

N° 5145
ASSEMBLÉE NATIONALE
CONSTITUTION DU 4 OCTOBRE 1958
QUINZIÈME LÉGISLATURE

Enregistré à la présidence de l'Assemblée nationale
le 3 mars 2022

N° 561
SÉNAT

SESSION ORDINAIRE 2021 - 2022

Enregistré à la présidence du Sénat
le 3 mars 2022

RAPPORT

au nom de

**L'OFFICE PARLEMENTAIRE D'ÉVALUATION
DES CHOIX SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES**

sur

**Les progrès récents des technologies
au service de la prise en charge du handicap**

***Compte rendu de l'audition publique du 27 janvier 2022
et de la présentation des conclusions du 3 mars 2022***

par Mme Huguette TIEGNA, députée

Déposé sur le Bureau de l'Assemblée nationale
par M. Cédric VILLANI,
Président de l'Office

Déposé sur le Bureau du Sénat
par M. Gérard LONGUET
Premier vice-président de l'Office

Composition de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques

Président

M. Cédric VILLANI, député

Premier vice-président

M. Gérard LONGUET, sénateur

Vice-présidents

M. Didier BAICHÈRE, député
M. Jean-Luc FUGIT, député
M. Patrick HETZEL, député

Mme Sonia de LA PROVÔTÉ, sénatrice
Mme Angèle PRÉVILLE, sénatrice
Mme Catherine PROCACCIA, sénateur

DÉPUTÉS

M. Julien AUBERT
M. Philippe BOLO
Mme Émilie CARIOU
M. Claude de GANAY
M. Jean-François ELIAOU
Mme Valéria FAURE-MUNTIAN
M. Thomas GASSILLOUD
Mme Anne GENETET
M. Pierre HENRIET
M. Antoine HERTH
M. Jean-Paul LECOQ
M. Gérard LESEUL
M. Loïc PRUD'HOMME
Mme Huguette TIEGNA

SÉNATEURS

Mme Laure DARCOS
Mme Annie DELMONT-KOROPOULIS
M. André GUIOL
M. Ludovic HAYE
M. Olivier HENNO
Mme Annick JACQUEMET
M. Bernard JOMIER
Mme Florence LASSARADE
M. Ronan Le GLEUT
M. Pierre MÉDEVIELLE
Mme Michelle MEUNIER
M. Pierre OUZOULIAS
M. Stéphane PIEDNOIR
M. Bruno SIDO

SOMMAIRE

Pages

CONCLUSIONS DE L'AUDITION PUBLIQUE DU 27 JANVIER 2022 SUR LES PROGRÈS RÉCENTS DES TECHNOLOGIES AU SERVICE DE LA PRISE EN CHARGE DU HANDICAP	7
TRAVAUX DE L'OFFICE.....	19
I. COMPTE RENDU DE L'AUDITION PUBLIQUE DU 27 JANVIER 2022	19
II. EXTRAITS DU COMPTE RENDU DE LA RÉUNION DE L'OPECST DU JEUDI 3 MARS 2022 PRÉSENTANT LES CONCLUSIONS DE L'AUDITION PUBLIQUE	65
ANNEXE : PRÉSENTATIONS DES PARTICIPANTS À L'AUDITION PUBLIQUE	75

CONCLUSIONS DE L'AUDITION PUBLIQUE DU 27 JANVIER 2022 SUR LES PROGRÈS RÉCENTS DES TECHNOLOGIES AU SERVICE DE LA PRISE EN CHARGE DU HANDICAP

En 2008, la députée Bérengère Poletti présentait au nom de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques un rapport sur les apports de la science et de la technologie à la compensation du handicap¹. Le rapport était optimiste quant aux progrès du numérique, de la domotique, de la robotique et des interfaces cerveau-machine ; il imaginait la fin des handicaps sensoriels. Plus d'une décennie plus tard, où en sommes-nous ? Quels nouveaux outils les progrès technologiques ont-ils permis d'imaginer ? Des handicaps non compensés jusqu'ici ont-ils bénéficié de ces progrès ? Peut-on démêler ce qui relève de la science-fiction, ce qui sera une réalité à court terme et ce qui est déjà utile à nos concitoyens ? Quelles difficultés rencontre ce secteur en France ?

Sous l'impulsion de la députée Huguette Tiegna, l'Office a organisé le 27 janvier 2022 une audition publique consacrée aux progrès récents des technologies au service de la prise en charge du handicap. Celle-ci a été diffusée en direct sur les sites du Sénat et de l'Assemblée nationale. Les débats ont été ouverts aux internautes au moyen d'une plateforme numérique leur permettant de poser des questions, dont certaines ont été transmises aux intervenants.

L'audition a réuni de nombreux acteurs du domaine du handicap, notamment des chercheurs académiques travaillant à des solutions technologiques variées :

- M. Serge Picaud, directeur de l'Institut de la vision ;
- M. Ludovic Saint-Bauzel, chercheur à l'Institut des systèmes intelligents et de robotique, expert dans le domaine des aides au lever et à la marche et membre de la Fédération pour la recherche sur le handicap et l'autonomie (Fedrha) ;
- Mme Hélène Sauzéron, psychologue et chercheuse à l'Institut national de recherche en sciences et technologies du numérique (Inria), spécialiste de technologies rééducatives, membre de la Fedrha ;
- Mme Evelyne Klinger, chercheuse, experte des applications thérapeutiques de la réalité virtuelle, membre de la Fedrha ;

¹ Rapport de Mme Bérengère POLETTI, députée, « Les apports de la science et de la technologie à la compensation du handicap », Assemblée nationale n° 1010 (13^e législature) – Sénat n° 462 (2007-2008). <https://www.assemblee-nationale.fr/13/rap-off/i1010.asp>.

- M. Ouriel Grynszpan, professeur à l'Université Paris-Saclay, chercheur au Laboratoire d'informatique pour la mécanique des sciences de l'ingénieur et porteur du projet BETA (*Building Evidence for Technology and Autism*) ;
- Mme Sophie Sakka, maître de conférences à Centrale Nantes, fondatrice de l'association « Robots ! ».

Plusieurs entrepreneurs ont présenté les enjeux du processus de recherche et de développement industriel :

- M. Jean-Louis Constanza, fondateur et directeur du développement de Wandercraft, entreprise qui réalise des exosquelettes ;
- M. David Gouaillier, directeur d'Orthopus, entreprise à mission qui réalise des assistants robotique pour la mobilité des bras ;
- M. Benjamin Talon, président de Soben, entreprise spécialisée dans les robots autonomes ;
- M. Jean-Paul Carta, directeur du projet Hospitalicity, programme de recherche développant des outils pour permettre aux personnes en situation de mobilité réduite de pratiquer des loisirs qui leur sont inaccessibles.

L'audition a également permis d'entendre le Dr. David Orlikowski, directeur du Centre d'investigation clinique et d'innovation technologique de Garches, ainsi que Mme Virginie Magnant, directrice de la Caisse nationale de solidarité pour l'autonomie (CNSA), accompagnée de Mme Cécile Chevalier, chargée de mission.

L'audition était organisée en trois tables rondes. La première était dédiée aux technologies visant à compenser des handicaps sensoriels et moteurs, la deuxième était consacrée aux handicaps mentaux et cognitifs, et la troisième a fait le point sur l'accessibilité de ces technologies.

Les tables rondes et les débats qui ont suivi ont permis de dresser un panorama des besoins des personnes en situation de handicap ainsi que des technologies disponibles ou en cours de développement. Les personnes auditionnées ont également fait part de leurs observations quant au fonctionnement du secteur du handicap et ont proposé des pistes pour améliorer la compensation des déficiences dont souffrent les personnes porteuses de handicap.

1. La diffusion des progrès techniques et la recherche de pointe pour pallier des handicaps très divers

a. Les dispositifs d'assistance, nouveaux ou existants, bénéficient de la diffusion généralisée des progrès techniques

On a longtemps observé que des innovations étaient d'abord pensées pour les personnes en situation de handicap et qu'elles trouvaient ensuite des usages plus larges en population générale ; cela a par exemple été le cas pour la télécommande. D'après Ludovic Saint-Bauzel, la situation est plutôt inverse de nos jours. Des innovations techniques, notamment pensées pour les jeux vidéo ou les smartphones – domaines qui bénéficient d'un engouement et d'une dynamique d'innovation certains, mais aussi de financements conséquents – ont été réemployées par les scientifiques au profit des aides techniques développées pour les personnes handicapées. C'est tout particulièrement le cas en matière de robotique.

Il en va ainsi des spectaculaires avancées entre le premier prototype d'exosquelette Hardiman et l'exosquelette personnel que la société Wandercraft s'apprête à commercialiser. La réduction de la taille des moteurs et des batteries, la disponibilité de capteurs de mouvement développés pour les jeux vidéo, l'usage de technologies de communication sans fil développées pour les smartphones, tout cela améliore considérablement l'outil, tant dans l'étendue de ses fonctionnalités que dans son ergonomie.

Ces technologies contribuent également à améliorer des aides plus classiques, comme les fauteuils roulants, qui acquièrent des capacités telles que la possibilité de se repérer dans l'espace, de se mettre sur deux roues pour arpenter des terrains accidentés ou de franchir des trottoirs.

L'essor du numérique a contribué à l'apparition de nouveaux outils. La réalité virtuelle peut être utile dans un grand nombre de situations de handicap. Elle peut mimer un déplacement extérieur pour sortir de son cadre de vie quotidien une personne âgée qui a perdu sa mobilité, et aider ainsi à lutter contre les effets secondaires de son isolement. La réalité virtuelle permet également, dans le cas de handicaps mentaux, tels qu'une anxiété sociale, de faire suivre une psychothérapie comportementale à un patient en simulant des situations d'exposition.

Le numérique, en ce qu'il est accessible à tous au moyen de smartphones et de tablettes, est un formidable outil. L'éventail des possibilités est large, de l'application d'entraînement cognitif à la mise en place de fonctions domotiques qui peuvent faciliter le maintien à domicile d'une personne à mobilité réduite.

b. La recherche de pointe continue d'innover

Serge Picaud a présenté un panorama des techniques de restauration de la vision sur lesquelles travaille l'Institut de la vision. Elles sont reconnues

internationalement comme étant à la pointe dans leur domaine. Pour pallier les déficiences rétiniennes, l'Institut met au point des implants, placés en fond de rétine, dont la fonction est de capter le signal lumineux à la place de celle-ci. Il cherche aussi à rendre photosensibles des cellules rétiniennes dont ce n'est pas le rôle. Il s'agit là d'une approche biotechnologique : une séquence génétique est incorporée dans les cellules du fond de l'œil, par l'intermédiaire d'un vecteur viral, qui leur permet de devenir photosensibles.

Pour les déficiences visuelles dues à un défaut de conduction du signal nerveux entre l'œil et le cerveau, une stimulation directe de l'aire visuelle du cerveau est à l'étude. Réalisée par des ondes ultrasonores, auxquelles les cellules corticales sont rendues sensibles, elle permettrait de restaurer indirectement l'image cérébrale d'un signal lumineux. Ces travaux sont issus de la recherche de pointe menée en France ; les innovations visées nécessitent d'être encore améliorées avant d'être diffusées largement, mais elles augurent d'une restauration d'un minimum de vision pour de nombreuses personnes.

