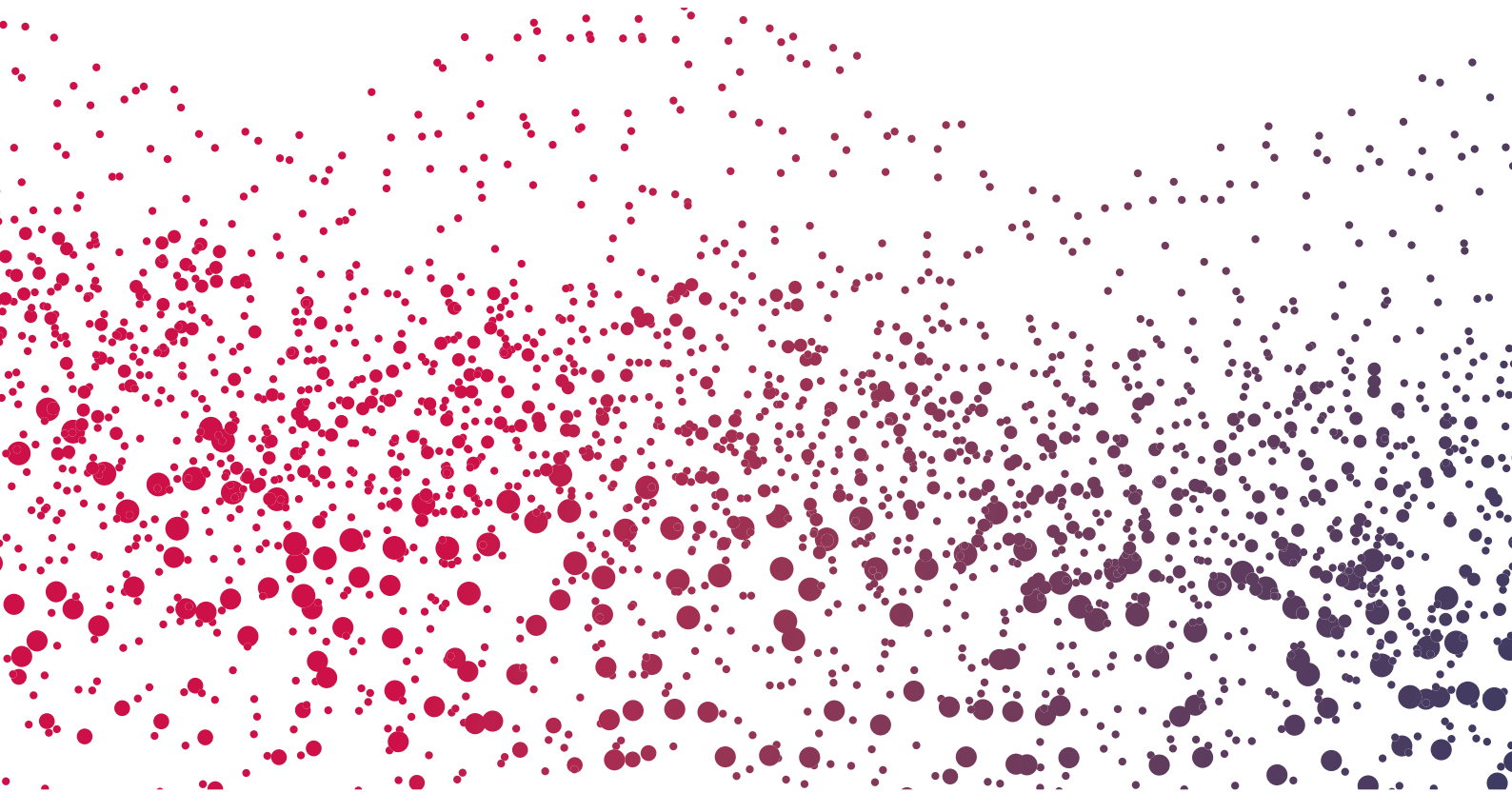


LE JOURNAL **ORL**

Revue d'information scientifique et technique

DÉCEMBRE 2022-JANVIER 2023 – N° 48



SIFORL, francophonie et Océan Indien

Par les Dr Jean-François Vellin, Emmanuel Babin, Safarally Juhoor, Andriarimanana Hery Nirina Rakotoarisoa, Noman Faysal, Alain Renaux, Angelo Pennica, Dr Ruben Hermann, Pr Éric Truy, Pr Martin Hitier, Dr Marie-Line Jacquemont, Dr Kheira Mezouaghi, Nils Guinand, Angélica Perez Fornos, Raymond van de Berg, Pr Pascal Adjoua

Numéro coordonné par le Professeur Christian Debry

Sommaire

SIFORL, FRANCOPHONIE ET OCÉAN INDIEN

Compte rendu rédigé par le Dr Guillaume Coupaye
Service d'ORL et de CCF pédiatrique, CHU Timone Enfants,
Marseille

- 05 L'île de La Réunion a accueilli le 17^e Congrès de la SIFORL**
Jean-François Vellin et Emmanuel Babin
- 06 La SIFORL, une société dynamique depuis 1986**
Emmanuel Babin
- 07 ORL dans les îles de l'Océan Indien**
Jean-François Vellin, Safarally Juhoor, Andriarimanana Hery Nirina Rakotoarisoa, Noman Faysal, Alain Renaux, Angelo Pennica
- 08 Aréflexie vestibulaire bilatérale : une atteinte insidieuse**
Dr Ruben Hermann, Pr Éric Truy, Pr Martin Hitier
- 10 Aréflexie vestibulaire bilatérale congénitale : mutation du gène LHFPL5, spécificité de l'île de La Réunion**
Dr Laure Allali
- 11 L'implant cochléo-vestibulaire : promesse de réhabilitation auditive et vestibulaire !**
Nils Guinand, Angélica Perez Fornos, Raymond van de Berg
- 13 Vision pour l'organisation des actions d'aide humanitaire : l'exemple de la mise en place d'un programme d'implantation cochléaire en Côte d'Ivoire**
Pr Pascal Adjoua
- 14 Une reconstruction nasale complète par biomatériau imprimé en 3D**
Pr Agnès Dupret-Bories, Dr Benjamin Vairel,
- 16 Revue de presse**
Pr Christian Debry
Service d'ORL et Chirurgie Cervico-Faciale, Hôpitaux Universitaires de Strasbourg
- 20 Responsabilité médicale**
Les dernières évolutions concernant les violences conjugales et le secret médical : réelle réforme ou timide évolution ?
Maître Caroline Kamkar
Avocat au Barreau de Lille, Docteur en Droit
Dr Sandra Zaouche
Service de chirurgie otologique et d'otoneurochirurgie au Centre hospitalier Lyon-Sud
- 22 Quoi de neuf en ORL ?**
Dr Isabelle de Gaudemar
Phnom Penh, Cambodge
- 26 Quoi de neuf chez Amplifon ?**
Un congrès autour de l'innovation pour la réhabilitation de l'audition
Par Fabien Auberger
Directeur stratégie santé chez Amplifon
- 28 Un peu de divertissement**
Pr Christian Debry
Service ORL et chirurgie cervico-faciale, hôpitaux universitaires de Strasbourg

**Coordination du Journal ORL :
Professeur Christian Debry**

Éditorial

MÉTAVERS(E) ! KÉSAKO ?

Personne ne peut échapper à Internet, au numérique, et même au virtuel, qui envahissent notre quotidien, y compris médical. Dans cet univers, le nouveau venu est le métavers. Ce nouveau monde technologique, dans lequel s'engouffrent notamment les GAFAM, a même amené Mark Zuckerberg à changer le nom (et le logo) de sa société Facebook pour adopter Meta fin 2021. Le mot métavers a été utilisé pour la première fois en 1992 par le romancier américain Neal Stephenson dans son livre de science-fiction Snow crash (Le samouraï virtuel en français).

La définition considérée comme plus consensuelle est celle donnée en 2021 par Matthew Ball (ancien responsable mondial de la stratégie d'Amazon Studios) : « Un gigantesque réseau interopérable de mondes virtuels affichés en 3D en temps réel, qui peut être vécu de manière synchrone et persistante par un nombre illimité d'utilisateurs, avec une sensation de présence individuelle et une continuité de données, comme l'identité, l'histoire, les droits, objets, communications et paiements. » Plus simplement, il s'agit d'un monde immersif, lieu de convergence d'espaces virtuel(s) et physique(s), permettant de partager et/ou d'expérimenter un temps et un espace tridimensionnel spécifiques.

Trois domaines actuels reliés au métavers peuvent être appliqués à la santé : la réalité virtuelle, la réalité augmentée et l'intelligence artificielle.

De nombreuses applications médicales sont proposées, soit sous forme de produits finis, soit à travers des prototypes expérimentaux. Nous pouvons citer le casque de réalité virtuelle à visée analgésique pour la chirurgie et l'anesthésie de la société alsacienne HypnoVR, la réalité augmentée proposée par les sociétés leaders de microscopes chirurgicaux permettant la superposition de la vision réelle avec les images cibles planifiées, ou encore l'association du virtuel et de l'augmenté proposée en direct du congrès de l'Association espagnole de chirurgie du sein, en mai dernier, par une équipe de chirurgiens de Lisbonne : le chirurgien situé en Espagne indiquait en temps réel à celui du bloc opératoire au Portugal, via ses lunettes de réalité virtuelle, les zones précises où intervenir, à l'aide d'un stylo numérique. On peut aisément imaginer que de jeunes chirurgiens, récemment installés, puissent prochainement bénéficier des conseils de leurs aînés et professeurs, présents virtuellement dans leur bloc opératoire. Enfin, des algorithmes, intelligences artificielles situées à distance des patients et médecins, surpassent l'humain pour l'analyse de certaines images (radiographie de dépistage du cancer du sein, scanner thoracique).

L'enseignement initial ou continu peut dès à présent bénéficier du métavers grâce à la start-up rennaise Simango, qui proposait déjà des modules de formation de santé en réalité virtuelle et qui vient de créer un hôpital virtuel augmenté dédié à la formation du personnel soignant, premier centre de formation en métavers pour les établissements de santé. Les Coréens, quant à eux, ont créé la Medical Metaverse Research Society, qui a tenu son congrès inaugural en janvier 2022 à Séoul. Cette société se donne pour objectif de rechercher des moyens d'utiliser les métavers dans les soins aux patients et l'enseignement médical et de les associer à l'industrie technologique pour résoudre les problèmes dans le domaine clinique. Elle cherchera également à former des experts en métavers médicaux et à créer un cercle vertueux entre l'industrie technologique et les soins de santé.

Pour bien comprendre les enjeux, il faudrait encore aborder des notions économiques, législatives et judiciaires inhérentes à ces technologies, d'autant plus lorsque l'on traite de la santé. Il faut bien prendre conscience que, de même que l'ordinateur et Internet sont devenus incontournables dans nos cabinets, cliniques et hôpitaux, le métavers va y entrer. Et il est toujours préférable de connaître (ou de maîtriser) ce concept pour l'adopter, que de refuser sans en comprendre les tenants et les aboutissants, ce qui pourrait s'avérer inutile, néfaste, voire dangereux.

Pr Laurent Tavernier
ORL et phoniatre
Chef de service CHU de Besançon



SIFORL, francophonie et Océan Indien



L'île de La Réunion a accueilli le 17^e Congrès de la SIFORL

Jean-François Vellin

Clinique Saint-Vincent, Groupe Clinifutur, Saint-Denis de La Réunion, GCS CRCSI Irsam et CHU de la Réunion, Sainte-Clotilde, La Réunion

Emmanuel Babin

CHU de Caen



Les conditions sanitaires étant favorables, le 17^e Congrès de la Société internationale francophone ORL (SIFORL) a été maintenu après le report de l'édition 2020. La Société ORL réunionnaise de l'Océan Indien (SORLOI), porteuse de l'événement, a organisé, du 25 au 27 novembre 2021, cet événement à l'hôtel Le Récif, situé à Saint-Gilles, sur l'île de La Réunion. Pour la première fois, le comité d'organisation, représenté par les Dr Angelo Pennica (Saint-Paul), Syleva Christophe-Tchakaloff (Saint-Pierre), Patrick Hoarau (Le Port) et Jean-François Vellin (Saint-Denis), a pu concrétiser cet événement dans une ambiance détendue et accueillante, propice à des échanges scientifiques et médicaux de haut niveau dans l'hémisphère sud. La veille s'étaient tenues les 6^{es} Journées ORL réunionnaises de l'Océan Indien, proposant un format innovant mêlant plusieurs spécialités médicales et paramédicales. Ces quatre jours de congrès ont ainsi rassemblé 320 participants en présentiel : ORL, audioprothésistes, orthophonistes, infirmiers, orthoptistes, kinésithérapeutes et industriels.

6^{es} Journées ORL réunionnaises de l'Océan Indien

La première salle a accueilli l'atelier « Soins pratiques en ORL », coordonné par les Pr Emmanuel Babin (Caen) et Sylvain Morinière (Tours), avec la participation des Dr Arnaud Devèze (Marseille), Jean-François Vellin, François Rubin et Gaëlle Leterme (La Réunion), ainsi que du Pr Vincent Couloigner (Paris). Cet atelier innovant, à destination des ORL et paramédicaux (infirmiers, kinésithérapeutes...) était animé par Agnès Perearnau (IDE, CHU de Caen). Il a accueilli 80 professionnels de santé et des

industriels afin d'échanger sur les pratiques quotidiennes en pathologies ORL : otologie, rhinologie, soins des enfants et soins de trachéotomie.

La seconde salle a permis de proposer :

- une session « Océan Indien », modérée par le Pr Adjoua (Côte d'Ivoire) et le Dr Vellin, avec la participation du Dr Safarally Juhoor (Île Maurice), le Pr Hery Rakotoarisoa (Diego Suarez) et le Dr Liva Rakotoniaina (Tananarive), représentants de Madagascar ;
- un atelier « Médecine subaquatique » animé par le Dr Akil Kaderbay (Montpellier) ;
- un atelier « Anatomie » organisé par le Pr Martin Hitier (Caen) ;
- un atelier « Imagerie otologique », animé par les Dr Michael Eliezer (Paris) et Xavier Barreau (Bordeaux) ;
- un atelier « Audiologie-audioprothèse » coordonné par le Pr Christophe Vincent (Lille), avec la participation des Dr Natalie Loundon (Paris), Damien Bonnard (Bordeaux), Hervé Cohen (Paris), Catherine Boiteux (Paris) et Jérôme Lefeuvre (Paris).

Cette journée a remporté un vif succès. Elle a introduit le 17^e Congrès de la SIFORL le lendemain, dont l'ouverture a eu lieu en présence des professeurs Djamel Djennaoui (Alger), président de la SIFORL, Bernard Fraysse (Toulouse), président de l'IFOS, et Vincent Couloigner (Paris), président de la SFORL.

Les trois journées ont été le lieu de conférences, d'ateliers et de tables rondes, grâce à la participation de plus de 40 orateurs prestigieux, provenant d'Afrique, du Maghreb, de Belgique, de France métropolitaine et de l'Océan Indien (Madagascar, Maurice). L'événement, devant mettre en valeur la francophonie ORL, s'est aussi déroulé en visio-atelier : les orateurs ne pouvant se déplacer ont proposé des ateliers interactifs à distance. Le comité d'organisation remercie vivement les professeurs Sam Daniel (Montréal), François Bergeron (Québec), Zoubida Serradji (Oran), MP Thill (Belgique), Nils Guinand (Suisse), Sabine Crestani (Toulouse) et Jérôme Hsieh (Suisse), qui se sont prêtés au jeu malgré le décalage horaire.

La clôture de l'événement a permis de transmettre de chaleureux vœux de réussite au Pr Pascal Adjoua (Abidjan), futur organisateur du 18^e Congrès de la SIFORL qui se tiendra courant juin 2023 en Côte d'Ivoire.

