. Son petit-fils Jean, ingénieur chimiste, fut embauché dans les années 1920 par la société Calvet, une importante maison de négoce de vins à Bordeaux, à une époque où les scientifiques étaient peu présents auprès des employés du chai.

« **Le raisin ne fait pas tout le vin** ».

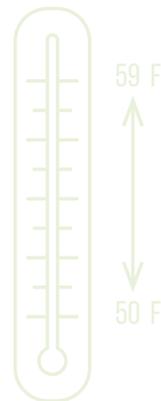
La suite, Pascal Ribéreau-Gayon la raconte dans *L'histoire de l'œnologie à Bordeaux, de Louis Pasteur à nos jours* (Dunod, 2011). « Quelques années après l'arrivée de Jean Ribéreau-Gayon dans la Maison Calvet, compte tenu de l'importance des résultats obtenus par le directeur du laboratoire, la société accepta de mettre à sa disposition un jeune apprenti pour le décharger des tâches

journalières (...). Ce jeune apprenti s'appelait Émile Peynaud, il avait 15 ans et pour tout diplôme le certificat d'études. Toute sa formation allait se faire au contact de Jean Ribéreau-Gayon qui lui apprit en particulier les sciences et leurs applications au vin. » Rapidement, Émile Peynaud a commencé à faire de la recherche, jusqu'à obtenir le diplôme d'ingénieur-docteur. En 1947, il suit Jean Ribéreau-Gayon alors directeur de la Station agronomique et œnologique, qui deviendra l'Institut du vin, rattaché à l'université et plus tard l'ISVV. Émile Peynaud y devient chef du service des recherches et y poursuit une carrière d'enseignant et de chercheur.

Émile Peynaud et le goût du vin, c'est enfin celui qu'il a partagé avec les gens du cru. « C'est l'homme qui a introduit la science œnologique dans la propriété viticole, il a ouvert des portes sous la dominance du maître de chai et a modernisé l'élaboration du vin »

conclut Jean-Claude Berrouet. (Re)connu internationalement, il aurait conseillé près de 800 châteaux, notamment dans le Bordelais, et ce jusqu'à la fin de sa vie.

Émile Peynaud a-t-il changé le goût du vin? Non, pour Jean-Claude Berrouet, « il l'a anobli, il a changé les habitudes de vinification pour faire exprimer sa partie la plus fine ». Pour Gilles de Revel, il faut retenir que « le raisin ne fait pas tout le vin. Émile Peynaud a contribué par cette idée qu'on ne devait pas tout extraire, qu'il fallait utiliser dans la pratique œnologique des méthodes plus douces ». À sa mort en 2004, le *New York Times* évoquera un œnologue qui a transformé la façon de faire le vin... et de l'apprécier. ■ DC



« Le vin est un produit d'interrelations complexes : de la nature, des hommes, d'un site et d'une société, d'une écologie et d'une civilisation. Aussi n'est-il pas étonnant qu'il soit varié à l'infini. »

Émile Peynaud. *Le goût du vin*, Dunod (1980)

En quelques dates

- ▶ **29 juin 1912**
Naissance à Madiran (Gers)
- ▶ **1927**
Entrée dans la Maison Calvet, négociants de vin à Bordeaux
- ▶ **1946**
Soutenance d'une thèse d'ingénieur-docteur intitulée *Contribution à l'étude biochimique de la maturation du raisin et de la composition du vin*
- ▶ **21 au 25 juin 1977**
3^e symposium international d'œnologie au cours duquel fut commémoré le jubilé de la collaboration entre Jean Ribéreau-Gayon et Émile Peynaud
- ▶ **18 juillet 2004**
Décès à Talence (Gironde)



Une physicienne américano-japonaise dans un institut de chimie, à Bordeaux. Surprenant ? De l'étude des bulles de savon à la création d'un laboratoire international, Reiko Oda trace sa route et... déroute !



Reiko Oda femme aux 100 visages

microscopique, le nanométrique. Dans son bureau, parmi cinq ou six hiboux de bois, des sorcières suspendues, des livres et des photos de famille, trône la reproduction d'une molécule. Ses recherches sont axées sur les assemblages des molécules de savon, notamment sous formes d'hélices. Les molécules n'ont pas toutes la même structure : en jouant sur la proportion d'un type ou d'un autre dans un mélange, on change leur façon de s'agréger : le pas de l'hélice, ou son sens de rotation, varie. « C'est comme faire un mélange sucré salé : si on met plus de sel, on change le goût » explique de façon imagée Reiko Oda. L'intérêt pour ce cordon-bleu du vivant ? Non pas rendre notre peau plus douce mais comprendre les mécanismes en jeu. « Je suis toujours poussée par cette curiosité du pourquoi », glisse la scientifique.

Articles scientifiques et tribunes féministes, piano (beaucoup), escrime (un peu), théâtre et équitation, photo, rando, ping-pong, tir au pistolet ou concerts symphoniques... la liste des activités d'un centre de vacances ? Que nenni : l'éventail - non exhaustif ! - des passions d'une ingénieure touche-à-tout. Aujourd'hui chef d'équipe et directrice de recherche à l'institut de Chimie et biologie des membranes et des nano-objets (CBMN)¹ à Bordeaux, cette spécialiste du savon n'est pas du genre à buller. Au contraire, que n'a-t-elle pas fait ?

De source sûre, Reiko Oda n'est pas partie sur la Lune.

Si son père était astrophysicien, ce n'est pas l'infiniment grand qui l'a fascinée mais le minuscule, le

Reiko Oda et son équipe n'ont pas - encore ? - inventé la Pierre philosophale.

Mais recherche fondamentale et appliquée font bon ménage et leurs travaux participent, entre autres, à créer la cape d'invisibilité. On peut en effet réaliser des matériaux avec de nouvelles fonctions en se basant sur les hélices de savon. Avec du silicat et de l'or, les scientifiques cherchent ainsi à empêcher la lumière d'interagir avec de petits objets. D'autres travaux sont liés aux écrans tactiles et 3D ou encore à la synthèse de médicaments. Des recherches qui rassemblent et confrontent des scientifiques

du monde entier. « C'est comme dans une relation frère-sœur, on se stimule mutuellement » compare Reiko Oda.

Reiko Oda n'a pas fait le tour du monde.

Elle s'est en revanche nourrie de plusieurs cultures. Née à Boston, elle fait ses premiers pas à Tokyo, d'où sont originaires ses parents. Elle y grandit en se passionnant pêle-mêle pour le piano, la littérature, l'équitation et les sciences. *Am stram gram*: c'est la physique qu'elle choisit et qu'elle apprend en licence avant d'échouer à l'examen d'entrée en master. Pas d'abandon mais un aller simple pour Boston au prestigieux MIT². S'ensuit une vie tambour battant, entre une thèse sur les propriétés des bulles de savon et nombre d'activités culturelles comme sportives. Elle allonge notamment la foulée au célèbre marathon de la ville!

Reiko Oda n'a jamais joué Blanche-Neige.

Mais le nain Simplet, dans une adaptation théâtrale en français dont elle ne comprenait un traître mot. Elle a découvert en effet la langue de Molière avant même de l'apprendre, dans le club d'art dramatique de son lycée. L'histoire de France, elle la croque quant à elle via Shakespeare. Résultat: « si j'adorais les rois d'Angleterre, à mes yeux Jeanne d'Arc était un méchant » confesse-t-elle. C'est avec ce bagage, petit mais cocasse, qu'elle gagne en 1994 la France pour un post-doctorat au laboratoire des polymères et tensio-actifs de Strasbourg. Quatre ans après, elle intègre l'Institut européen de chimie et biologie³, puis le CBMN et s'installe à Bordeaux. « Entre l'Alsace et l'Aquitaine, ce sont deux cultures dif-

férentes! L'une a le vin blanc, l'autre le vin rouge » souligne l'apprentie œnophile, qui arpente volontiers les châteaux comme les sentiers de haute montagne.

Reiko Oda n'a pas gravi l'Everest.

Le Fuji Yama, si. Elle garde un lien étroit avec le Japon où elle emmène souvent ses deux enfants. Un besoin de coupler les cultures qui l'entraîne à monter en 2015 un Laboratoire international associé sur des nanostructures chirales pour des applications en photonique⁴, associant une vingtaine de groupes de chercheurs japonais et français. Elle œuvre aujourd'hui à son développement tout en mettant en place des cotutelles pour les doctorants. Celles-ci permettront aux étudiants de réaliser leur thèse à la fois dans les universités de Kyoto ou Kumamoto et à l'université de Bordeaux.

Aujourd'hui à la tête d'une équipe d'une dizaine de chercheurs, majoritairement des femmes, Reiko Oda a un parcours exemplaire, un véritable modèle de réussite pour les Japonais. Consciente de l'image qu'elle porte, elle milite pour la place des femmes dans la société en réalisant des articles ou en tenant des conférences pour des universités. « Au Japon beaucoup de femmes mettent un terme à leur carrière professionnelle quand elles deviennent mères. Il est par exemple bien plus difficile d'avoir accès aux crèches ou de faire appel à une nourrice » explique Reiko Oda. Un constat qui sonne comme un combat pour cette *self-made-woman* engagée. ■ YF

¹ Unité de recherche CNRS, Bordeaux INP et université de Bordeaux

² Massachusetts Institute of technology

³ Unité de recherche CNRS, Inserm et université de Bordeaux

⁴ LIA CNPA, Chiral Nanostructures for Photonic Applications, unité de recherche CNRS, Bordeaux INP et universités de Bordeaux, Kumamoto et Kyoto

« Je suis toujours
poussée par cette
curiosité du pourquoi. »





*L'aéronautique
une filière dans
l'air du temps*



Un avion décolle toutes les secondes dans le monde. Des avions de plus en plus nombreux. Encore plus grands, plus confortables, moins bruyants et plus rentables. Toujours plus innovants et de moins en moins polluants. De plus en plus performants. Encore plus fiables. Voler toujours plus loin, plus haut, plus vite...
Véritable fleuron de l'économie nationale, l'industrie aéronautique, spatiale, de défense et

sécurité, participe largement à la richesse de la France et à son rayonnement dans le monde. Une industrie toujours plus dynamique et compétitive marquée par une exigence continue d'innovations et de progrès technologiques. Une industrie complète maîtrisant l'ensemble des compétences nécessaires, de la conception à la construction d'un aéronef et à l'équipement complet d'un programme civil ou militaire.

Suite page 12 →

Suite de la page 11 ↓

Une industrie duale donc, et dont certains des leaders mondiaux sont basés dans le Sud-Ouest, depuis que, pendant la première guerre mondiale, il fallait préserver le potentiel militaire le plus loin possible des frontières ennemies situées à l'Est. Camouflées par les pins majestueux de la forêt des Landes, les activités militaires pouvaient ainsi se développer à l'abri de l'adversaire... Au fil des années et des progrès, cette industrie s'est étoffée, européanisée et largement mondialisée mais reste une pépite dans cette région, vivier historique d'entreprises clés de la filière. Un écosystème dans lequel les industriels petits et grands, privés ou étatisés, constructeurs, équipementiers ou sous-traitants... travaillent en lien étroit avec les armées, les services techniques de la Défense, les acteurs de la société civile mais aussi de la recherche et de la formation. Le site universitaire bordelais est en effet un partenaire

essentiel et se trouve au cœur d'un fort réseau de collaborations scientifiques, sources d'innovations et d'avancées technologiques de premier plan. Par ailleurs, les formations universitaires sont conçues en parfaite adéquation avec les besoins et les attentes de tous les acteurs de la filière mais apportent également à l'ensemble des citoyens, jeunes et moins jeunes, étudiants, chercheurs, professionnels civils ou militaires, une connaissance plus approfondie et une meilleure compréhension des problématiques liées à la sécurité et à la défense, sujet crucial en ces temps troublés.

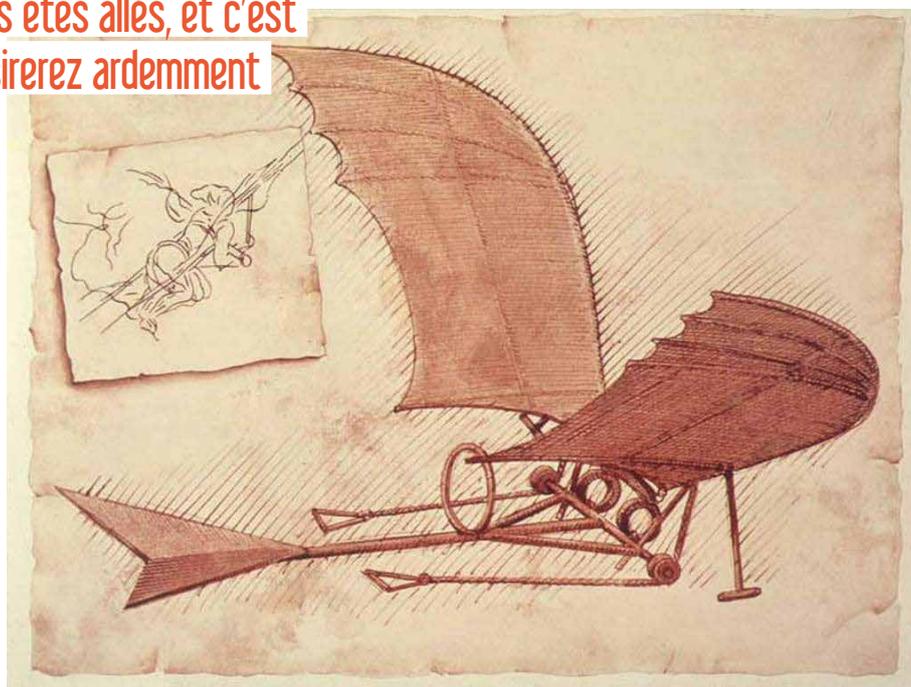
De l'évolution de l'aviation à celle du droit aérien, des problématiques liées à la défense et à la sécurité, aux dernières innovations, de l'essor économique des compagnies à bas coût (*low cost*) aux opérations vitales mais méconnues liées à la gestion du cycle de vie d'un aéronef, embarquement à la découverte de quelques-uns des grands enjeux de la filière aéronautique.

Le capitaine et son équipage vous souhaitent la bienvenue à bord de U. ■ SBS

« Une fois que vous aurez goûté au vol, vous marcherez à jamais les yeux tournés vers le ciel, car c'est là que vous êtes allés, et c'est là que toujours vous désirez ardemment retourner. »

Léonard de Vinci (1452-1519)

Machine volante conçue par Léonard de Vinci en 1485. ▶



© Léonard de Vinci



Carte blanche
à **Luc Robène**, historien,
professeur en sciences de
l'éducation à l'université
de Bordeaux et auteur de
L'homme à la conquête de l'air.
Des aristocrates éclairés aux
sportifs bourgeois.
1783-1918, 2 t. Paris,
L'Harmattan, 1998.

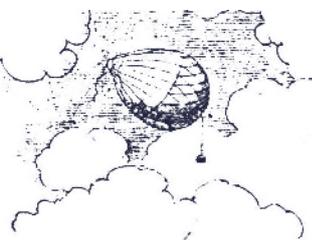


L'homme à la conquête de l'air

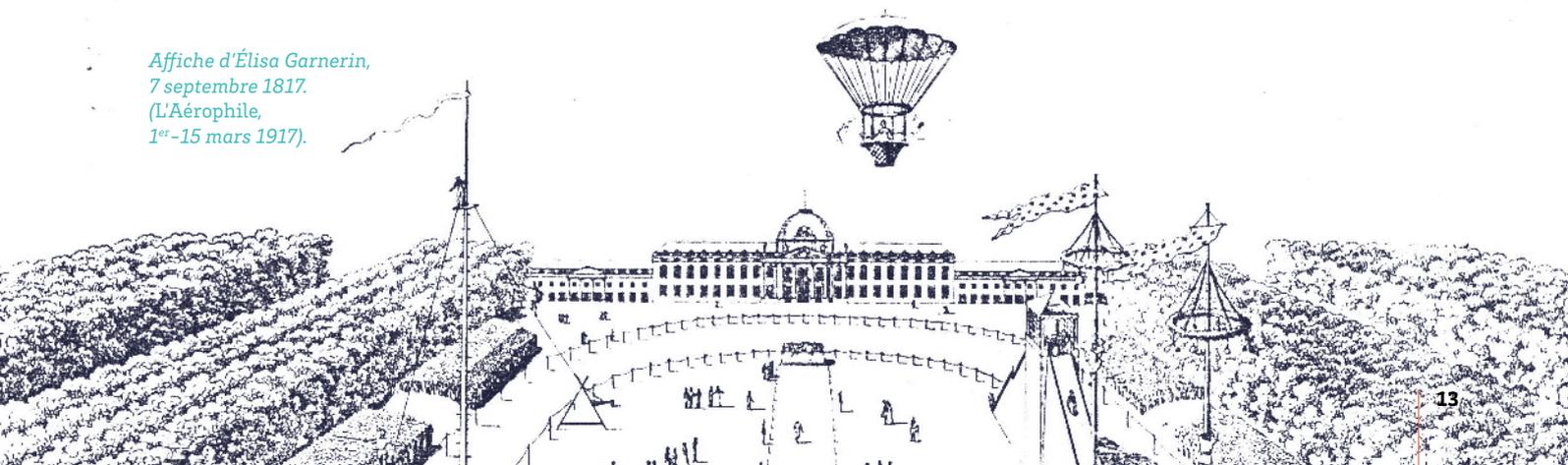
21 novembre 1783, Jean-François Pilâtre de Rozier et le marquis d'Arlandes stupéfient les Parisiens en accomplissant le premier vol humain de l'histoire à bord d'une « montgolfière », une machine volante utilisant les propriétés de l'air chaud, imaginée et mise au point de manière empirique par deux industriels ardéchois, Étienne et Joseph Montgolfier. Quelques jours plus tard, le 1^{er} décembre 1783, le physicien Jacques Charles renouvelle l'expérience en décollant des Tuileries à bord d'un ballon gonflé d' « air inflammable » (hydrogène). Échappant aux pures spéculations, la conquête de l'air, saisie au croisement de l'innovation technique et de la révolution scientifique, devient réalité. Le succès est immense.