Un autre secteur dans lequel les chercheurs français sont reconnus est celui des interfaces cerveau-machine ou BCI (*brain computer interfaces*). Ces interfaces sont à la base du contrôle de machines par la pensée, possibilité qui serait utile dans de nombreuses situations de handicap. Si des preuves de concept ont été réalisées, la technologie n'est pas suffisamment mûre pour être proposée en dehors de protocoles de recherche strictement encadrés. La note scientifique¹ de l'Office consacrée aux neurotechnologies évoque les possibilités offertes par les BCI ainsi que leurs limites.

c. L'individualisation des aides et la meilleure prise en compte de leur utilisateur

L'amélioration de la technologie ouvre la voie à une adaptation de l'aide technique à son utilisateur. Il peut s'agir d'un fauteuil roulant qui admet plusieurs positions du corps, comme d'aides domotiques disposant de capteurs pour mieux évaluer l'environnement et la situation de la personne handicapée.

D'après Hélène Sauzéon, un changement de paradigme doit être encouragé pour mettre l'utilisateur au cœur des recherches et mieux prendre en compte ses besoins, qui sont essentiellement de reprendre une vie normale, participer à des événements de la vie sociale ou disposer d'un logement autonome, alors que l'offre est plutôt centrée, pour les déficiences mentales par exemple, sur l'entraînement cognitif.

¹ Note scientifique « Les neurotechnologies : défis scientifiques et éthiques » de M. Patrick Hetzel, député, Assemblée nationale n° 4932 (15^e législature) – Sénat n° 376 (2021-2022) <https://www2.assemblee-nationale.fr/15/les-delegations-comite-et-office-parlementaire/office-parlementaire-d-evaluation-des-choix-scientifiques-et-technologiques/secretariat/notes-scientifiques-de-l-office/les-neurotechnologies-defis-scientifiques-et-ethiques-n-32-janvier-2022>.

Mieux répondre aux besoins des utilisateurs passe également par une meilleure prise en considération des sciences humaines et sociales. Celles-ci montrent que d'autres stratégies, non technologiques, pourraient améliorer le quotidien des personnes handicapées, par exemple l'emploi d'une typographie plus adaptée aux personnes malvoyantes ou la conformité au standard *World Wide Web Consortium* (W3C) qui vise à réduire la fracture numérique en rendant les interfaces numériques accessibles au plus grand nombre.

d. La nécessité de valider les aides proposées : efficacité, ergonomie, etc.

Proposer à une personne une aide peu adaptée à sa situation est susceptible de causer une perte de chance. Ceci est d'autant plus vrai pour les enfants dans le cas de déficiences mentales ou cognitives, car l'enfance est un âge essentiel pour le développement du cerveau. Il faut donc évaluer l'efficacité des aides proposées. C'était l'objectif de l'initiative BETA, portée par le Pr. Ouriel Grynszpan, pour la prise en charge de l'autisme. Une telle évaluation doit être renouvelée aussi souvent que nécessaire pour prendre en compte l'évolution éventuelle des besoins de la personne.

Le niveau de preuve exigé pour une validation de l'outil – s'il ne nécessite pas de passer par un processus formel de certification tel que celui applicable aux dispositifs médicaux – peut être discuté en fonction du critère choisi : efficacité, engouement suscité, ergonomie, etc. La preuve objective par l'essai randomisé contrôlé est évidemment la meilleure, mais l'évaluation subjective des utilisateurs peut renseigner sur l'engouement suscité.

Un référencement permanent des aides, mentionnant leur niveau de validation ou le résultat de leur évaluation, critère par critère, permettrait d'assurer une certaine lisibilité de l'offre aux utilisateurs et à leur entourage. Au-delà, un dispositif de normalisation contribuerait utilement à la clarification recherchée.

Un tel référencement faciliterait l'accès des professionnels aux technologies éprouvées. Ils pourraient d'autant mieux se saisir pleinement de ces outils qu'un accès à des formations leur permettrait de les maîtriser. Il a été rapporté qu'il arrivait que les professionnels des centres d'accueil spécialisés proposent leurs propres ateliers, « faits maison » ; le risque est que leur efficacité dépende trop de l'implication de chacun de ces professionnels.

e. Des risques et mésusages à surveiller

Les risques inhérents aux dispositifs médicaux sont encadrés par les procédures réglementaires préalables à leur mise sur le marché – procédures jugées utiles par les intervenants de l'audition publique. Cependant, le risque de leur mésusage reste un angle mort de la politique de santé publique.

En effet, la démocratisation des innovations au service du handicap, intrinsèquement positive, porte en elle la possibilité accrue que ces outils soient utilisés sans l'accompagnement d'un professionnel dûment formé. Peuvent ainsi

être choisis des outils facilement accessibles mais non validés pour leur efficacité, ou des outils non adaptés ou plus adaptés à la déficience de la personne, ce qui revient à un déni de traitement puisque cela consiste à ne pas proposer à la personne la solution qui stimulerait au mieux ses capacités.

L'usage de ces outils peut devenir quasi pathologique lorsqu'il entraîne des conséquences telles que l'addiction aux écrans, l'isolement, l'augmentation de la sédentarité ou l'obésité. Dans un avis¹ rendu en juin 2021, l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) alertait sur les risques liés à la réalité virtuelle, mentionnant notamment des effets sanitaires liés à l'ergonomie de l'interface (exposition à un niveau sonore élevé, par exemple), une cybercinétose (*cybersickness* – nausées, vomissements, etc.), des effets psychologiques et psychosociaux (isolement social, risques émotionnels, etc.) et des effets sur le développement sensoriel et cognitif, voire neurologiques (épilepsies).

Le sujet des dispositifs mécatroniques définitivement implantés – qui ne sont pas purement mécaniques mais font appel à un logiciel spécialisé – a été abordé au cours de l'audition publique : qu'advient-il des personnes qui en sont porteuses lorsque l'entité qui les a commercialisés cesse son activité ? L'idée a été avancée d'exiger, en vue d'une certification, le dépôt sécurisé de leur code source afin que reste ouverte la possibilité d'une continuité de fonctionnement.

Conclusion

Les avancées techniques des dernières années font courir le risque d'une approche excessivement techno-centrée du handicap. Or, les handicaps sont souvent cumulés et un handicap peut avoir des effets secondaires invalidants. Une approche globale est ainsi nécessaire, tant pour répondre aux besoins exprimés par la personne concernée que pour prendre en charge le handicap principal ainsi que ses effets secondaires. Des technologies comme les exosquelettes sont, à ce titre, doublement utiles dans la mesure où elles restaurent une mobilité du patient et peuvent de ce fait diminuer les effets secondaires liés à une immobilité continue.

De plus, une approche centrée sur l'utilisateur permet d'orchestrer différentes aides quand celles-ci ont des interfaces différentes – c'est surtout le cas pour les déficiences mentales. La conception d'outils ergonomiques mutualisant différentes fonctions est très souhaitable. Il conviendra de prendre en compte la vocation de ces outils à être utilisés en autonomie par les personnes en situation de handicap, pour leur permettre de progresser même hors d'un cadre où elles sont entourées de professionnels.

¹ « Réalité virtuelle, réalité augmentée : quels risques ? quelles bonnes pratiques adopter ? | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail ». <https://www.anses.fr/fr/node/149884>.

2. De la recherche académique à la production, un écosystème à soutenir

a. La recherche académique, un rôle précurseur et une source d'innovation fragilisée

La recherche française en matière de handicap est un vivier d'experts renommés ; elle est particulièrement performante dans les secteurs des mathématiques et de l'automatique, donc de la robotique.

Les chercheurs académiques évoluent dans un environnement plutôt favorable à l'innovation, où des *start-up* se saisissent des idées émergentes et emmènent les projets vers l'industrialisation et la commercialisation. La recherche académique est donc une importante source d'innovation au service de la prise en charge du handicap. L'apparition de technologies nouvelles y est favorisée par les échanges entre experts, qui bénéficient également de la force de travail constituée par les jeunes universitaires en cours de doctorat.

Néanmoins, plusieurs facteurs fragilisent ce modèle. En mathématiques et en robotique, le secteur public offre des salaires bien plus faibles que ceux du secteur privé et son attractivité en pâtit. Bien souvent, le drainage des cerveaux par le secteur privé a pour conséquence une réduction des postes permanents ouverts dans les organismes publics. Les laboratoires manquent également de personnel technique car de moins en moins de postes d'ingénieurs et de techniciens sont proposés.

Le financement de la recherche sur appels à projet est par ailleurs critiqué pour sa propension à favoriser les effets de mode : les chercheurs ont tendance à s'orienter dans une direction commune pour espérer obtenir un financement, alors que l'essence de la recherche est aussi d'ouvrir des pistes. Les intervenants de l'audition publique ont regretté que les chercheurs, même lorsqu'ils font partie des meilleurs experts de leur domaine, soient contraints de passer une grande partie de leur temps à des tâches administratives ou de *reporting*.

b. La difficulté à financer le marché du handicap

Les industriels présents au cours de l'audition ont tous regretté la difficulté à faire financer leur entreprise par des fonds d'investissements privés. Ceci tient au fait que ceux-ci rechignent à financer des dispositifs matériels, dont la rentabilité est jugée insuffisante par rapport à celle des technologies numériques. Il en résulte que, bien que certains acteurs français soient au meilleur niveau dans leur catégorie, tel Wandercraft ou Soben, leurs concurrents étrangers bénéficient de ressources financières sans commune mesure avec les leurs.

Ces difficultés viennent également du fait que le marché du handicap n'est pas considéré comme suffisamment porteur. C'est pourquoi plusieurs industriels tentent de développer des briques technologiques à destination d'autres marchés, pour lesquels il est plus facile de trouver des financements, pour ensuite repositionner ces technologies sur le secteur du handicap.

C'est bien plus rarement que l'on observe le phénomène inverse, l'entrée dans ce secteur d'entreprises dont ce n'est pas le cœur de métier, comme celle de Jean-Paul Carta – initiative qui semble presque relever du mécénat.

Une autre contrainte vient de la petite taille du marché français, qui ne permet pas de rentabiliser un produit. Si 4,3 millions de Français sont concernés par le handicap, c'est-à-dire ont un handicap ressenti, une limitation fonctionnelle ou une reconnaissance administrative, les marchés spécifiques à chaque type d'aide technique sont bien plus étroits¹. Les entreprises françaises doivent donc se développer à l'international si elles veulent prospérer.

Néanmoins, il apparaît que les financements publics, tels que ceux proposés par la Banque publique d'investissement, sont d'une grande aide aux entreprises qui cherchent à financer leur recherche et développement.

Les industriels signalent une autre difficulté, qui touche aux conditions de la production. Le terreau industriel français s'est considérablement affaibli. Il en résulte qu'il est moins onéreux de faire produire à l'étranger. Parlant d'« *équipe de France pas complètement formée* », Jean-Louis Constanza a vivement regretté ces difficultés de production alors qu'il juge la France très performante en recherche.