Vive la francophonie ORL et rendez-vous à Abidjan !

La SIFORL, une société dynamique depuis 1986

Emmanuel Babin

CHU de Caen, secrétaire de la SIFORL

Le dernier congrès de la Société internationale francophone d'ORL (SIFORL) à La Réunion a été un succès comme l'a rappelé le Dr Jean-François Vellin dans l'introduction de ce dossier. La SIFORL continue de perpétuer le travail commencé en octobre 1986, par nos aînés [1]. Ses principaux objectifs restent de favoriser l'expansion de la francophonie scientifique par la diffusion de livres d'expression française, de faciliter les voyages d'études, l'échange des étudiants et des enseignants entre les pays francophones et de promouvoir des aides ciblées à destination des territoires francophones.



Outre les rencontres programmées tous les deux ans, notre société, aidée par la SFORL et son secrétaire général, le Pr Vincent Couloigner, propose différents rendez-vous à ses adhérents via son site internet et des congrès. Il a été ainsi mis en ligne sur le site <https://siforl.org>, avec l'aide de François Simon, des vidéos de techniques chirurgicales en rhinologie et en otologie. Ces documents sont à la disposition de tous pour alimenter leur savoir.

Depuis 2020, le congrès de la SFORL offre, de plus, aux jeunes des différents territoires de la SIFORL la possibilité de diffuser les travaux de leur équipe. Ce rendez-vous, qui s'est déroulé en visio l'année passée pour cause de pandémie, s'est tenu cette année en présentiel à Marseille. Ce moment contribue à promouvoir notre spécialité ainsi qu'à la découverte de futurs talents.

Depuis l'IFOS à Paris en 2017, et sous la houlette des professeurs Bernard Fraysse, Dominique Chevalier, Thierry Mom et Johannes Fagan, des missions d'entraide avec différents pays ont été mises en place. Bertrand Gardini, ORL à Toulouse, est l'un des fers de lance de ces actions ORL internationales. Nous avons convenu avec lui, Alexis Richard et Vincent Couloigner de la SFORL, de réaliser un bilan des ressources humaines et matérielles des centres ORL dans chaque pays francophone du monde. Cette cartographie permettra d'identifier les besoins dans différents pays francophones afin de leur apporter une aide adéquate.

Avec comme ambition de renforcer les actions d'entraide globale en francophonie post-congrès de la SIFORL de La Réunion et en s'appuyant sur le réseau du Dr Jean-François



De gauche à droite : Dr Jean-François Vellin, Pr Bernard Fraysse, Pr Emmanuel Babin, Pr Pascal Adjoua, Dr Angelo Pennica, Pr Françoise Denoyelle, Pr Valérie Franco Vidal, Pr Philippe Lefebvre, Pr Éric Truy.

Vellin, nous avons proposé d'organiser un webinaire le jeudi 24 février 2022 avec les représentants de services hospitaliers ORL de Madagascar, de l'île Maurice, de Côte d'Ivoire et de Tunisie (et plus largement de pays francophones d'Afrique).

Nous avons pu identifier les souhaits des équipes :

- Besoins pédagogiques, auxquels nous pourrions répondre au travers de cours et de formations structurés (à distance ou en présentiel) ;
- Besoins matériels, pour la mise en place d'une liste concrète d'équipements complétés par la proposition de dons reçus par le biais de la SFORL (par exemple dans le cadre de cessation d'activité d'un cabinet ORL français) ;
- Analyse des problématiques médicales et organisationnelles des collègues francophones, en particulier en organisant, Bertrand Gardini, Alexis Richard et moi-même, un webinaire trimestriel sur ces sujets.

Cette réunion a permis de mieux définir les priorités de chacun.

La SIFORL envisage de nombreuses autres actions. Vous êtes toutes et tous invités à y participer pour nous aider à transformer en succès ces propositions d'entraide. Des points d'avancement seront communiqués régulièrement sur le site de la SIFORL et lors de la SIFORL 2023, organisée par le Pr Adjoua et son équipe, qui se tiendra du 8 au 11 juin à Grand Bassam, en Côte d'Ivoire. Cette manifestation devrait être couplée avec le Congrès national des ORL ivoiriens et la Société ORL réunionnaise de l'Océan Indien (SORLAF) comme ce fut le cas avec le congrès de Dakar organisé par le Pr Diop en 2001.

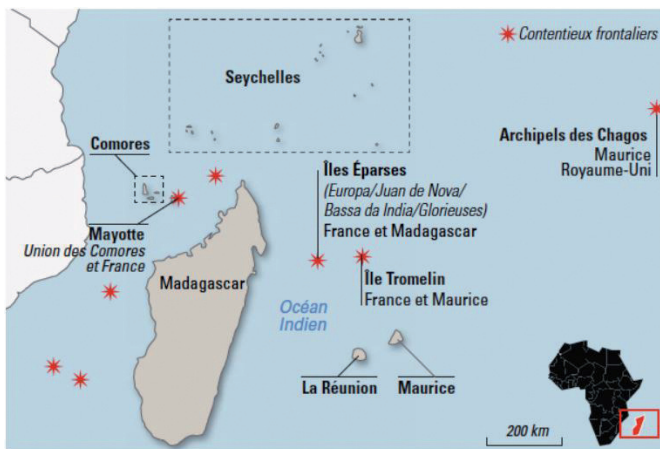
La SIFORL s'ouvre à de bonnes perspectives. Merci à toutes et à tous pour votre implication.

Retrouvez toutes les informations de la SIFORL sur le site <https://siforl.org/>

1. Les fondateurs de la SIFORL étaient les professeurs Paul Pialoux, Paul Savary, Pierre Ferron, André Pech, Henri Laccourreya, Jérôme Andrieu-Guitrancourt et François Legent.

ORL dans les îles de l'Océan Indien

Jean-François Vellin (La Réunion), Safarally Juhoor (Maurice), Andriarimanana Hery Nirina Rakotoarisoa (Madagascar), Noman Faysal (Comores), Alain Renaux (Mayotte), Angelo Pennica (La Réunion)



Les « îles de l'Ouest de l'Océan Indien » regroupent **La Réunion, Maurice, Mayotte, les Comores, Madagascar et les Seychelles**. Elles se situent dans l'hémisphère sud, à plus de 10 000 kilomètres de la France métropolitaine. Ces îles de la région indocéanique partagent une histoire commune par leur positionnement sur la Route des Indes depuis l'Europe. La présence des navigateurs français, portugais et anglais a permis leur essor.

Elles ont conservé, pour la plupart, la langue française comme moyen de communication scientifique et médicale. Leur population, estimée à 28 millions d'habitants, est métissée, avec des origines européennes, indiennes, chinoises, africaines de l'Est... Le peuplement de ces îles s'est effectué par des Européens aventuriers ou bannis attirés par le développement commercial et économique, entraînant des vagues d'immigration alimentées par la traite d'esclaves razzés en Afrique de l'Est, puis par le volontariat à partir de l'Inde (travailleurs engagés) et de la Chine (commerçants). L'évolution des « anciennes colonies » a engendré un avenir et un développement différent de ces îles, fonction de leurs liens avec leurs métropoles, avec comme conséquence une gestion médicale hétérogène. Elles s'ouvrent actuellement vers de nouvelles métropoles indocéaniques (Inde, Chine), principalement pour les études et les spécialisations médicales, les soins de recours et la demande en instrumentation médicale.

Des prises en charge ORL différentes

- **La Réunion** est un département et une région ultramarine de France, permettant depuis les années 1990 un développement médico-technique comparable à celui de la métropole. L'ORL réunionnaise est composée d'un secteur public (CHU de La Réunion) et privé actif, comprenant une trentaine d'ORL pour 900 000 habitants. La SORLOI (Société ORL réunionnaise de l'Océan Indien) a été créée en 1989, permettant échanges et formations ORL avec les autres îles de l'Océan Indien.
- République indépendante et membre du Commonwealth, **Maurice** est située à 200 km de La Réunion. Les secteurs ORL public et privé y sont en plein essor. Une quarantaine d'ORL et d'audiologistes assurent la prise en charge d'une population de 1,3 million de Mauriciens. Notons que Rodrigues, île satellite de Maurice située à 600 km à l'est,

reçoit la visite d'un ORL de l'hôpital public par session de quinze jours tous les trois mois, pour la prise en charge de ses 45 000 habitants. La majorité des praticiens utilisent l'anglais, mais surtout le français, comme langue médicale. La Société ORL of Mauritius, a été créée en 1991, favorisant les échanges entre professionnels mauriciens. De forts liens d'échanges médicaux existent entre l'île Maurice et l'Inde, l'Afrique du Sud, le Royaume-Uni et la France par l'intermédiaire de La Réunion.

- **L'île de Madagascar**, république indépendante, développe une activité ORL en partenariat avec un secteur public universitaire, un secteur privé et une aide humanitaire. L'offre de soin ORL est en perpétuel développement pour les 25 millions de Malgaches. La SMORL (Société malgache d'ORL), forte de 40 adhérents, participe par son dynamisme à la formation médicale des médecins généralistes sur la « grande île ». L'échange médical se fait communément en Français. Les études de spécialisation en ORL nécessitent, le plus souvent, des stages en France métropolitaine. Un lien étroit avec la ville de Strasbourg existe depuis quelques décennies.
- **Mayotte** est un récent département français, comprenant 300 000 habitants. L'offre de soins ORL se décompose en une activité hospitalière publique (consultation et bloc opératoire), coordonnée par deux praticiens ORL, et un centre privé de consultation coordonné par un praticien ORL. Des échanges médicaux s'effectuent avec La Réunion et la France métropolitaine.
- **Les Comores**, regroupées en « Union des Comores » (république à régime politique parlementaire et fédéral), correspondent à l'archipel formé de Grande Comore, Anjouan et Mohéli. Elles comprennent 900 000 habitants. Les soins ORL se développent à partir de trois ORL installés principalement sur Grande Comore et Anjouan. Le plateau technique y est peu développé.
- République indépendante et membre du Commonwealth, **les Seychelles** proposent des soins ORL à ses 100 000 habitants via trois spécialistes : deux exercent à l'hôpital et un dans le secteur privé. Un partenariat médico-gouvernemental semble établi entre l'île Maurice et les Seychelles.

Ces différentes îles partagent les difficultés liées à l'éloignement de leur métropole, à l'isolement entraînant un manque d'accompagnement et à leur faible représentativité sur l'échiquier mondial. Le défaut de formation, le coût du développement de projets innovants et les soucis de maintenance des équipements spécialisés sont les principales problématiques de ces territoires.

La Réunion, forte de son expérience médicale francophone et de la mise en place de structures innovantes pour l'Océan Indien (centre d'implantation cochléaire, centre de référence en surdité infantile, services autorisés en chirurgie carcinologique et reconstructive, plateaux de radiothérapie, centre de génétique...) est susceptible de constituer à la fois une plateforme de partage médical pour la région indocéanique et un site logistique de coordination pour le développement de l'entraide globale en ORL indocéanique.

Nous espérons tous que ce 17^e congrès de la SIFORL, qui s'est tenu en novembre 2021 à La Réunion, soit un vecteur fédérateur pour l'ensemble des ORL des îles de l'ouest de l'Océan Indien.

Aréflexie vestibulaire bilatérale : une atteinte insidieuse

Dr Ruben Hermann¹, Pr Éric Truy¹, Pr Martin Hitier²

¹ CHU de Lyon, ² CHU de Caen

L'aréflexie vestibulaire bilatérale (AVB) acquise correspond à une perte de fonction bilatérale de la totalité ou quasi-totalité du système vestibulaire périphérique. Il s'agit d'une maladie rare dont la prévalence est estimée à 28/100000 habitants [1]. Différentes étiologies sont à l'origine de cette pathologie telles que la maladie de Ménière, les médicaments oto-toxiques ou encore les méningites bactériennes, mais dans près d'un cas sur deux aucune étiologie n'est retrouvée [2]. La majorité des patients souffrant d'AVB n'ont jamais présenté de crises de vertige, car l'atteinte vestibulaire est le plus souvent bilatérale d'emblée et progressive [3]. Par ailleurs l'audition est intacte dans près de la moitié des cas. L'absence de ces deux symptômes rend parfois difficile le lien entre la symptomatologie des patients et l'atteinte vestibulaire, conduisant à une errance diagnostique.

La présentation clinique de l'AVB est la résultante d'une atteinte des différentes voies vestibulaires afférentes.

La plainte la plus constante est celle de l'atteinte posturale (par déficit de la voie vestibulo-spinale) entraînant une ataxie vestibulaire qui peut se révéler dans certaines situations. En effet, cette ataxie est aggravée en cas de privation sensorielle comme dans l'obscurité et sur un sol instable, mais peut ne pas être présente en conditions normales (sol plat et environnement bien éclairé). Des évaluations cliniques simples permettent d'identifier cette ataxie en l'absence d'autre atteinte neurologique comme une durée d'appui monopodal diminué ou des difficultés à réaliser l'épreuve du funambule. Une autre plainte fréquente chez les patients souffrant d'AVB est l'atteinte visuelle (par déficit du réflexe vestibulo-oculaire). Cette atteinte peut se manifester par une diminution de l'acuité visuelle lors des mouvements, mais également par une sensation subjective d'instabilité de l'environnement visuel lors des mouvements, appelée oscillopsie (Figure n° 1).

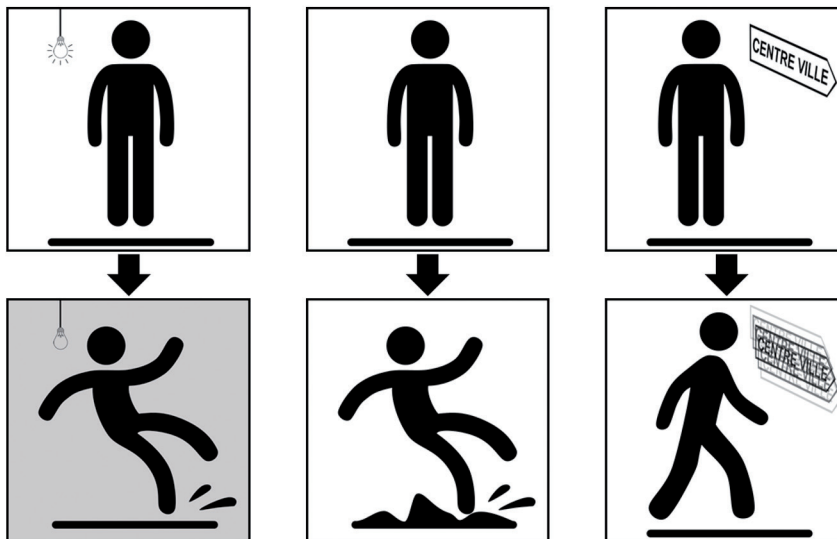


Figure n° 1 : De gauche à droite : représentation schématique de l'atteinte posturale dans l'obscurité, sur sol instable et de l'oscillopsie déclenchée lors des mouvements.

L'atteinte des voies vestibulo-corticales peut entraîner des difficultés d'orientation dans l'espace ainsi qu'une atteinte

de la mémoire spatiale, mais ces plaintes sont rarement au premier plan. Les conséquences en sont en premier lieu un risque de chute trente fois plus élevé que dans la population générale. L'AVB provoque également une diminution très importante de la participation à la vie sociale et des changements d'habitudes dans des domaines tels que la conduite automobile ou la pratique sportive (en particulier le cyclisme et la natation) [1].

Critères diagnostiques

Le diagnostic d'AVB est généralement confirmé par les explorations fonctionnelles vestibulaires canales ou otolithiques. Cependant, la sévérité du déficit et le type d'atteinte vestibulaire objectivée varient et ne sont pas toujours corrélés aux symptômes cliniques [4]. En 2017, la Bárány Society a établi des critères diagnostiques de l'AVB. Cette définition plus consensuelle a permis d'homogénéiser les travaux de recherche autour de cette pathologie.