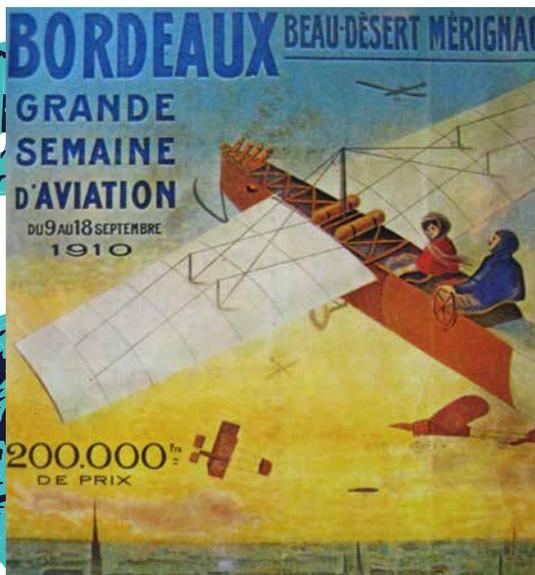
Expérimenter

Immédiatement, les esprits éclairés se piquent de reproduire l'expérience. Localement, les sociétés savantes comme le Musée de Bordeaux encouragent ces initiatives qui permettent dans un premier temps de voir s'élever de petits ballons gonflés d'air chaud. Au cours de l'hiver 1784, l'Académie des sciences de Bordeaux participe généreusement à la souscription pour « L'expérience sans feu du globe aérostatique » lancée par l'un de ses membres, le « chymiste » et futur apothicaire Jean-André Cazalet. Plusieurs fois remise, celle-ci s'achève au mois d'août 1784 sur un semi-échec. Le ballon imparfaitement gonflé d'hydrogène s'élève pénible-



Affiche d'Élisa Garnerin,
7 septembre 1817.
(L'Aérophile,
1^{er} - 15 mars 1917).





◀ À gauche :
La grande
semaine
d'aviation de
Bordeaux en
septembre 1910.
(Coll. René
Lemaire).

À droite :
Potez 19 dans
le ciel de Pau,
vers 1925
(Coll. auteur).

ment depuis la place d'armes du château Trompette, sans son pilote qui a préféré prudemment battre en retraite. La déconvenue de l'académicien est d'autant plus grande qu'entre-temps, le 16 juin 1784, trois jeunes amateurs éclairés, Antoine Darbelet, Alexandre Desgranges et Jean Chalifour, se sont envolés victorieusement à partir de la cour de l'Hôpital de la Manufacture « aux acclamations de toute la ville de Bordeaux qui était présente à ce spectacle ». Leur montgolfière qui atteint l'altitude de 800 toises (environ 1500 m) est aperçue jusqu'à Macau, Castres et Saint-Émilien.

La dimension spectaculaire de ces expériences et les rassemblements formidables qu'elle génère, parfois de manière dramatique, à l'image des émeutes violentes qui assombrissent les essais infructueux du docteur Antoine de Grassi et de son ballon « le Bordelois », au Jardin royal (Jardin public), préfigure le deuxième âge de cette conquête, celui du divertissement.

La naissance d'un spectacle

Certes, l'utilisation de ballons captifs durant les guerres révolutionnaires et les analyses scientifiques réalisées en 1804 par Biot et Gay-Lussac en haute altitude ont permis d'entrevoir le potentiel des aérostats. Mais la difficulté à rendre dirigeables les ballons et, *a contrario*, l'immense succès populaire des ascensions, participent à transformer l'invention en instrument de spectacle. Dès le début du XIX^e siècle, des aéronautes sillonnent le pays, puis l'Europe, jusqu'au Nouveau Monde, proposant contre rémunération des spectacles aériens de plus en plus audacieux dans lesquels le risque sert d'argument de vente. Les femmes, jusqu'alors peu présentes, acquièrent dans cette professionnalisation du vol humain une visibilité croissante. Madame Blanchard se spécialise dans les ascensions illumini-

nées et les feux d'artifice tirés depuis la nacelle de son ballon. Élisa Garnerin « l'Aéroporiste » choisit quant à elle le saut dans le vide... Le poète gascon Meste Verdié a célébré en vers l'exploit inouï de la « Juné veauté » venue en 1818 faire trembler les Bordelais lors de sa onzième ascension avec la terrifiante descente en parachute. Une émule bordelaise, Mademoiselle Nancy, actrice au grand Théâtre de Bordeaux, reproduit cette expérience avec succès. Mais le temps se charge de renouveler les exigences du public. Il faut à Louise Poitevin bien du courage pour sidérer les Bordelais en s'élevant dans les airs en 1852, juchée sur un cheval, puis sur un taureau.

Mise en réseau des compétences aéronautiques

Au milieu du XIX^e siècle, les premiers essais de moteur à vapeur appliqués aux projets de ballons dirigeables (Giffard), la relance des ascensions à vocation scientifique et la création de sociétés savantes entièrement consacrées aux développements « positifs et utiles » de la navigation aérienne, témoignent des changements qui marquent les horizons d'attente de l'aéronautique. La guerre de 1870 et l'épisode des ballons du siège de Paris, renforcent cette orientation utilitariste qui trouve matière à s'épanouir dans les activités de la Société française de navigation aérienne. Cette puissante société qui regroupe des savants, des ingénieurs, des publicistes, quelques hommes d'État et capitaines d'industrie, publie une revue spécialisée, analyse et critique les travaux produits dans le domaine du vol humain, lance des programmes d'expérimentation, développe une école pratique d'aérostation. Paul Bert qui en devient président en 1875 s'adosse à ce réseau pour faire le lien entre ses expériences en laboratoire et les phénomènes d'hypoxie en haute altitude. Symétriquement, des groupements poursuivant les mêmes objectifs scientifiques et patriotiques s'organisent au niveau local, à l'image de la Société aérostatique de Bordeaux. Créée au milieu des années 1880, la société bordelaise multiplie les ascensions savantes, les démonstrations et manœuvres aérostatiques, les

expositions photographiques et les conférences. Ce mouvement préfigure l'organisation des premières « Leçons sur la navigation aérienne » données par le professeur Louis Marchis à la Faculté des sciences de l'université de Bordeaux (1903-1904).

Les « sports de l'air »

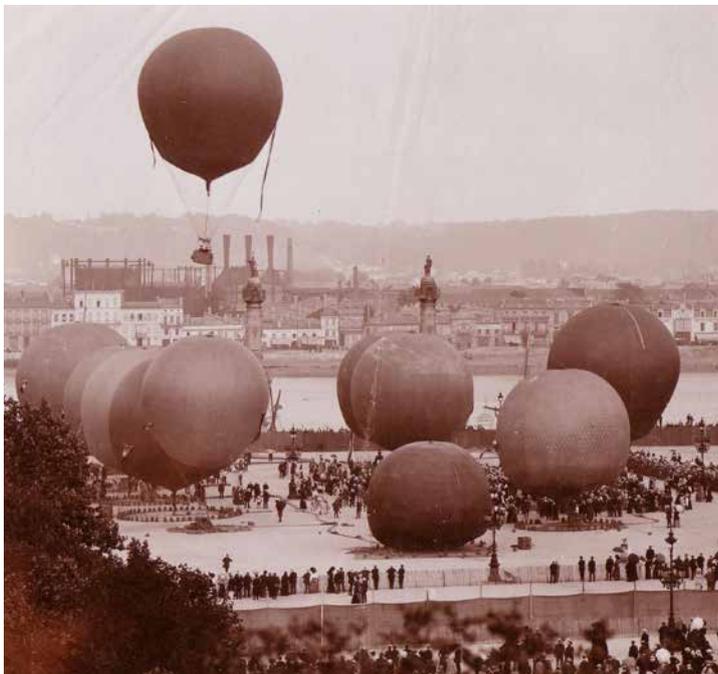
Alors que l'électricité, puis le moteur à explosion fournissent les forces motrices nécessaires à la réalisation des premiers ballons dirigeables, ouvrant concurremment sur la naissance du plus lourd que l'air et sur l'invention de l'aéroplane, la navigation aérienne intègre dès la fin du XIX^e siècle le domaine du sport moderne. La naissance de l'Aéro-Club de France en 1898, marque institutionnellement ce changement. Sous son impulsion sont organisées les premières compétitions en ballon, et sont bientôt créés les premiers prix destinés à dynamiser l'essor du dirigeable et de l'aviation. En 1908, le Français Henry Farman réalise le premier virage à bord d'un aéroplane. Les frères Wright, dont les premiers exploits avioniques réalisés aux États-Unis à partir de 1903 étaient restés secrets, rendent publiques leurs performances. Wilbur Wright vient en France présenter leur *Flyer*, et s'adjuge une série de records (distance, durée). Dès 1909, Louis Blériot survole la Manche, remportant les 25 000 francs-offerts par le *Daily Mail* pour la première traversée du *Channel* en aéroplane. Des meetings d'aviation parés de prix extraordinaires se succèdent en France et dans diverses villes du monde. À Bordeaux, où les élites de la ville emmenées par l'ar-

chitecte et aéronaute Cyprien Alfred-Duprat créent l'Aéro-Club Bordelais (1903), puis le puissant Aéro-Club du Sud-Ouest (1905), on rêve d'une semaine d'aviation. Organisée au mois de septembre 1910, sur le terrain de Mérignac Beau-Désert, non loin de l'actuel aéroport, cette manifestation qui accueille le président de la République Armand Fallières connaît un immense succès.

Loin du front

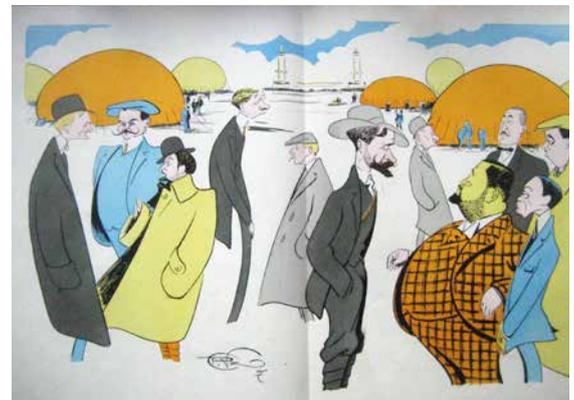
Si Roland Garros franchit la Méditerranée en 1913, achevant d'éprouver dans ce défi sportif la fiabilité des aéroplanes, le déclenchement de la guerre à l'été 1914 donne aux hommes et aux machines une occasion sans précédent de mesurer dramatiquement les effets du progrès technique. Dès lors, le Sud-Ouest s'apprête à accueillir, loin du front, les premières écoles militaires (Pau, Cazaux). Déjà, à Bordeaux, les premières industries aéronautiques (Établissements De Marcey, Blériot, Motobloc, Nieuport, puis Dyle et Bacalan), bénéficiant d'une main-d'œuvre locale dont les savoirs pratiques et les techniques acquis dans le domaine maritime s'adaptent bien aux exigences de l'aviation, préfigurent les futurs succès de Dassault et des sociétés de construction et d'équipements aéronautiques implantées au cours du XX^e siècle dans la région bordelaise. ■

La navigation aérienne intègre dès la fin du XIX^e siècle le domaine du sport moderne.



◀ *Concours de ballons au départ de la place des Quinconces, à Bordeaux. 23 juin 1909. (Coll. René Lemaire).*

Les élites bordelaises de l'Aéro-Club du Sud-Ouest et leur invité Alberto Santos-Dumont, sur la place des Quinconces lors du gonflage des ballons (d'après la revue bordelaise Tourny-Noël, 1909).



Si l'avion est reconnu comme le moyen de transport le plus sûr, ce n'est pas le fruit du hasard. Cette absence de risques apparents en ferait presque oublier la vigilance accrue d'une armée de professionnels qui, de la conception au démantèlement de l'appareil, veille sans cesse à son bon fonctionnement. Dans ce process, la maintenance est une étape cruciale, et pourtant ses enjeux sont peu connus des passagers... Explications.

Voler en toute Sécurité

Fiabilité, sécurité, efficacité sont les piliers de la maintenance aéronautique, MRO pour les intimes ou *maintenance, repair and overhaul*, littéralement maintenance, réparation et révision. Un marché en pleine croissance et en pleine évolution. En effet, le nombre de passagers devrait doubler d'ici 2034, ainsi que la flotte mondiale. Par ailleurs, les constructeurs travaillent constamment sur des améliorations techniques et technologiques qui impactent les activités de maintenance.

La maintenance, une expertise humaine et technologique

« La maintenance est un ensemble d'opérations techniques et administratives visant à assurer la navigabilité des appareils et de leurs équipements tout au long de leur exploitation » explique Franck

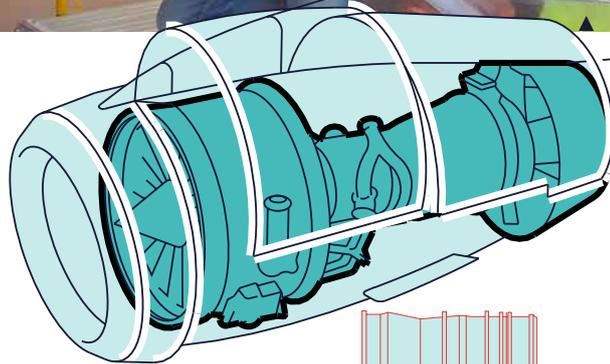
Cazaurang, directeur de l'Institut de maintenance aéronautique à l'université de Bordeaux. Des opérations dont le montant représente entre 15 et 17 % de la structure des coûts d'une compagnie aérienne, c'est-à-dire le troisième poste de dépenses après le carburant et la masse salariale. « Entretien un avion coûte cher, il faut qu'il vole. Une immobilisation équivaut à des centaines de milliers d'euros, précise Franck Cazaurang. Car si les machines sont fiables, elles n'en sont pas moins très sollicitées ; un long courrier vole en moyenne une dizaine d'heures par jour. » Les révisions sont donc méticuleusement réalisées tout au long de la vie de l'aéronef - appareil capable de se diriger dans les airs - par des opérateurs chargés de détecter tout impact ou dommage susceptible d'altérer l'appareil. De la maintenance dite en ligne quotidienne sur le tarmac, à la maintenance lourde qui peut prendre quelques jours à plusieurs semaines d'immobilisation, il faut passer par les *check* intermédiaires communément appelés A, B et C dans le milieu. Ces vérifications sont pré-définies de façon structurée et effectuées selon des occurrences variables selon le type d'appareil, le nombre de cycles (un décollage, un atterrissage) ou celui des heures de vol depuis la dernière visite. Chaque programme d'entretien est défini par la compagnie aérienne en conformité d'une part aux instructions de maintien de la

◀ A320. Reproduction selon visuel Airbus.

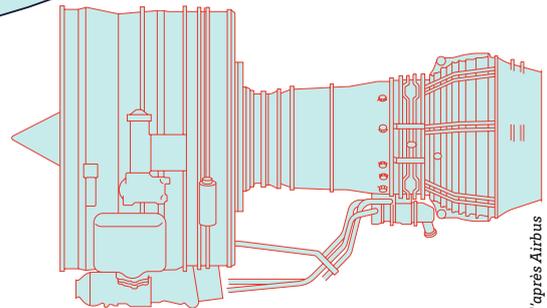
Dans le hangar de l'Institut de maintenance aéronautique à Mérignac, les étudiants inspectent le réacteur de l'avion Douglas DC9.