Bien que les principaux instituts de recherche se soient dotés de structures pour favoriser le transfert technologique, ces difficultés peuvent décourager des chercheurs académiques ayant des projets de transfert « sur étagère ». L'absence de développement de ces produits représente autant de chances en moins pour les personnes qui auraient pu en bénéficier.

c. La coopération recherche académique-industrie plébiscitée

La coopération recherche académique-industrie a été jugée précieuse car mutuellement bénéfique. Ces activités sont complémentaires car industrialiser et développer un produit requièrent des compétences différentes. La coopération fait bénéficier le secteur académique de financements du secteur privé, qui, lui-même, peut prétendre à des aides lorsqu'il travaille avec le secteur académique, telles le crédit d'impôt recherche et les conventions de thèses Cifre.

En plus de susciter des flux de financements, ces coopérations permettent au secteur privé de maintenir un très bon niveau scientifique. La coopération avec le secteur académique est également susceptible d'encourager une transdisciplinarité qui est bénéfique au domaine.

¹ Il est difficile de connaître le nombre d'utilisateurs d'aides techniques par catégorie d'aide. S'agissant des véhicules pour personnes handicapées, incluant les fauteuils roulants, les données de la CNAM indiquent qu'en une année, quelques centaines de milliers de personnes y ont recours. Voir annexe 5 du rapport Des aides techniques pour l'autonomie des personnes en situation de handicap ou âgées : Une réforme structurelle indispensable. Dr. Philippe Denormandie et Cécile Chevalier. Octobre 2020. https://www.cnsa.fr/documentation/30102020_-_rapport_denormandie_chevalier_aides_techniques.pdf.

Les coopérations entre les industriels, le secteur médical et la recherche académique peuvent également donner lieu à des innovations à impact social, dont les initiatives du projet Hospitality sont une illustration.

d. Une démarche revendiquée comme sociale et responsable

Certains acteurs souhaitent inscrire leur entreprise dans une démarche responsable, sociale et solidaire. C'est ainsi qu'Orthopus affiche les tarifs de ses produits avec transparence et explique l'origine de leur coût ; son positionnement d'ensemble a d'ailleurs été reconnu par l'attribution de l'agrément ESUS (Entreprise solidaire d'utilité sociale).

Il s'agit en fait d'un mouvement plus large par lequel ces acteurs, comme le secteur académique, recherchent un plus grand impact social. On doit noter à cet égard un recours croissant à l'*open source* pour partager le fruit des travaux de recherche, notamment au bénéfice de pays qui auraient difficilement accès aux innovations qui en résultent. La démocratisation de l'impression 3D, qui permet de réaliser des prothèses, en est un exemple.

Une autre démarche, qui rejoint le mouvement *low tech*, consiste à produire avec des ressources peu onéreuses. La contribution des sciences humaines et sociales à la prise en charge du handicap doit être rappelée à ce titre, puisqu'elles peuvent proposer des avancées non technologiques et donc potentiellement peu onéreuses.

Enfin, il apparaît opportun d'envisager que certaines aides techniques soient proposées à la location. En fonction de l'origine du handicap, les déficiences sont susceptibles d'évoluer et une aide qui est pertinente à un moment donné peut l'être moins ultérieurement. Les maisons départementales des personnes handicapées (MDPH) devraient se saisir du sujet, car il est du devoir de la collectivité publique d'offrir en permanence la prise en charge la plus adaptée à la déficience constatée.

3. Une offre à structurer, en aval, pour qu'elle bénéficie à ceux qui en ont besoin

a. Des aides nombreuses mais sous-utilisées à cause d'une offre trop peu lisible et d'un manque d'information

Les aides financières à la mise en place d'une aide technique ont été présentées par Virginie Magnant, directrice de la Caisse nationale de solidarité pour l'autonomie. La première – et la plus universelle – est le remboursement, par l'Assurance maladie, des dispositifs inscrits sur la liste des produits et prestations remboursables (LPP ou LPPR). Cela concerne des aides dont l'usage est bien établi. D'autres produits, tels que les implants cochléaires, sont remboursés comme un produit de santé classique.

La deuxième aide est la prestation de compensation du handicap (PCH), une aide gérée par les maisons départementales des personnes handicapées (MDPH) et financée par les conseils départementaux. Celle-ci est « accueillante » pour les aides innovantes et dont l'efficacité est probable mais n'a pas été démontrée, ni scientifiquement, ni par l'usage. Elle implique néanmoins qu'un suivi soit réalisé pour s'assurer *ex post* de cette efficacité. L'allocation personnalisée pour l'autonomie (APA) a la même vocation pour ce qui concerne la perte d'autonomie liée au vieillissement.

Par ailleurs, le reste à charge pour la personne en situation de handicap peut être assumé par les assurances complémentaires santé. Ainsi, Mme Magnant a estimé que la solvabilité des personnes en situation de handicap ne peut pas être le seul sujet de préoccupation. D'après elle, les difficultés rencontrées par les personnes handicapées dans la mise en place d'une assistance technique pertinente tiennent plutôt à la mauvaise connaissance des solutions disponibles, carence partagée par les professionnels médicaux et paramédicaux qui les entourent. Cette mauvaise information affecte d'autant plus les personnes âgées en perte d'autonomie que les professionnels qui les entourent sont moins familiers de la thématique du handicap. S'agissant des familles, Hélène Sauzéon, qui rencontre celles d'enfants scolarisés en ULIS (unités localisées d'inclusion scolaire) présentant des déficits mentaux, a fait remarquer qu'il s'agit souvent de parents qui ont une très mauvaise connaissance du système de santé en général.

La France est un pays réputé pour bénéficier d'un système de santé très fortement structuré autour de la solidarité nationale ; des personnes auditionnées ont reconnu que la France offrait beaucoup pour que les personnes qui en ont besoin puissent bénéficier d'aides techniques. Néanmoins, en 2021, le juge fédéral allemand a décidé que la capacité d'une personne à marcher est un droit ; cette position est remarquable en tant qu'elle implique que la société prenne en charge totalement le déploiement des technologies susceptibles de faire remarcher des personnes.

b. Un chantier à ouvrir pour améliorer l'information des professionnels

Le récent rapport Denormandie-Chevalier¹, commandé par le ministère des Solidarités et de la Santé pour améliorer l'accès des personnes aux aides techniques, affirme qu'« *une réforme structurelle [est] indispensable* ».

Un référencement des technologies, à jour et qui identifierait les spécificités des aides et évaluerait celles-ci, apparaît être le principal élément d'un système permettant aux usagers et à leur entourage de connaître l'éventail des aides techniques possibles. Ce référencement devrait s'appuyer sur les normes

¹ *Des aides techniques pour l'autonomie des personnes en situation de handicap ou âgées : Une réforme structurelle indispensable. Dr. Philippe Denormandie et Cécile Chevalier. Octobre 2020.*
https://www.cnsa.fr/documentation/30102020_-_rapport_denormandie_chevalier_aides_techniques.pdf

disponibles, telles que la norme ISO 9999¹. Le morcellement actuel entre les différents acteurs professionnels fait qu'il est difficile de les toucher tous en même temps pour leur apporter cette information.

La CNSA s'est emparée des conclusions et recommandations du rapport Denormandie-Chevalier. Elle teste des équipes de terrain EqLAAT (équipes locales d'accompagnement sur les aides techniques) qui apportent l'information aux usagers dans le cadre d'une procédure d'accompagnement individualisé. Cette initiative bénéficie d'un financement d'un peu plus de dix millions d'euros de la Caisse nationale de l'assurance maladie.

Dans le prolongement du rapport Denormandie-Chevalier, après analyse des expérimentations actuellement menées par la CNSA et interrogation du Comité national consultatif des personnes handicapées (CNCPPH), la filière pourrait être réorganisée pour faire reposer l'information des professionnels de terrain sur le référencement des aides, avec un rôle central donné aux MDPH. Cette information devant être régulièrement actualisée, cela pourrait conduire à mettre en place une formation continue certifiante pour les professionnels.

Attirant l'attention sur le fait que la formation initiale des professionnels au contact des personnes handicapées doit elle aussi viser à une bonne connaissance de l'offre disponible, Hélène Sauzéon et le Pr. Ouriel Grynszpan ont salué l'« universitarisation » de cette formation. Ceci devrait améliorer sa dimension interdisciplinaire, pour des personnels qui se trouvent *de facto* à l'intersection entre les secteurs médical, paramédical et social. Un tel changement permettrait à la profession un rapprochement avec la recherche, ce qui serait une nouvelle source d'émulation pour celle-ci.

4. Recommandations

Les handicaps moteurs bénéficient largement de la diffusion généralisée des progrès techniques et de l'amélioration de nombreux composants, qui gagnent en compacité et en précision. La compensation du handicap visuel s'inscrit dans une dynamique très favorable pour la recherche française et devrait, à moyen terme, pouvoir pleinement tirer parti de celle-ci. Les handicaps mentaux et cognitifs bénéficient de l'essor du numérique et des multiples possibilités ainsi offertes. La démocratisation de la technologie ouvre cependant la voie à l'usage d'outils à l'efficacité non démontrée.

Si le secteur français des technologies du handicap est souvent à la pointe, par la qualité de sa recherche mais aussi grâce à la large couverture sociale procurée par notre système de santé, il pâtit de plusieurs manques. Les financements privés sont difficiles à mobiliser, le tissu industriel français est trop peu robuste, et s'il existe bien des aides financières à la mise en place d'une

¹ La norme ISO 9999 : 2016 est relative aux produits d'assistance pour personnes en situation de handicap : classification et terminologie.

assistance technique, l'accès à une telle assistance est, concrètement, difficile – y remédier stimulerait d'ailleurs le marché français.

Donner toutes les clefs aux personnes en situation de handicap, aux aidants et aux professionnels qui les épaulent pour que soit mise en place à chaque fois l'aide technique la plus adéquate :

- Intégrer pleinement les sciences humaines et sociales à la mise au point des solutions, techniques ou non, permettant de répondre aux besoins des personnes en situation de handicap et d'améliorer leur intégration dans la société.
- Mettre en place un recensement des aides techniques existantes qui ne soit pas limité aux aides inscrites à la LPP. Intégrer dans ce recensement les spécificités de chaque aide ainsi qu'une évaluation de plusieurs critères, dont leur efficacité.
- Organiser sur la base de ce recensement la formation continue des professionnels au contact des personnes en situation de handicap, en donnant un rôle central aux MDPH ou aux CICAT.
- Développer une offre locative pour faciliter l'adaptation des aides techniques à l'évolution des déficiences.

Conforter l'écosystème français des technologies du handicap

- Remédier aux fragilités de la recherche académique dans ce domaine, notamment en améliorant l'attractivité des postes de chercheurs, ingénieurs et techniciens permanents de la recherche académique.
- Lever les freins au financement des industriels innovateurs, notamment en créant un fonds public, piloté par la BPI, dédié au financement du développement d'aides techniques pour les personnes en situation de handicap ou de perte d'autonomie due à l'âge.
- Renforcer les synergies entre la recherche académique et les industriels innovateurs, tant en matière de financements que d'échanges scientifiques.