Elle permettra de faciliter les travaux de méta-analyse et l'identification de sous-groupes d'aréflexie vestibulaire bilatérale.

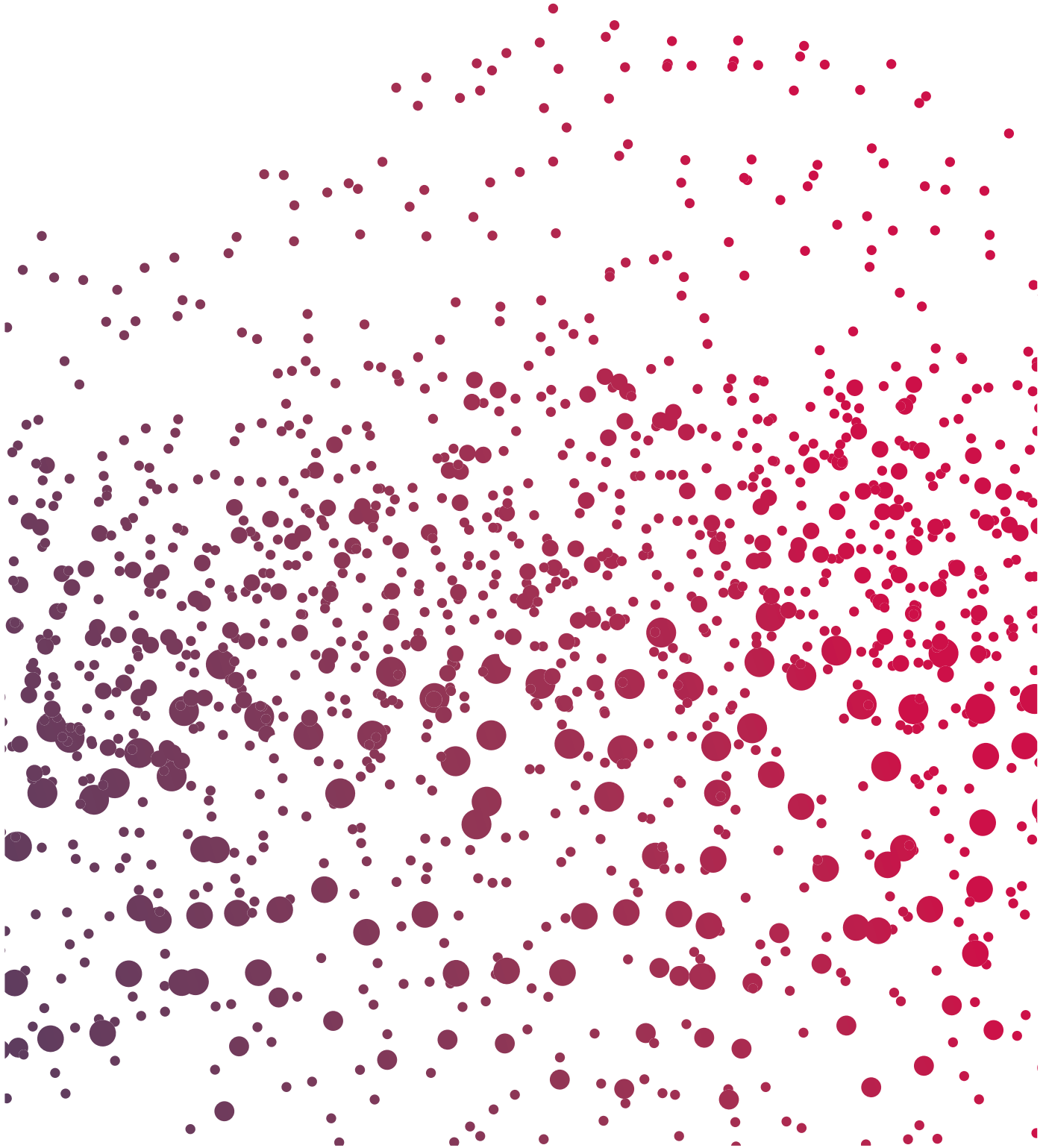
Le principal défi de l'aréflexie vestibulaire bilatérale reste sa prise en charge. Elle doit commencer par l'information et l'éducation des praticiens, des patients et de leur entourage pour une meilleure appréhension de la pathologie et des symptômes qui en découlent.

Cette information joue un rôle majeur de prévention des risques de chutes tout comme l'adaptation des conditions de travail liées aux déficits et la fatigabilité. La seule option thérapeutique de pratique courante est la rééducation vestibulaire, qui réduit l'impact du déficit en renforçant la compensation par les systèmes somato-sensoriels et visuels.

Plusieurs approches plus spécifiques sont en développement, en particulier des dispositifs de substitution sensorielle, de la stimulation vestibulaire galvanique et de l'implant vestibulaire ou cochléo-vestibulaire.

Références

1. Ward BK, Agrawal Y, Hoffman HJ, Carey JP, Della Santina CC. Prevalence and Impact of Bilateral Vestibular Hypofunction: Results from the 2008 US National Health Interview Survey. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg.* 2013 aug 1st;139(8):803-10.
2. Lucieer F, Vonk P, Guinand N, Stokroos R, Kingma H, van de Berg R. Bilateral Vestibular Hypofunction: Insights in Etiologies, Clinical Subtypes, and Diagnostics. *Front Neurol.* 2016;7:26.
3. Zingler VC, Cnyrim C, Jahn K, Weintz E, Fernbacher J, Frenzel C, *et al.* Causative Factors and Epidemiology of Bilateral Vestibulopathy in 255 Patients. *Ann Neurol.* 2007 June;61(6):524-32.
4. Hermann R, Ionescu EC, Dumas O, Tringali S, Truy E, Tilikete C. Bilateral Vestibulopathy: Vestibular Function, Dynamic Visual Acuity and Functional Impact. *Front Neurol.* 2018;9:555.



Aréflexie vestibulaire bilatérale congénitale : mutation du gène LHFPL5, spécificité de l'île de La Réunion

Dr Jean-François Vellin¹, Dr Marie-Line Jacquemont², Dr Kheira Mezouaghi¹

¹ GCS (Groupement de coopération sanitaire) – Irsam/CHU de La Réunion – Centre de référence compétence en surdité infantile, Sainte-Clotilde, La Réunion; ² Service de génétique, Centre de référence – GHSR, CHU de La Réunion, Saint-Pierre, La Réunion

LHFPL5 a été détecté comme gène majeur des surdités sur l'île de La Réunion, à la suite des travaux du Dr Sandrine Marlin et de ses collègues en 2019 [1]. La prévalence de cette mutation est de 1,6/1000 naissances à La Réunion. Cette mutation homozygote c/185delT (p.F62Sfs*23) est responsable d'une **double déficience sensorielle** : une déficience auditive congénitale associée à une aréflexie vestibulaire congénitale bilatérale. Les travaux cités révèlent une transmission autosomique récessive, un effet fondateur et une distribution plus marquée dans le sud de l'île de cette mutation.

L'étude des vingt premiers patients porteurs de la mutation LHFPL5 a permis de décrire son profil audio-vestibulaire : surdité profonde bilatérale congénitale avec retard de développement neuromoteur, à imagerie TDM et IRM normale. Un programme de dépistage néonatal vestibulaire a été associé au dépistage néonatal systématique de la surdité à La Réunion (département et région ultramarine française). Il a pour but de dépister ces enfants aréflexiques bilatéraux chez les déficients auditifs sévères à profonds, pré-linguaux, pour mettre en place une prise en charge spécifique : stratégies d'adaptation pour réduire l'effort de contrôle postural, stratégies de compensation pour renforcer les entrées visuelles et proprioceptives, et anticipation des techniques de réhabilitations futures (implant vestibulaire ou cochléo-vestibulaire, introduit par l'équipe du Pr Guyot et du Dr Guinand).

Les signes précoces recherchés, responsables de perturbations du développement neuromoteur, sont les suivants :

- Hypotonie axiale (enfant « poupée de chiffon », passivité aux manœuvres de redressement, difficultés à soutenir le regard);
- Retard du contrôle postural et du développement psychomoteur (hypotonie axiale tête-cou-tronc, puis retard des acquisitions);
- Recherche d'informations proprioceptives (pieds nus, maximum de surface au sol, attitude de reptation, déstabilisé sur terrain accidenté);
- Marche retardée au-delà de 18 mois, chutes fréquentes, spectaculaires « comme une quille », non anticipées.

Répercussions sur le quotidien des enfants

Cette perturbation du développement neuromoteur aurait des répercussions dans les **apprentissages** (gestes maladroits,

difficultés graphomotrices/activités manuelles, difficultés pour les praxies d'habillage complexes, difficultés à produire les signes de la LSF) avec impact cognitif, par défaut de perception du schéma corporel, de représentation de l'espace et d'ajustement tonique et d'automatisation des gestes [2].

Les conséquences comportementales dans la vie quotidienne ont un **impact psycho-affectif** : réduction des mouvements (blocage de la tête et raideur), inconfort dans les mouvements rapides (refus d'être porté/bercé/bain), recherche de contact avec des repères stables (attitude de reptation, assise en W), réactions d'évitement (entravant les interactions, évitement des terrains accidentés, de la plage, refus de chaussures rigides), utilisation du regard pour stabiliser la tête et le corps (double tâche continue), fatigabilité, trouble attentionnel, isolement (comportements pouvant être interprétés à tort comme des signes de TSA ou TDA/TDAH).

En pratique, le bilan paraclinique fait appel, dans les suites du dépistage auditif néonatal et de l'évaluation clinique de l'équilibre/posture, à la réalisation de potentiels évoqués otolithiques (PEO) sacculaire et utriculaire et d'un VHIT lors de la première année de vie.

La réhabilitation fonctionnelle des enfants porteurs de la mutation LHFPL5 fait appel actuellement à une implantation cochléaire selon les recommandations de la HAS. L'enfant sourd doit s'appuyer sur les indices visuels. L'enfant aréflexique vestibulaire a une acuité visuelle statique conservée, mais son acuité visuelle dynamique est déficiente (avec présence d'oscillopsies). Il est donc nécessaire que l'enfant se construise sur les informations visuelles, proprioceptives résiduelles et auditives post-réhabilitation.

L'analyse future de la cohorte d'enfants réunionnais porteurs de cette mutation permettra de :

- tracer le profil des enfants implantés cochléaires bilatéral précoce;
- statuer sur les modalités de prise en charge sensorielle mises en place;
- quantifier l'apport des aides visuelles;
- définir un entraînement auditif et sensoriel spécifique; le tout en attendant les perspectives futures de la réhabilitation cochléo-vestibulaire décrites précédemment !

Références

1. Lerat J, *et al.* High Prevalence of Congenital Deafness on Reunion Island is Due to a Founder Variant of LHFPL5. *Clin Genet.* 2019 Jan;95(1):177-181.
2. Wiener-Vacher SR, *et al.* Vestibular Activity and Cognitive Development in Children: Perspectives. *Front Integr Neurosci.* 2013 Dec 11;7:92.

L'implant cochléo-vestibulaire : promesse de réhabilitation auditive et vestibulaire !

Nils Guinand, Angélica Perez Fornos

Service d'ORL et chirurgie cervico-faciale, Hôpitaux universitaires de Genève, Suisse

Raymond van de Berg

Service d'ORL et chirurgie cervico-faciale, Maastricht University Medical Center, Pays-Bas

L'organe vestibulaire est une partie de l'oreille interne. Il est constitué de cinq sous-unités fonctionnelles : les trois canaux semi-circulaires et les organes otolithiques (le saccule et l'utricule). Ces sous-unités fonctionnent comme des capteurs de mouvement qui fournissent au système nerveux central les informations de position et de changements de position de la tête dans l'espace en temps réel. Le bon fonctionnement de l'organe vestibulaire est essentiel pour la stabilisation du regard et le maintien postural, ainsi que pour la perception du mouvement, qui fait partie intégrante d'une multitude d'autres fonctions centrales (orientation spatiale, mémoire...).

Il semble de plus en plus probable que la fonction vestibulaire joue un rôle dans le sommeil, le métabolisme osseux, la régulation de la tension artérielle, la personnalité... La perte bilatérale de la fonction vestibulaire a en conséquence des répercussions importantes et multiples sur la qualité de la vie des patients qui en sont affectés [1].

Les symptômes principaux qui découlent d'un déficit vestibulaire bilatéral (DVB) sont l'instabilité chronique et les oscillopsies (sensation d'instabilité de l'environnement visuel lorsque le sujet bouge). L'étiologie du DVB peut être génétique, ototoxique, traumatique, auto-immune, infectieuse, ou encore en lien avec une maladie de Ménière bilatérale, mais reste inconnue dans près de la moitié des cas [2].

La prise en charge consiste principalement à éviter le risque de chute en optimisant l'ergonomie à domicile (salle de bains, escaliers, etc.), par l'usage de cannes et de chaussures confortables ainsi que par des exercices ciblés de physiothérapie vestibulaire. Le port d'une ceinture vibro-tactile [3], l'entraînement spécifique du réflexe vestibulo-oculaire [4] ou encore la stimulation galvanique [5] pourraient apporter un certain bénéfice aux patients atteints de DVB. Malheureusement, à ce jour, aucune de ces mesures ne peut être considérée comme un traitement efficace du DVB.

L'implant vestibulaire est un nouveau traitement à l'étude, avec un concept similaire à celui de l'implant cochléaire pour la réhabilitation auditive. L'implant vestibulaire développé par notre équipe est cochléo-vestibulaire (CVI, Figure n° 1) avec comme but de réhabiliter la fonction vestibulaire et auditive dans le même temps, réalisant une véritable oreille interne « artificielle ».

Tous les patients faisant partie de notre projet bénéficient donc dans leur quotidien de la réhabilitation auditive et participent au développement de la réhabilitation vestibulaire qui a lieu pour l'instant en laboratoire. La partie interne du CVI consiste en un stimulateur d'implant cochléaire modifié apportant une à trois électrodes vestibulaires en plus du faisceau intracochléaire. Il est à noter que le CVI développé par notre équipe vise la restitution de la fonction canalaire et permet de stimuler les trois nerfs ampullaires mais ne stimule pas directement les organes otolithiques. Depuis 2007, 17 patients avec DVB ont bénéficié d'une implantation avec un prototype de CVI [6]. Au cours de l'année 2021, quatre d'entre eux ont reçu un prototype de dernière génération dont le design optimisé permet une implantation plus précise et moins traumatique des trois canaux semi-circulaires.

Un implant optimisé

La partie externe de ce CVI est composée de capteurs de mouvement posés sur la tête du patient ainsi que de microphones. Les informations de sons et de mouvements sont traitées par un processeur novateur (AMP, Motion processor and control unit), portable, dont le développement a été finalisé en 2021. Grâce à l'AMP il est maintenant possible de traiter simultanément les informations sonores et de mouvement. L'usage de l'AMP va permettre d'évaluer le potentiel du CVI dans un environnement très proche de celui de la vie de tous les jours, mais aussi de confirmer les résultats obtenus depuis 2007 chez les patients avec DVB porteurs de différentes versions de

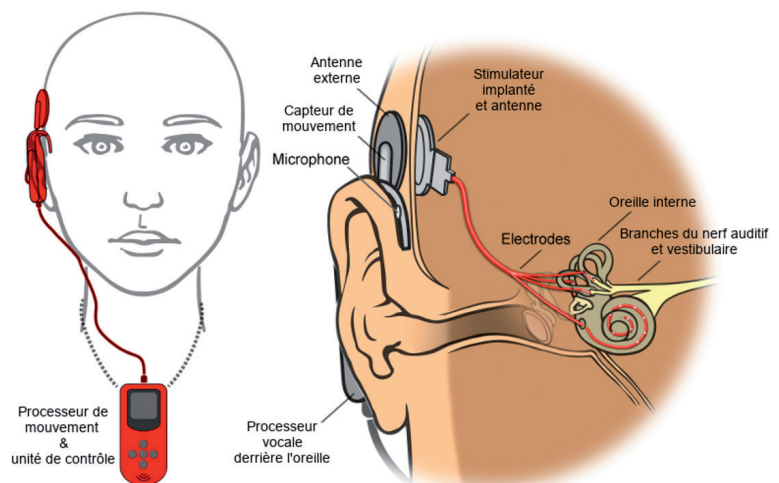


Figure n° 1 : Implant cochléo-vestibulaire.

prototypes de CVI. Notre équipe a démontré qu'avec un CVI il est possible, dans une certaine mesure, de restituer un réflexe vestibulo-oculaire [7] avec une amélioration de l'acuité visuelle lors de la marche [8]. Le CVI restitue également un réflexe vestibulo-colique et vestibulo-spinal et module de façon contrôlée des réponses posturales [9]. Il permet, de plus, de recouvrer une certaine forme de perception du mouvement.