Les opérations de maintenance représentent 15 à 17% des coûts d'une compagnie aérienne. C'est le troisième poste de dépenses après le carburant et la masse salariale.



▲ Réacteur d'un A320. Reproduction selon visuel Airbus.



© J.M. d'après Airbus

navigabilité fournies par le constructeur et d'autre part à celles émises par l'autorité compétente du pays (*European Aviation Safety Agency, Direction générale de l'aviation civile, Federal Aviation Administration...*).

Assurer un niveau de sécurité optimal

Car c'est grâce aux soins constants apportés aux avions que ce mode de transport reste le plus sûr. En effet, un défaut de maintenance ou une négligence constituerait l'une des trois principales causes des accidents aériens¹... La maintenance est donc un élément essentiel de la sécurité. Comme le confirme Olivier Puissant, responsable de la plateforme aéronautique de l'université de Bordeaux, « dans la filière aéronautique, notre *leitmotiv* est *safety is a must, quality is required, failure is not an option* – la sécurité est un devoir, la qualité nécessaire et la panne n'est pas une option. L'augmentation du trafic, tout comme celui de la concurrence, ne doit en aucun cas mettre à mal cette règle, applicable depuis la conception de l'aéronef jusqu'à son démantèlement ». Pour ce faire, des efforts considérables sont effectués pour améliorer la fiabilité des avions. À titre d'exemple, la probabilité d'une extinction de moteur en vol a été diminuée de 400 fois en quarante ans. Résultat, l'intervalle entre deux visites a quasiment doublé. Pour la visite D (grande visite), il atteint douze ans pour un Boeing 787, alors qu'il était de six pour un Boeing 767 de la précédente génération. Les trains d'atterrissage comme les freins ont gagné deux ans de durée de vie supplémen-

taires. « Cette fiabilité a permis à la fois d'augmenter la sécurité et de réduire les cycles de maintenance, donc les coûts. C'est ce qu'on appelle l'efficacité » poursuit Olivier Puissant.

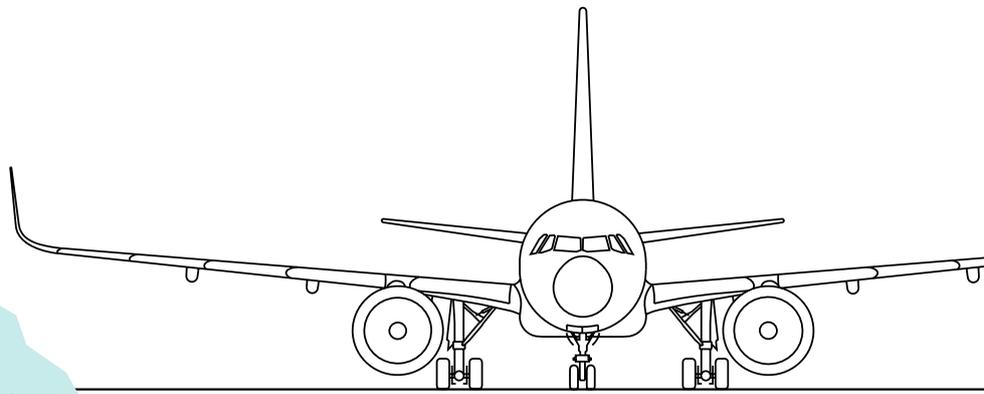
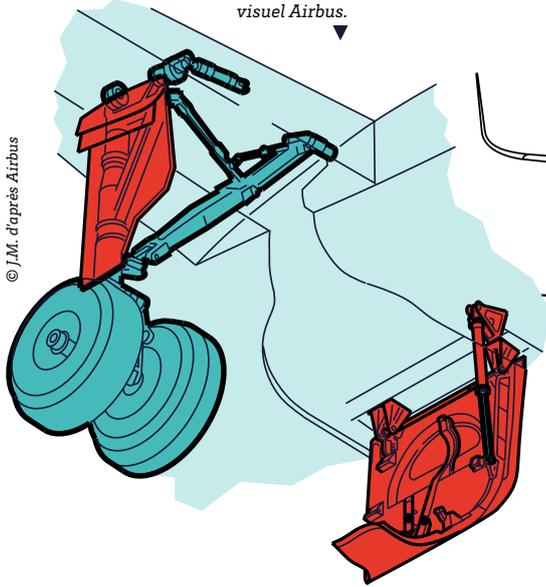
De la maintenance préventive à la maintenance prédictive

Un challenge permanent auquel les innovations récentes, telles que les nouveaux matériaux, systèmes électriques, équipements cabines... ainsi que les nouvelles applications du *big data* et du numérique concourent largement. Au même titre que l'utilisation de drones ou de robots optimisent largement l'inspection des appareils au sol. Tout cela permet de réduire les coûts – celui de la maintenance par siège a été divisé par deux entre les avions des années 1980 et ceux de la dernière génération comme l'Airbus A350 XWB et le Boeing 787 – d'optimiser et d'anticiper les opérations. On parle de maintenance « prédictive » (qualificatif calqué sur le terme anglais de *predictive maintenance*) ou prévisionnelle

¹ Les Échos Études – Juillet 2015

Train d'atterrissage d'un A320. Reproduction selon visuel Airbus.

© J.M. d'après Airbus



« L'exploitation du big data permet d'optimiser les fréquences des opérations d'entretien en passant de la maintenance préventive à la maintenance prédictive. »

dont le but est d'agir sur l'élément défaillant au plus près de sa période de dysfonctionnement. L'idée est de calculer les probabilités de pannes afin de les anticiper pour mieux les planifier. « L'exploitation du *big data* permet d'optimiser les fréquences des opérations d'entretien » précise Olivier Puissant. Par ailleurs, les volumes importants d'interventions, ainsi que l'évolution des techniques embarquées impliquent une recherche de progrès tant dans l'organisation du travail que dans les techniques de mise en œuvre. À titre d'exemple, la réalité augmentée permet d'accompagner les opérateurs directement sur le terrain, sans avoir recours à une documentation papier fastidieuse. Ou encore l'utilisation de la réalité virtuelle pour former des

opérateurs aux tâches sur avion, sans pour autant nécessiter la mobilisation d'un véritable appareil. L'implication de plus en plus importante des matériaux composites dans la structure des aéronefs implique également des techniques de détection et de réparation innovantes... L'intégration de toutes ces nouvelles compétences change complètement la donne, notamment sur la réparabilité des pièces et la rapidité d'exécution. *In fine*, la tendance à réduire les temps d'intervention et les intervalles entre deux interventions (*turn around time*), se confirme. L'innovation est donc un vecteur de croissance de plus en plus important sur ce marché et un enjeu central pour les années à venir. ■ SBS



131 milliards de \$
chiffre d'affaires total de la Maintenance, réparation et révision (MRO) civile et militaire pour une flotte mondiale de 123 000 aéronefs de tous types



4 à 5 % par an
progression moyenne du trafic aérien, tendance qui se poursuivra pour les 20 ans qui viennent



25 ans
durée de vie moyenne d'un avion

Source : Les Echosétudes - Juillet 2015

TÉMOIGNAGE

Lucie Morichon,

responsable d'unité de maintenance A380 chez Air France Industries. Un métier que la jeune femme exerce avec fierté.



dustries. Elle rejoint alors l'activité de maintien en conditions des AWACS, ces avions militaires de surveillance. « J'étais responsable du manuel d'entretien et du support technique du système de rotation du radar. C'était passionnant ».

Faire partir l'avion en toute sécurité en respectant le temps et le budget

Aujourd'hui c'est l'A380 qui la passionne tous les jours un peu plus. « Un avion extraordinaire, surdimensionné, 24 mètres de haut, double pont, 516 passagers à son bord, c'est fou » déclare-t-elle enthousiaste. Les dix A380 que possède Air France sont tous minutieusement vérifiés par l'unité de maintenance dont Lucie Morichon est responsable. Deux équipes de techniciens qualifiés A380 se relaient matin et soir dans un immense hangar de l'aéroport Roissy Charles-de-Gaulle. « À raison de deux avions en visite toutes les semaines, nous faisons le tour de la flotte en 45 jours » précise-t-elle. Pour la *check A* (appelé T pour les A380), les appareils restent en moyenne entre trois et quatre jours en hangar. De nombreux tests fonctionnels et opérationnels sont alors effectués. Certains composants sont changés, des systèmes modifiés et les logiciels mis à jour. « À titre d'exemple, nous remplaçons régulièrement les roues – un A380 en compte 22 et 5 trains d'atterrissage – ce qui représente un budget conséquent. ».

Quant à la *check C*, elle s'effectue tous les deux ans et dure entre deux et trois semaines.

Tout doit être prouvé, validé, écrit

« Je dois m'assurer qu'un avion qui entre en maintenance en sorte au moment prévu » insiste Lucie Morichon. Mission parfois impossible si la pièce endommagée n'est pas disponible. Commence alors un vrai casse-tête pour la jeune femme qui doit trouver des solutions alternatives, autorisées et validées pour que l'avion puisse voler en toute sécurité. « Il faut savoir s'adapter, modifier la planification des visites et parfois les croiser. Dans le pire des cas, le vol doit être annulé ou reporté... ce qui coûte très cher à la compagnie et bouleverse en cascade tous les plannings ». Des aléas auxquels Lucie Morichon fait face avec un grand professionnalisme. À 32 ans, elle ne sera finalement pas pilote, mais se réjouit de poursuivre sa carrière dans le secteur de la maintenance aéronautique. « Je ne serai jamais rassasiée. Et être une femme ne me pose aucun problème! » s'exclame-t-elle, enthousiaste. Car ces métiers se déclinent aussi au féminin. La preuve. ■ SBS

« Je voulais être pilote » se souvient Lucie Morichon. De fil en aiguille, d'un bac S à une première année de fac de sciences à Limoges et quelques heures de vols en planeur plus tard, la jeune fille choisit de poursuivre ses études à l'Institut de maintenance aéronautique de l'université de Bordeaux. Elle y découvre « une activité à la fois technique et opérationnelle » qui lui plaît beaucoup. Puis c'est à l'École nationale de l'aviation civile à Toulouse qu'elle achève son cursus d'ingénieur aéronautique. Elle obtient son premier poste chez Embraer¹ au Bourget. « Je préparais les chantiers de maintenance, ce qui m'a permis de vraiment comprendre le métier et d'acquérir une compréhension technique. » En 2011, Lucie intègre Air France In-

¹ Constructeur aéronautique brésilien, spécialisé dans les avions civils de petite et de moyenne taille, utilisés dans l'aviation régionale, d'affaire et agricole

L'université de Bordeaux est l'une des seules à proposer un cours de droit aérien. Une discipline qui ne cesse d'évoluer avec les usages. Le point avec Loïc Gard.

Le droit aérien, une spécialité bordelaise

Pour faire du droit aérien, on vient à l'université de Bordeaux. « Le premier cours de droit de l'air en France est bordelais, raconte Loïc Gard, directeur du collège Droit, science politique, économie et gestion. Il était proposé aux étudiants dès le début des années 1950 par le professeur Michel de Juglart, également auteur en 1952 du premier grand traité de droit aérien. » Aujourd'hui, ils sont une centaine d'étudiants de quatrième année à choisir cette option, unique en France. Une partie d'entre eux décidera de se spécialiser, avec à la clé des carrières aux quatre coins du monde.

L'affaire Vizioz

« L'attachement de l'université de Bordeaux au droit de l'aviation civile est en partie lié à l'histoire et à la mort du doyen de la faculté de droit, le professeur Henri Vizioz, dans un accident d'hydravion », poursuit Loïc Gard. Le 31 juillet 1948, le doyen embarque à Fort-de-France à bord du Latécoère 631, qui doit atterrir à Biscarosse dans les Landes. Il rentre d'une mission de trois semaines avec un autre enseignant bordelais, Antoine Bernard, avec qui il vient de lancer une École de droit. Le Latécoère n'arrivera jamais à destination avec les deux enseignants et une quarantaine de passagers à son bord. « Cet accident a marqué un tournant, tant pour l'université que pour les conditions d'indemnisation des passagers victimes de catastrophe aérienne et leurs ayants droit. » Jusqu'alors le législateur français postulait que l'aviation était par nature risquée et que le passager partageait ce risque avec le transporteur. Alors même que la Convention de Varsovie, signée en 1929, stipulait que le transporteur était soumis à l'obligation de sécurité. Pendant des années, la famille Vizioz est défendue par des universitaires

bordelais spécialistes de droit aérien et obtient finalement gain de cause en 1953. « Cette jurisprudence permet ainsi d'aligner le droit aérien français sur le droit international et libère l'industrie aéronautique, raconte Loïc Gard. À partir de cette date, dans l'esprit du passager, l'aérien est un mode de transport sécurisé. »

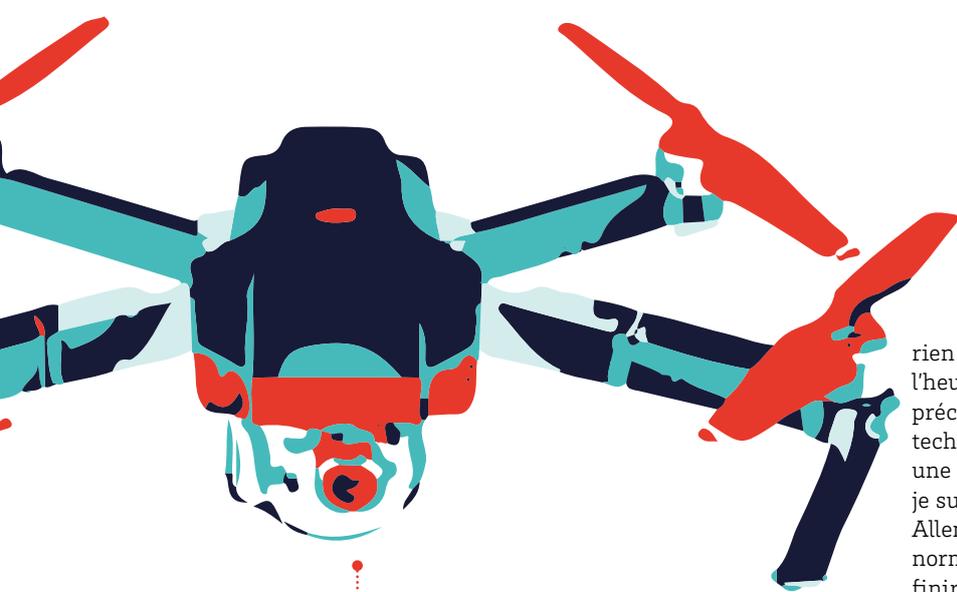
Les drones, nouveau chapitre du droit aérien

Le droit aérien civil passionne les étudiants parce qu'il est en mouvement perpétuel, questionné par les nouveaux usages de l'aéronef qui évoluent au gré des innovations. Parmi les derniers nés des engins volants : les drones civils, qui ouvrent de nombreuses applications professionnelles. En France, le chiffre d'affaires de la filière atteindrait les 140 millions d'euros en 2016, selon les premières estimations de la Fédération professionnelle du drone civil (FPDC), contre 85 millions en 2015. Les premiers usages industriels se développent dans l'agriculture de précision, la topographie des mines et des carrières, la surveillance des bâtiments et des réseaux, l'immobilier, les médias, les services de livraison, etc. « Un nouveau chapitre du droit aé-



© Olivier Got

Loïc Gard,
professeur de droit,
directeur du collège
Droit, science politique,
économie et gestion
à l'université de
Bordeaux.



« Un drone pourra identifier un nid de frelons asiatiques et l'éliminer automatiquement avec un système de chalumeau. Mais qui est responsable si le drone se trompe de cible ? »

rien est en train de s'écrire, relève Loïc Gard. Pour l'heure, nous avons un droit national excessivement précautionneux, alors que nous sommes à la pointe technologiquement. L'Allemagne, par exemple, a une législation plus souple sur les drones civils. Si je suis une entreprise et que j'achète mon drone en Allemagne, je ne suis pas assuré qu'il respectera les normes françaises. L'Europe doit légiférer pour définir une certification européenne et éviter ce type de frontières juridiques. Il ne faut pas que le droit soit un frein au développement industriel. »

Les progrès technologiques rapides et les avancées de l'intelligence artificielle font également craindre l'apparition de drones militaires totalement autonomes, dont certains pourraient tuer sans contrôle humain. Ce sont les robots SALA, pour Systèmes létaux autonomes. Pour l'heure ces engins ne font l'objet d'aucune réglementation internationale. « D'ici une dizaine d'années, on peut imaginer des applications civiles avec des drones à intelligence artificielle, poursuit Loïc Gard.