TRAVAUX DE L'OFFICE

I. COMPTE RENDU DE L'AUDITION PUBLIQUE DU 27 JANVIER 2022

Audition publique sur les progrès récents des technologies au service de la prise en charge du handicap (Mme Huguette Tiegna, députée, rapporteure)

M. Cédric Villani, député, président de l'OPECST. – Chers amis, je vous souhaite la bienvenue à cette audition publique de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST), qui portera sur les progrès récents des technologies au service de la prise en charge du handicap et qui sera organisée autour de trois tables rondes.

Qu'il soit visible ou invisible, mental ou moteur, le handicap pose de nombreuses questions. Il concerne toute personne incapable d'accomplir des actions aisément réalisables par le plus grand nombre. Certains des objets présents dans notre environnement ont d'abord été développés à destination des personnes en situation de handicap. Souvent mis en scène par la science-fiction, les progrès technologiques constituent désormais une réalité forte et apportent aux personnes concernées une aide souvent personnalisée. L'Office a déjà travaillé sur ce thème. En 2008, la députée Bérangère Poletti, présentait un rapport sur les apports de la science et de la technologie à la compensation du handicap. C'était un rapport optimiste quant aux progrès du numérique, de la domotique, de la robotique et des interfaces cerveau-machine. On imaginait déjà la fin des handicaps sensoriels, particulièrement celui de la surdité profonde.

Plus d'une décennie plus tard, plusieurs questions se posent. Ces espoirs étaient-ils justifiés ? Les technologies mises en avant à l'époque ont-elles tenu leurs promesses ? Quels nouveaux outils les progrès techniques ont-ils permis d'imaginer ? Peut-on démêler ce qui relève de la réalité ou de la science-fiction ? À quel point le numérique a-t-il été utile aux personnes en situation de handicap ? Les neurotechnologies, dont nous parlait la semaine dernière notre collègue Patrick Hetzel, peuvent-elles compenser le handicap ?

Cette audition ne pourra pas prétendre à l'exhaustivité mais se focalisera sur des exemples de technologies et de handicaps. Au cours de la première table ronde, nous examinerons l'apport de la science et de la technique à la compensation des handicaps sensoriels et moteurs. Dans la deuxième, il sera question des handicaps mentaux et cognitifs. Enfin, la troisième s'intéressera à la diffusion du progrès technique vers les personnes qui en ont besoin et à leur prise en charge par la société. Se poseront également des questions économiques : les personnes en situation de handicap sont souvent confrontées à la précarité, car les

outils techniques peuvent avoir un coût important. Comment concilier des exigences potentiellement contradictoires ?

Sous l'impulsion de notre collègue députée Huguette Tiegna, l'Office s'est saisi de ce dossier dans un objectif résolument prospectif. Il a toute légitimité à le faire car la prise en charge du handicap est un sujet mêlant à la fois sciences, technologies et société, c'est donc un sujet politique dans son acception la plus large.

*
* *

Première table ronde : Les technologies au service des handicaps sensoriels et moteurs (présidence de Mme Huguette Tiegna, députée, rapporteure)

Mme Huguette Tiegna, députée, rapporteure. – Je remercie le président et le bureau de l'Office de m'avoir donné la possibilité de porter ce sujet.

La première table ronde s'intéresse aux handicaps sensoriels et moteurs ainsi qu'aux technologies mises en œuvre pour les compenser ou porter assistance aux personnes qui en sont atteintes. Plusieurs questions se posent. Durant cette dernière décennie, quelles solutions ont émergé ? Quels progrès technologiques les ont permises ? Ont-ils eu des conséquences sur l'accessibilité aux aides concernant les personnes en situation de handicap ? Quelles sont les limites de la technologie dans ce domaine ? Si l'objectif est principalement de parler du handicap, nous imaginons que certains outils seraient utiles aussi dans la perspective du vieillissement de la population et de la perte d'autonomie.

Afin de dresser un panorama du handicap et des besoins des personnes concernées, nous avons invité le professeur David Orlikowski qui dirige le Centre d'investigation clinique – Innovation technologique (CIC-IT) de Garches. Si les formes les plus prononcées du handicap sont connues, d'autres, bien que plus légères, nécessitent une compensation technologique. Le docteur Serge Picaud, directeur de l'Institut de la vision, qui a succédé à ce poste au professeur José-Alain Sahel, membre du conseil scientifique de l'Office, présentera les innovations de l'Institut dans le domaine de la cécité. Les prothèses rétiniennes ont fait sa renommée. Elles continuent d'être un moteur d'innovation en démontrant la faisabilité d'une restauration de la vision à l'aide des biotechnologies. M. Ludovic Saint-Bauzel, chercheur à l'Institut des systèmes intelligents et de robotique, présentera ensuite les technologies d'aide au lever et à la marche sur lesquelles il travaille. Il proposera un aperçu des technologies qui sont à l'étude au sein de la communauté scientifique contribuant à la Fédération pour la recherche sur le handicap et l'autonomie (FEDRHA), dont il est membre référent.

Trois entreprises privées participent cette table ronde. Elles présenteront le parcours d'un projet de recherche et développement innovant ayant trait à la compensation du handicap. Le point de vue du secteur privé complètera utilement les présentations précédentes et permettra de dégager des axes d'amélioration spécifiques à ces secteurs. Nous écouterons successivement M. Jean-Louis Constanza, fondateur et directeur de l'entreprise Wandercraft qui est leader dans la production d'exosquelettes, M. David Gouaillier, directeur de la société Orthopus qui réalise des assistants robotiques pour la mobilité des bras, et M. Benjamin Talon, président de l'entreprise Soben qui conçoit des assistants robotiques autonomes.

M. David Orlikowski, médecin, directeur du Centre d'investigation clinique – Innovation technologique de Garches. – Je vais vous présenter les différents types de handicap, essentiellement les handicaps moteurs. J'introduirai ensuite les technologies développées par mes collègues.

Légalement, « *constitue un handicap toute limitation d'activité ou de restriction de participation à la vie en société subie dans son environnement par une personne en raison d'une altération substantielle, c'est-à-dire une déficience, durable ou définitive d'une ou plusieurs fonctions physiques, sensorielles, mentales, cognitives ou psychiques, d'un polyhandicap ou d'un trouble de la santé invalidant* ». Selon les chiffres de la Caisse nationale de solidarité pour l'autonomie (CNSA), 4,3 millions personnes seraient concernées par un handicap au sens large : une limitation fonctionnelle, un handicap ressenti ou une reconnaissance administrative. 730 000 personnes auraient au moins trois déficiences. Nous distinguerons le handicap moteur (le plus visible), le handicap visuel, le handicap auditif et les handicaps que je qualifie de « mentaux » relatifs aux troubles psychiques ou cognitifs.

La motricité est la fonction générale relative au maintien de la posture et à la production de mouvements volontaires, automatiques ou réflexes. La déficience motrice se définit donc comme l'altération ou la perte de la structure d'une fonction physiologique ou anatomique. Elle résulte de l'atteinte du système nerveux central, c'est-à-dire l'encéphale et la moelle épinière, ou du système nerveux périphérique, c'est-à-dire de toutes les structures qui vont de la moelle épinière aux organes. Elle peut enfin être la conséquence de l'altération des muscles ou du squelette.

La déficience motrice d'origine cérébrale peut être liée à des lésions cérébrales très précoces ou à des atteintes plus tardives, le plus souvent acquises (traumatismes crâniens, infections, AVC, maladies inflammatoires ou encore tumeurs). Généralement, elle n'est pas évolutive et atteint la commande de la régulation nerveuse. Elle entraîne des perturbations du tonus musculaire, de la régulation automatique des mouvements et de leur commande volontaire. La déficience motrice d'origine médullaire peut être d'origine congénitale ou acquise. Elle va empêcher la conduction de l'influx nerveux au niveau central, que ce soit la transmission de l'information motrice ou la remontée des informations

sensitives. Elle provoque des paralysies flasques ou spastiques avec de possibles retentissements tels que des rétractions musculaires ; elle provoque aussi des atteintes sensitives, des troubles sphinctériens, des difficultés d'adaptation ou encore une fragilité osseuse. D'autres complications organiques peuvent donc se surajouter. La déficience d'origine neuromusculaire est due à des maladies généralement évolutives et le plus souvent d'origine génétique. Elles peuvent toucher la corne antérieure de la moelle épinière, le nerf périphérique, la synapse entre le nerf et le muscle et la fibre musculaire. Ceci entraîne une diminution progressive de la force contractile des muscles et une paralysie, en général progressive. La déficience motrice d'origine ostéo-articulaire est due à une amputation, une malformation, une fragilité particulière des os, des lésions rhumatismales ou encore des lésions infectieuses. Elle entraîne une diminution de la mobilité des mouvements qui peut s'accompagner de douleurs.

Ces handicaps moteurs peuvent être associés à des complications neurologiques, comme l'épilepsie, respiratoires, urologiques, digestives mais aussi neuropsychologiques avec une altération des fonctions cognitives, et éventuellement à des troubles psychoaffectifs, par exemple des états dépressifs, liés au retentissement du handicap sur la vie de la personne.

Je ne vais pas insister sur le handicap visuel. Il est défini par deux critères objectifs qui sont l'acuité visuelle et le champ visuel. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) distingue cinq catégories de déficience visuelle qui vont de la cécité totale à la déficience visuelle légère. En France, une personne est considérée comme malvoyante quand son acuité visuelle est inférieure à 4/10. Elle est considérée comme aveugle si son acuité visuelle est inférieure à 1/20.

En matière de handicap auditif, il faut distinguer plusieurs types de surdité : la surdité de transmission, qui est une atteinte des parties effectrices qui conduisent les ondes sonores, comme le conduit auditif externe, et la surdité de perception où l'organe même de l'audition – le récepteur – est touché. D'autres types de surdité, telles les surdités mixtes liées à une atteinte centrale, sont beaucoup plus rares. C'est pourquoi l'on distingue quatre types de handicap en fonction du niveau de surdité : de légère à profonde. Même pour cette dernière, il existe actuellement des solutions techniques qui permettent de restaurer une perception sonore suffisante. On connaît depuis longtemps l'usage du sonotone en cas de surdité légère.

Je parlerai peu des handicaps mentaux. Ils peuvent être la conséquence d'une déficience intellectuelle, psychique ou cognitive. Ici aussi, la technologie peut être utile.

Ces handicaps sont divers et parfois associés. Durant cette décennie, des sauts technologiques ont permis d'améliorer la quantité et la qualité des aides qui existent. C'est le cas en matière de mobilité avec l'apparition des exosquelettes sur le marché. Il y a quelques années, ceux-ci étaient encore considérés comme relevant du domaine de la fiction. Nous pouvons aussi citer l'existence de bras

robotisés destinés à assurer la fonction du membre supérieur, celle des prothèses myoélectriques pour les patients amputés, qui réussissent à restaurer une motricité extrêmement fine des membres, et celle de fauteuils performants dotés de nombreuses fonctions, telles que le franchissement de trottoirs. Sont également apparus de nombreux systèmes de communication grâce à des interfaces cerveau-machine. Enfin, des progrès ont été réalisés en matière de systèmes de ventilation pour compenser les déficiences respiratoires ainsi que pour des systèmes de mobilité inclusive. Je laisserai mes collègues vous détailler plus finement ces innovations.