Les performances de la réhabilitation auditive sont similaires à celles obtenues avec un implant cochléaire conventionnel. À noter que d'autres équipes travaillent également sur le développement de différents types d'implants

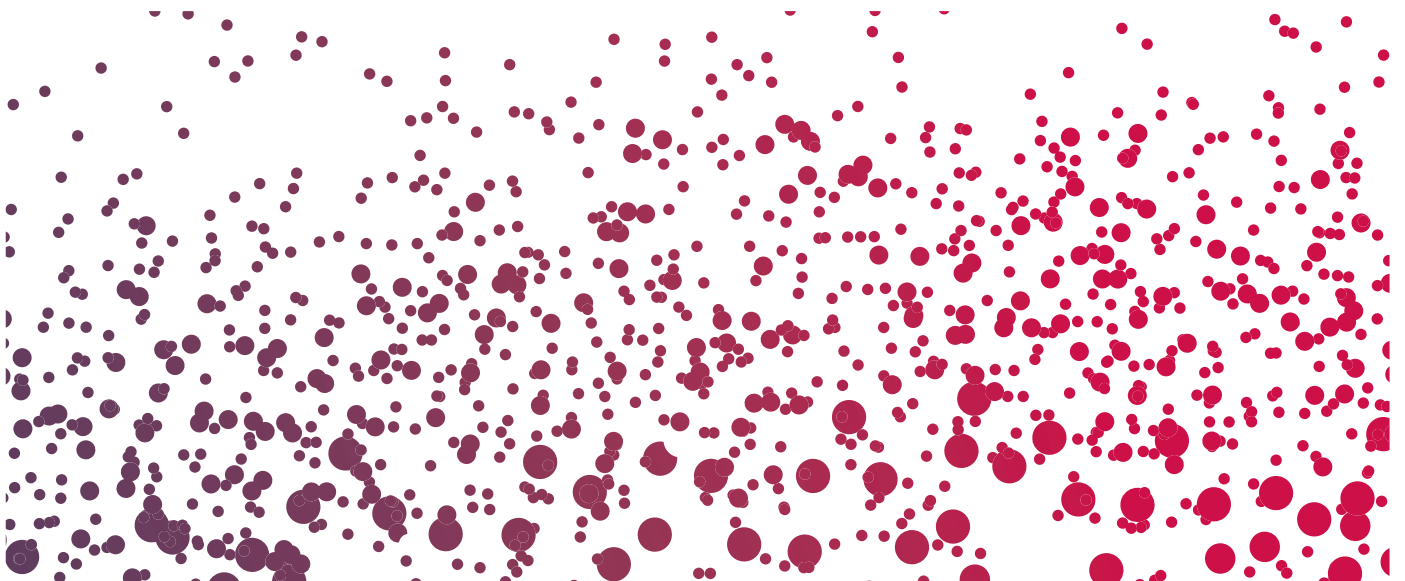
vestibulaires: le CVI similaire à notre prototype ou l'implant purement vestibulaire ciblent la restitution de la fonction canalaire ou de la fonction otolithique [10-12].

Dans le cas de l'implant purement vestibulaire, la préservation de l'audition reste un défi. L'ensemble des résultats obtenus par les différentes équipes confirme le potentiel thérapeutique de la stimulation électrique vestibulaire pour réhabiliter la fonction vestibulaire.

Pour notre équipe, l'aventure du développement d'un implant cochléo-vestibulaire continue avec des perspectives très prometteuses !

Références

1. Guinand N, Boselie F, Guyot JP, Kingma H. Quality of Life of Patients with Bilateral Vestibulopathy. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2012;121:471-7.
2. Kim JS, Kim HJ. Bilateral Vestibulopathy: the Causes, Diagnosis, and Treatments. *Curr Opin Neurol*. 2022;35:98-106.
3. Kingma H, Felipe L, Gerards MC, et al. Vibrotactile Feedback Improves Balance and Mobility in Patients with Severe Bilateral Vestibular Loss. *J Neurol*. 2019;266:19-26.
4. Gimmon Y, Migliaccio AA, Kim KJ, Schubert MC. VOR Adaptation Training and Retention in a Patient with Profound Bilateral Vestibular Hypofunction. *The Laryngoscope* 2019;129:2568-73.
5. Wuehr M, Decker J, Schniepp R. Noisy Galvanic Vestibular Stimulation: an Emerging Treatment Option for Bilateral Vestibulopathy. *J Neurol*. 2017;264:81-6.
6. Guinand N, van de Berg R, Cavuscens S, et al. Vestibular Implants: 8 Years of Experience with Electrical Stimulation of the Vestibular Nerve in 11 Patients with Bilateral Vestibular Loss. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec*. 2015;77:227-40.
7. Perez Fornos A, Guinand N, van de Berg R, et al. Artificial Balance: Restoration of the Vestibulo-Ocular Reflex in Humans with a Prototype Vestibular Neuroprosthesis. *Front Neurol*. 2014;5:66.
8. Guinand N, Van de Berg R, Cavuscens S, et al. Restoring Visual Acuity in Dynamic Conditions with a Vestibular Implant. *Front Neurosci*. 2016;10:577.
9. Fornos AP, van de Berg R, Armand S, et al. Cervical Myogenic Potentials and Controlled Postural Responses Elicited by a Prototype Vestibular Implant. *J Neurol*. 2019;266:33-41.
10. Chow MR, Ayiotis AI, Schoo DP, et al. Posture, Gait, Quality of Life, and Hearing with a Vestibular Implant. *N Engl J Med*. 2021;384:521-32.
11. Rubinstein JT, Ling L, Nowack A, Nie K, Phillips JO. Results From a Second-Generation Vestibular Implant in Human Subjects: Diagnosis May Impact Electrical Sensitivity of Vestibular Afferents. *Otol Neurotol*. 2020;41(1):68-77.
12. Ramos Macias A, Ramos de Miguel A, Rodriguez Montesdeoca I, Borkoski Barreiro S, Falcón González JC. Chronic Electrical Stimulation of the Otolith Organ: Preliminary Results in Humans with Bilateral Vestibulopathy and Sensorineural Hearing Loss. *Audiol Neurootol*. 2020;25(1):79-90.



Vision pour l'organisation des actions d'aide humanitaire : l'exemple de la mise en place d'un programme d'implantation cochléaire en Côte d'Ivoire

Pr Pascal Adjoua (Abidjan, Côte d'Ivoire)

La coopération humanitaire en réhabilitation auditive se présente comme une collaboration technique. Le projet d'implantation cochléaire en Côte d'Ivoire est un exemple de cette entraide globale efficiente et neutre.

Quatre principes essentiels sont à respecter dans cette optique : l'universalité, l'impartialité, l'indépendance et la neutralité. Ces actions permettent une collaboration entre services et collègues, souvent favorisée par des liens étroits préexistants entre services européens formateurs et services locaux (avec les professionnels de santé formés en retour). Ce lien humain est source d'entraide et de partenariat, tant avec la SIFORL qu'avec les autres sociétés savantes.

Une action d'entraide pourrait alors se manifester par :

- L'initiative d'un projet local ;
- Un projet politique médical ;
- La mise en place des partenariats nécessaires à sa réalisation ;
- Et enfin la mission de coopération proprement dite.

Mesures de mise en place d'un projet local

- Sollicitation de médias influents afin de récolter des fonds, de sensibiliser le public aux futures actions, de démontrer la transparence des actions et d'aider à la pérennisation des futures missions ;
- Recherche de dons respectant un code de déontologie adapté au projet des équipes d'accueil, à la population cible et aux manques locaux identifiés ;
- Afin d'éviter des déconvenues, il est nécessaire de donner en quantité utile, de limiter les dons en nature, de savoir les réallouer (afin d'éviter certains détournements), d'analyser le pourquoi des promesses non tenues et de manière générale d'éviter l'instrumentalisation des donateurs.

En Côte d'Ivoire, trois ONG ont été créées afin de répondre à ces actions dans le domaine de la réhabilitation auditive :

- La première pour le dépistage et la sensibilisation de la population au projet ;
- La seconde pour assurer la formation des ORL (avec laboratoire de dissection) ;
- La troisième afin de rassembler la communauté ORL par l'intermédiaire des sociétés savantes locales.

Ce projet politique médical nous semble être le garant de l'efficacité des actions et partenariats futurs, à condition de respecter plusieurs critères :

- 1/ Acceptation politique, opérationnelle, et culturelle entre les partenaires. Les liens étroits de confraternités décrits initialement sont souvent le moteur de cette acceptation ;
- 2/ Identification de la mission, définie comme neutre, impartiale et indépendante entre les partenaires ;
- 3/ Information transparente des modalités du partenariat, en particulier dès que les firmes industrielles entrent en jeu ;
- 4/ Définition des sens des responsabilités des partenaires ;
- 5/ Efficacité des télécommunications permettant le bon déroulement des missions et des échanges ;
- 6/ Protection des missions (sécurité active et passive) ;
- 7/ Respect des us et coutumes sur les lieux des missions ;
- 8/ Engager un partenariat pérenne. Cela nécessite transparence et respect mutuel entre partenaires, avec un cahier des charges précis à respecter.

Enfin, toute coopération doit comprendre un compte rendu détaillé, un audit de la mission et le contrôle et suivi à distance.

Dans cet exemple concret de programme d'implantation cochléaire, les missions ont ciblé plusieurs axes d'entraide, afin d'en permettre les premières applications en Côte d'Ivoire :

- Enseignement des professionnels de santé ;
- Renforcement des techniques de diagnostic : exploration et bilan pré-implantation ;
- Acquisition de techniques thérapeutiques : chirurgie et réglage ;
- Mise en place du suivi et de la surveillance et gestion des complications ;
- Adapter la gestion des consommables et du service après-vente ;
- Comprendre le cursus de formation et optimiser le programme de formation des futurs professionnels de santé ;
- Mise en place de formations et de diplômes qualifiants.

Avant-première

Une reconstruction nasale complète par biomatériau imprimé en 3D

Par le Pr Agnès Dupret-Bories et le Dr Benjamin Vairel, service ORL et chirurgie cervico-faciale, département de chirurgie de l'IUCT-Oncopole et pôle des voies respiratoires du CHU de Toulouse, dirigés par le Pr Sébastien Vergez. dupret-bories.agnes@iuct-oncopole.fr

Les équipes de chirurgie ORL et cervico-faciale de l'Institut universitaire du cancer de Toulouse-Oncopole (IUCT-O) ont réalisé, mi-septembre, une intervention chirurgicale consistant à reconstruire totalement le nez d'une patiente à partir d'un greffon synthétique préalablement implanté dans son avant-bras. Une prouesse technologique et chirurgicale.



(c) DR

L'expression du XVIII^e siècle « *Comme le nez au milieu du visage* », utilisée pour désigner une évidence, rend compte de l'importance inestimable du nez dans la vie sociale de chacun. Pourtant la reconstruction nasale complète reste un challenge chirurgical. Actuellement, de multiples interventions chirurgicales sont nécessaires pour reconstruire un nez avec des résultats pas toujours satisfaisants. Selon le souhait du patient et si ces interventions ne sont pas réalisables, le port d'une épithèse peut être proposé, mais elle n'est malheureusement pas toujours tolérée.

Une solution inédite a été proposée chez une patiente de 50 ans, par l'équipe chirurgicale de l'IUCT-O, en collaboration avec le laboratoire CNRS Cirimat et la société Cerhum, fabricant belge de dispositifs médicaux spécialisés en reconstruction osseuse.

La patiente avait perdu son nez après traitement d'un cancer des fosses nasales (carcinome épidermoïde) par radiothérapie en 2013. Pendant plus de quatre ans, elle a été confrontée à des échecs de reconstruction nasale par différentes greffes (lambeaux de peau, greffon costal, etc.) et à une difficulté à supporter le port d'une prothèse faciale. La patiente était très demandeuse d'une reconstruction.

Une reconstruction en deux étapes

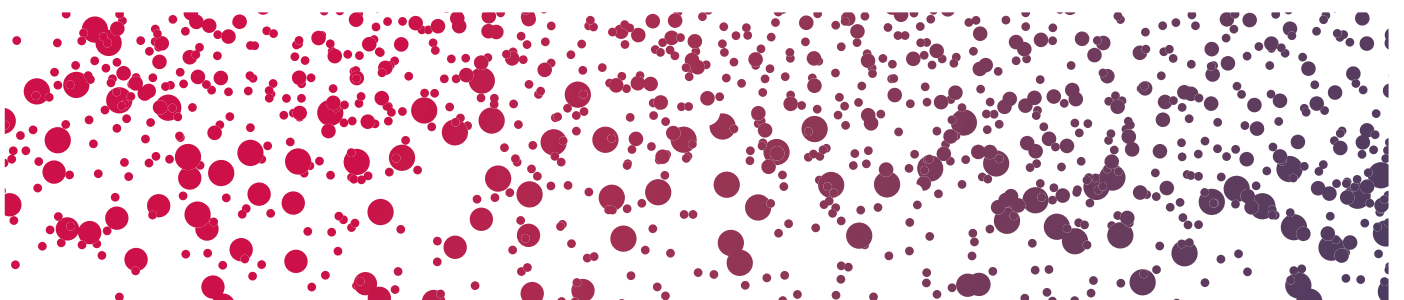
La reconstruction a nécessité deux étapes chirurgicales :

À partir d'imageries réalisées avant la mise en place du traitement anticancéreux, la société Cerhum a imprimé en 3D une bioprothèse microporeuse sur mesure à base d'hydroxyapatite (composant naturel de l'os) reproduisant l'architecture du nez de la patiente.

1. La prothèse a été mise en nourrice sur le site de l'avant-bras de la patiente pour obtenir sa colonisation et pour prévasculariser le greffon ;
2. Deux mois après, la bioprothèse intégrée dans un lambeau libre antébrachial a été transférée au niveau de la région nasale avec anastomoses vasculaires réalisées sur les vaisseaux temporaux.

Dix jours d'hospitalisation et trois semaines d'antibiotiques ont ensuite été nécessaires.

Deux mois après la fin des interventions, la patiente ressent une très nette amélioration de son apparence physique et s'autorise à nouveau à avoir une vie sociale. Au vu des résultats médicaux et de l'évolution de sa qualité de vie, cette nouvelle technique de reconstruction totale avec biomatériau poreux pourrait représenter un espoir pour de nombreux patients.