Un marché carbone aérien

On pourra programmer un drone pour identifier un nid de frelons asiatiques et l'éliminer automatiquement avec un système de chalumeau. Mais qui est responsable si le drone se trompe de cible ? Vu qu'il n'y a plus de pilote, ni d'intervention humaine, on modifie la chaîne des responsabilités. Ce sont toutes ces questions auxquelles devra répondre le législateur. »

L'année 2016 a été marquée par un autre chantier d'envergure du droit aérien avec la création d'un « marché carbone » international pour le secteur de l'aviation. Après trois ans d'âpres négociations, l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) a voté en octobre dernier l'instauration d'un mécanisme mondial de compensation des émissions du transport aérien. ■ JZ

Industrie aéronautique et de défense en France, quels enjeux pour demain ?



© istock.com/KuntalSaha

◀ Le Rafale, avion de combat de l'Armée de l'Air française.

Dans un contexte sécuritaire marqué par la gravité, l'urgence et la complexité des crises géopolitiques ainsi que par un niveau croissant de menaces, l'industrie aéronautique et de défense fait face à des challenges importants.

Rencontre avec le général Jean-Marc Laurent.

Sans aucun doute, l'Aquitaine, et plus largement la zone sud-ouest, représente un pôle aéronautique et de défense sans équivalent en Europe. Une force et une originalité dues à une intégration étatique et privée, opérationnelle et industrielle optimale basée sur un fonctionnement selon une logique de *cluster* comme l'explique

le général Jean-Marc Laurent : « Nous avons d'un côté la présence nombreuse de toutes les armées et services techniques de la Défense et

Jean-Marc Laurent, Général de corps aérien, ancien pilote de chasse. Responsable exécutif de la chaire « Défense et aérospatial » de la Fondation Bordeaux Université¹.

¹ Chaire « Défense et Aérospatial », Fondation Bordeaux Université, université de Bordeaux, Sciences Po Bordeaux, Dassault Aviation, Safran, Thales



www.fondation.univ-bordeaux.fr/projet/chaire-defense-aerospatial

de l'autre, de grandes entreprises privées comme Dassault, Thales, Safran, Sabena Technics... au milieu d'un tissu extrêmement dense de PME ou PMI équipementiers ou sous-traitants de l'aéronautique en particulier militaire ». Pour accompagner le développement de cette filière ô combien stratégique, il était indispensable d'y associer le site universitaire bordelais qui, à travers la formation, la recherche et l'innovation se place comme un partenaire de premier plan pour cette industrie et en assure la pérennité des savoirs en la matière. La chaire « Défense et aérospatial » a été créée en 2014 dans cette logique et favorise ce lien entre université, industrie et défense. Elle répond à la nécessité de développer une connaissance plus approfondie et une meilleure compréhension des questions liées à la défense en général et à son volet aérospatial en particulier aussi bien auprès des étudiants et des chercheurs, que du grand public ou des professionnels civils et militaires. Un devoir primordial en ces temps où les questions sécuritaires ont pris une place centrale dans la vie des citoyens.

Créer un « esprit de défense »

« La jeune génération d'aujourd'hui a peur du contexte actuel qu'elle maîtrise mal, elle manque de repères et peine parfois à comprendre la situation du monde dont elle a hérité. Elle tend aussi à perdre confiance vis-à-vis de schémas politiques qui n'arrivent pas à préserver la paix et la sécurité. Je suis submergé de questions et de demandes d'explications sur les problématiques de défense et de résilience de notre société. Mon ambition, et je

MTI

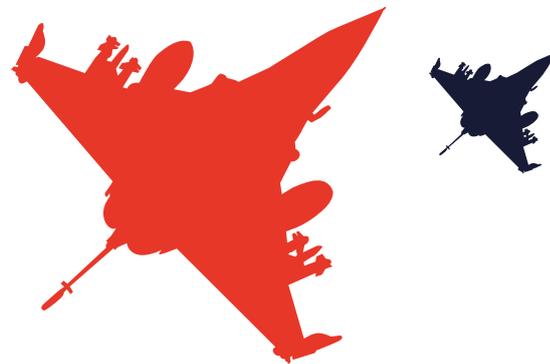
pense que c'est la mission de tous les établissements d'enseignement supérieur, est d'essayer de leur apporter des éclairages et des clés de compréhension. Car tant qu'ils n'auront pas de réponses, ils ne pourront pas se faire un avis rationnel et pourront être tentés par des raisonnements aussi réducteurs que dangereux. La peur a un effet majeur, elle favorise la montée des extrêmes qui promettent des lendemains plus heureux » insiste le général Laurent. Une question d'éducation essentielle selon lui, dans un contexte international qui se transforme rapidement et plus particulièrement en France, où l'apprentissage des questions de défense a souvent été assimilé à une forme de « militarisation » des esprits.

Il en résulte dans l'imaginaire collectif, un amalgame flou entre l'armée, la défense nationale, la sécurité... « Il y a un conflit générationnel entre ceux qui gardent une image passiviste de l'armée et ne la considère pas comme un pilier de la démocratie et ceux qui voient dans l'action des forces un garant de la paix et de la résilience de la Nation » commente le général. L'école et l'université doivent contribuer à restaurer la réalité des rôles de l'État, des forces armées et de l'industrie. »

Penser l'impensable

Point d'autant plus déterminant que face à l'escalade généralisée des tensions qui conduisent à la multiplication des opérations militaires de restauration ou de maintien de la paix et aux menaces sur la sécurité intérieure confrontée à la montée des terrorismes, il faut à la fois gérer le temps court de réponse opérationnelle et s'inscrire dans le temps long de préparation de l'avenir. Anticiper et ne pas se limiter à adapter l'outil de défense aux seuls combats d'aujourd'hui... « L'outil de défense que nous construisons doit être calibré par rapport à l'hypothèse lourde d'une crise internationale majeure. Beaucoup de signes montrent aujourd'hui que la résurgence d'un conflit de haute intensité est probable » précise le général.

Par ailleurs, le dispositif national de défense doit être assez polyvalent pour faire face à une multitude d'autres dangers parmi lesquels une lutte contre le terrorisme amplifiée par l'utilisation inattendue et néfaste des nouvelles technologies. « Une menace diffuse avec des combats irréguliers. La capacité des terroristes à innover dans l'horreur est immense et il nous faut anticiper leurs modes d'actions » souligne le général. L'autre épée de Damoclès planant sur nos têtes est liée au réchauffement climatique qui pourrait générer de graves conflits globaux ou régionaux entre états qui s'affronteraient



pour exploiter les ressources d'une planète qui désormais les compte. La défense se cale sur le cas ultime et la politique sur le cas moyen... Tout l'enjeu est de trouver des compromis entre les deux...

Avoir une longueur d'avance

Autant de situations qu'il faut anticiper sans se lancer, malgré tout, dans une course effrénée à la sécurité, mais en préparant sereinement les réponses à ces défis. Essayer de toujours avoir une longueur d'avance et investir pour éviter de se retrouver acculé. Mais comme le souligne le général Laurent, un appareil de défense est par nature complexe et nécessite des investissements qui semblent toujours importants à court terme. Cependant, ces coûts doivent se mesurer à l'échelle du temps durant lesquels ils restitueront tous leurs effets. Par exemple, les systèmes conçus dans les années 70-80 comme les Mirage 2000, les porte-avions, les frégates ou les chars Leclerc sont toujours en service et continueront à être utilisés pendant de longues années. Le fameux Rafale qui date du milieu

des années 80, poursuivra sa carrière quant à lui, jusqu'en 2040... Le problème est le délai consacré au maintien opérationnel des systèmes de défense. « En la matière, le temps perdu n'est pas rattrapable et se paie inévitablement par une régression de la capacité à se défendre insiste le général. Actuellement d'autres puissances

« La capacité des terroristes à innover dans l'horreur est immense et il nous faut anticiper leurs modes d'actions. »

investissent considérablement dans des technologies d'avenir et toute hésitation de notre part à suivre le mouvement se traduira par une perte de notre souveraineté et d'indépendance de notre Nation. »

En revanche, « à défaut de moyens financiers extensibles au-delà d'un seuil acceptable nuance-t-il, la grande force de notre pays est cette puissante capacité de coopération existante entre les industriels, les militaires et les universitaires. C'est une longueur d'avance qu'il faut conserver et qui devrait nous permettre d'anticiper et de préparer au mieux l'avenir ».

■ Propos recueillis par **SBS**

5 innovations bordelaises

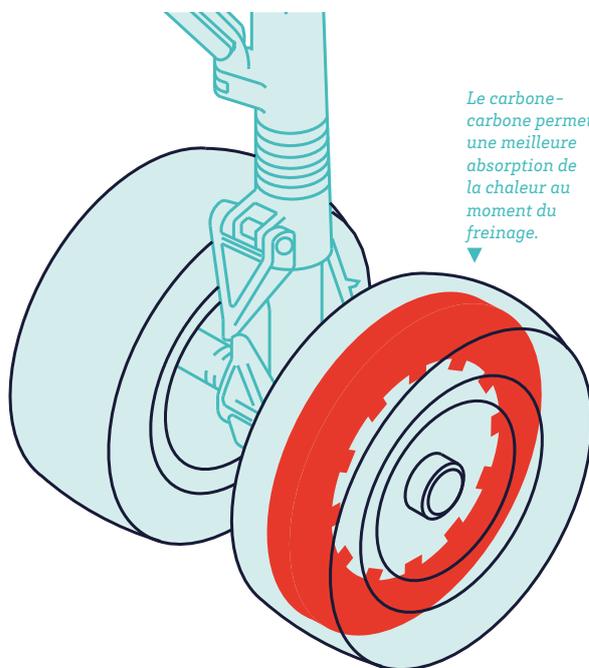
En aéronautique les scientifiques inventent et réinventent. De nouvelles méthodes, de nouveaux outils. Puis ces inventions deviennent innovations : elles sont diffusées, mises sur le marché. S'il faut du temps pour inventer, il en faut tout autant pour innover. Présentation de quatre avancées qui s'envolent depuis plusieurs années grâce au savoir-faire bordelais.

Du carbone pour mieux freiner

Quand un avion freine, ça chauffe, et pas qu'un peu : « 800 à 1000 °C, sans parler des freinages d'urgence » précise le professeur Gérard Vignoles, spécialiste de la modélisation physio-chimique des matériaux et directeur du Laboratoire des composites thermostructuraux (LCTS)¹. Inutile de dire que les freins en fonte de nos automobiles ne feraient pas l'affaire. Les scientifiques ont donc recherché un matériau qui absorberait très bien la chaleur mais serait également léger. C'est le carbone-carbone, un composite découvert par sérendipité – accidentellement – qui a retenu leur attention. Il est constitué de fibres de carbone rigides dans une matrice, plus malléable, de carbone elle aussi. Une innovation qui n'est pas toute jeune : les premiers freins carbone-carbone ont été embarqués sur un avion en 1986 ! Si tous en sont aujourd'hui équipés, les chercheurs n'ont pas fini d'étudier ce composite. « Il y a une réflexion constante sur les matériaux en aéronautique : on cherche à optimiser leur qualité comme leur coût de fabrication » explique le chercheur. En partenariat avec le groupe Safran, son équipe regarde ainsi au nanomètre les

agencements des atomes pour remonter les échelles jusqu'au micron. Avec cette compréhension physico-chimique de l'infiniment petit, ils peuvent jouer sur les propriétés du matériau entier. Chercher à améliorer par exemple la résistance à l'oxydation du composite, son – unique ? – talon d'Achille. « Si nos travaux ont une dimension industrielle, ils s'inscrivent dans des problématiques scientifiques et impactent d'autres secteurs de la recherche, comme le nucléaire » souligne Gérard Vignoles.

¹ Unité de recherche CNRS, université de Bordeaux, Safran et CEA



de haut vol



© Mmg platform - open source

▲ La simulation numérique s'envole vers d'autres horizons pour toujours plus de précision.

Du numérique pour mieux simuler

Si l'on réalise toujours des tests réels, des bancs d'essais, les simulations virtuelles prennent une place de plus en plus grande. L'équipe Inria² Cardamom à Bordeaux travaille ainsi depuis plusieurs années sur des outils de modélisations numériques. Cécile Dobrzynski³, membre de l'équipe, participe ainsi à l'élaboration de logiciels de remaillage⁴ à destination, entre autres, de l'industrie aéronautique. « Un maillage, c'est une description géométrique d'un objet qui permet de le représenter sur ordinateur » synthétise la chercheuse. On peut

ainsi représenter la surface d'un avion sous la forme d'un assemblage de triangles puis simuler les frottements de l'air sur celui-ci dans des conditions de vol. Pour les industriels comme Dassault Aviation ou Safran, c'est une alternative très intéressante aux tests en soufflerie employant des avions miniatures et des techniques plus onéreuses. « Nous modifions le maillage en détaillant certaines parties de l'avion et de l'environnement qui l'entoure tout en simplifiant le reste » explique Cécile Dobrzynski. « Nous obtenons ainsi des simulations plus précises et moins lourdes, donc plus rapides à calculer. »

² Institut national de recherche en informatique et en automatique

³ Maître de conférences à l'Institut de mathématiques de Bordeaux

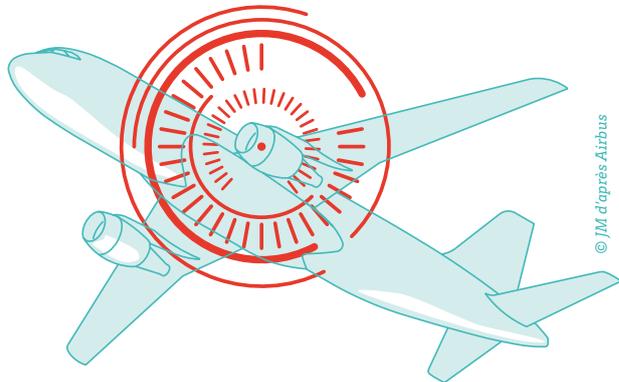
⁴ Notamment la plateforme Mmg : www.mmgtools.org

Des algorithmes innovants pour
réagir plus vite en cas de panne, mais
également... de moins polluer.

Des ondes T pour mieux détecter

S'envoler avec sérénité? Cela nécessite un contrôle préalable des pièces de l'avion... comme des passagers. Point commun: la nécessité de voir ce que l'œil humain ne peut percevoir. C'est dans cette optique que l'équipe de Patrick Mounaix, directeur de recherche CNRS au laboratoire de l'Intégration du matériau au système (IMS)⁵ à Bordeaux, travaille sur des ondes bien particulières: les ondes térahertz ou ondes T. Si elles sont étudiées depuis une cinquantaine d'années, c'est grâce aux avancées récentes en matière de lasers et de circuits électroniques que les premières applications apparaissent. « Comprises entre les micro-ondes et les ondes optiques, ces ondes électromagnétiques sont à la fois faciles à propager et guider tout en possédant un fort pouvoir de pénétration dans la matière » explique le chercheur. Elles sont de plus non-ionisantes, à l'inverse des rayons X et ne semblent donc pas nocives. Une combinaison de propriétés qui les rendent très

Les ondes T permettent de repérer les défaillances et localiser les origines de certaines pannes.



© JM d'après Airbus

utiles pour réaliser des analyses physico-chimiques en profondeur ou pour l'imagerie 3D. « Notre travail consiste à étudier la réponse des matériaux aux rayonnements et étudier la faisabilité des applications possibles » explique Patrick Mounaix.

L'équipe développe ainsi des outils pour détecter des explosifs et armes dans des bagages ou colis, repérer les défaillances et localiser les origines de certaines pannes ou encore évaluer le nombre de couches de peinture déposées sur un avion. Une question économique et écologique importante puisque, couches après couches, la peinture peut représenter un poids supplémentaire de 100 kilogrammes non négligeable!