M. Serge Picaud, directeur de l'Institut de la vision. – Je vais vous présenter le travail réalisé à l'Institut de la vision. Celui-ci fait partie de l'Institut hospitalo-universitaire (IHU) FOREsIGHT dirigé par le professeur José-Alain Sahel. Son objectif en matière de compensation du handicap est la restauration visuelle. Il s'agit de redonner une vision utile à des patients devenus aveugles. À l'Institut de la vision, les actions menées sont multiples, notamment la recherche d'une meilleure prévention des maladies. En effet, s'il est très souhaitable de pouvoir redonner la vue à des patients aveugles, il est tout aussi important de préserver la vision des personnes en bonne santé. Différentes approches thérapeutiques ont été testées à l'Institut. Des maladies complexes ou monogéniques et héréditaires peuvent y être traitées dès qu'elles débutent, par exemple *via* une thérapie génique pour les maladies héréditaires. Mis au point par une *start-up* créée par l'Institut, un traitement fait actuellement l'objet d'une demande d'autorisation de mise sur le marché (AMM). Nous pouvons aussi intervenir dans le processus neurodégénératif grâce à des thérapies indépendantes du gène ou *via* la thérapie cellulaire. Ce matin, je parlerai surtout de la possibilité de redonner une vision utile à un patient atteint de cécité en utilisant une prothèse rétinienne ou la thérapie optogénétique. Dans les différents projets menés par l'IHU, un partenaire industriel a permis le transfert en clinique.

La rétine se situe au fond de l'œil et elle contient plusieurs couches de cellules : les photorécepteurs et les autres neurones. Certaines pathologies entraînent la dégénérescence des premiers. De ce fait, la rétine ne reçoit plus d'informations visuelles et ne peut donc pas les transmettre au cerveau. L'idée est d'introduire une puce électronique contenant des photorécepteurs électroniques sensibles dans l'infrarouge. La prothèse rétinienne devra générer au moins 600 pixels, donc comporter 600 photorécepteurs ou électrodes, pour que le patient aveugle reconnaisse un visage. L'Institut a participé au développement d'une puce électronique. Son efficacité est démontrée sur l'animal, particulièrement sur les primates non humains. Ce dispositif contient 378 photorécepteurs électroniques sensibles dans l'infrarouge. Il est placé au niveau de la lésion rétinienne d'un patient victime d'une dégénérescence maculaire liée à l'âge, qui n'a plus qu'une vision périphérique de très basse acuité – par exemple, il ne peut pas lire des lettres. Une barre supportant une caméra est fixée devant les lunettes que porte le patient. Derrière elles, du côté de l'œil, un dispositif projette une image infrarouge sur la rétine, donc sur la puce électronique. Grâce à cet ensemble, les patients sont à nouveau capables de lire des lettres et même des mots. Ils récupèrent une acuité

visuelle comprise entre 20/460° et 20/565° et sont proches du seuil où l'on est considéré comme voyant. L'intérêt de ce dispositif est que le patient peut fusionner sa vision prothétique infrarouge avec sa vision périphérique naturelle. La difficulté est que les photorécepteurs électroniques sur cet implant mesurent chacun 100 micromètres alors que les récepteurs rétiniens mesurent 1 micromètre. Ce facteur 100 entre les photorécepteurs naturels et électroniques explique que nous n'arrivions pas à la même qualité que la vision naturelle. C'est la raison du développement de la thérapie optogénétique.

Certaines algues unicellulaires produisent une protéine sensible à la lumière. L'idée est d'introduire le code génétique de cette protéine dans un vecteur viral qui est injecté dans l'œil et qui le diffuse vers la rétine qui tapisse le fond de l'œil. Les neurones vont capter le code génétique de la protéine et l'exprimer. Les cellules de la rétine vont ainsi devenir sensibles à la lumière. Nous avons mis au point cette technologie en ciblant les cellules dites ganglionnaires, c'est-à-dire celles qui sont connectées au cerveau. Le patient va pouvoir retrouver une perception visuelle puisque ses cellules rétiniennes sont désormais photosensibles. Il va devoir cependant porter une paire de lunettes avec, à l'avant, une caméra et, à l'arrière, un projecteur en lumière rouge correspondant à la gamme de la sensibilité des protéines. L'optogénétique a révolutionné le domaine des neurosciences. En France, un patient a déjà été traité par cette technologie. Il est capable de reconnaître des petits objets et de les saisir. Nous avons donc réussi à redonner la vision à des patients atteints de dégénérescence maculaire liée à l'âge ou de rétinopathie diabétique.

Pour l'Institut, le prochain défi est de redonner la vue à des patients perdant les cellules ganglionnaires. Si l'on veut restaurer une vision utile, il faut alors directement interagir avec les neurones au niveau du cortex visuel. En Espagne, une équipe a montré que l'on peut insérer des électrodes dans celui-ci. Si certaines sont stimulées, le patient sera capable de distinguer divers éléments. Les approches de restauration visuelle au niveau cortical se développent. Il y a néanmoins une difficulté avec les électrodes situées dans le cerveau : peu à peu, le frottement détériore le contact. Nous avons donc essayé une approche sans contact en recourant à des protéines sensibles aux ultrasons. Elles sont exprimées dans les neurones afin de stimuler le cerveau avec des ondes ultrasonores. Nous avons prouvé l'efficacité de cette approche sur un modèle de souris et nous passerons bientôt à des modèles plus proches de l'homme tels les primates.

Nous travaillons enfin sur plusieurs stratégies de compensation du handicap. Citons la navigation GPS, les systèmes de casque immersif qui améliorent la perception des images et différentes applications visant à aider des patients malvoyants ou aveugles. L'objectif est de conférer un caractère inclusif aux Jeux olympiques 2024 en les y intégrant. L'évaluation de ces dispositifs est faite par l'entreprise Streetlab.

M. Ludovic Saint-Bauzel, chercheur à l'Institut des systèmes intelligents et de robotique. – Je suis chercheur à l'Institut des Systèmes

Intelligents et de Robotiques (ISIR), un laboratoire de Sorbonne Université labellisé par le Centre national de la recherche scientifique (CNRS) et l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM). Je suis aussi ici au titre de membre actif de la Fédération pour la recherche sur le handicap et l'autonomie (FEDRHA). Il s'agit d'un réseau d'une quarantaine de laboratoires de recherche, en France et à l'étranger, principalement au Canada, qui considèrent qu'il faut s'inscrire dans une approche pluridisciplinaire pour améliorer la situation des personnes handicapées. Le réseau réunit des chercheurs spécialisés aussi bien en technologies qu'en sciences humaines, sociales et médicales. Afin de vous présenter les technologies de compensation du handicap de manière pertinente, au-delà du domaine des aides au lever et à la marche qui est le mien, je me suis fixé deux objectifs. Le premier est de vous parler des briques technologiques principales, c'est-à-dire des innovations techniques et en matière de recherche, qui ont pu être utilisées durant les dix dernières années. Le second est de citer des entreprises françaises dans ces domaines car nous n'avons pas à rougir des technologies développées.

Beaucoup de choses sont devenues possibles grâce aux avancées théoriques. Durant les dix dernières années, il a été démontré que l'automatique, qui est la mathématique appliquée au pilotage des systèmes mécatroniques, offrait un niveau de sécurité acceptable. Dès 2010, des robots pouvaient frapper une personne sans faire de dégât. Avec les capacités actuelles de calcul, on sait désormais faire tenir debout un humanoïde doté d'un nombre restreint de capteurs. Ces découvertes mathématiques ont peut-être permis de produire certaines solutions techniques actuelles. Enfin, il faut mentionner le développement considérable de l'intelligence artificielle (IA). Je la nomme souvent « modélisation computationnelle » : il s'agit de l'utilisation de logiciels modélisant l'humain ou différentes situations.

Si la télécommande a d'abord été inventée pour des personnes à mobilité réduite et a finalement conquis le grand public, la tendance des dix dernières années a été inverse : la massification des technologies a permis d'en développer plusieurs intéressant les personnes en situation de handicap. Par l'effet de la réduction des coûts, elles deviennent accessibles financièrement. La multiplication des trottinettes électriques a demandé de développer des moteurs plus compacts, dotés de systèmes intelligents de pilotage des efforts. La diffusion exponentielle des smartphones a rendu possible la diffusion de capteurs à bas coût, très compacts et consommant peu d'énergie. Ce sont les microsystèmes électromécaniques (MEMS) parmi lesquels nous pouvons citer l'unité de mesure inertielle (IMU – *inertial measurement unit*) qui va mesurer l'orientation d'un corps dans l'espace, mais aussi les capteurs de force sans fil, tactiles. L'autre apport des smartphones réside dans les communications sans fil (3G, 4G, 5G, Bluetooth et RFID). De manière surprenante, il faut ajouter à cette liste les consoles de jeux car elles ont favorisé l'émergence des capteurs en trois dimensions (3D), vecteurs de nouvelles immersions comme l'illustre la caméra *Kinect* développée pour la console de jeux *XBOX*. Nous avons réussi à les détourner de leur usage pour en faire des technologies de rééducation ou de

captation de mouvement. Le développement des lasers 3D (LIDAR – *light detection and ranging*) n'est pas en reste.

Considérons la dernière brique technologique réellement utilisée par les personnes en situation de handicap : l'impression 3D. Actuellement, on peut produire des pièces en plastique de la forme désirée à partir d'un simple plan 3D sur un ordinateur. C'est une technologie ancienne qui s'est démocratisée grâce au mouvement des *fab labs*. Elle est appuyée par une vision communautaire *Do It Yourself*. Cette combinaison de facteurs permet la mise en *open source* de tels plans afin que d'autres utilisateurs puissent les retravailler. Ce phénomène a favorisé la création de *My Human Kit*, association française dont l'objectif est de mettre en ligne des plans de prothèses. Évidemment, il s'agit de « fait maison » et non d'un processus industriel. Cette association est née après qu'en 2013, un docteur en génie aérospatial a utilisé ses compétences et l'impression 3D pour réaliser une prothèse bionique à destination d'un enfant de 6 ans.