Formations nationales Amplifon 2022

10 et 11 mars 2023 PEYRAGUDES	Journées pyrénéennes des rhinologies Pr Ludovic de Gabory, Pr Elie Serrano Hôtel Mercure
18 mars 2023 PARIS	Le vertige en pratique quotidienne Dr Didier Bouccara, Dr Pierre Bertholon, Dr Michel Kossowski
31 mars 2023 TOURS	Rencontre d'ORL à Tours Pr E. Lescanne, Pr D. Bakhos, Dr S. Pondaven, Pr S. Morinière, Pr B. Godey, Pr P. Bordure, Pr C. Vincent, Pr E. Babin, Pr V. Couloigner Château Belmont
1^{er} avril 2023 PARIS	Comblement des masses mastoïdiennes Dr Daniele Bernardeschi
13 mai 2023 DIJON	De la Pédiatrie à la Presbyacousie Pr Alexis Bozorg Grayeli (sous réserve)
Juin 2023 LYON	Sujet Otologie non précisé Pr Éric Truy



Renseignements et
inscription,

FLASHEZ ICI

orl.amplifon.fr

amplifon
Solutions auditives



Revue de presse

Coordonnée par le Pr Christian Debry
Service ORL et chirurgie cervico-faciale, Hôpitaux universitaires de Strasbourg

Mahmood H, Shaban M, Rajpoot N & Khurram S.A. Artificial Intelligence-Based Methods in Head and Neck Cancer Diagnosis: an Overview. *British Journal of Cancer*. 2021;124(12):1934-1940. <https://doi.org/10.1038/s41416-021-01386-x>

COMMENTAIRE du Dr Joackim Mahdjoub, Service ORL et chirurgie cervico-faciale, CHU de Besançon.



La détection précoce est un enjeu crucial en cancérologie des voies aéro-digestives supérieures (VADS), en raison des répercussions potentiellement sévères d'un retard diagnostique sur le pronostic ainsi que des conséquences fonctionnellement délabrantes d'une chirurgie tardive. À ce jour, le gold standard est l'examen anatomo-pathologique, nécessitant au minimum une biopsie tissulaire. Ces dernières décennies, les progrès technologiques ont apporté de nouvelles possibilités diagnostiques, notamment en imagerie, suscitant l'intérêt de nombreuses équipes à la recherche de méthodes moins invasives et plus rapides pour la détection des cancers. L'utilisation de l'intelligence artificielle (IA), en particulier, connaît une large expansion depuis quelques années. L'apprentissage automatique (AA) ou Machine Learning est une branche de l'IA dont le rôle est de réaliser des prédictions à partir d'un jeu de données « d'entraînement ». Le Deep Learning est un sous-type utilisant des algorithmes organisés en réseaux de neurones artificiels, tels que les réseaux de neurones convolutifs, particulièrement utilisés en segmentation d'image.

OBJECTIFS

Les auteurs ont réalisé une revue des études publiées entre 2009 et 2020 utilisant l'IA/AA pour le diagnostic initial de lésions cancéreuses des VADS, afin de mieux identifier les méthodes d'imagerie ainsi que les algorithmes utilisés en fonction des types tumoraux et des localisations anatomiques.

RÉSULTATS

Trente-deux études ont été incluses dans cette revue. Vingt-trois ont été publiées après 2015, soulignant l'enthousiasme récent pour ces techniques en plein essor.

LOCALISATIONS

La majorité des études (seize) concernait la cavité orale, le plus souvent pour le diagnostic du carcinome épidermoïde (CE) et, pour certaines, la distinction entre lésion dysplasique et CE. Les autres localisations des VADS et des glandes salivaires étaient réparties de manière assez homogène. La facilité d'accès de la cavité orale explique probablement la large représentation de cette localisation. Toutefois, la nécessité de développer des techniques de diagnostic mini-invasives apparaît encore plus déterminante pour les localisations moins accessibles des VADS et devrait être encouragée à l'avenir.

TYPE DE DONNÉES UTILISÉES

Le type de données utilisées comme base d'entraînement pour les algorithmes d'AA différait beaucoup d'une étude à l'autre. La technique la plus représentée était la **microscopie virtuelle** par scanning de lame [1]. Une grande variété d'algorithmes était utilisée, avec différents paramètres morphologiques cellulaires (taille, nombre, géométrie, etc.) et tissulaires comme variables. L'utilisation conjointe de techniques optiques basées sur la diffusion Raman (phénomène basé sur l'interaction photons-matière) permettait d'obtenir un excellent taux de prédiction dans le diagnostic peropératoire du CE laryngé. Le **radiomique** était également en bonne place dans la littérature, étant donné la généralisation des imageries (IRM, TDM, TEP) et donc l'augmentation considérable du volume de données disponibles. La principale difficulté est l'extraction des caractéristiques (*features*) utiles pour la prédiction, avec des résultats inhomogènes selon les études, mais encourageants. La **segmentation d'images d'endoscopie** des VADS a été rapportée dans plusieurs études. L'utilisation de filtres de longueurs d'onde tels que le Narrow-Band Imaging (NBI), de l'autofluorescence, ou encore de l'endomicroscopie confocale permettait d'obtenir des résultats très prometteurs sur le diagnostic de lésions malignes orales ou laryngées, et sur le guidage peropératoire des marges d'exérèse. L'**imagerie hyperspectrale** (IHS), c'est-à-dire l'acquisition d'une même image à différentes bandes de longueurs d'onde, a également été étudiée. Plusieurs approches ont été utilisées (RGB, fluorescence, bandes étroites...), la plus précise à ce jour semblant être l'IHS d'autofluorescence à 405 Nm d'excitation. L'association avec de la segmentation d'images hyperspectrales via des réseaux de neurones convolutifs permettait une détection automatisée et en temps réel des lésions néoplasiques avec de bons taux de prédiction. Certaines études ont étudié d'autres approches, mais restent à préciser.

TYPES D'ALGORITHMES

La revue a montré que les méthodes « classiques » de Machine Learning étaient les plus utilisées, soit dans 69 %

des cas. On trouve ainsi de nombreux algorithmes différents tels que les machines à vecteur de support [2], la régression logistique [3], les forêts aléatoires [4], les K-plus proches voisins [5] ou encore les analyses discriminantes [6]... Dans 25 % des cas, des algorithmes de Deep Learning étaient utilisés, et dans 9 % des cas ces deux méthodes étaient associées. On remarque que l'utilisation des réseaux de neurones reste minoritaire, probablement en raison de leur complexité plus importante, mais la performance de ces techniques en fait des outils très prometteurs dont l'utilisation va probablement s'accroître dans les années à venir.

SYNTHÈSE

Cette revue de littérature a mis en exergue l'engouement croissant autour de l'utilisation de l'IA en recherche médicale. On y voit que les techniques et méthodes utilisées sont nombreuses et diffèrent beaucoup d'une étude à l'autre. La plupart des articles publiés montrent des résultats au moins encourageants, sinon très performants pour la réalisation de diagnostics automatisés (et parfois plus encore que le médecin lui-même). Un autre des avantages de ces méthodes est leur possibilité d'utilisation automatisée en temps réel. Toutefois, il est à rappeler que nombre de ces études ont été réalisées sur de petits échantillons monocentriques,

augmentant le risque de biais et pouvant artificiellement améliorer les résultats de prédiction. Des études de plus grande ampleur sont donc nécessaires pour mieux préciser l'efficacité de ces techniques. La majorité des articles s'est intéressée à la distinction entre lésion maligne et bénigne, représentant d'ores et déjà une avancée notable pour le diagnostic mini-invasif, mais également pour le contrôle des marges chirurgicales. Cependant, des difficultés à différencier lésion précancéreuse et cancer semblent persister dans plusieurs études et représentent une piste importante de recherche future. L'accroissement rapide de la quantité de données disponibles grâce, entre autres, à la numérisation des lames d'histologie et à la radiomique, mais aussi les progrès en informatique et algorithmique, permettront à d'autres études de voir le jour, combinant différentes techniques d'imagerie et d'IA. Malgré cette diversité de pistes de recherche prometteuses, il n'existe que très peu d'applications en clinique quotidienne. La communauté médicale devra se saisir de ces nouveaux outils, qui amèneront des transformations profondes dans la pratique médicale et chirurgicale, ainsi que des questionnements éthiques sur la notion de responsabilité, et qui ont, surtout, le potentiel d'améliorer de manière majeure la prise en charge des malades.

Notes

1. Le scanning de lames (lames virtuelles) est devenu un outil incontournable pour l'étude des tissus biologiques. Il consiste à scanner et à numériser des coupes histologiques afin d'obtenir une vue d'ensemble du matériel biologique observé. Le scanning de lames permet ainsi de visualiser les lames en haute définition, de se déplacer sur la lame virtuelle, d'ajuster la luminosité et de zoomer des zones d'intérêt, permettant ainsi de naviguer virtuellement depuis n'importe quel ordinateur sur l'image obtenue (en format jpg ou tiff), comme vous le feriez avec un microscope.
2. Les machines à vecteurs de support ou Support Vector Machines sont des algorithmes d'apprentissage utilisés en Machine Learning pour résoudre des problèmes de classification, de régression ou de détection d'anomalie.
3. La régression logistique fait partie des modèles mathématiques très souvent utilisés dans le domaine du Machine Learning et dans celui de l'intelligence artificielle (IA). En effet, la régression logistique est un modèle linéaire généralisé qui utilise une fonction logistique comme une fonction de lien.
4. Une forêt aléatoire est un algorithme de Machine Learning supervisé. C'est l'un des algorithmes les plus utilisés en raison de sa précision, de sa simplicité et de sa flexibilité. Le fait qu'il puisse être utilisé pour des tâches de classification et de régression, combiné à sa nature non linéaire, le rend très adaptable à un large éventail de données et de situations.
5. L'algorithme des K-plus proches voisins, également connu sous le nom de KNN ou k-NN, est un discriminant d'apprentissage supervisé non paramétrique, qui utilise la proximité pour effectuer des classifications ou des prédictions sur le regroupement d'un point de données individuel.
6. L'analyse factorielle discriminante (AFD), ou simplement analyse discriminante, est une technique statistique qui vise à décrire, expliquer et prédire l'appartenance à des groupes prédéfinis (classes, modalités de la variable à prédire...) d'un ensemble d'observations (individus, exemples...) à partir d'une série de variables prédictives (descripteurs, variables exogènes...). En médecine, par exemple, elle sert à détecter les groupes à haut risque cardiaque à partir de caractéristiques telles que l'alimentation, le fait de fumer ou non, les antécédents familiaux, etc.

Chanbeom Kwak, Woojae Han, Junghwa Bahng. Systematic Review and Meta-analysis of the Application of Virtual Reality in Hearing Disorders. *J Audiol Otol.* 2022 Oct;26(4):169-181. doi: 10.7874/jao.2022.00234.

COMMENTAIRE du Dr Maëva Belin et de Blanche Coat, internes, Service ORL et chirurgie cervico-faciale, CHU de Besançon.

Les nouvelles technologies, notamment l'intelligence artificielle ou la réalité virtuelle, prennent une place de plus en plus importante dans notre vie quotidienne. Depuis la Covid 19, les téléconsultations ont révolutionné nos pra-

tiques médicales et les nouvelles technologies sont de plus en plus utilisées pour la prise en charge de certaines pathologies ORL, notamment les hypoacusies, les acouphènes ou encore les syndromes vestibulaires.

OBJECTIFS

Les auteurs ont réalisé une revue des études publiées entre janvier 1968 et février 2022, utilisant la réalité virtuelle pour



© matrosovv - AdobeStock

la prise en charge des hypoacusies, des vertiges, ou des acouphènes, afin d'en identifier les bénéfices et d'analyser la possibilité d'une application de la réalité virtuelle dans la prise en charge de ces pathologies.

MÉTHODES

Des critères d'inclusion et/ou d'exclusion spécifiques, intitulés PICOS (pour Participants, Intervention, Control, Outcomes, Study design), ont été appliquées aux études sélectionnées. Ainsi, 23 articles ont été retenus pour la méta-analyse, dont vingt concernant les vertiges, un l'hypoacusie et deux les acouphènes.

RÉSULTATS

Toutes les études ont été évaluées à l'aide d'une check-list internationale validée (CAMARADES). Malgré des études incluses de qualité et statistiquement comparables, les résultats montraient une grande hétérogénéité ainsi qu'un biais de publication important, interrogeant sur la réelle utilité de ces techniques.

Les études sélectionnées concernaient pour la plupart l'utilisation de lunettes de réalité virtuelle ou de jeux vidéo ayant

comme but de se rapprocher des conditions du réel pour l'évaluation posturographique ou la rééducation vestibulaire. Une majorité montrait l'amélioration des évaluations posturales et des résultats de rééducation.

Cette revue de littérature fait finalement ressortir le manque d'études dans les différents domaines :

- Une seule a été menée dans l'utilisation de la réalité virtuelle concernant la perte auditive, alors que la stimulation sonore statique couplée à l'implant cochléaire semble améliorer la fonction d'équilibration chez ces patients ;
- Seules deux études recherchaient une application dans la gestion des acouphènes, sans argument net pour ou contre leur efficacité ;
- Le domaine des pathologies vestibulaires rassemblait le plus d'études mais l'ensemble ne permettait pas de conclure de façon fiable et objective à l'intérêt des techniques de réalité virtuelle, notamment du fait de l'absence de supériorité significative des critères objectifs d'évaluation.

CONCLUSION

Les auteurs reconnaissent *in fine* que leur objectif initial de prouver l'intérêt et l'amélioration de la réalité virtuelle dans le champ de l'audio-phonologie est resté incomplètement atteint.

Cette revue de la littérature aura finalement, non pas permis de démontrer une réelle efficacité de ces nouvelles technologies, mais de souligner leur intérêt dans le domaine vestibulaire. Elle montre de plus la nécessité de poursuivre les recherches pour de nouvelles applications afin de soulager au mieux les nombreux patients chez qui les thérapeutiques conventionnelles sont souvent limitées.

Madeleine de Lotbiniere-Bassett, Arthur Volpato Batista, Carolyn Lai, Trishia El Chemaly, Joseph Dort, Nikolas Blevins, Justin Lui. The User Experience Design of a Novel Microscope within SurgiSim, a Virtual Reality Surgical Simulator. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2022 Aug 7;1-9. doi: 10.1007/s11548-022-02727-8.

COMMENTAIRE de Maylène Nguansavanh, Service d'ORL et chirurgie cervico-faciale, CHU de Besançon.

L'utilisation des casques de simulation de réalité virtuelle ou Virtual reality (VR) présente depuis ces dernières années un développement constant avec des applications de plus en plus diverses, s'adaptant à tous les domaines. Cela inclut bien évidemment le domaine médico-chirurgical, qu'il s'agisse d'une utilisation aux côtés des patients dans le cadre de simulations de réadaptation ou à but antalgique, mais également auprès des professionnels de santé, particulièrement à destinée pédagogique par le biais de simulations d'entraînement en modélisation 3D.

Dans le domaine chirurgical, l'utilisation de casques virtuels et de logiciels de simulation présente une importance considérable, notamment en raison du récent contexte de pandémie qui a limité les opportunités de formation pratique aux gestes chirurgicaux.

Cela s'applique notamment à l'utilisation de microscopes chirurgicaux, dont l'utilisation est ubiquitaire au sein des spécialités chirurgicales (ORL bien sûr, mais aussi neuro-chirurgie, ophtalmologie...). Et les opportunités d'entraînement à leur utilisation sont limitées dans la pratique de tous les jours.

Cette étude est la première à intégrer un microscope virtuel dans un simulateur VR de formation chirurgicale. La création d'un tel logiciel de simulation requiert, d'une part, un travail de développement et de modélisation informatique, et, d'autre part, l'adaptation de ce système en passant par le biais de chirurgiens, dont le retour est indispensable à une optimisation de la simulation pour la rendre aussi proche de la pratique clinique que possible.

OBJECTIFS

Les auteurs de cet article ont voulu tester, auprès de praticiens, expérimentés ou non, un nouveau logiciel de simula-

tion VR comprenant une simulation de microscope chirurgical : SurgiSim. La finalité était de favoriser l'appropriation du concept par les chirurgiens à travers le développement et l'optimisation de l'interface utilisateur et de l'expérience d'utilisation par le biais des observations et retours des testeurs, dans le but de développer une plateforme d'entraînement optimale.