⁵ Unité de recherche CNRS, Bordeaux INP et université de Bordeaux

Des algorithmes pour moins polluer

En aéronautique, les matériaux se perfectionnent et les systèmes de contrôle sont toujours plus performants. Lorsqu'une panne survient, les systèmes de surveillance de bord sont capables de la diagnostiquer rapidement et d'y répondre. Le défi pour Ali Zolghadri, chercheur en automatique au laboratoire IMS⁵ de Bordeaux, a été de concevoir avec son équipe des algorithmes innovants permettant de surveiller ces pannes de façon plus précoce afin de compenser leurs effets encore plus vite. Des algorithmes? En substance, des suites d'opérations mathématiques permettant de résoudre un problème. Un automatique? « Mon travail ressemble à celui d'un mathématicien et d'un informaticien, je traduis des actions à réaliser par un système sous formes d'algorithmes puis je les teste par des simulations numériques » explique

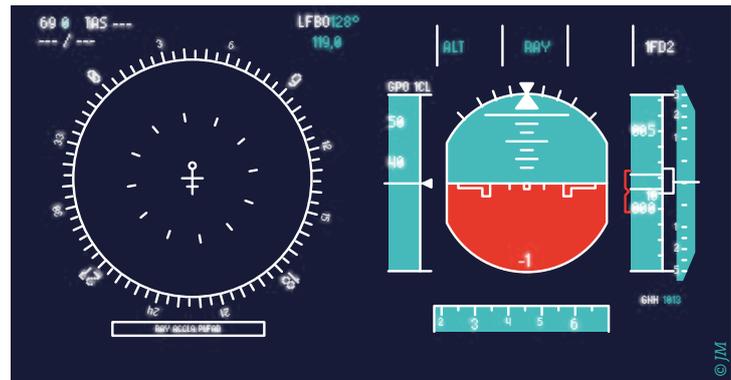


© JM d'après pixabay

Des interfaces pour mieux piloter

Dans un contexte de forte croissance du trafic aérien, où l'augmentation de la demande va de pair avec la nécessité de former plus rapidement le personnel, se pose la question de l'erreur humaine. Si les technologies évoluent rapidement, c'est avec des interfaces de plus en plus complexes que doivent interagir les pilotes. Il est donc nécessaire d'éviter que ces derniers soient submergés par la quantité d'informations et puissent réagir vite en toutes circonstances. C'est là la mission principale de l'équipe Cognitive et ingénierie humaine (CIH)⁶ dans le cadre d'un Groupement d'intérêt scientifique baptisé Albatros. Ce dernier associe le groupe Thales à différents laboratoires issus de l'université de Bordeaux, du CNRS, de l'Inria, de Bordeaux INP et d'Arts et Métiers ParisTech. Un véritable *melting-pot* de compétences pour penser et repenser le rapport homme-machine en aéronautique.

le chercheur. L'intérêt est non seulement de pouvoir réagir plus vite en cas de panne, mais également... de moins polluer ! Le design structural des avions civils est en effet étudié pour faire face à des pannes détectables au-delà d'une certaine amplitude. En diagnostiquant plus finement, il est possible d'optimiser ce design pour alléger l'avion, diminuant ainsi la consommation de carburant, donc le rejet de gaz à effet de serre... L'équipe d'Ali Zolghadri a notamment travaillé avec Airbus sur les anomalies de fonctionnement des gouvernes, ces volets mobiles qui contrôlent l'attitude de l'avion. Un des algorithmes réalisés est aujourd'hui intégré à l'A350. Il rejoint la longue liste des brevets – presque une quinzaine – et autres travaux scientifiques qui ont valu au chercheur la médaille de l'innovation du CNRS en 2016.



▲ L'ergonomie des interfaces des cockpits du futur amène le pilote à de meilleures réactions, plus rapidement.

De nombreux brevets en ont émergé, à l'instar du « cockpit du futur », l'Avionics 2020. « Nous travaillons sur l'ergonomie des interfaces, sur la façon d'amener au pilote la bonne information au bon moment » explique Jean-Marc André, directeur de la recherche à l'École nationale supérieure de cognitive (ENSC)⁷ et responsable de l'équipe CIH du laboratoire IMS. Pour ce faire, les chercheurs ont recours à des simulateurs : « nous confrontons l'équipage à des situations difficiles afin de cerner les erreurs et de comprendre quelles informations font défaut ». Évaluation du stress, de la fatigue, des capacités d'anticipation... L'état cognitif de l'expérimentateur est étudié avec soin. Celui de son binôme également, puisque les commandes d'un avion ne sont jamais laissées aux mains d'un seul homme. Les interactions entre les deux pilotes sont même scrutées à la loupe par les chercheurs. Plus il y a de facteurs pris en compte, meilleure est l'analyse. ■ YF

⁶ Équipe du Laboratoire de l'intégration du matériau au système (IMS), unité de recherche CNRS, Bordeaux INP et université de Bordeaux

⁷ Bordeaux INP



Les compagnies aériennes à bas coûts (*low cost*) ont transporté plus d'un milliard de passagers en 2016¹, un record encore jamais atteint. Devenues actrices à part entière du transport aérien mondial depuis le milieu des années 80, ces compagnies continuent d'avoir le vent en poupe. Zoom sur un modèle économique qui n'est pas près d'avoir du plomb dans l'aile.

à tire d'aile

C'est indéniable. Malgré un contexte économique médiocre, le nombre de passagers aérien continue d'augmenter. Plus de la moitié des touristes qui vont à l'étranger chaque année prennent l'avion et 28 % d'entre eux volent sur des compagnies à bas coûts. Ces *low cost carriers* - pour reprendre l'appellation de la Commission européenne - dont l'essor date véritablement des années 90, connaissent un succès incontesté. Les passagers y trouvent des prix imbattables et des liaisons de moyennes distances parfaites pour les courts séjours de plus en plus plébiscités par les voyageurs.

La révolution du « bas coût »

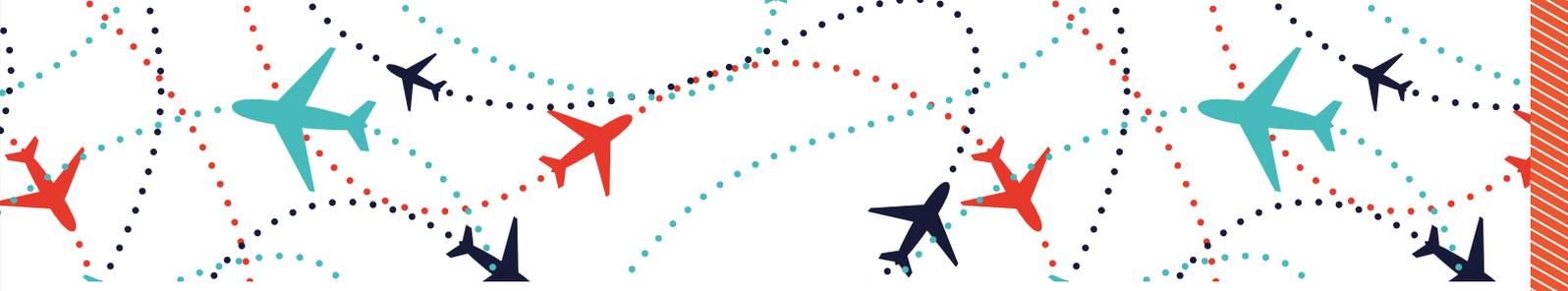
« Un modèle fascinant » pour Hubert Bonin, économiste spécialisé dans le transport, professeur émérite à Sciences Po Bordeaux et chercheur au Gretha². « Nous vivons un changement de paradigme, la carte du transport aérien a été bouleversée par l'arrivée de ces compagnies. » Après l'émergence des vols internationaux, européens et nationaux dans les années 1960-1970,

puis ceux des fameux charters, la troisième révolution industrielle et la loi sur la dérégulation du transport aérien à la fin des années 70 ont vu naître la démocratisation du transport aérien et les compagnies à bas coûts. C'est la fin des cartels et l'ouverture à une ultra concurrence ou politique dite de ciel ouvert (*open sky*). La compagnie Southwest Airlines créée en 1971 aux États-Unis ouvre les hostilités et est encore considérée aujourd'hui comme référence en la matière - pour preuve Southwest Airlines est devenue en 2010 le premier transporteur aérien américain, avec 101 millions de passagers et 3 200 vols quotidiens. Ce modèle économique d'un genre nouveau est basé sur des avantages comparatifs forts : une flotte homogène avec des achats massifs à Boeing et Airbus d'avions moyen et court courrier, des rotations intenses à l'intérieur de chacun des grands espaces, une densification des sièges en cabine, des ventes de billets sur Internet au tarif le plus bas possible et frais supplémentaires pour chaque service annexe. Ce schéma fait florès. Les années 70, 80 et 90 voient alors progressivement disparaître le monopole des grandes compagnies (*majors*) et l'apparition de

1 Source : Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) - Janvier 2017

2 Groupe de recherche en économie théorique et appliquée (unité CNRS et université de Bordeaux)

3 Modèle théorique énoncé par les économistes William Baumol, Panzar et Willig en 1982. *Contestable Markets and the Theory of Industrial Structure*, San Diego, Saunders College Publishing/Harcourt Brace, 1982



petites nouvelles dont les pionnières en Europe sont l'irlandaise Ryanair en 1991 et sa cousine britannique Easyjet, en 1995.

Le règne de la contestabilité

En 2004, une vague de création de compagnies à bas prix en Asie du sud-est et en Australie - comme Air Asia et Virgin Blue - a montré que le modèle économique *low cost* était applicable à peu près partout. Comme l'explique Hubert Bonin, « cette dérégulation du marché a développé ce que l'on appelle en économie la contestabilité³ c'est-à-dire la réduction du coût d'accès à un secteur d'activité : en proposant une solution à bas coût, un acteur - en l'occurrence une compagnie aérienne - peut devenir un protagoniste important de la branche d'activité en question. C'est également ce qu'il se passe aujourd'hui dans l'hôtellerie avec Airbnb... ». Cette situation crée un déséquilibre qui peut conduire à la disparition d'opérateurs historiques du transport aérien, incapables de s'adapter ; ce fut le cas de Pan Am aux États-Unis ou de Sabena en Belgique...

Certains pays ont donc perdu leur pavillon national, la Belgique donc, mais aussi la Suisse avec Swissair qui n'existe plus ou encore l'Espagne avec Iberia, devenue une filiale de British Airways.

À l'heure actuelle, Alitalia (compagnie nationale italienne, ndlr) est en grosse difficulté et Air France qui, pour s'adapter au marché, tente de se doter de filiales à bas coûts en Europe - comme Germanwings chez Lufthansa - traverse des tempêtes sociales... « Pour certains, Ryanair, Easyjet et consœurs sont perçues comme des pirates prenant à l'abordage les grands transporteurs aériens emblématiques » poursuit Hubert Bonin. Dans ce contexte, le défi pour les majors est de préserver leur trafic moyen-courrier pour alimenter en correspondance leurs lignes long courrier, créneau sur lequel les compagnies à bas coût n'ont pas

« Nous vivons un changement de paradigme, la carte du transport aérien a été bouleversée par l'arrivée de compagnies à bas coûts. »



Trafic mondial de passagers en 2016 : 3,7 milliards soit une augmentation de 6 % par rapport à 2015



28 % du trafic mondial de passager est assuré par les compagnies à bas coûts



Les transporteurs européens à bas coût représentent 32 % du trafic total *low cost* suivis par la région Asie Pacifique (31 %) et de l'Amérique du Nord (25 %)



Easyjet a transporté 74,5 millions de passagers en 2016 soit 6,6 % de plus qu'en 2015

Source : Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) - Janvier 2017



© SA AFB - Aéroport de Bordeaux-Mérignac

▲
Arrivée de passagers Ryanair au terminal Billi de l'aéroport Bordeaux-Mérignac.

« Non seulement les vols sont moins chers mais certaines destinations beaucoup plus faciles d'accès. »

encore vraiment la main. Un enjeu vital d'autant que plane dans le ciel la menace des compagnies du Golfe, plus fragiles que celles du Vieux Continent...

Voler plus souvent et sans détours

Nul doute que l'essor de ces compagnies à l'échelle mondiale a largement contribué à la croissance globale du nombre de passagers. Non seulement les vols sont moins chers mais certaines destinations beaucoup plus faciles d'accès. Leur réseau est construit autour d'aéroports régionaux désormais reliés entre eux. Ce sont des liaisons dites de point

à point qui évitent les grosses plateformes de correspondances aéroportuaires (*hubs*) type Roissy Charles-de-Gaulle, Heathrow à Londres ou Schiphol à Amsterdam - et donc le transit de passagers et de bagages. Ainsi voit-on en Europe le réveil de Bordeaux, Barcelone, Venise ou Prague qui deviennent des têtes de pont mais aussi de petites villes touristiques comme Bergerac ou Carcassonne... « Les avions volent de point en point avec une rotation intense, entre 6 et 8 vols par jour, au lieu de 4 à 5 » précise Hubert Bonin. Conséquence,

la gestion technique est moins coûteuse mais plus compliquée car si un problème technique survient sur un avion, il n'y a pas de réserve, le vol est annulé

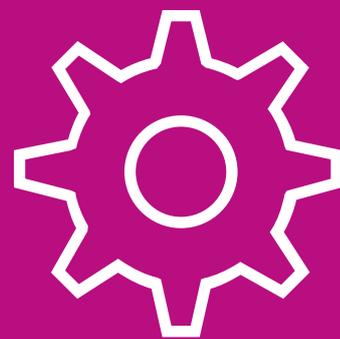
et ce sont les passagers qui en pâtissent. « C'est ce qu'on appelle la gestion « juste à temps » explique l'économiste. Dans le même temps, les prestations supplémentaires génèrent des gains importants. Plus de sièges donc plus de passagers qui payent parfois bien plus cher que leur billet, boissons et autres services proposés à bord ou dans l'aérogare dédié. Un mode de transport qui séduit désormais des clients de tout âge et de tout niveau social, de plus en plus

habitué à un affichage de prix très bas et donc attractifs pour une offre de qualité satisfaisante.

Un modèle social d'un nouveau genre

Ces compagnies sont également à l'origine d'un nouveau modèle social par le biais d'une gestion très serrée du côté des personnels. À cet égard, Hubert Bonin dénonce une « déstructuration complète de la chaîne de la gestion sociale ». Réduit au plus juste des effectifs, le personnel navigant doit être en effet être polyvalent, tout aussi capable d'assurer le service, la sécurité et le nettoyage. Ils sont juridiquement rattachés à une base à faibles charges sociales comme l'Irlande pour échapper aux conventions collectives ou statuts trop coûteux. Quant aux pilotes, certains sont même assimilés à des autoentrepreneurs... « Des coûts de gestion laminés au prix d'une certaine opacité qui peuvent générer des procédures judiciaires en France ici et là » précise l'économiste. Mais comme l'aviation embauche des milliers de pilotes et des dizaines de milliers de personnels navigants chaque année dans le monde, beaucoup de jeunes diplômés sont prêts à s'insérer dans ce modèle social de masse d'un nouveau type. « Nous assistons à un changement générationnel des mentalités, souvent dégagées du syndicalisme de jadis ou portées par une sorte de résignation. Un système dont nous sommes tous des complices objectifs » conclut-il...

■ SBS



COMPRENDRE

32

Banc d'Arguin : quand le vent et les courants mettent leur grain de sable

34

La mission Carambar sonde les fonds marins des Bahamas

38

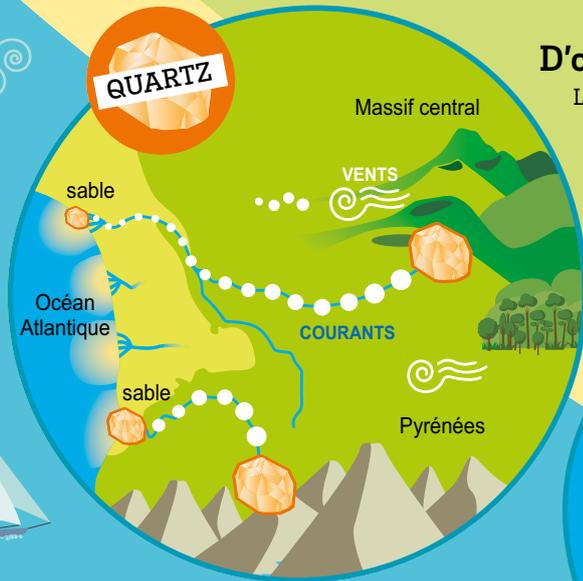
Le corps humain sous toutes les gravités

40

Les sondages politiques valent-ils encore quelque chose ?

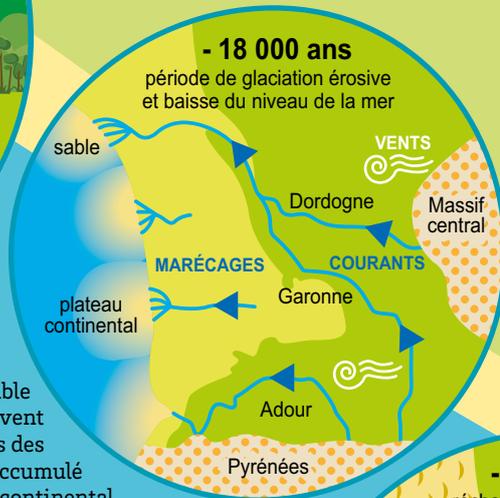
Banc d'Arguin : quand le vent et les courants mettent leur grain de sable

Avant le banc d'Arguin, il y a le sable...