Ce genre de technique permet aussi de personnaliser la réponse technique au handicap, qui est toujours spécifique à chaque personne, alors que l'industrie cherche à produire des solutions génériques. Les progrès technologiques doivent développer des approches incluant une part de personnalisation, à laquelle je crois beaucoup. Cette idée de spécialisation peut créer des opportunités et ouvrir de nouveaux marchés aux entreprises et aux innovateurs. Ainsi, Exoneo, une société française, développe actuellement une prothèse de pied avec une dimension personnalisable grâce à l'impression 3D. Sur un autre plan, l'information délivrée par une caméra 3D est un nuage de points qui permet de visualiser des personnes ou des obstacles. Nous pouvons l'utiliser pour une rééducation ou un accompagnement, par exemple pour le guidage ou le suivi de personnes souffrant de déficiences visuelles. Plus largement, ces capteurs permettent de faire de la domotique de manière performante, complétés par les technologies sans fil comme le Bluetooth. Si le grand public les considère comme des futilités, la dimension pratique de ces technologies est très utile, voire indispensable pour la compensation des handicaps moteurs, visuels ou sensitifs. Plus récents, les assistants de reconnaissance vocale sont des instruments très efficaces pour aider ces personnes. Des algorithmes puissants sont capables de piloter entièrement la maison sans que l'utilisateur ait besoin de bouger. Il suffit de pouvoir parler.

En matière d'automatique, on est désormais capable d'effectuer des calculs de l'équilibre de systèmes bipèdes. Les méthodes tendent à mieux comprendre les besoins des usagers, et l'approche de plus en plus centrée sur l'utilisateur est mise à profit dans les développements. Gyrolift et Autonomad, deux entreprises françaises, ont développé des techniques d'équilibre sur deux roues. La première a conçu un fauteuil qui ne comporte que deux roues et qui accepte la position assise et la position debout. Le fauteuil imaginé par l'entreprise Autonomad dispose quant à lui d'un mode « nomade ». Il s'agit d'un dispositif de bascule sur les roues arrière permettant de s'adapter à des environnements difficiles. Disposer de moteurs sophistiqués et de systèmes automatiques capables de comprendre l'intention de la personne dans le mouvement et de mesurer les

efforts exercés permet à la société Orthopus de proposer des solutions de réduction des déficiences motrices qui ne sont pas au stade des hémiparésies ou paraparésies.

Je me suis également intéressé à la recherche sur les exosquelettes. Elle s'est développée dans les années 1970. Avec le projet de recherche militaire *Hardiman*, on a construit des exosquelettes complets pouvant aider les personnes à saisir des objets et à tenir debout. Cependant, les moteurs restaient extrêmement volumineux. Les progrès réalisés dans ce domaine et dans ceux des batteries et des capteurs ont permis l'évolution que vous pouvez constater et ils permettront de développer des prothèses. Dans un souci de transparence, je tiens à préciser que le déambulateur produit par l'entreprise Géma, évoqué précédemment, est issu de mes travaux de recherche. Sa présidente directrice générale, Mme Viviane Pasqui, était ma directrice de thèse. Je n'ai plus de contact direct avec cette entreprise mais précise que c'est grâce aux capteurs et moteurs compacts que nous avons pu développer ces technologies. Je ne développerai pas davantage ce propos pour des raisons évidentes de neutralité.

Je souhaite attirer votre attention sur le rôle de l'IA dans la prise en charge du handicap. En l'état de l'art, l'IA est importante mais n'est pas la solution miracle à tous les problèmes. Elle repose sur des algorithmes cherchant à établir des règles. Notre capacité de stockage permet une collecte presque illimitée des données de manière à en retirer des enseignements précis mais généraux sur l'environnement de la personne. Or le handicap est spécifique à chaque personne – il est rarement total, il subsiste des résidus de mobilité ou de sensibilité – et tout le jeu technologique consiste à conserver une adaptation maximum au cas d'espèce, alors que l'IA ne sera pas suffisante. Je veux rappeler au public que si elle offre une belle promesse, elle n'est pas une boîte noire magique qui résoudra toutes les situations.

Si mon propos n'était pas exhaustif, il convient de souligner que les recherches participatives évoquées précédemment constituent une opportunité. Elles permettent une intégration du patient grâce à la personnalisation. Des recherches en sciences humaines et sociales s'intéressent d'ailleurs au rôle de patient-expert qu'endossent les personnes en situation de handicap, qui deviennent ainsi presque chefs de projet. La majorité des projets et produits que je vous ai présentés sont issus de la recherche académique. Celle-ci demeure le trait d'union qui va permettre le développement technologique de demain. Nos chercheurs sont tous experts en leur domaine et dialoguent avec les entrepreneurs. Malgré son importance cruciale, le quotidien académique n'est pas toujours enviable. Il mériterait d'être amélioré. Je pourrai proposer au législateur mon rapport d'étonnement pendant la phase de débat. Si nous voulons innover, il faut y mettre l'énergie nécessaire.

M. Jean-Louis Constanza, fondateur et directeur du développement de Wandercraft. – L'histoire de la société Wandercraft commence avec mon jeune fils, atteint d'une pathologie neurologique. Lorsque je lui ai offert son premier fauteuil roulant, connaissant ma qualité d'ingénieur, il m'a suggéré de lui

fabriquer un robot. La marche est un Graal en ce domaine car elle est l'un des phénomènes les plus complexes à reproduire en robotique. Rien ne laissait penser qu'il irait à l'université debout quelques années plus tard. Incapable de répondre à sa demande, j'ai eu la chance de rencontrer deux jeunes polytechniciens dont l'un était dans la même situation que moi. Ils avaient développé un ensemble de technologies s'appuyant sur des briques mathématiques et technologiques afin de fabriquer le premier exosquelette auto-équilibré. Autrement dit, le dispositif pouvait tenir debout et fournir une fonction de locomotion sans béquille et sans aide extérieure.

Je vais expliciter l'activité de Wandercraft et en tirer des idées qui pourraient inspirer vos travaux. Aujourd'hui, nous sommes considérés comme ayant trois à cinq ans d'avance sur l'industrie en ce qui concerne la fabrication de ce type de robot auto-équilibré. L'effectif de l'entreprise est de 95, dont 55 en recherche et développement (R&D) avec une part importante de mathématiciens du plus haut niveau mondial et des roboticiens.

Notre premier modèle d'exosquelette a obtenu une certification CE il y a deux ans et il est maintenant distribué dans les hôpitaux, dont ceux de l'Assistance publique - Hôpitaux de Paris (APHP) et notamment celui de Garches. Il semble pouvoir fournir un outil de rééducation à la marche pour les patients victimes d'un AVC, d'une blessure de la moelle épinière ou d'une maladie neurologique. Un des acheteurs de cet exosquelette, le professeur Jean Michel Gracies, chef du service de rééducation neurolocomotrice de l'hôpital Albert-Chenevier (Henri-Mondor) de l'APHP l'explique très bien dans cette vidéo : *« C'est le premier exosquelette mondial qui fonctionne sans que le patient ait besoin de canne. Il est auto-équilibré. L'ingénierie de cet exosquelette était de mettre le patient dans un robot humanoïde. Nous pouvons proposer la rééducation à la marche par ce dispositif à des tétraplégiques, à des parkinsoniens lourds et à des hémiparétiques très lourds au début de leur évolution. C'est une rééducation à la marche qui aura aussi l'avantage d'être une rééducation à la verticalité. L'un des gros problèmes de nos patients lourds, avec des maladies neurologiques avancées, est qu'ils passent de nombreuses heures en position horizontale. Cette position est très délétère pour à peu près tous les tissus du corps humain. Nous ferons une série d'études cliniques sur différents organes, qui seront menées à l'hôpital Albert-Chenevier, en comparant des patients qui auront bénéficié de l'exosquelette et ceux, malheureusement, qui n'en auront pas profité. »* Malgré son caractère massif, ce dispositif permet à un patient même lourdement atteint, même très tôt après un AVC, de retrouver dès la première séance une position verticale en travaillant son équilibre et son système neuromusculaire. Unique en son genre, cet outil permet aux kinésithérapeutes et aux médecins de multiplier leurs compétences. Nous travaillons sur une deuxième version qui pourra assister, dès leur sortie de l'hôpital, les patients encore convalescents. L'exosquelette, beaucoup plus fin et agile, sera à même de gérer toutes les situations rencontrées sur un chemin de vie du matin au soir. La commercialisation de l'exosquelette en version « rééducation » démarre bien. Nous testerons cette année la dernière version du

prototype d'exosquelette personnel avant d'envisager des essais cliniques à grande échelle aux États-Unis et, je l'espère, en France.

Je vais aussi faire quelques observations sur certains des sujets traités par le professeur Orlikowski. Aborder la mobilité pose la question du fauteuil roulant. S'il ne constitue pas une malédiction, il a des limites dont les utilisateurs voudront s'affranchir. Il peut entraîner des complications ; ce sont des maladies souvent graves de type cardiovasculaire ou cutané, fragilité osseuse ou spasticité, qui obligent l'utilisateur à prendre des médicaments coûteux et risqués. La littérature médicale a pourtant prouvé que certaines d'entre elles sont curables par une activité quotidienne type exosquelette. Les autres devront l'être. Soulignons à nouveau l'importance de la « qualité de vie », terme usité pour parler du bonheur des individus. Elle est liée à l'inclusion qui, définie comme la capacité du patient à avoir des interactions sociales, a une valeur particulière. Une des premières fonctionnalités plébiscitées par les intéressés est celle qui permettrait de reprendre une vie normale, par exemple pour une jeune victime d'un grave accident, de pouvoir retourner à des fêtes et danser un verre à la main. Donc, l'approche de la technologie développée dans l'exosquelette sera très simple. Le cas de Kevin, notre pilote d'essai totalement paraplégique, en est une belle illustration. Il est capable de réaliser toutes les tâches imposées de la vie quotidienne avec un grand souci du détail, y compris faire la cuisine ou porter un plateau. Notre vie est faite de détails, tel que le fait de pouvoir se rapprocher d'une table une fois assis. Sur le plan robotique et mathématique, l'exécution de ces actions n'est pas complexe mais elle constitue un apport indispensable pour la qualité de vie des patients. Toutes les fonctionnalités de cet exosquelette personnel ont déjà été démontrées sur une version professionnelle réservée aux hôpitaux. Nous travaillons pour nos proches. Des millions d'individus sont dans leur situation et ont besoin d'un secours. Avec cette réalisation, nous avons démontré que nous sommes à la hauteur de cette tâche. Nous avons construit une maîtrise unique des algorithmes et de l'IA avec les meilleurs laboratoires spécialisés dans la commande de la marche, dont l'ISIR. Nous avons aussi travaillé avec les meilleures équipes médicales en France et aux États-Unis. Je vais me servir de cette histoire pour conclure en évoquant ce qu'il est nécessaire et ce qu'il est possible de faire.

En France, nous avons des forces certaines. Le terreau scientifique, particulièrement mathématique, est du plus haut niveau. Il faudrait le développer en prenant garde à ne pas l'abîmer. De surcroît, les équipes médicales sont extrêmement compétentes. Wandercraft a également pris en compte la réglementation dès le début en la considérant comme un outil et non comme une contrainte. Cette précaution nous a permis de mener des études cliniques et d'obtenir des autorisations sans difficulté. Nous considérons que la lourdeur de la réglementation reste nécessaire car l'on ne peut pas mettre n'importe quel produit entre les mains d'une population vulnérable. Enfin nous avons accès à des financements même pour des projets de long terme, depuis dix ans. Un bon projet peut trouver un financement en France.