MÉTHODES

Sur la base de la plateforme SurgiSim, développée pour l'exploration et la manipulation anatomique, un microscope virtuel a été conçu pour fonctionner avec des lunettes de VR et des manettes spécifiques, appelées contrôleurs de VR.

Quatre participants, dont deux étudiants non habitués à l'utilisation d'un microscope chirurgical et deux praticiens expérimentés (un professeur et un assistant), ont été sélectionnés pour réaliser les premiers tests et manipulations de ce logiciel de simulation. Les retours ont directement été utilisés par les développeurs du logiciel pour son amélioration.

L'essai s'est déroulé sur quelques mois au sein de l'Université de Stanford (Californie) en 2022.

RÉSULTATS

De multiples adaptations de l'interface de SurgiSim ont été appliquées en retour des observations faites par les participants de cette étude. Des modifications significatives portaient notamment sur la vision microscopique, les mouvements de la tête de microscope et l'interface par le biais de la manette de VR.

Ces résultats ont permis la conception d'un premier design du logiciel SurgiSim, dont la plateforme va par la suite être employée dans le cadre de programmes d'entraînement à la chirurgie ORL au sein de quatre établissements universitaires au Canada, qui feront eux-mêmes appel à un système de feedback similaire afin de poursuivre le développement le plus optimal de cette plateforme.

CONCLUSION

Outre le développement d'une première version à but pédagogique, cette étude a également permis de mettre en évidence une importante disparité entre la simulation virtuelle et l'environnement physique habituel en pratique clinique courante, soulignant l'importance d'un retour de



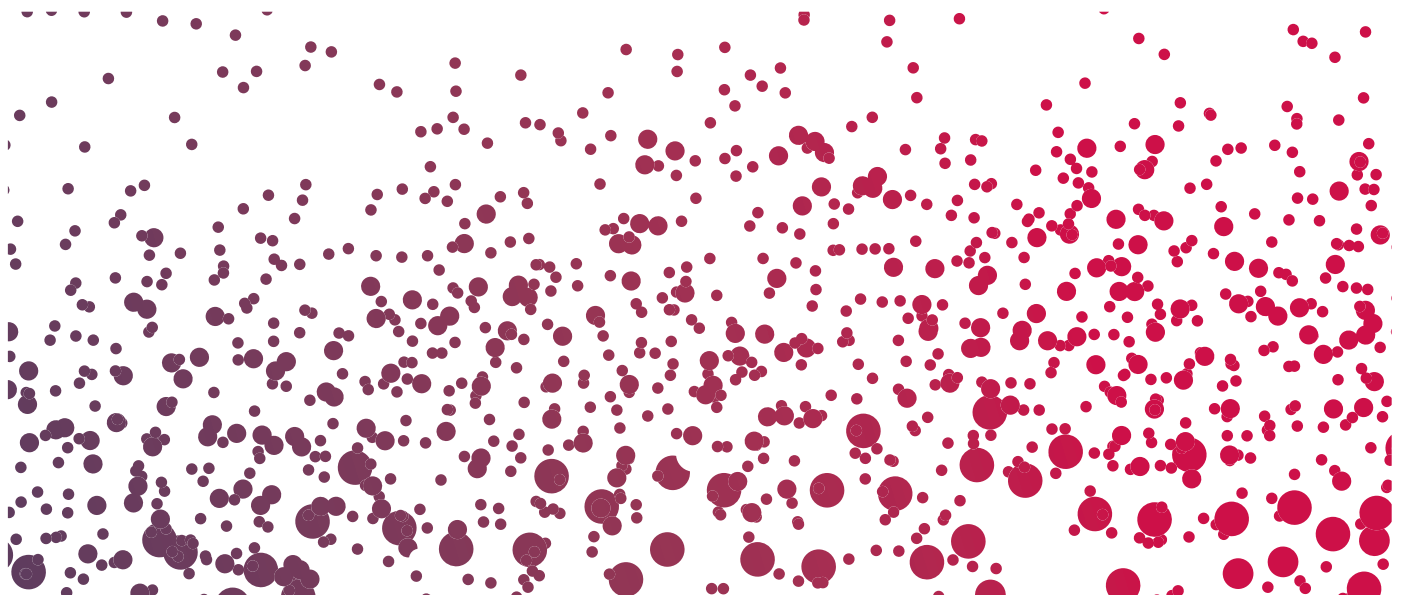
© andrey_orlov - AdobeStock

la part de praticiens expérimentés dans le domaine, mais également des futurs chirurgiens qui seront à la base du développement de ces plateformes de formation.

Le logiciel SurgiSim se présente comme étant un outil de formation prometteur dans le domaine de la microchirurgie, celui-ci permettant une simulation virtuelle de l'utilisation d'un microscope chirurgical, dont les modèles et le design relèvent de feedbacks provenant de professionnels hospitaliers.

L'expansion constante des technologies permet d'aborder une nouvelle forme d'apprentissage, qui était, il y a quelques années, encore inconnue du domaine de la médecine. Les techniques de simulation 3D et de réalité virtuelle ne cessent à ce jour de se développer, permettant d'entrevoir de futures plateformes d'entraînement dans le cadre de la formation chirurgicale, à condition d'impliquer les chirurgiens même dans leur conception, afin de rapprocher ces modèles au plus près de la pratique clinique pour concevoir un outil pédagogique idéal.

Mettant la forme en adéquation avec le fond, la version numérique en accès libre de cet article, permet d'accéder au site de SurgiSim (<http://www.surgisim.ca/>) et propose quelques liens vers des vidéos de démonstration.



Responsabilité médicale

Les dernières évolutions concernant les violences conjugales et le secret médical : réelle réforme ou timide évolution ?

Dr Sandra Zaouche¹ et Maître Caroline Kamkar²

¹Expert judiciaire ORL, Cour d'appel de Lyon, ²Avocat au Barreau de Lille, Docteur en Droit



La conciliation entre le respect du secret médical par les professionnels de santé et la protection des victimes de violences conjugales est régie par les dispositions de l'article 226-14 du Code Pénal. Cet article a dernièrement été modifié, ce qui a été commenté comme une véritable réforme, autorisant les médecins à passer outre le secret pour signaler des faits de violences conjugales. Des précisions et ajustements sont nécessaires.

Pour rappel, à l'origine, le Serment d'Hippocrate ordonnait bien avant le Code pénal que :

« Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe.

Ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser les crimes. »

Le secret médical se définit comme le respect de la confidentialité des informations – médicales ou non – que le médecin est amené à connaître dans le cadre de ses relations professionnelles avec un patient. Ce secret est absolu mais... le Code de déontologie lui-même en son article 44, indique que *« lorsqu'un médecin discerne qu'une personne auprès de laquelle il est appelé, est victime de sévices ou de privations, il doit mettre en œuvre les moyens les plus adéquats pour la protéger en faisant preuve de prudence et de circonspection. Lorsqu'il s'agit d'un mineur ou d'une personne qui n'est pas en mesure de se protéger en raison de*

son âge ou de son état physique ou psychique, il alerte les autorités judiciaires ou administratives sauf circonstances particulières qu'il apprécie en conscience. »

Des exceptions existent donc et le législateur, face aux événements et faits de société, se doit de faire évoluer les codes. Plus précisément, la loi n° 2020-936 du 30 juillet 2020 a modifié l'article 226-14 du Code pénal ainsi rédigé désormais :

« L'article 226-13 [du Code pénal] n'est pas applicable dans les cas où la loi impose ou autorise la révélation du secret. En outre, il n'est pas applicable :

- 1/ À celui qui informe les autorités judiciaires, médicales ou administratives de privations ou de sévices, y compris lorsqu'il s'agit d'atteintes ou mutilations sexuelles, dont il a eu connaissance et qui ont été infligées à un mineur ou à une personne qui n'est pas en mesure de se protéger en raison de son âge ou de son incapacité physique ou psychique ;*
- 2/ Au médecin ou à tout autre professionnel de santé qui, avec l'accord de la victime, porte à la connaissance du procureur de la République ou de la cellule de recueil, de traitement et d'évaluation des informations préoccupantes relatives aux mineurs en danger ou qui risquent de l'être, mentionnée au deuxième alinéa de l'article L. 226-3 du Code de l'action sociale et des familles, les sévices ou privations qu'il a constatés, sur le plan physique ou psychique, dans l'exercice de sa profession et qui lui permettent de présumer que des violences physiques, sexuelles ou psychiques de toute nature ont été commises. Lorsque la victime est un mineur ou une personne qui n'est pas en mesure de se protéger en raison de son âge ou de son incapacité physique ou psychique, son accord n'est pas nécessaire ;*
- 3/ Au médecin ou à tout autre professionnel de santé qui porte à la connaissance du procureur de la République une information relative à des violences exercées au sein du couple relevant de l'article 132-80 du présent code, lorsqu'il estime en conscience que ces violences mettent la vie de la victime majeure en danger immédiat et que celle-ci n'est pas en mesure de se protéger en raison de la contrainte morale résultant de l'emprise exercée par l'auteur des violences. Le médecin ou le professionnel de santé doit s'efforcer d'obtenir l'accord de la victime majeure ; en cas d'impossibilité d'obtenir cet accord, il doit l'informer du signalement fait au procureur de la République ;*

4/ Aux professionnels de la santé ou de l'action sociale qui informent le préfet et, à Paris, le préfet de police du caractère dangereux pour elles-mêmes ou pour autrui des personnes qui les consultent et dont ils savent qu'elles détiennent une arme ou qu'elles ont manifesté leur intention d'en acquérir une;

(...)

Le signalement aux autorités compétentes effectué dans les conditions prévues au présent article ne peut engager la responsabilité civile, pénale ou disciplinaire de son auteur, sauf s'il est établi qu'il n'a pas agi de bonne foi. »

Au premier abord, la loi de 2020 semble avoir permis une certaine levée du secret médical dans la mesure où les professionnels de santé ont maintenant la possibilité de signaler les violences conjugales, **même sans l'accord de la victime**. Toutefois, ce signalement ne peut être effectué que si trois conditions cumulatives sont remplies, à savoir :

- Qu'il y ait un danger immédiat pour la vie de la victime majeure ;
- Que la victime ne soit pas en mesure de se protéger en raison de la contrainte morale résultant de l'emprise exercée par l'auteur des violences ;
- Que le professionnel de santé s'efforce d'obtenir le consentement de la victime majeure.

En effet, l'article 226-14 du Code pénal, dans sa version antérieure, n'abordait pas expressément et précisément la situation des violences conjugales. L'article disposait seulement que le professionnel de santé avait la possibilité de déroger au secret médical, sans l'accord de la victime, pour effectuer un signalement en cas de faits de violences, si cette dernière n'était « pas en mesure de se protéger en raison de son âge ou de son incapacité physique ou psychique ». Depuis 2020, l'article 226-14 du Code pénal vise expressément les victimes de violences conjugales, donnant ainsi un cadre législatif un peu plus précis aux professionnels de santé sur leur possibilité ou non de déroger au secret médical en cas de violences conjugales, sans pour autant engager leur responsabilité civile, pénale ou disciplinaire.

Il est donc important de définir la notion de violence conjugale qui se caractérise par l'existence d'un lien personnel entre l'auteur et sa victime : il y a violence conjugale quand la victime et l'auteur sont dans une relation sentimentale, mariés, concubins ou pacés. Les faits sont également punis, même si le couple est divorcé, séparé ou a rompu son PACS. Les violences conjugales peuvent correspondre à des violences de nature psychologique (harcèlement moral, insultes, menaces), physique (coups et blessures), sexuelle (viol, attouchements) ou même économique (privation de ressources financières et maintien dans la dépendance).

Si la loi vise expressément les violences conjugales, elle laisse pourtant aux professionnels de santé, une nouvelle fois, la charge de déterminer, en fonction des trois critères précités, si le signalement est couvert ou non par la dérogation au secret médical. Les professionnels de santé doivent ainsi être attentifs à bien respecter les critères d'évaluation du danger immédiat et de l'emprise afin de ne pas voir leur responsabilité disciplinaire engagée, au titre de la violation de leurs obligations déontologiques. Le danger doit être analysé comme « ce qui constitue une menace »

« un risque pour quelqu'un, quelque chose » et l'emprise comme un « ascendant intellectuel ou moral de quelqu'un » (Le Larousse).

Ces critères constituent des signaux d'alerte, devant conduire à envisager un signalement auprès du procureur de la République. Cette mesure a été proposée lors du Grenelle des violences conjugales qui a eu lieu du 3 septembre au 25 novembre 2019.

En pratique, comment procéder au signalement ?

Pour accompagner les médecins dans cette démarche, l'Ordre des médecins a publié, avec le ministère de la Justice et la Haute Autorité de Santé (HAS), un vademecum intitulé *Secret médical et violences au sein du couple*. Ainsi, lorsqu'une victime de violences conjugales se trouve en situation de danger immédiat et sous emprise, le professionnel de santé peut désormais déroger à son obligation de secret en remplissant une fiche de signalement de violences conjugales. Cette fiche est téléchargeable sous l'intitulé suivant « Signalement transmis au procureur de la République concernant un majeur victime de violences conjugales dans le cadre du 3° de l'article 226-14 du Code pénal ».

Comment remplir cette fiche ?

Après avoir noté les informations administratives concernant l'auteur du signalement et la personne concernée par celui-ci, il faut décrire la situation motivant la transmission d'un tel signalement au procureur. Les faits et commentaires, les doléances de la personne doivent être consignés avec prudence ; ainsi il est important de noter les déclarations de façon complète entre guillemets sans porter aucun jugement ni interprétation. La description de l'examen clinique physique et psychique doit être complète, factuelle, sans interprétation pour éviter toute ambiguïté. Il doit être précisé quand le signalement est porté sans l'accord de la personne. Il est rappelé que le praticien doit s'efforcer d'obtenir cet accord.

Qui en est le destinataire ?

Le procureur de la République.

Comment l'adresser ?

Le signalement est envoyé par courrier électronique à l'adresse mail structurelle de la permanence du parquet compétent (lieu des faits exemple : tj-lyon@justice.fr), dont les messages sont traités en temps réel par le magistrat du parquet de permanence. Un accusé de réception est adressé par le parquet au signalant pour l'assurer de la prise en compte de son envoi.

Signaler une personne vulnérable est une obligation légale à tout professionnel, puisque la cause de sa vulnérabilité ne lui permet pas de se protéger elle-même. Cette nouvelle disposition est une avancée, mais il est à espérer que cela ne freine pas les victimes à consulter un médecin de crainte de divulgations de confidences autrefois bien gardées.



Quoi de neuf en ORL ?

Dr Isabelle de Gaudemar
Phnom Penh, Cambodge

Un tissu capable d'entendre

Une équipe du MIT (Massachusetts Institute of Technology) a développé un tissu se comportant comme un microphone. Des fibres, de la taille du nanomètre, sont tissées directement au sein des tissus et sont capables de convertir, comme notre oreille, les signaux sonores mécaniques en signaux électriques.

Les applications sont multiples: au travers de ce tissu, il est possible de répondre à un appel, d'écouter des battements cardiaques, la respiration... Au-delà des applications médicales, ce tissu pourrait aussi détecter les premiers signes de tremblement de terre, surveiller les océans et avoir encore bien d'autres applications.

<https://news.mit.edu/2022/fabric-acoustic-microphone-0316>

Le plus puissant synchrotron mondial se niche à Grenoble



Un bâtiment en forme de rotonde appelé European Synchrotron Radiation Facility - Extremely Brilliant Source, (ESRF-EBS) pour les experts, ou juste Synchrotron pour le grand public, est situé dans la région grenobloise. Il abrite un instrument électromagnétique de grande taille destiné à l'accélération à haute énergie de particules élémentaires.