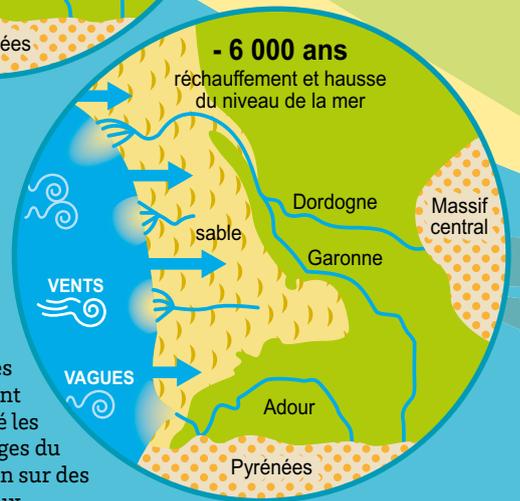
D'où vient le sable ?

Le sable des plages provient de l'érosion des massifs montagneux (Massif central et Pyrénées). Le sable est plus fin au nord qu'au sud, car il a parcouru plus de distance et s'est érodé plus longtemps.



Une grande quantité de sable charrié par le vent et les courants des fleuves s'est accumulé sur le plateau continental.

Quand et comment ont été créées les plages ?



Le sable rapporté par les vagues et le vent d'ouest a formé les 200 km de plages du littoral aquitain sur des sols marécageux.

Un nom aux origines inconnues

« Arguin » viendrait d'un mot berbère désignant une plante. Ce nom a été donné à un banc de sable mauritanien rendu tristement célèbre par le naufrage de la frégate La Méduse en 1816. 20 ans plus tard, l'ingénieur hydrographe Paul Monnier l'emploie sur une carte du bassin d'Arcachon. Hommage aux naufragés ou à la dangerosité des passes du bassin ? Nul ne le sait.

Merci à

Nadia Sénéchal, enseignant-chercheur au laboratoire Environnements et paléoenvironnements océaniques et continentaux (Epoc, unité de recherche CNRS et université de Bordeaux).

Bibliographie : Synthèse des principales activités 2015 – Sepanso/Réserve naturelle du Banc d'Arguin (reserves-naturelles.org)

Joyau sableux s'étirant à l'entrée du bassin d'Arcachon, le banc d'Arguin est bien connu des Aquitains et autres vacanciers. Classé réserve naturelle depuis 1972, il s'étend sur 4 km sur 2 à marée basse. Mais comme tout banc de sable, le banc d'Arguin est en perpétuel mouvement. Découverte.



Comment et quand s'est formé le banc d'Arguin

Le banc d'Arguin n'est pas une île

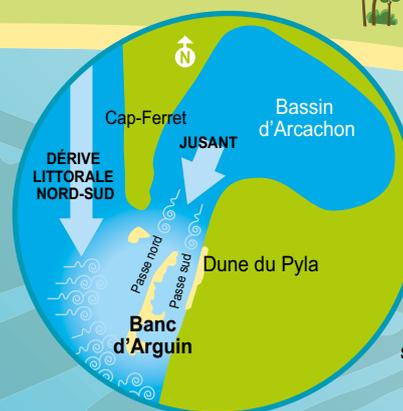
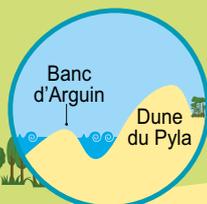
C'est un banc de sable dont une partie émerge à la surface. Il s'est mis en place avec le bassin d'Arcachon au cours des derniers siècles, mais il n'est pas possible actuellement de le dater précisément.

Une naissance au croisement de deux courants

Lors de la marée descendante, le Jusant, courant très puissant, chasse le sable à l'embouchure du bassin.

Un autre courant fort, la Dérive littorale, due au déferlement des vagues et orientée principalement nord-sud, charrie également du sable le long de la côte.

Lorsque les deux se croisent, ils se freinent mutuellement et le sable s'accumule jusqu'à former un banc.



Bassin d'Arcachon

Le banc d'Arguin, un avenir incertain

Le littoral : un milieu dynamique

Le littoral évolue au cours des saisons et le banc d'Arguin également. Il est en équilibre instable : sa forme, son extension et sa position dans l'embouchure sont en perpétuel ajustement.

Même si les bancs sont distingués par différents noms, Arguin et Toulinguet, d'un point de vue naturel, il s'agit d'un seul et même système en mouvement.

Et si le niveau de la mer augmente ?

Au cours du XX^e siècle, les chercheurs ont noté une remontée du niveau de la mer.

S'il augmente d'avantage, le passage de l'eau et l'intensité des courants pourront être modifiés à l'entrée du bassin. Les bancs pourraient alors être recouverts et disparaître, ou se développer différemment.

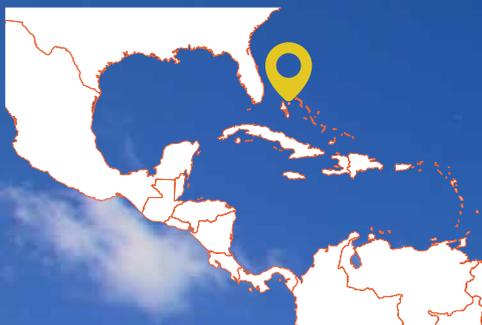


Banc d'Arguin

Sa surface varie entre 10 et 15 km². Il est partiellement immergé à marée haute.

- sable émergé
- sable mi-immergé
- sable immergé

La mission Carambar sonde les fonds marins des Bahamas



COMPRENDRE





Du 30 novembre 2016 au 2 janvier 2017 a eu lieu la troisième campagne océanographique Carambar¹ menée par des chercheurs du laboratoire bordelais Epoc² au large des Bahamas. Cet archipel isolé, est constitué de bancs dits carbonatés, c'est-à-dire formés par des roches et sédiments calcaires constitués de fragments de roches et d'organismes marins (coquilles de mollusques, coraux, algues, plancton...).

Ces bancs plongent en pente douce mais peuvent constituer des reliefs sous-marins dont la morphologie s'apparente des paysages de la taille du Grand Canyon sous 2 000 et 5 000 mètres d'eau. Le but de cette mission est de mieux comprendre la formation et l'évolution de cet environnement profond, et les mouvements sédimentaires qui s'y déroulent. Les dépôts des sédiments enregistrent alors les variations de l'intensité des courants marins, celle du niveau de la mer, les oscillations climatiques, ou les séismes...



¹ Carbonate ramp of Bahamas resedimentation – Resédimentation sur la rampe carbonatée des Bahamas

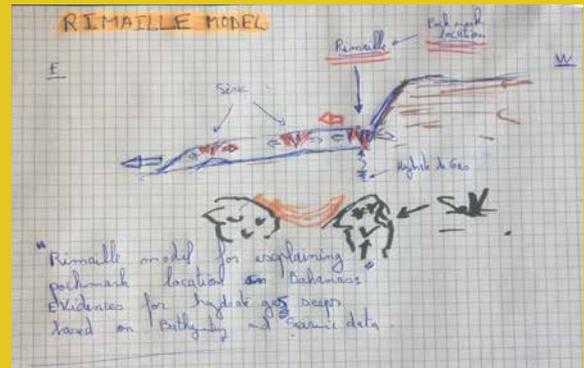
² Environnements et paléoenvironnements océaniques et continentaux (unité CNRS et université de Bordeaux)

Merci au professeur Thierry Mulder, responsable de la mission Carambar.
Crédit photographique : Epoc



Une équipe

Une quinzaine de chercheurs pour la plupart géologues et sédimentologues du laboratoire Epec, de l'École nationale supérieure en environnement, géoressources et ingénierie du développement durable (Ensegid – Bordeaux INP) et d'autres universités françaises (Marseille, Rennes) et étrangères (Genève, Miami, Houston, Amsterdam...) participent aux missions Carambar. Avec le personnel technique et l'équipage de Genavir, filiale de l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer), c'est au total une quarantaine de personnes qui est à bord.



COMPRENDRE



Un bateau

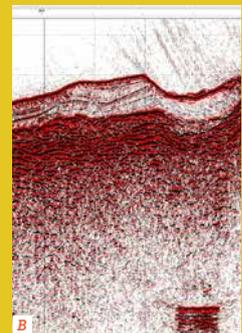
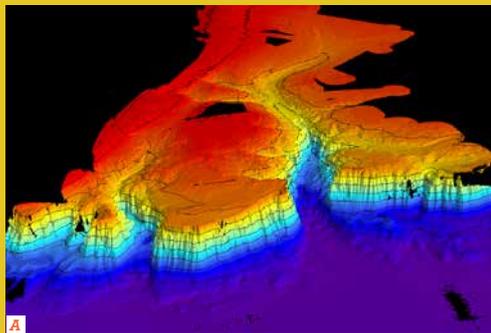
Pour cette troisième mission, les chercheurs ont embarqué, depuis Nassau la capitale des Bahamas, à bord de l'Atalante, un navire hauturier de recherche pluridisciplinaire de la flotte océanographique gérée par l'Ifremer.





Des recherches

Pour étudier les pentes carbonatées, dites modernes, du Petit banc et du Grand banc des Bahamas, les chercheurs ont navigué sur une surface grande comme trois fois celle de la Gironde. Ils ont fait trois types de relevés : des mesures morpho-bathymétriques avec un sonar multifaisceaux (situé sous le bateau) pour cartographier le fond marin (image A) ; des relevés géophysiques des dépôts sédimentaires avec une ligne de capteurs sismiques de 1,5 km de long située derrière le bateau. L'enregistrement des ondes acoustiques réfléchies permet ainsi de caractériser les géométries des dépôts sédimentaires jusqu'à environ 1000 m sous le fond marin (image B). Et enfin des carottages de sédiments calcaires d'une douzaine de mètres de long au maximum.



Une anecdote

À minuit au 1^{er} janvier 2017, une seconde a été ajoutée au temps universel pour aligner les horloges du monde entier au rythme de rotation de la Terre. Une seconde de trop qui a fait perdre temporairement « la boussole » aux instruments scientifiques embarqués sur l'Atalante qui durant plusieurs minutes n'ont plus été synchronisés avec le temps universel.





◀ Airbus A 300
Zéro G.

Étudier la mémoire ou encore l'articulation du bras en situation d'apesanteur, ou au contraire, en hypergravité, voilà les travaux menés par des chercheurs bordelais. En espérant, à terme, pouvoir tester leurs expériences dans l'espace.

Le corps humain sous toutes les gravités

62 ! C'est le nombre d'expériences que doit réaliser le spationaute français qu'on ne présente plus, Thomas Pesquet, parti fin novembre 2016 pour six mois dans la Station spatiale internationale (ISS). Une partie de ces expériences est consacrée à la physiologie humaine. Cette thématique est importante à deux niveaux différents explique le neurobiologiste Jean-Luc Morel, chercheur CNRS à l'Institut des maladies neurodégénératives¹. Tout d'abord, il faut pouvoir assurer la vie et la survie dans l'espace. On pense alors aux missions spatiales longues comme celle d'aller sur Mars et son impact sur le corps humain. « Et sur un plan plus fondamental, on peut essayer de comprendre comment la gravité conditionne ce qu'on est. Cela peut aboutir à des applications », précise-t-il.

La mémoire à l'épreuve de la pesantueur

Mais il n'est pas aisé d'obtenir du temps d'expérience dans l'ISS, donc en attendant ce Graal, les chercheurs utilisent des voies détournées pour faire des expériences en microgravité ou impesantueur - préféré à apesantueur - c'est-à-dire sans gravité telle qu'on la subit sur Terre. Pour Jean-Luc Morel, ce sera même l'opposé, à savoir l'hypergravité. Le but des recherches dans ce domaine est de savoir si l'une est l'inverse de l'autre, ce qu'on appelle en physiologie une contre-mesure. Par exemple, est-ce que mettre les spationautes à leur retour sur Terre dans de grandes centrifugeuses, donc en hypergravité, à l'instar de certains manèges, annule les effets produits par la microgravité, subie lors du voyage spatial ? Et même au-delà des astronautes,

est-ce que l'hypergravité pourrait être utilisée à des fins thérapeutiques pour aider des patients alités durant des mois à récupérer plus vite, par exemple. « Si le vol spatial induit des difficultés de l'appréciation de l'environnement, il n'altère pas de façon majeure la mémoire », explique-t-il.

Mais l'hypergravité peut-elle perturber les processus de la mémoire chez les mammifères ? Pour cela, le chercheur bordelais les modélise au moyen d'un test de mémoire olfactive avec des rats en condition d'hypergravité. Ce test permet de mesurer cette mémoire olfactive à court et long terme. Les résultats sont à venir. En même temps, ces expériences réalisées en lien avec le Centre national d'études spatiales (Cnes), permettent de préparer le protocole pour une utilisation spatiale en microgravité, où les problèmes de coût et de logistique sont d'une complexité quasi astronomique !

Pour pallier cela, l'équipe Hybrid² de l'Institut de neurosciences cognitives et intégratives d'Aquitaine (Incia)³, dirigée par Aymar de Rugy, mène ses expériences, également avec le Cnes,

« Si le vol spatial induit des difficultés de l'appréciation de l'environnement, il n'altère pas de façon majeure la mémoire. »



© Anis Martin

dans l'Airbus Zéro G de Novespace. Basé à quelques kilomètres de leur laboratoire, sur l'aéroport de Bordeaux-Mérignac, cet avion effectue des vols paraboliques, alternant des phases de microgravité à zéro gravité dit Zéro G (une vingtaine de secondes) et d'hypergravité à près de 2G. D'un premier abord loin de l'espace, ces chercheurs travaillent à l'amélioration des prothèses de membres supérieurs, à l'interface entre les systèmes nerveux et musculo-squelettique. Il y a actuellement un fort taux de rejet pour ce type de prothèse, souvent compensé par l'autre membre encore valide.

Des paraboles de l'avion Zéro G à l'articulation du bras

Aujourd'hui « s'il est possible de prendre un objet avec une prothèse, il n'est pas possible de jouer au piano par exemple », explique Aymar de Ruggy. En effet, les mouvements du poignet et de la main mettent en scène pas moins de 37 muscles et 24 degrés de liberté – ou possibilités de mouvements – différents. Il est donc nécessaire de bien comprendre ces articulations et le lien avec le système nerveux qui les coordonne. Et il y a encore des choses qui échappent aux chercheurs. Par exemple, explique l'ingénieur de recherche Étienne Guillaud, « imaginez que vous tenez une bouteille d'eau et qu'on vous appuie sur l'avant-bras, vous allez serrer d'avantage la bouteille d'eau alors qu'elle a toujours le même poids. À l'inverse, si on exerce une

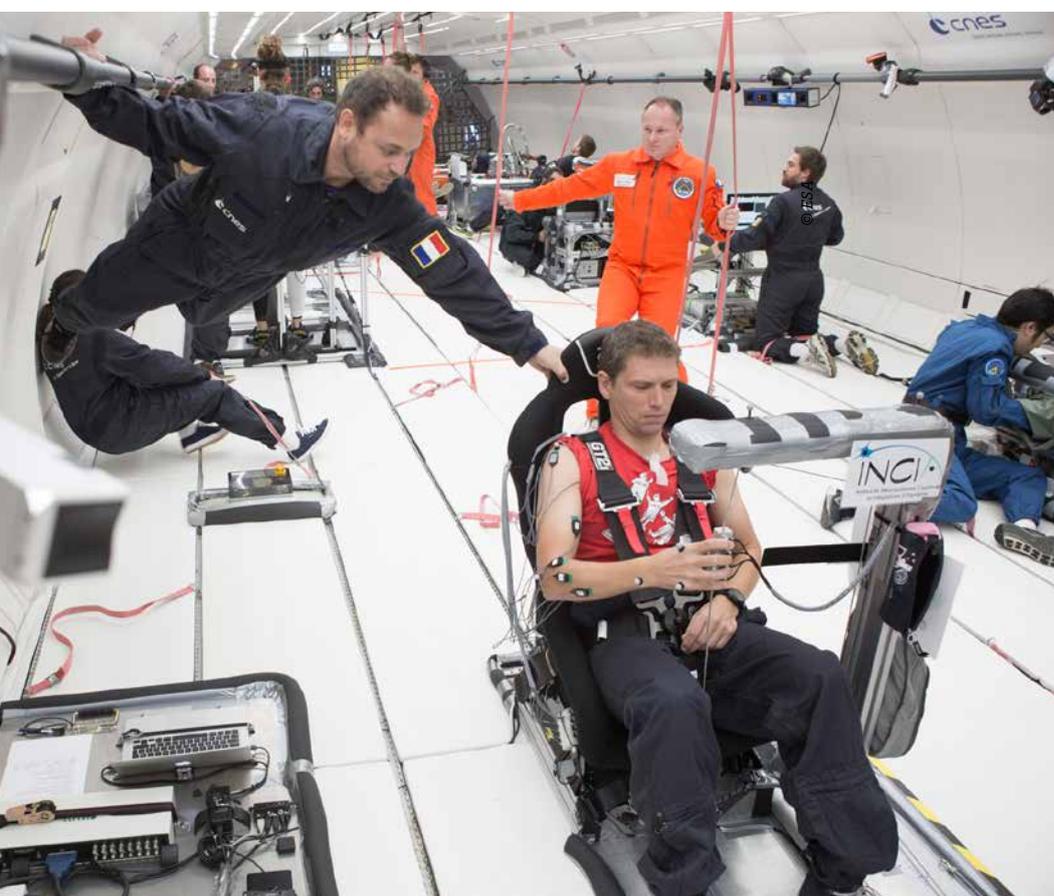
même force sous le bras vers le haut, il ne se passe rien ». Pourquoi? Est-ce que le cerveau humain tient compte de la gravité et du fait que la bouteille pourrait tomber au sol. C'est ce que les scientifiques cherchent à comprendre. Cela pourrait les aider, à terme, à mieux faire fonctionner les prothèses des mains, poignets et bras en comprenant les mécanismes automatisés des gestes du quotidien que nous réalisons sur Terre... mais que se passerait-il dans l'espace? C'est là que la gravité entre en jeu. Ils ont créé une expérience quasi similaire lors de laquelle un expérimentateur humain doit se saisir d'un objet qui peut être tiré vers le haut ou le bas lors des différentes phases du vol parabolique de l'avion Zéro G.