Concernant ses faiblesses, il faut se souvenir que la France reste un petit marché. L'entreprise doit rapidement devenir mondiale. À défaut, elle n'atteindra pas les objectifs de qualité et de coût qui lui permettront d'être concurrentielle et donc de servir le marché français. Il s'agit plus d'une contrainte qu'une faiblesse mais c'est un fait. L'écosystème national de production s'est évanoui ces trente dernières années. La solution de facilité serait d'aller en Asie et de faire fabriquer nos produits sur place pour les exporter dans le monde. Ce n'est pas une bonne chose pour de multiples raisons. La production reste un facteur majeur car si nous voulons que cet exosquelette soit à la portée de tout le monde, il est impératif qu'il ne dépasse pas les coûts d'un fauteuil roulant électrique haut de gamme. Il s'agit du premier robot marcheur au monde à atteindre le stade commercial. Il est impératif que notre système de production national soit efficace. Ceci nécessitera encore des efforts. Je dirais que notre « équipe de France » n'est pas complètement formée. Nous sommes capables de travailler avec des chercheurs et des médecins du meilleur niveau mondial, mais la production fait défaut. Nous tentons de mettre en place une synergie entre les pouvoirs publics, le système de santé, les payeurs et la technologie, tout en défendant notre production, mais ce n'est pas simple. Enfin, voyageant partout dans le monde, je peux affirmer que nous avons une conscience collective du handicap qui est encore assez faible par rapport à l'étranger.

En 2021, le juge fédéral allemand a ainsi décidé que la capacité à marcher des personnes est dorénavant considérée comme un droit. Ce droit implique de rendre, par tous les moyens technologiques disponibles, la locomotion à ceux qui ne l'ont plus. Les exosquelettes utilisés pour l'usage personnel dans la vie quotidienne vont donc être remboursés par le système allemand de sécurité sociale. L'idée est intéressante. Les fonctions permettant de marcher, voir, écrire, et interagir socialement sont pour moi des droits fondamentaux. Ils deviennent concrets grâce à la science qui permet de les émuler, de les restituer. Mais notre société, le corps médical, l'administration, les scientifiques, les ingénieurs, les Français en général, ne sont pas encore conscients que si quelqu'un fait le choix de sortir de son fauteuil roulant, pour quelques heures ou pour toute la journée, il en a le droit et on doit lui en donner les moyens.

Mme Huguette Tiegna, députée, rapporteure. – Merci pour cette présentation qui ouvre de belles perspectives et qui souligne à juste titre l'importance de reconnaître un « droit de marcher ».

M. David Gouaillier, directeur d'Orthopus. – Je suis David Gouaillier, titulaire d'un doctorat en robotique et cofondateur de la société Aldebaran Robotics et j'ai réalisé ma thèse sur la conception du robot humanoïde NAO. Passionné par le mouvement, j'ai cherché à maîtriser la locomotion de cet automate. Pendant des années, j'ai également essayé de dupliquer l'Homme sur un robot, avec plus ou moins de succès. Sur ce sujet, il convient de saluer les avancées de Wandercraft. Par la suite, ces savoirs technologiques ont été mis au service de ma recherche de sens. La volonté de réparer l'Homme s'inscrit dans

cette perspective et la raison d'être du projet Orthopus est d'user de la technologie dans cette direction.

Basés à Nantes, nous développons des dispositifs médicaux robotiques et nous faisons de l'innovation au service des personnes en situations de handicap, même s'il y a d'autres marchés possibles pour nos produits. Nous travaillons sur des exosquelettes destinés à des patients victimes de maladies neuromusculaires et dont la faiblesse musculaire ne leur permet pas de soulever les bras trop longtemps. Société titulaire de l'agrément « Entreprise solidaire d'utilité sociale » (ESUS), nous nous inscrivons dans l'économie sociale et solidaire. Le coût est notre problématique principale. Aujourd'hui, accéder à des technologies innovantes est très cher. En France, la lente évolution des systèmes de remboursement est un frein. Ceci crée des difficultés en matière d'autonomie de la personne handicapée. La mission d'Orthopus est d'essayer de changer un peu les choses, en travaillant sur la réduction du prix et sur leur transparence, qui doit remplacer l'opacité. Nous voulons remettre les patients au centre du dispositif et faire de l'innovation. Nous nous inspirons des *fab labs*, de l'*open source* et de l'impression 3D.

Dans la gamme de produits que nous développons, la clé est le « muscle artificiel ». La problématique est d'arriver à compenser la faiblesse du muscle humain avec de la technologie robotique. Celle-ci est assez mature pour les membres supérieurs, mais son usage reste compliqué pour les jambes, car la locomotion implique beaucoup de stabilité. Le procédé adéquat existe. Il est issu du milieu de la cobotique, le milieu industriel mettant en coopération hommes et robots, par exemple pour de la manutention dans les chaînes d'assemblage. La difficulté est de ramener ce savoir-faire technologique sur un marché de niche. Sur cette base, Orthopus a développé sa propre brique technologique, le muscle artificiel pour le membre supérieur, et elle est déjà dupliquée sur plusieurs aides. En effet, nous nous adaptons à la spécificité de chaque situation de handicap. C'est la fonction de notre premier robot, le Supporter. Il s'agit d'un moteur qui aide l'utilisateur à aller contre la gravité en annulant le poids du bras. Nous allons ensuite complexifier la robotique afin de compenser de plus en plus de handicaps. C'est à cette fin que nous avons construit l'Explorer, un bras robotique posé sur le fauteuil qui permet d'interagir avec l'environnement de la personne.

Ces produits existent déjà. Nous travaillons également à maintenir un prix attractif en proposant cette technologie sur d'autres marchés. Certains partenaires peuvent être intéressés par le moteur et décider de s'implanter sur un autre marché. Ceci permettra de générer un effet de volume sur le marché du handicap, qui reste un marché de niche difficile à financer. Nous allons bientôt proposer à la vente notre premier produit en travaillant avec des acteurs locaux tel le Centre hospitalier universitaire (CHU) de Nantes, mais aussi avec Garches. Nous proposons donc un produit moins cher car nous ne le limitons pas au marché du handicap.

Concernant l'innovation, comme je le disais précédemment, la cobotique constitue un marché important où nous pouvons trouver de nombreux financements. L'intelligence artificielle qui y est développée est de type reptilien, c'est-à-dire que la technologie utilise les réflexes musculaires pour percevoir l'environnement et interagir avec lui. Grâce à cela, on pourra créer des exosquelettes directement commandés par l'intention de l'utilisateur et non par des boutons électriques. Par ailleurs, afin de mettre l'utilisateur au centre et de lutter contre l'opacité, nos prix et nos coûts sont transparents et affichés sur le site internet.

Nous menons une politique d'appropriation importante vis-à-vis du *design* produit. Les designs, utilisés pour recréer l'univers des nombreux enfants avec qui nous travaillons sont en accès libre afin que les communautés se les approprient. Nous n'avons pas le temps nécessaire pour tous les traiter. Orthopus collabore également avec les acteurs académiques. Les chercheurs vont donc aussi pouvoir bénéficier de cette aide, la moins chère du marché, et vont la faire évoluer vers de nouveaux usages. Nous sommes le premier acteur français à proposer cette technologie. Sur cette courte vidéo, vous pouvez voir que nos deux patients, Pierre et Timao, arrivent à bouger les bras alors qu'ils ne pouvaient effectuer aucun mouvement sans aide technique. Ce sont les premiers prototypes qui les aident à se mouvoir, qui leur donnent de l'autonomie. Ils sont personnalisables selon l'univers de l'enfant. Cette approche innovante fonctionne bien.

Concernant les forces et faiblesses du secteur, le niveau scientifique français est un de nos principaux atouts. Il est aisé de recruter des ingénieurs, des roboticiens, des docteurs ou des doctorants. Sur ces projets qui portent du sens, comme chez Wandercraft ou Orthopus, il est facile de trouver des partenaires et des laboratoires de recherches qui s'investissent, même sur leur temps libre. Les équipes médicales sont d'un niveau satisfaisant. La dimension réglementaire, lorsqu'elle est prise en considération assez tôt, n'est pas gênante malgré certaines lourdeurs. Les difficultés concernent surtout le financement. En France, il est compliqué de travailler sur des projets gourmands en capitaux avec une *start-up* se positionnant sur un marché de niche. Les fonds d'investissement attendent une rentabilité trop importante à court terme : ils ne s'intéressent donc pas au marché du handicap et préfèrent le numérique.

Enfin, le fonctionnement du système français de prise en charge est obscur. La France est très organisée avec un système fondé sur une liste de produits et prestations remboursables (LPP ou LPPR) mais la procédure et les critères pour y inscrire une nouvelle technologie ne sont pas clairs. Orthopus propose un dispositif qui coûte 4 000 euros, qui est fabriqué en France et qui est moins cher que des matériels équivalents fabriqués à l'étranger, mais qui n'est pas inscrit à la LPPR, alors qu'un dispositif proposé par un groupe allemand est pris en charge à hauteur de 25 000 euros. Il est difficile d'échanger directement avec l'ANSM et nous sommes obligés d'adhérer au SNITEM pour obtenir des informations. Il est également difficile de savoir qui sont les acteurs et la prise en charge se fait au niveau départemental : les aides techniques que peut apporter

Orthopus peuvent être couvertes par la prestation de compensation du handicap (PCH) auprès des maisons départementales des personnes handicapées (MDPH). J'aimerais contribuer à lever ces freins. Le réseau Envie Autonomie, qui propose des aides de seconde main à la location et à la vente, et avec qui nous serons certainement amenés à travailler puisque les patients évoluent et que nous devons leur proposer d'autres solutions, a réussi à faire inscrire dans la loi la possibilité d'apposer le marquage CE sur des aides de seconde main. La situation peut donc évoluer, mais la tâche n'est pas aisée car cela passe par un lobbying quasi politique donc chronophage.

Mme Huguette Tiegna, députée, rapporteure. – Merci d'avoir ainsi souligné les faiblesses de notre système. C'est justement le rôle de l'Office de proposer d'améliorer la prise en charge des techniques innovantes. Pour clore cette première table ronde, je donne la parole à M. Benjamin Talon.

M. Benjamin Talon, président de Soben. – Je suis le fondateur de Soben, une entreprise installée à Cahors. Nous avons deux activités : la première spécialisée dans le militaire et l'aéronautique et la seconde dans la robotique, avec des produits commercialisés sous la marque TwinswHeel. Il s'agit de petits véhicules de livraison autonomes. Visant plusieurs corps de métiers, nous avons développé plusieurs tailles de robots.

Les plus petits sont destinés aux personnes handicapées ou âgées. Le véhicule comporte deux modes d'autonomie. En mode suiveur, il va être capable d'accompagner l'utilisateur en portant ses courses ; il peut aussi fonctionner de façon totalement autonome afin de se déplacer en milieu inconnu. Le deuxième modèle est un peu plus gros. Il a vocation à assister des professionnels faisant des interventions en centre-ville, par exemple des artisans, en portant des charges à leur place. Le dernier modèle est plus volumineux et permet d'effectuer des livraisons autonomes, par exemple des colis de sandwiches sur des campus universitaires ou du réapprovisionnement de magasin. L'idée est ici de trouver une solution pour pallier la mise en place des zones à faibles émissions (ZFE) qui chassent les camions en dehors des villes. Je tiens à souligner qu'il est effectivement difficile de financer les robots à destination des personnes âgées et handicapées. C'est la raison pour laquelle certains marchés sont abordés en commun afin de développer des briques technologiques transférables vers des marchés de niche, moins facilement finançables.