Désormais considéré comme le synchrotron le plus puissant du monde, l'ESRF se compose d'un bâtiment de bureaux dessiné par l'architecte Renzo Piano, et d'un accélérateur de particules de 844 mètres de circonférence, où des électrons tournent à une vitesse proche de celle de la

lumière dans l'ultraviolet, pour produire une lumière synchrotron avec des rayons X qui sont 10000 milliards de fois plus intenses que ceux utilisés à l'hôpital.

Ces rayons X aux propriétés uniques permettent d'étudier la structure de la matière dans ses moindres détails, jusqu'au niveau atomique, ce qui en fait un « super-microscope ». Ils offrent de nouvelles possibilités d'études dans des domaines aussi variés que la santé, la biologie et les protéines, la structure des virus et l'énergie.

Créé en 1988 par onze pays européens et financé par 22 pays, l'ESRF-EBS se revendique comme l'un des plus grands laboratoires au monde, leader mondial dans la science des rayons X, avec plus de 2000 publications scientifiques par an et quatre Prix Nobel parmi ses utilisateurs. Son budget annuel de fonctionnement totalise 100 millions d'euros avec 700 salariés sur le site, dont 350 chercheurs. Depuis sa métamorphose, le nouvel ESRF-EBS a accueilli des programmes scientifiques jusqu'alors impossibles à réaliser, à l'instar du projet Human Organs, financé par la Fondation Chan Zuckerberg Initiative à hauteur d'un million d'euros, dans un premier temps. Ce projet vise à développer l'imagerie 3D des organes humains au niveau micrométrique et ainsi permettre une connaissance très fine du fonctionnement et de l'impact de maladies telles que la Covid-19 sur les organes.

« Dès que la pandémie a démarré, j'ai eu l'idée de mettre mon expertise acquise dans l'imagerie 3D des fossiles au service de la recherche biomédicale sur la Covid-19 », explique le paléontologue Paul Tafforeau qui pilote le projet avec UCL (University College London).

En quelques mois s'est formée une équipe de 50 médecins qu'étoiffent des physiciens et des mathématiciens venus du monde entier. Il s'agit de scanner des organes (poumons, cerveau, reins) des victimes de la Covid et d'en tirer des enseignements.

« Nous sommes en phase de développement et les premières analyses ont montré comment ce virus menait des attaques multifactorielles sur les veines, les poumons, ou le cerveau humain », précise le chercheur.

<https://www.lesechos.fr/pme-regions/auvergne-rhone-alpes/le-plus-puissant-synchrotron-mondial-se-niche-a-grenoble-1336785>

3D et Santé : OTO Twin, le jumeau numérique de l'os temporal humain

Fruit de plusieurs années de recherche interdisciplinaire menées au sein de l'Université de Lorraine entre les professeurs Cécile Parietti-Winkler (Service ORL du CHU de Nancy), lauréate de la Fondation pour l'Audition en 2019, et Anne-Sophie Bonnet (Laboratoire LEM3), le projet OTO Twin est en cours de commercialisation.

Fabriqué par un procédé d'impression 3D haute résolution bi-matériau à partir d'un scanner d'un os réel de l'oreille humaine, OTO Twin est un os temporal synthétique avec une reproduction de haute-fidélité destiné à la formation et au perfectionnement des gestes chirurgicaux pour les ORL et les neurochirurgiens dans le cadre de la chirurgie de l'oreille moyenne, l'implantation cochléaire et l'oto-neurochirurgie. OTO Twin propose plusieurs gammes adultes et pédiatriques déclinées en différents niveaux de difficultés, basique et avancée.



© Jérôme Tijou - Cécile Parietti-Winkler - UL Propuls - Creation UL Propuls

Grâce à ce dispositif pédagogique de formation innovant, l'apprentissage des futurs chirurgiens ORL à la chirurgie de l'oreille, se réalisera dans un environnement sécuritaire et contrôlé, dans des conditions reproductibles jusqu'à la maîtrise parfaite de la gestuelle opératoire.

<https://www.fondationpurlaudition.org/3d-et-sante-oto-twin-le-jumeau-numerique-de-los-temporal-humain-1075>

Covid-19 : un nez bionique pourrait aider les anosmiques à retrouver l'odorat

La Covid-19 a privé d'odorat des milliers de personnes, heureusement dans la plupart des cas de façon provisoire, mais dans environ 10 % d'entre eux, l'anosmie persiste et transforme le quotidien des patients en véritable cauchemar. Si des chercheurs misent sur les cellules souches pour restaurer les fonctions olfactives perdues, Richard Costanzo et Daniel Coelho, spécialistes de la physiologie et de la sphère ORL à l'Université de Virginie, ont mis au point une neuroprothèse olfactive destinée aux personnes devenues anosmiques à la suite d'une blessure au cerveau ou d'une infection par la Covid-19,

Ce prototype de « nez bionique » est en cours de développement aux États-Unis et fonctionne comme un implant cochléaire. Il ressemble à une paire de lunettes. Un détecteur caché dans la monture analyse les odeurs et transmet l'information au cerveau par l'intermédiaire d'électrodes appliquées sur le crâne. Le projet est en cours depuis 2011 et un brevet a été déposé en 2016. La pandémie de Covid-19 lui a donné un second souffle. Toutefois le chemin est encore long pour que ce nez bionique soit abouti. Le système olfactif est complexe, on estime qu'il existe plus de 300 gènes codant pour des récepteurs olfactifs et que la muqueuse olfactive est tapissée de plusieurs millions de neurones qui transmettent les informations au cerveau.

<https://www.futura-sciences.com/sante/actualites/covid-19-covid-19-nez-bionique-pourrait-aider-anosmiques-retrouver-odorat-101486/#xtor%3DAL-80-1%5BACTU%5D-101486%5BCovid-19-%3A-un-nez-bionique-pourrait-aider-les-anosmiques-a-retrouver-l-odorat%5D>

Lilly s'empare d'Akouos sur le marché disputé des thérapies géniques pour traiter la surdité

Le laboratoire américain Lilly va déboursier 487 millions de dollars pour mettre la main sur cette biotech positionnée sur un segment prometteur mais encore à un stade précoce. La biotech américaine est spécialisée dans le développement de thérapies géniques positionnées sur des pathologies de l'oreille interne, telles que les pertes auditives neurosensorielles. Le candidat-médicament phare d'Akouos, appelé AK-OTO, est une thérapie génique destinée à traiter une forme de surdité génétique due aux mutations du gène codant pour l'otoferline (Otof).

La biotech dispose également d'un programme sur GJB2, une forme de surdité génétique fréquente chez l'enfant. Elle est également positionnée sur AK-antiVEGF pour le traitement du neurinome vestibulaire et sur le syndrome de Usher de type 3, une maladie génétique autosomale récessive qui provoque une perte progressive de l'audition et de la vision. Malgré cette variété de programmes en développement, son candidat-médicament le plus avancé, AK-OTOF, n'est pour l'heure qu'en phase préclinique, avec comme prochaine étape la demande d'une IND (Investigational New Drug) auprès de la FDA. Par ses différents programmes, Akouos se positionne sur plusieurs mécanismes d'action.

Avec ses vecteurs viraux adéno-associés (ou AAV), Akouos travaille ainsi aussi bien sur des thérapies qui corrigent et remplacent le gène défectueux que sur des traitements qui ciblent la synthèse d'une protéine. Cette polyvalence s'avère intéressante, alors que plusieurs laboratoires se sont engagés sur ce segment prometteur des thérapies géniques sur les troubles de l'audition.

<https://www.usinenouvelle.com/article/lilly-s-empare-d-akouos-sur-le-marche-dispute-des-therapies-geniques-pour-traiter-la-surdite.N2057347>

Quand l'IA connaît votre état de santé grâce au son de votre voix



Les biomarqueurs vocaux sont des paramètres extraits de la voix qui peuvent être mesurés objectivement et sont associés à un panel de maladies. Leur analyse par des algorithmes d'apprentissage automatique ou profond pourrait constituer une méthode d'aide au diagnostic précoce et à la surveillance à distance fiable, simple et peu coûteuse. De la même manière que des systèmes d'intelligence artificielle (IA) réalisent des diagnostics en interprétant l'imagerie médicale, ils pourraient, en analysant ces paramètres vocaux, identifier et classer certaines maladies.

En 2020, de nombreux essais ont été menés pour dépister et surveiller l'évolution de la Covid-19 grâce à la voix, notamment en Israël, où la start-up Vocalis Health, soutenue par le ministère de la Défense, a travaillé en collaboration avec des hôpitaux et des

institutions académiques. Des échantillons de voix ont été recueillis auprès de patients hospitalisés et de volontaires, malades ou non, ayant envoyé leurs données audios via une application mobile. Ces échantillons ont ensuite été analysés à l'aide d'un algorithme afin d'identifier une « empreinte vocale unique » pour détecter les symptômes de la maladie et une détérioration de la santé des patients atteints. L'université de Cambridge et le Luxembourg Institute of Health mènent des projets similaires.

Aux États-Unis, une équipe de recherche du MIT (Massachusetts Institute of Technology) a, quant à elle, cherché à dépister les cas asymptomatiques de Covid-19 grâce au son de la toux enregistrée sur un téléphone portable. Avant le début de la pandémie, les chercheurs travaillaient sur la détection précoce de la maladie d'Alzheimer. À cet effet, ils avaient développé un cadre d'IA combinant plusieurs réseaux neuronaux qu'ils ont pu réutiliser pour identifier quatre biomarqueurs spécifiques à la Covid-19 : force des cordes vocales, sentiments, changement dans les capacités pulmonaires et respiratoires et dégradation musculaire.

Plusieurs études ont montré que l'analyse de la voix par des systèmes d'apprentissage automatique pouvait aussi permettre d'améliorer le diagnostic et le traitement des maladies et troubles psychiques tels que la dépression. En effet, les outils de dépistage actuels reposent beaucoup sur l'autodéclaration subjective du patient. De ce fait, une petite partie seulement des maladies mentales sont correctement diagnostiquées (47,3 %, selon une étude publiée dans *The Lancet* en 2009). Sonde Health a développé une technologie permettant de recueillir de courts échantillons de voix à l'aide d'un smartphone, de les analyser et de déceler des signes précoces de dépression clinique ou d'anxiété par le biais de changements subtils dans certains paramètres acoustiques.

Enfin, comme l'explique une chercheuse de la faculté de médecine-Université Côte-d'Azur, certains symptômes de la dépression sont communs à ceux de pathologies neurodégénératives, en particulier chez les personnes âgées, ce qui peut entraîner des erreurs de diagnostic. Or, il existe à ce jour peu d'outils permettant de différencier ces pathologies. Selon elle, l'analyse automatique de la voix pourrait être une nouvelle méthode d'aide au diagnostic non invasive et facile d'utilisation.

<https://hellofuture.orange.com/fr/quand-lia-connaît-votre-etat-de-sante-grace-au-son-de-votre-voix/>

Le vaccin nasal d'AstraZeneca et Oxford ne fonctionne pas

Un essai clinique préliminaire sur une formule nasale de vaccin anti-Covid mené par l'Université d'Oxford en collaboration avec le laboratoire britannique AstraZeneca a échoué, selon un communiqué officiel. Oxford estime que cette étude est la première à avoir été publiée sur un vaccin à vecteur adénovirus par spray nasal.

Les chercheurs n'ont observé une réponse d'anticorps dans les muqueuses nasales que « chez une minorité de participants », explique l'institution. La réponse immunitaire « systémique à la vaccination intranasale a également été plus faible que lors d'une vaccination intramusculaire ».

« Ce spray nasal n'a pas fonctionné aussi bien que nous l'espérons », a commenté Sandy Douglas, professeure associée de l'université ayant participé à l'essai. Elle souligne qu'une étude en Chine a obtenu de bons résultats avec un vaporisateur plus complexe, qui envoie le vaccin plus profondément dans les poumons. La spécialiste estime donc qu'il est possible qu'une grande partie du vaccin testé par l'université britannique soit tombée dans les voies digestives avec le spray nasal.

L'étude a fait appel au même vecteur adénovirus que celui utilisé pour le vaccin mis au point par l'Université d'Oxford avec AstraZeneca.

<https://www.lematin.ch/story/le-vaccin-nasal-dastrazeneca-et-oxford-ne-fonctionne-pas-854711891860>



© Weststock - AdobeStock

Europa Park ouvre un nouveau restaurant avec un concept unique au monde

Un restaurant où les cinq sens sont mis en éveil : c'est le concept proposé par Eatrenalin à Europa Park. Europa Park explique que tous les sens sont sollicités dans le cadre d'un menu à huit plats : la vue, l'ouïe, l'odorat, le goût, le toucher. Le repas est agrémenté par des impressions visuelles, des mouvements et des arômes et emmène les convives dans des lieux spectaculaires, créant ainsi une nouvelle dimension de restauration.

Au cours de cette expérience, d'une durée d'environ deux heures, les convives vont déguster les plats dans plusieurs salles. Grâce à une innovation nommée Floating Chairs, les participants et les plats sont mis en mouvement.

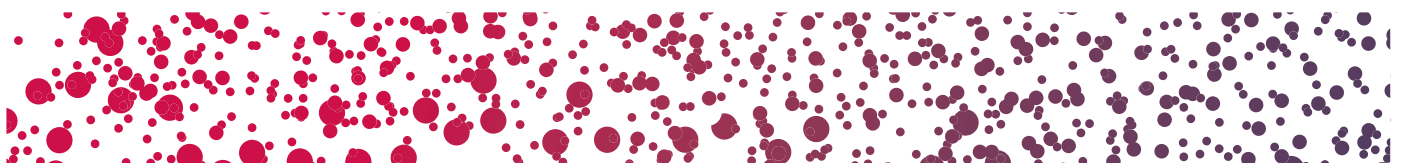
Le repas est facturé 195 euros par personne, pour une formule standard. Il faudra compter 295 euros pour le repas accompagné d'une sélection de boissons alcoolisées. Le dîner au champagne coûte quant à lui 445 euros, tandis que le dîner sommelier, ouvert aux groupes à partir de treize personnes, s'élève à 645 euros.

https://actu.fr/loisirs-culture/europa-park-ouvre-un-nouveau-restaurant-avec-un-concept-unique-au-monde_54871101.html

Des injections de cellules souches pour retrouver sa voix

Un essai clinique est mené par les équipes de l'Hôpital de la Conception Marseille, avec la participation du professeur Antoine Giovanni, professeur des universités à Aix-Marseille Université et rattaché au laboratoire Parole et Langage. Cet essai a pour but de réparer les lésions cicatricielles des cordes vocales grâce à des cellules souches contenues dans de la graisse prélevée sur le patient. Cet essai clinique présente des premiers résultats très encourageants.

<https://www.lpl-aix.fr/actualite/des-injections-de-cellules-de-souches-pour-retrouver-sa-voix/>



Quoi de neuf chez Amplifon ?

Fabien Auberge

Directeur stratégie santé chez Amplifon

Le Congrès du Centre de Recherche et d'Études (CRS) Amplifon a réuni la scène de l'oto-audiologie européenne à Paris les 9 et 10 décembre. Présidé par les Pr Olivier Sterkers et Bernard Fraysse, l'événement était consacré à l'innovation dans la réhabilitation de l'audition.



L'édition 2022 du congrès du CRS Amplifon a rassemblé plus de 200 participants autour de 60 orateurs, grands noms de l'audiologie française et européenne. Chacun des intervenants a présenté un travail de recherche ou une innovation ouvrant la voie à des avancées technologiques, diagnostiques ou thérapeutiques dans la prise en charge de la surdité.