Les premiers résultats de l'analyse des données durant les vols montrent que lorsque le sujet serre un objet qui est tiré vers le bas en microgravité ou en hypergravité, il va le serrer d'avantage, explique Florent Pacllet, enseignant-chercheur à l'université de Bordeaux et coordinateur de l'expérience au sein de l'équipe. Est-ce que des aspects psychologiques et environnementaux entrent en jeu? Ou bien un débordement de l'activité cérébrale d'une zone motrice vers une autre? Autant de pistes que les chercheurs suivent, et qu'ils continueront à suivre en avril 2017 lors de leur prochaine campagne de test dans le Zéro G... voire dans l'ISS d'ici quelques années espèrent-ils. Mais que ce soit en hyper, micro ou simple gravité, le corps humain n'a pas encore révélé tous ses secrets. ■ DC

¹ Unité de recherche CNRS et université de Bordeaux

² Hybrid Sensorimotor Performance

³ Unité CNRS, École pratique des hautes études et université de Bordeaux



◀ L'équipe Hybrid a installé son expérience à bord de l'avion Zéro G du Centre national d'études spatiales (Cnes).

Les sondages politiques valent-ils encore

Cameron, Fillon, Trump... les instituts de sondage enchaînent les erreurs de pronostics depuis deux ans. Analyse avec le politiste et sociologue Vincent Tiberj.

C'est l'erreur de trop. La « surprise Fillon » lors de la primaire de la droite et du centre en novembre dernier n'est que la dernière en date d'une longue liste de mauvais pronostics sur les résultats électoraux. L'année dernière, les instituts anglais se sont trompés sur la réélection de

Cameron et le Brexit, avec parfois des écarts de plus de 10 % sur les législatives. Les instituts américains ont sous-estimé le vote Trump. Plus loin encore, en 2015, les sondeurs français avaient pronostiqué « une vague bleu marine ». Ce fut finalement une « vague bleue avec des tâches marine ». La machine à sondages est grippée et il y a urgence à repenser le modèle. Entretien avec Vincent Tiberj, docteur en sciences politiques, professeur associé

à Sciences Po Bordeaux et chercheur au Centre Émile Durkheim¹.

U : Comment expliquez-vous ces erreurs de pronostics des sondeurs ?

Vincent Tiberj : « La principale source d'erreurs est le recours à Internet, qui s'est généralisé ces cinq dernières années. Aujourd'hui quasiment plus aucun institut de sondage ne mène des entretiens par téléphone ou en face-à-face, pour des raisons de coûts. C'est aussi ce qui permet aux chaînes télé d'avoir une photographie de l'opinion, le débat à peine terminé. L'avantage c'est qu'il y a très peu de sous-déclarations sur des opinions parfois plus difficiles à assumer face à un interlocuteur, comme le vote d'extrême droite par exemple. C'est ce qu'on appelle la désidérabilité sociale. Mais le recours à Internet pose deux problèmes : d'abord la fracture numérique est toujours une réalité. Une grande par-

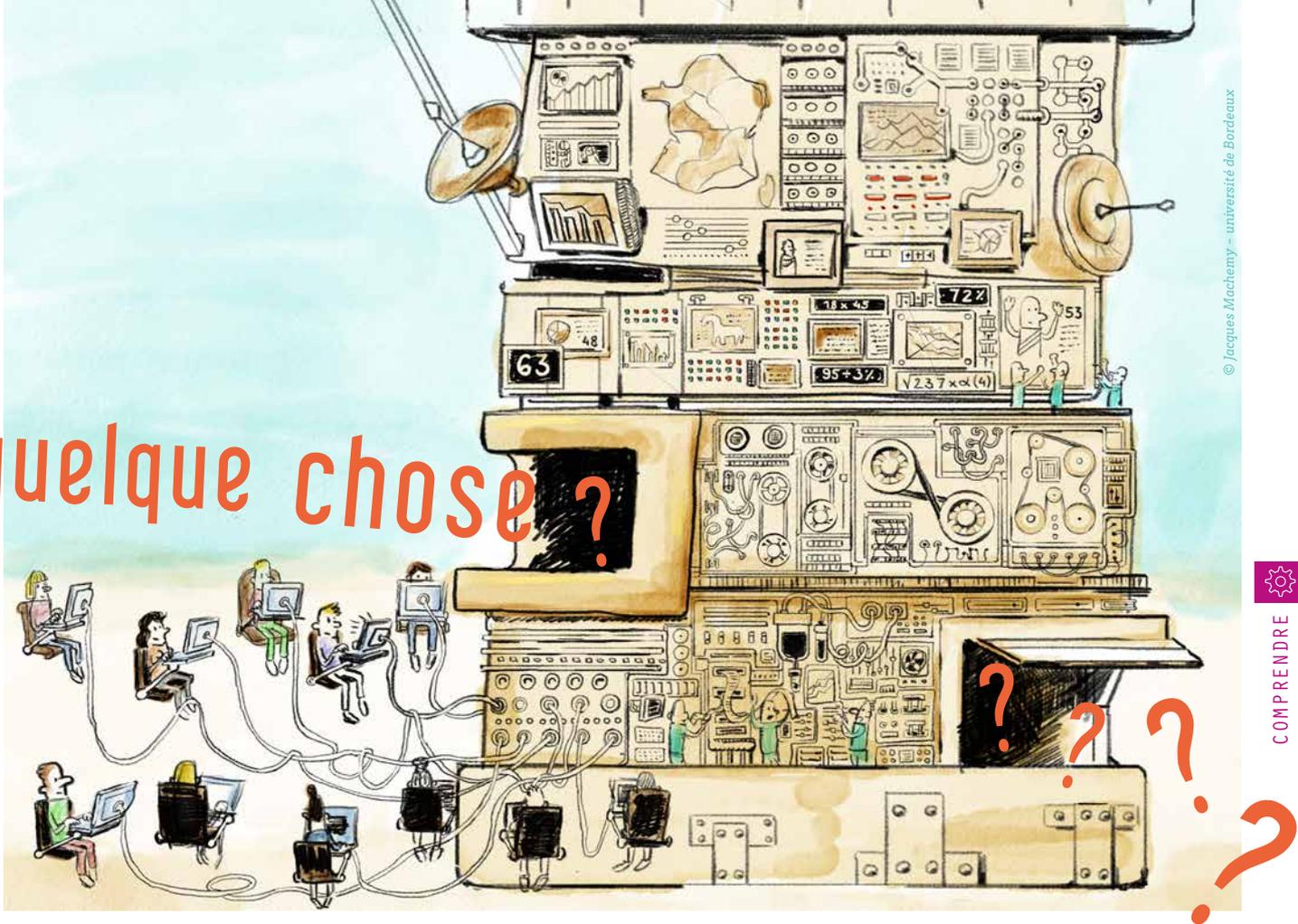
« La principale source d'erreurs est le recours à Internet. »



¹ Unité de recherche CNRS, Sciences Po Bordeaux et université de Bordeaux

² Institut national de la statistique et des études économiques

quelque chose ?



tie de la population qui est âgée, peu diplômée et/ou précaire, n'est pas sur Internet. Les sondeurs disent qu'ils tiennent compte de cela avec des quotas. Pourtant, les seniors connectés ne sont pas représentatifs du reste de leur classe d'âge par exemple. Ils sont plus diplômés, plus urbains et s'informent différemment. Le deuxième problème, c'est qu'on ne sait rien de la qualité des réponses récoltées. Viviane Le Hay, ingénieure de recherche au Centre Émile Durkheim, parle dans ses travaux des « tireaux-flancs ». Ce sont tous les gens qui vont remplir le questionnaire depuis leur tablette, qui ne sont pas forcément concentrés, ni même seuls à répondre. Le fait de ne plus avoir d'enquêteur diminue automatiquement la qualité des données récoltées. »

U : Ce n'est pourtant pas une première dans l'histoire ?

VT : « Non effectivement, en 1948 Harry Truman était donné perdant contre Thomas Dewey, par exemple. Idem en 1992, avec la défaite des Travailleurs, pourtant en tête dans les sondages outre-Manche. Il est tout à fait normal d'un point de vue statistique qu'il y ait des erreurs. La situation que nous connaissons l'est en revanche beaucoup moins, car il y a une accumulation. Aux États-Unis, l'*American Association of Public Opinion Research* a mis en place une commission pour essayer de com-

prendre leur échec. Les Britanniques ont initié une concertation similaire entre chercheurs et instituts de sondage. Et en France ? On ne fait rien, alors que l'on connaît l'impact des sondages sur la campagne présidentielle. »

U : Mis à part le recours à Internet, quelles sont les autres sources de biais ?

VT : « Les sondeurs français utilisent le système de quotas, alors que les Anglo-saxons restent sur un échantillonnage aléatoire de base. La définition même de quota n'a pas été réactualisée depuis les années 1970-1980. La composition est évidemment mise à jour avec les évolutions chiffrées de la population, fournies par l'Insee², mais la logique n'a pas bougé. Par exemple, certains sondeurs prennent en compte la profession du chef de ménage et pas forcément celle de la personne interrogée. Ça n'a plus de sens en 2017, car les femmes ne sont plus dans un rapport de domination, suivant l'avis politique de leur mari. Autre exemple, pour beaucoup de sondeurs la « profession » retraité constitue un groupe à part entière. Or on sait depuis longtemps qu'entre un retraité ancien cadre et un retraité ancien ouvrier, il n'y a pas grand chose en commun en matière d'opinion politique. Il y a là toute une série de prêt-à-penser sur la société qu'il faudrait réactualiser. »

U : Les sondeurs ont pourtant bien des méthodes statistiques pour corriger les biais ?

VT : « Oui, cela permet d'éviter les problèmes les plus visibles. Ils redressent les résultats à partir des souvenirs de votes de la Présidentielle de 2012 par exemple ou des dernières Régionales. Le problème est que pour les Régionales, nous avons près de 50 % d'abstention. Et pour la Présidentielle, les sondeurs sont confrontés à l'oubli des votes et au « phénomène de ralliement au vainqueur ». On sait que seulement un mois après les élections, une part non négligeable des électeurs est persuadée d'avoir voté pour le candidat qui a gagné, alors qu'ils avaient voté pour le perdant. Et ils sont de bonne foi ! Alors imaginez cinq ans plus tard. La donnée ne peut pas être fiable. »

U : Quelles méthodes utilisent les Américains ?

VT : « Ils utilisent notamment les *robots call* : un robot qui pose les questions. Comme la solution du questionnaire en ligne, il n'y a pas de problème de désidérabilité sociale. Mais l'attention du répondant est flottante, imaginez répondre à une voix enregistrée... Le lendemain de la victoire de Trump, une enquête menée par l'université de San Diego en collaboration avec le *Los Angeles Times* a été mise en avant car elle avait prédit la victoire de Trump. L'échantillon était constitué d'un panel d'électeurs interrogés régulièrement, ce qui induit des biais de professionnalisation. Ces gens ressemblent de moins en moins à des électeurs lambda. Ils vont prêter plus d'attention à la campagne car ils se savent scrutés de près. »

U : Les électeurs ont-ils tendance à changer plus souvent d'avis entre le questionnaire et l'isoloir ?

VT : « Indéniablement, les opinions sont plus mobiles, car nous sommes dans une phase de recomposition de l'offre politique. Une culture du vote de droit est en train d'émerger, par opposition au vote de devoir. Les cohortes nées après la Seconde Guerre mondiale ne se déplacent plus dans les urnes s'il n'y a pas assez d'enjeux ou si le vote s'inscrit dans une logique de justification d'un système qui ne leur correspond pas vraiment.

« Déjà en 2002, 14 % des gens déclaraient avoir choisi leur vote le jour même. C'est considérable. »

On observe aussi une forte mobilité entre les partis au sein d'un même camp (gauche ou droite). Les électeurs évoluent dans « un espace des possibles » et peuvent changer de parti d'une élection à l'autre. Cela induit un vrai problème de mesure. Maintenant je préfère poser la question sur la probabilité de vote pour un candidat sur une échelle de 0 à 10, plutôt que sur l'intention de vote. Avec la question « pour qui allez-vous voter ? », on cris-

tallise un vote et on sous-estime une hésitation. Cette approche permet de voir émerger cet espace de mobilité potentielle. Déjà en 2002, 14 % des gens déclaraient avoir choisi leur vote le jour même. C'est considérable. »

U : C'est l'objet de l'enquête « Dynamique de mobilisation » à laquelle vous participez...

VT : « Oui c'est un panel de long terme. Nous suivons les gens de septembre 2013 à juin 2017. L'objectif est d'analyser les logiques de formation des préférences et de choix face à différents types d'élections, mesurer l'influence de l'actualité, l'impact d'événements traumatisants comme les attentats. Les premiers résultats montrent que les gens bougent plus et surtout beaucoup plus vite qu'on ne le pensait. On sait que la Présidentielle est une élection unique en termes de prégnance dans le quotidien, qu'elle réanime l'idéologie des individus. Peut-être que les électeurs vont énormément évoluer pendant cette période. » ■ Propos recueillis par **JZ**

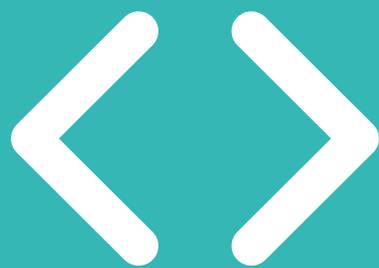
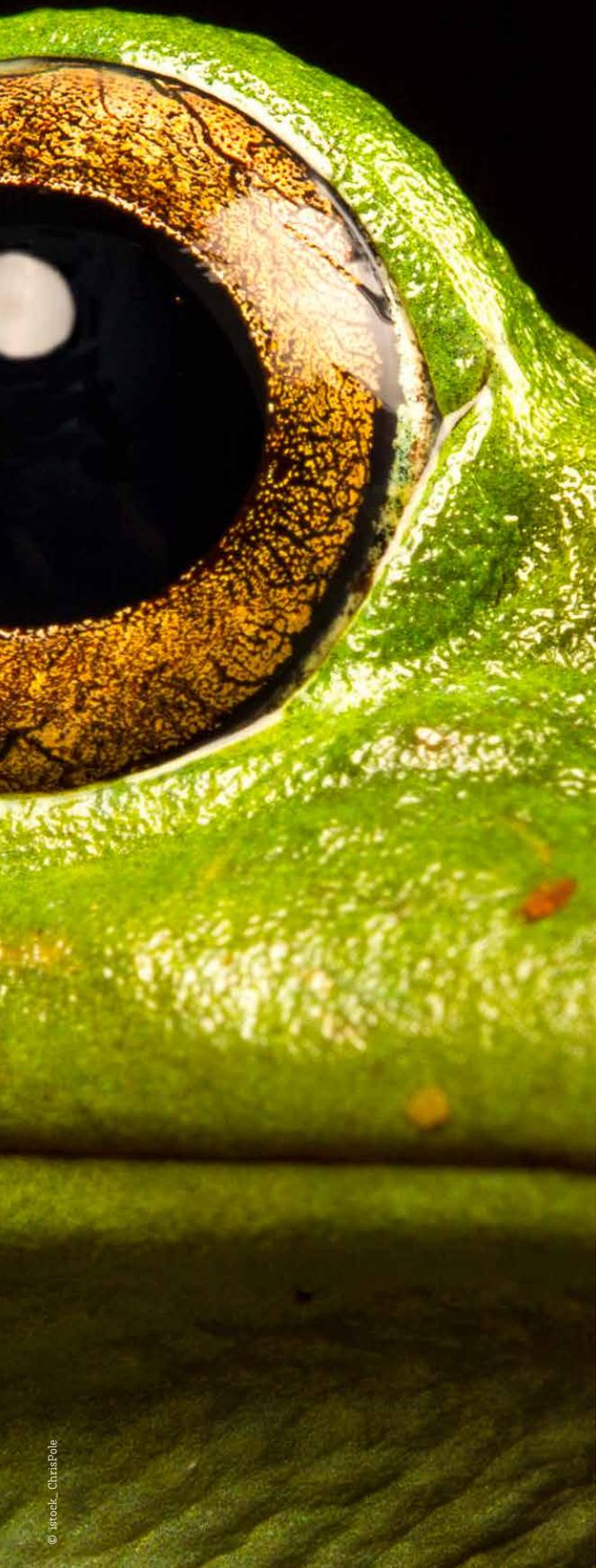