Le programme était structuré autour de six sessions regroupant les dernières avancées de l'audiologie internationale par grande thématique : les surdités neurosensorielles, de la recherche fondamentale aux résultats thérapeutiques ; les thérapies intra-cochléaires ; l'assistance robotisée ; les surdités de transmission et mixtes ; les surdités unilatérales et asymétriques ; l'implant cochléaire et l'extension de ses indications.

Répondant au souci de traduire l'innovation en application pratique, deux tables rondes ont également permis d'échanger sur le transfert de l'innovation à l'application clinique, d'une part, et sur la façon d'en informer les patients, d'autre part.

Recherche translationnelle

La qualité des échanges a montré la vitalité de l'audiologie européenne en général et française en particulier,

à moins de deux ans du Congrès Mondial d'Audiologie (WCA 2024) qui se tiendra à Paris en septembre 2024. Surtout, elle a prouvé l'intérêt d'une rencontre d'experts internationaux, organisée sous le signe de la recherche translationnelle.

Visant à accélérer la valorisation des avancées scientifiques en applications médicales pour les patients, la recherche translationnelle place en effet les échanges et la pluridisciplinarité au cœur de son processus d'innovation. Celui-ci exige une grande collaboration entre chercheurs et médecins. C'était l'enjeu servi par le congrès du CRS Amplifon.

Il a également été l'occasion pour l'équipe d'Amplifon France de présenter pour la première fois les enseignements de la récente étude big data menée en collaboration avec l'IRIT de Toulouse, la direction scientifique IA/Data du CHU de Toulouse, et le Pr Bernard Fraysse. Ces enseignements ont concerné des données épidémiologiques d'une part, et une évaluation objective des bénéfices de l'appareillage auditif d'autre part. « Cette dernière constitue une première pierre vers une approche "evidence-based" qui permet à la fois de mesurer le résultat-patient de notre travail, et d'en identifier les déterminants, c'est-à-dire les éléments permettant d'en optimiser le résultat, commente



Fabien Auberger, directeur stratégie santé d'Amplifon. *C'est pour nous un moyen extraordinaire de renforcer encore notre expertise et de continuer à innover pour améliorer en pratique la prise en charge de chaque patient.*

Cette étude big data est le fruit d'années de travail, qui part de la définition des outils, des méthodologies d'appareillage et des protocoles de tests Amplifon qui permettent de collecter des données robustes et homogènes dans nos 700 centres d'audition; et se concrétise par la struc-

turation de notre base de données et l'analyse de plus de 160 000 cas.

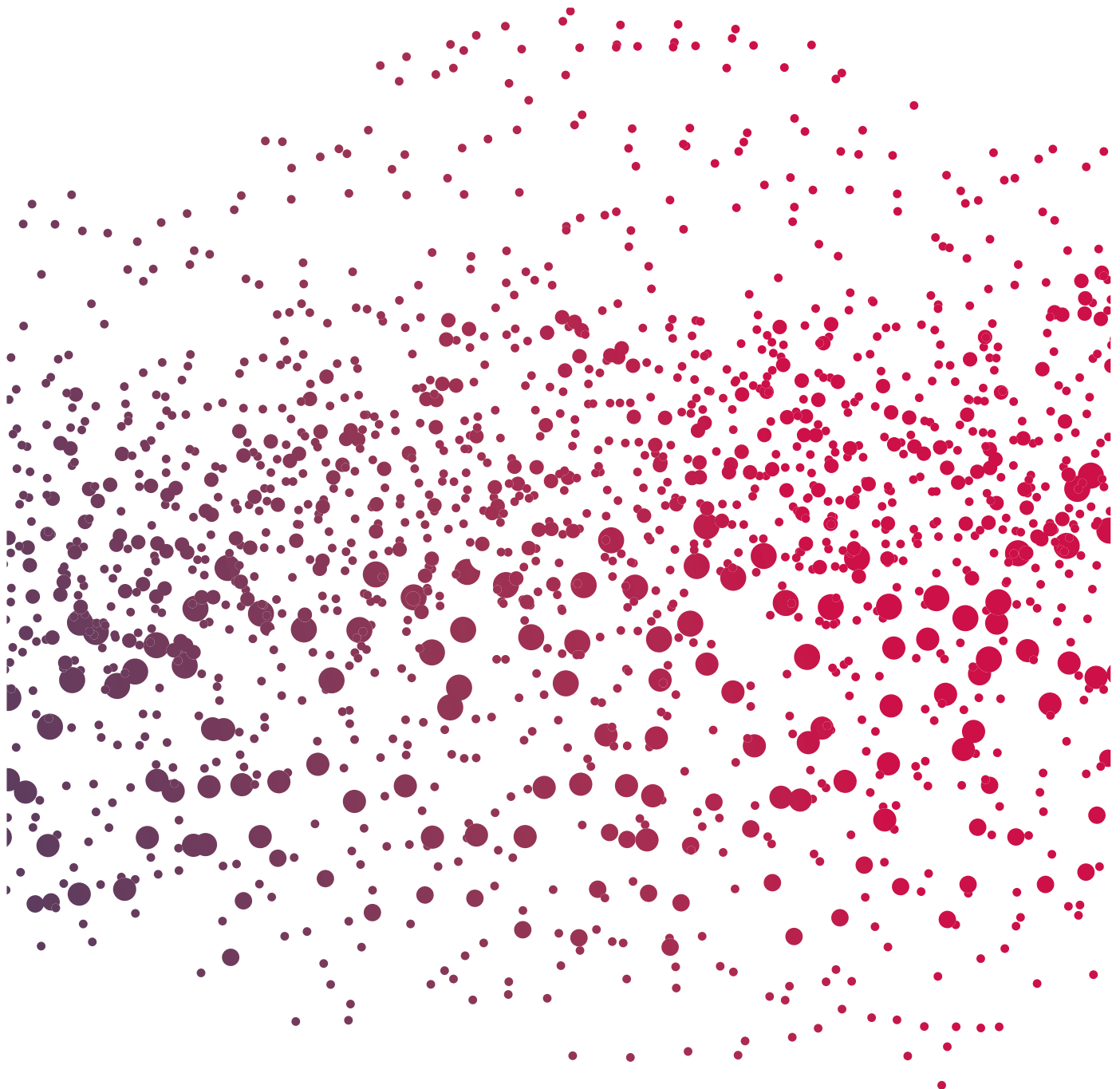
Pouvoir exposer ce premier travail dans le cadre du congrès du CRS Amplifon regroupant de nombreux experts européens est à la fois une fierté, pour le travail accompli, et une chance de poursuivre ce travail et de l'approfondir à partir notamment de leurs retours. »

Les replays du congrès du CRS Amplifon sont disponibles sur url.amplifon.fr

Le CRS Amplifon en bref

Basé à Milan, le Centre de Recherche et d'Études (CRS) Amplifon a pour mission de contribuer au développement des connaissances scientifiques en Audiologie et Otologie, et à leur diffusion internationale.

Une équipe internationale d'Audiologistes et d'Audioprothésistes Amplifon coordonnent chaque trimestre la publication du *CRS Scientific Journal* qui propose une revue de littérature mondiale en Audiologie.





Testez-vos connaissances sur les enjeux environnementaux !



Pr Christian Debry

Service ORL et chirurgie cervico-faciale, hôpitaux universitaires de Strasbourg

Saurez-vous répondre à ces questions ?

1) Quel est le facteur de charge d'une éolienne en France, soit le rapport entre sa production réelle et sa production théorique maximale ?

- a) 25 %
- b) 50 %
- c) 75 %

2) Parmi les trois énergies renouvelables suivantes, laquelle est la moins chère en euros/kWh ?

- a) Le photovoltaïque
- b) L'hydroélectricité
- c) L'éolien offshore

3) Quelle est la source d'énergie d'une centrale houlomotrice ?

- a) Le vent
- b) Les vagues
- c) Le soleil

4) Quelle est la surface de panneaux solaires nécessaire pour produire autant d'électricité qu'un réacteur nucléaire ?

- a) 54000 m²
- b) 540000 m²
- c) 54 millions de m²

5) En quelle année les objectifs votés par l'Organisation des Nations Unies en 2015 dans le cadre du Programme de développement durable doivent-ils être atteints ?

- a) 2030
- b) 2045
- c) 2050

6) Parmi les trois objectifs suivants, lequel ne fait pas partie du plan d'action pour le développement durable ?

- a) L'industrie, l'innovation et l'infrastructure
- b) Le travail décent et la croissance économique
- c) La maximisation des profits et la main-d'œuvre bon marché

7) En quelle année la notion de développement durable apparaît-elle pour la première fois ?

- a) 1960
- b) 1975
- c) 1987

8) Sur quelle distance le premier transport d'électricité en courant continu a-t-il été réalisé, en 1882 ?

- a) 32 km
- b) 57 km
- c) 73 km

9) Quelle est l'énergie renouvelable la plus utilisée dans le monde ?

- a) La géothermie
- b) L'hydroélectricité
- c) L'éolien

10) En quelle année la toute première voiture électrique de l'histoire a-t-elle été créée ?

- a) 1834
- b) 1852
- c) 1899

Si vous avez eu réponse à tout, deux Vrai ou Faux en bonus !

1 / Vrai ou Faux ? L'énergie solaire est l'énergie la plus abondante que l'on peut trouver sur Terre.

2 / Vrai ou Faux ? La combustion de la biomasse produit directement de l'électricité.

Mots cachés

Retrouvez et barrez les mots liés au développement durable qui sont cachés dans la grille ci-dessous.

W F M
 I K P X R E E S Ç
 L T D Z D O C T K K L A P
 F S W E Z F A F P H G S C Q H Ç F
 S P T E Y W V V D F A W O C H H Z Q G
 R E K Ç B I Y G Ç R O N Y L F F G D X D L
 E I I T S Y G Q Z Ç S I Ç A Ç J A O Y T A
 Y T G R X E I H R S H S S G I D K B I B H D D
 X N R I Ç Y O E Q E R I A U R Y X N B W A U J
 P M Q E G Ç O S L C I N L T F E Ç E V I O M R G K
 E D G N M P S S G I T O E I Ç P P V S O P L A H R
 C K S E J A Q S E U E J S O J U X F H G G B B I J
 E Q S C T M E S S P L M N Y N I O V K Ç A E V L U U X
 L S R O O X W K R M P B J N S H B G H Q Z O Ç E K K S
 B T E I D A M S Y K L Q A A E N S Y J C U T O Y N L S
 P B L S A A W A W G D B L E S F N J E N H W H F F
 O E C K E W Q M B J L T N E M E P P O L E V E D U
 D C L V X X K O Q E U K O E V K L K R W R L Ç U D
 Q K T P X A E V S D M G N B U I J H U M H Z K
 Q X R E U Q I M R E H T Ç P H O R Ç J I I I P
 F R P V D D X L A L B A D Y L N Q S E X A
 E I Q Z X W W J P L V R Q I L Z E L Ç M K
 H Y D R A U L I Q U E U Y T C S R Ç M
 R H F ~~B I O C A R B U R A N T S H~~
 S T U I A X I P P G B Q Z
 J N O E T G N R E
 S G W

Biocarburants

Bioénergies

Biogaz

Biomasse

Développement

Durable

Énergies

Éoliennes

Fossiles

Géothermie

Hydraulique

Inépuisable

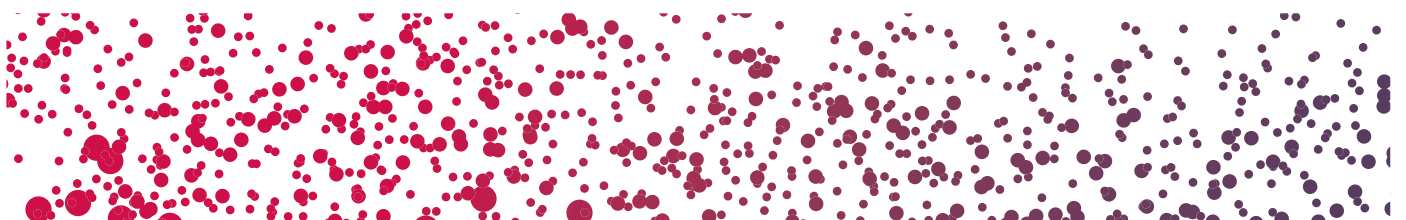
Méthanisation

Renouvelables

Solaire

Thermique

Retrouvez les réponses en page 30.





Réponses du Quiz

- 1/a. Les éoliennes fonctionnent entre 75 % et 95 % du temps mais pas à pleine capacité.
- 2/b. En 2020, le coût est de 6 centimes/kWh pour le photovoltaïque, 9,5 centimes/kWh pour l'éolien offshore et 4 centimes pour l'hydroélectricité.
- 3/b. De nombreux dispositifs permettent d'exploiter l'énergie des vagues (flotteurs, colonnes d'eau oscillantes ou rampes à déferlement).
- 4/c. Soit la superficie de Paris. Un réacteur nucléaire produit environ 8,7 TWh d'énergie chaque année. En France, un mètre carré de panneau solaire produit en moyenne 160 kWh d'énergie par an.
- 5/a. Au nombre de 17, les objectifs de développement durable ont été adoptés en 2015 par l'ensemble des États membres de l'ONU.
- 6/c. Les objectifs de développement durable ont pour but d'offrir à chaque être humain une vie correcte, ce qui s'oppose à la main-d'œuvre bon marché et à la recherche de profit.
- 7/c. La définition « officielle » du développement durable a été élaborée pour la première fois dans le Rapport Brundtland en 1987.
- 8/b. C'est un Français, l'ingénieur Marcel Deprez; qui tente ce transport sur la ligne télégraphique entre Miesbach et Munich en Allemagne. Malgré un rendement de 30 %, l'expérience sera considérée comme un succès au vu de la distance.
- 9/b. Les États-Unis, la Chine, le Brésil et le Canada font partie des plus gros producteurs d'hydroélectricité du monde.
- 10/a. Mais il faudra attendre 1852 pour que cette dernière soit commercialisée pour la première fois.

Vrai ou faux :

1/Vrai. La Terre est frappée continuellement par 173 000 térawatts d'énergie solaire ce qui équivaut à 10 000 fois la consommation énergétique mondiale totale.

2/Faux. La combustion permet de chauffer les chaudières d'eau pour créer de la vapeur qui va ensuite faire tourner une turbine pour produire de l'électricité.

Solutions des Mots cachés

W F M
 I K P X R E E S Ç
 L T D Z D O C T K K L A P
 F S W E Z F A F P H G S C Q H Ç F
 S P T E Y W V V D F A W O C H H Z Q G
 R E K Ç B I Y G Ç R O N Y L F F G D X D L
 E I I T S Y G Q Z Ç S I Ç A Ç J A O Y T A
 Y T G R X E I H R S H S S G I D K B I B H D D
 X N R I Ç Y O E Q E R I A U R Y X N B W A U J
 P M Q E G Ç O S L C I N L T F E Ç E V I O M R G K
 E D G N M P S S G I T O E I Ç P P V S O P L A H R
 C K S E J A Q S E U E J S O J U X F H G G B B I J
 E Q S C T M E S S P L M N Y N I O V K Ç A E V L U U X
 L S R O O X W K R M P B J N S H B G H Q Z O Ç E K K S
 B T E I D A M S Y K L Q A A E N S Y J C U T O Y N L S
 P B L S A A W A W G D B L E S F N J E N H W H F F
 O E C K E W Q M B J L T N E M E P P O L E V E D U
 D C L V X X K O Q E U K O E V K L K R W R L Ç U D
 Q K T P X A E V S D M G N B U I J H U M H Z K
 Q X R E U Q I M R E H T Ç P H O R Ç J I I I P
 F R P V D D X L A L B A D Y L N Q S E X A
 E I Q Z X W W J P L V R Q I L Z E L Ç M K
 H Y D R A U L I Q U E U Y T C S R Ç M
 R H F B I O C A R B U R A N T S H
 S T U I A X I P P G B Q Z
 J N O E T G N R E
 S G W



amplifon