Une question d'intervalle de confiance

D'un point de vue mathématique, le résultat d'un sondage est calculé à partir d'un échantillon. Il fournit une valeur, ou un intervalle de valeurs, d'un paramètre qui se rapporte à l'ensemble d'une population (qui n'est pas toujours facile à bien définir, contrairement aux apparences). L'aléatoire intervient naturellement en théorie des sondages par les biais de la sélection de l'échantillon qui est interrogé. « Aujourd'hui les instituts publient uniquement une estimation ponctuelle d'un paramètre et non pas un intervalle de confiance, détaille Jérôme Saracco, directeur adjoint de l'Institut de mathématiques de Bordeaux¹. C'est une histoire de marketing. S'ils le faisaient,

l'information pourrait ne plus être jugée satisfaisante par les médias et les commanditaires. » Concrètement, au lieu de dire qu'un candidat A remporte 48 % des avis favorables des électeurs et que le candidat B se place à 52 %, il faudrait dire que le candidat A se situe entre 45 % et 51 % des avis favorables et le candidat B en 49 % et 55 %. Difficile d'affirmer dans ces conditions qu'un candidat est en tête. « Mais la culture de l'aléatoire est en train de s'immiscer dans les mœurs françaises, poursuit le chercheur. Par exemple, des indices de confiance sont maintenant associés aux prévisions météo. »

¹ IMB, unité de recherche CNRS, Bordeaux INP et université de Bordeaux



ECHANGER

44

L'innovation œnologique,
du labo aux chais

47

La Chine, *the place to be*

48

Quand biodiversité rime avec université

La recherche à l'ISVV est intégrée sur plusieurs échelles d'études du tube à essai au vignoble.



© Gautier Dufeu

L'innovation œnologique, du labo aux chais

Depuis les années 1980, le groupe Laffort et l'Institut des sciences de la vigne et du vin à Bordeaux collaborent étroitement pour faire avancer la recherche en œnologie. Histoire d'un partenariat fructueux.

C'est une belle histoire qui dure depuis 30 ans. Entre l'Institut des sciences de la vigne et du vin (ISVV – université de Bordeaux) d'un côté, et le groupe Laffort de l'autre, une entreprise bordelaise familiale devenue leader mondial de la recherche œnologique. Le rapprochement se fait au début des années 1980, quand Denis Dubourdieu, l'ancien directeur de l'ISVV décédé en juillet dernier, se rapproche de différents industriels de la région pour financer des travaux de recherche moléculaire sur l'arôme du Sauvignon blanc. Il pressent que l'identification des marqueurs aromatiques permettra de mieux sélectionner les levures de fermentation et d'améliorer la qualité des vins. « Jean-François

Laffort, qui était à l'époque à la tête d'une PME a dit oui tout de suite, raconte Philippe Darriet, directeur du laboratoire d'œnologie de l'ISVV. Denis Dubourdieu lui proposait de financer de la recherche fondamentale, sans aucune visibilité, ni garantie sur les résultats de ses travaux. Ce « oui » a eu un énorme impact sur notre unité de recherche et je crois sur la croissance de son entreprise. » Pendant des années, « mon père a consacré tout son budget publicité au financement de ces travaux de recherche, raconte Luc Laffort, qui a repris la direction de l'entreprise en 2009. Et c'est seulement au bout de dix ans que cet effort a pu être valorisé. »

Un rapprochement naturel

En 1991, Laffort crée Biolaffort, son propre centre de recherche et développement (R&D) et s'attaque au marché international. « L'innovation était le seul moyen de se démarquer de nos concurrents. Aujourd'hui, l'international représente 70 % de notre chiffre d'affaires et

80 % de nos 250 produits sont issus de notre centre de recherche. » La collaboration entre la recherche fondamentale et les entreprises est quasiment inscrite dans l'ADN du secteur viti-vinicole, estime Philippe Darriet. « Les meilleures questions de recherche en œnologie viennent des vinificateurs. Et nous avons intérêt à ce que nos travaux débouchent sur des solutions concrètes pour eux. » Dès la fin du XIX^e siècle, en 1880, Ulysse Ribéreau-Gayon, assistant de Louis Pasteur, s'installe à Bordeaux et s'intéresse à l'impact œnologique de la bouillie bordelaise à base de sulfate de cuivre pour lutter contre le mildiou. Son petit-fils Jean Ribéreau-Gayon crée en 1949 l'Institut d'œnologie (aujourd'hui ISVV) et découvre avec Émile Peynaud (cf. page 6), la fermentation malolactique, qui permet la diminution de l'acidité, la stabilisation et l'assouplissement du vin. Les bases de la vinification sont posées et à Bordeaux, les crus qui sortent des chais en 1961 sont les premiers vins modernes, bien moins rudes et acides que leurs ancêtres. « Le



La collaboration entre la recherche fondamentale et les entreprises est quasiment inscrite dans l'ADN du secteur viti-vinicole.

vin reste encore plein de mystères, raconte Virginie Moine, directrice R&D de Biolaffort. Tout le travail de l'ISVV consiste à trouver les marqueurs de la qualité du vin. Et nous prenons le relais pour comprendre l'influence des traitements œnologiques au cours des différentes étapes de vinification sur ces marqueurs. »

Identifier les marqueurs de la qualité du vin

Parmi les collaborations marquantes, Virginie Moine a réalisé sa thèse dans le laboratoire de Denis Dubourdieu dans les années 90, financée par Biolaffort, sur la précipitation d'acide tartrique, à l'origine des dépôts dans les vins. « Nous avons montré que pendant

l'élevage sur lies (une alternative à la fermentation malolactique), certaines molécules libérées par la levure empêchaient la précipitation tartrique, détaille la chercheuse. La société a ensuite développé un procédé industriel pour extraire ces molécules et monté une usine spécifique sur Bordeaux en 2006. Et aujourd'hui on utilise ces mano-protéines pour stabiliser les vins. » Plus récemment le laboratoire de Philippe Darriet a mené des travaux sur la typicité du cépage Chardonnay. « C'est un cépage blanc qui est très peu planté dans le Bordelais, mais qui est le plus répandu au niveau international, relève Alain Blanchard, directeur de l'ISVV. Biolaffort nous a sollicités pour travailler sur les marqueurs de la qualité du vin de ce cépage, ce qui

devrait les aider dans la sélection de nouvelles levures plus adaptées à sa vinification. La renommée de ce cépage est très motivante pour nos équipes et compte tenu de la complexité du vin, cela contribue à une meilleure connaissance fondamentale des déterminants de la perception du goût dans notre cerveau. » Actuellement, six salariés de Biolaffort (deux chercheurs, deux étudiants en thèse, un ingénieur de recherche et un post-doc) sont détachés au sein de l'unité d'œnologie de l'ISVV, sur des projets d'avenir pour le secteur tels que la diminution du taux d'alcool des vins et le remplacement du dioxyde de soufre comme antioxydant et antimicrobien par de la bioprotection ou des extraits naturels. De quoi préparer les produits et innovations qui seront commercialisés dans dix ans. « Quand on a une relation de confiance, le bénéfice est partagé », conclut Philippe Darriet. ■ JZ



◀ Virginie Moine, directrice R&D de Biolaffort et Luc Laffort, directeur du groupe Laffort.



18 brevets déposés par Laffort depuis 1997



26 thèses financées depuis 1988



中国



CHANGER

La Chine, *the place to be*

Vue de la province
de Wuhan en Chine,
Yangtze River Bridge.

© istock_real444

Cela fait plus de 17 ans que Bordeaux tisse des liens avec l'Empire du milieu et plus particulièrement la ville de Wuhan. Une politique de coopération qui s'enrichit d'année en année et dans laquelle les universités de ces deux villes occupent une place importante.

Au cœur de la Chine, à mi-chemin entre Hong Kong et Shanghai, se trouve la ville de Wuhan, capitale de la province du Hubei. Située au bord du « Fleuve Bleu », cette métropole de plus de 10 millions d'habitants méconnue des touristes, est pourtant un pôle majeur et dans les domaines de l'industrie des hautes technologies, de l'éducation et de la recherche scientifique. Deuxième ville universitaire de Chine, Wuhan compte plus d'un million d'étudiants et pas moins de 80 campus. Par ailleurs, la province de Hubei rassemble la population française la plus nombreuse de Chine. C'est donc assez naturellement que la région Aquitaine et Bordeaux se sont rapprochées de Hubei et de Wuhan. Un jumelage qui date de 1998 et qui a vu naître depuis des collaborations stratégiques importantes.

« Aujourd'hui, la Chine est un partenaire incontournable. Nous ne pouvons pas passer à côté de l'immense potentiel offert par ce pays, économiquement parlant mais aussi en termes de recherche, d'innovations technologiques et d'éducation » déclare Vincent Dousset, vice-président aux relations internationales de l'université de Bordeaux. D'autant que les Chinois sont très attirés par la France, qui accueille de plus en plus d'étudiants sur son territoire. La Chine reste à cet égard la quatrième nationalité représentée parmi les étudiants étrangers à l'université de Bordeaux.

Des partenariats innovants

Dans le cadre de sa politique de coopération avec la Chine, l'université de Bordeaux a tissé des liens étroits avec de grandes universités du pays dans des domaines tels que l'oenologie, la médecine, les mathématiques, ou celui des lasers et de la photonique, dont l'université *Huazhong University of Science and Technology* à Wuhan (HUST). L'expertise bordelaise dans le domaine de la santé a particulièrement séduit les partenaires chinois à la recherche de formations pour leurs médecins et de conseils pour la gestion de leurs hôpitaux.

« De manière générale, la santé française est réputée à l'étranger pour sa qualité et en l'occurrence la formation des cardiologues à Bordeaux intéresse beaucoup les Chinois » précise Vincent Dousset. C'est l'objectif du partenariat initié en 2014 avec l'hôpital Asia Heart de Wuhan, classé parmi les premiers hôpitaux en Chine, et de la création du Centre de formation hospitalo-universitaire Bordeaux-Wuhan en cardiologie. Un projet ambitieux qui vise à construire à Wuhan un centre d'excellence dans le traitement des pathologies cardiaques. Les médecins spécialisés dans les différents domaines de la cardiologie seront formés pendant cinq ans grâce à des enseignements donnés à Wuhan et une formation de six mois à un an à Bordeaux au sein des services concernés du CHU. À terme, l'hôpital Asia Heart de Wuhan devrait être reconnu comme l'un des plus performants du pays. « Par ailleurs, ajoute Vincent Dousset, nous collaborons aussi avec d'autres hôpitaux de la ville également rattachés à la faculté de médecine de l'HUST. Ce sont des établissements de 10 000 lits, soit trois fois plus qu'un CHU chez nous. ». C'est dire si le potentiel est important...

Langue et culture

La santé mais pas que. Deux autres grands projets entre la province de Hubei et la Nouvelle-Aquitaine se profilent. Le premier concerne la construction d'une écocité franco-chinoise de plus de 300 km² dans le quartier de Caidien. Une initiative décidée par le président François Hollande et portée par la Région. L'université de Bordeaux et HUST se sont positionnées pour apporter leur contribution scientifique et leurs compétences dans le domaine du développement durable.

Le second porte sur la création d'un Institut Confucius¹ à Bordeaux. Ces établissements, dont la mission essentielle est l'enseignement de la langue chinoise, visent aussi à favoriser la découverte de la société et de la culture chinoises et le développement de liens avec la Chine. Outre ces activités, l'Institut Confucius de Bordeaux créerait des événements scientifiques et éducatifs en lien avec les disciplines universitaires à fort potentiel, comme la médecine ou les sciences et technologies.

« Le développement et le renforcement des coopérations de l'université de Bordeaux avec les universités chinoises passent avant tout par une connaissance et une compréhension mutuelle de nos langues et de nos cultures. La création de l'Institut Confucius de Bordeaux vient confirmer la volonté de tisser des liens plus pérennes et plus solides avec la Chine et plus particulièrement la ville de Wuhan » précise Vincent Dousset, enthousiaste à cette perspective. ■ SBS

¹ En France, le premier Institut Confucius a été installé à Poitiers en 2006. Aujourd'hui, seize instituts sont implantés en France, dont ceux de Poitiers et La Rochelle

Thristhémis annelé
(Trithemis annulata).

Quand biodiversité rime avec université



© Paul Fromage

Lézards, grenouilles et autres libellules ont leur observatoire privilégié sur le territoire du sud-ouest. Un dispositif dédié à la faune sauvage situé au cœur du campus bordelais.

Près d'une espèce sur trois d'amphibiens et reptiles et d'une espèce sur six de libellules sont menacées de disparition sur le territoire de l'ancienne région Aquitaine. C'est le constat fait par l'Observatoire aquitain de la faune sauvage (OAFS). Un dispositif dédié à la biodiversité dont la particularité est d'être à la fois soutenu par les politiques publiques et accueilli par l'université de Bordeaux depuis 2012, au sein du laboratoire de recherche Biogeco¹. Sa création répond à un besoin d'expertise globale sur la faune sauvage pour l'État et la Région, souligné dès 2006 dans les *Orientations régionales de gestion et de conservation de la faune sauvage et de ses habitats*. Au départ, l'État recherchait un environnement neutre pour créer cet observatoire, explique Didier Alard, directeur adjoint de Biogeco et membre du Conseil scientifique régional du patrimoine naturel (CSRPN). Le portage devait

être indépendant pour coordonner un large réseau d'acteurs : conservatoire d'espaces naturels, parcs régionaux, établissements publics, associations naturalistes, fédérations de chasse et de pêche... Ils sont les principaux pourvoyeurs de données (répartition des espèces dans le temps et l'espace) qui permettent à l'OAFS d'élaborer des indicateurs et des outils telles que les listes rouges.

Contribuer à faire vivre et préserver le territoire

Celles-ci ont été créées par l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) depuis près de 50 ans. « L'OAFS met ainsi en place un système d'information sur la faune sauvage du territoire aquitain, véritable plateforme d'échanges entre acteurs », explique sa chef de projet Marie Barneix. Avec comme principaux enjeux de coordonner un réseau pour la collecte de données et leur analyse et, à terme, de mettre à disposition ces travaux pour orienter les décisions et stratégies en faveur du patrimoine naturel. Pour l'université de Bordeaux et le laboratoire de recherche Biogeco, l'opportunité de coordonner cet observatoire est pluriel.

Côté recherche tout d'abord, ces données recueillies sur plusieurs années permettent d'alimenter les travaux des chercheurs. Ensuite, les méthodologies et outils utilisés par l'OAFS sont enseignés à des étudiants en master biodiversité.

La présence de l'observatoire au sein d'un laboratoire de permet de favoriser les interactions entre le monde scientifique et le réseau des contributeurs, explique Marie Barneix. Comme le rappelait Manuel Tunon de Lara, président de l'université de Bordeaux², « fortement ancrée dans un territoire qu'elle contribue à faire vivre et à préserver, c'est logiquement que notre université a accueilli sur son site l'Observatoire (...) ».

Aujourd'hui, il est animé par une équipe de trois salariés – une chargée de projet, un ingénieur des systèmes d'information et un gestionnaire de données. Si sa forme peut évoluer, notamment au vu des réflexions sur la constitution d'un Groupement d'intérêt scientifique, les missions, elles, resteront les mêmes dans la région Nouvelle-Aquitaine. Mammifères et papillons seront d'ailleurs au cœur des prochaines listes rouges régionales. ■ DC

¹ Biodiversité, gènes et communautés, unité de recherche Inra et université de Bordeaux

² Liste rouge régionale des amphibiens et reptiles d'Aquitaine (2013)



Formation & recherche

*en ingénierie et
maintenance aéronautique*

- > Développement de compétences
- > Accélérateur d'innovation



université
de **BORDEAUX**

351 cours de la Libération
33405 Talence Cedex
www.u-bordeaux.fr

 #univbordeaux