Le premier robot, le ciTHy S, mesure 80 centimètres de long et peut porter jusqu'à 50 kg. Les marchandises sont fixées sur le toit. Nous l'utilisons principalement dans des petits villages du Sud de la France. Le département ou l'Union européenne nous permettent de le financer. Disponible sur réservation, le robot accompagnera la personne bénéficiaire dans le magasin afin de porter les courses à sa place et de lui faire retrouver une certaine mobilité. Dans le cas où les personnes ne peuvent plus sortir, des partenariats vont être tissés entre les commerces de proximité et les aides à domicile, qui vont aider les personnes âgées ou handicapées à passer commande. Celle-ci sera livrée par le robot devant leur

domicile. Ces machines réduisent la pénibilité des usagers et sont adaptées aux usages de publics particuliers que nous connaissons peu.

Les véhicules que nous développons sont encore à l'état de prototype ou de présérie. Nous commençons tout juste à produire les premières séries. Puisqu'il s'agit de véhicules autonomes, l'autorisation de mise sur le marché arrivera à la fin de l'année 2023. Nous travaillons en étroite collaboration avec le gouvernement afin de mettre au point la réglementation. Cela se passe très bien. Nous avons développé toutes les technologies nécessaires en interne, à l'instar de Google ou Tesla.

Il existe néanmoins plusieurs obstacles. S'il n'est pas trop difficile de financer la R&D grâce aux concours de la région Occitanie, de l'État à travers la BPI et l'Ademe, et de l'Europe, il l'est beaucoup plus de trouver des financements privés. Les acteurs ne considèrent pas que l'objectif de proposer des produits rendant un véritable service soit rentable. Les sociétés de capital risque rechignent à financer du *hardware*, avec lequel il est irréaliste d'envisager une rentabilité de plus de 15-20 %, ils préfèrent se tourner vers le numérique. D'autre part, le montant des aides est limité à la moitié des fonds propres des entreprises alors que les besoins capitalistiques sont énormes. Nous avons donc besoin d'aides publiques massives. Nos pairs considèrent que notre société est la troisième ou quatrième plus avancée au monde dans le domaine du véhicule autonome. Cependant, là où nos concurrents chinois et américains lèvent des milliards d'euros, nous devons faire avec nos petits moyens. L'État doit choisir quelques entreprises et y investir massivement. Il y a tous les outils pour réussir.

Mme Huguette Tiegna, députée, rapporteure. – Merci M. Talon. Nous allons maintenant prendre quelques minutes afin de répondre aux questions des parlementaires et des internautes.

Mme Michelle Meunier, sénatrice. – Un grand merci pour cette table ronde et pour les interventions très complémentaires des uns et des autres. Je décerne une mention particulière, peut-être un peu chauvine, à la société nantaise Orthopus pour son remarquable travail.

Je m'exprime en ma qualité de parlementaire, mais aussi en tant qu'ancienne éducatrice auprès de très jeunes enfants aveugles ou déficients visuels atteints de polyhandicap. Il faut faire preuve d'humanité afin de ne pas réduire le jeune enfant à son mal. Les parents n'y réussissent pas toujours. Dans vos recherches et vos développements techniques, j'ai toujours vu cette dimension humaine. Cela est essentiel car les aides techniques ne sont faites qu'au nom de celle ou celui qui en aura l'usage et qui pourra grâce à elles évoluer dans la société. Je vous remercie et je vous encourage à poursuivre dans cette voie.

J'ai cru comprendre que M. Saint-Bauzel était en mesure de nous indiquer des points d'étonnement pour aller plus loin. Les parlementaires ont déjà étudié certains aspects financiers. La dernière intervention concernait la diminution d'un

remboursement de fauteuil pour des handicapés moteurs via un référentiel, une nomenclature très structurée. La question de l'égal accès aux aides techniques se posait donc. Les parlementaires ont besoin de vos éclairages ; je serais donc curieuse de prendre connaissance de quelques aspects de ce rapport d'étonnement.

J'ai aussi une question sur le polyhandicap. Les technologies innovantes apportent-elles des perspectives aux personnes atteintes de surdité, association d'une déficience auditive grave et d'une déficience visuelle grave ?

M. Serge Picaud. – Ces patients sont par exemple atteints du syndrome de Usher : ils deviennent sourds puis aveugles. Il existe des appareillages au niveau cochléaire qui, s'ils sont implantés suffisamment tôt, peuvent redonner une perception auditive permettant de suivre une conversation téléphonique. Les travaux que nous réalisons sur la vision devraient leur être utiles. Nos travaux visent aussi à la préservation de la vision car l'idéal serait de la conserver ou du moins, de la prolonger le plus longtemps possible.

Je tiens à ajouter que nous observons depuis vingt ans une hémorragie du nombre de chercheurs académiques. Beaucoup créent des entreprises car le monde académique joue un vrai rôle dans le développement économique, mais il faudrait casser cette tendance et inverser la courbe pour continuer à stimuler l'innovation. Les chercheurs du secteur public partant à la retraite sont remplacés mais il n'en va pas de même pour ceux qui décèdent prématurément ou migrent vers le secteur privé. Les emplois publics ne sont pas renouvelés. Il faut faire cesser cette hémorragie. Je lance donc un cri d'alarme : si l'on souhaite que notre pays voie encore des chercheurs académiques créer des entreprises et y exercer, il faut créer de nouveaux postes académiques et recruter pour eux.

M. Ludovic Saint-Bauzel – J'abonde en ce sens. J'ai commencé à exercer mon métier de chercheur il y a 15 ans et je le vois comme un métier de la créativité. Les choix politiques actuels vont à l'encontre de la créativité car nous savons que le stress, la réduction du temps et le manque de moyens freinent la création. Si je devais citer trois points, je dirais en premier lieu que la compétence des chercheurs technologiques est mal utilisée car ils disposent de moins en moins de temps. Les chercheurs sont soumis à une forte contrainte administrative, traduite par la pratique omniprésente du *reporting*, qui s'ajoute à l'obligation de publication. Publier et rendre compte de nos travaux : c'est une double peine. À l'époque, j'avais vu mon directeur de laboratoire passer une partie de son temps à faire de la communication de données alors qu'il était l'un des plus grands experts mondiaux de la prévention et de l'équilibre des systèmes. Son temps aurait pu être mieux employé.

Par ailleurs, le pouvoir d'achat a beaucoup baissé ces dernières années, à cause de la stagnation des rémunérations. Je vois mes collègues perdre du temps à accomplir des heures supplémentaires ou de l'expertise au lieu de faire de la recherche, afin de compenser ces pertes financières – il faut dire que le salaire du chercheur dans le monde académique est devenu équivalent à celui d'une

secrétaire dans le secteur privé en région parisienne. S'ils sont intéressants en matière de compétitivité, je trouve que les appels à projets sont néfastes pour les idées. En effet, ils encouragent les effets de mode – on voit actuellement l'effet d'entraînement de l'IA *via* les référencements – et tout le monde travaille alors dans le même sens. C'est la mort de la créativité.

Je vais essayer de répondre à la question des ressources. Je travaille dans un laboratoire reconnu. Pour cinquante permanents et plus de cent cinquante projets portés par un nombre équivalent de docteurs ou de doctorants, il compte trois ingénieurs, qui sont les personnes qui nous aident à produire nos idées. Pour faire un parallèle avec le monde politique, c'est l'équivalent de trois attachés parlementaires pour cinquante élus. J'ai trois à cinq jours de travail en commun par an avec ces ingénieurs. Le secteur privé cherche justement à débaucher nos permanents ; il est évidemment intéressé par un ingénieur ayant travaillé sur cent cinquante projets de recherche en six ans dans un laboratoire de haute technologie. Or, ce sont les permanents seuls qui nous garantissent une certaine sécurité dans la durée, une certaine pérennité des compétences. C'est ceci le principal élément de mon « rapport d'étonnement ». Un de mes collègues affirmait d'ailleurs sur le ton de l'humour que la recherche consiste à utiliser de l'argent pour créer des idées là où l'innovation industrielle utilise les idées que la recherche a développées pour créer de l'argent. Enfin, si nous pouvons accompagner la création d'entreprise, cela suppose d'abandonner nos collègues. C'est un problème, surtout dans le secteur des technologies où nous manquons de main d'œuvre.

Mme Huguette Tiegna, députée, rapporteure. – Est-ce que la mise en réseau en matière de recherche pourrait augmenter la qualité des outils développés et réduire les coûts de développement des technologies liées à la réduction du handicap ?

M. Ludovic Saint-Bauzel. – Comme le montrent les salaires pratiqués dans le système académique, celui-ci est moins cher que d'autres pour produire. La mise en réseau permet le développement de nouvelles technologies par les rencontres qu'elle favorise, mais j'ignore si elle a un effet sur les coûts. À un moment, le partage atteint sa limite.

M. David Gouaillier. – Docteur moi-même, j'ai naturellement une sensibilité particulière à la mise en réseau, même si je sais que tout le monde n'est pas dans cet état d'esprit. Nous travaillons en réseau avec des laboratoires et, pour ce qui est des coûts, c'est certainement avantageux. D'une part, j'apprécie travailler avec des doctorants en convention Cifre avec l'Agence nationale de la recherche et de la technologie (ANRT). Leur prise en charge par l'État évite de trop déboursier. D'autre part, le coût de mon laboratoire est avantageux. Dans ma situation, ces deux éléments font tout l'intérêt de la mise en réseau. J'ai aussi l'opportunité de travailler avec des ingénieurs très qualifiés ainsi qu'avec les Instituts de recherche technologique (IRT) Jules Vernes. Ce sont des structures fondées par de grands groupes qui nous permettent d'avoir accès aux plans de

financement de la BPI accessibles dans le cadre du Programme d'investissements d'avenir (PIA).

M. Cédric Villani, député, président de l'Office. – Je vais maintenant poser une série de questions auxquelles vous pourrez apporter des réponses précises, mais assez brèves.

En réaction à la présentation du professeur Orlikowski, certains handicaps sont difficiles à classer ; dans le domaine du polyhandicap, on voit des pathologies variées, parfois mal identifiées et souvent invisibles. Elles méritent tout autant qu'une aide active soit apportée par la société aux personnes qui en ont besoin, que ce soit sur un plan technique ou sur un plan social. Peut-on parler de ces handicaps, qui n'entrent pas dans le cadre très structuré avec lequel vous avez posé le débat ?

Les opérations que monsieur Picaud a présentées sont impressionnantes. Qu'impliquent-elles en matière de préparation des patients ? Que peut-on dire sur les phénomènes d'adaptation et de plasticité cérébrale mis en œuvre ? Quelles sont les variations en fonction de l'âge et de l'apprentissage ?

Voici une question qui s'adresse à tous les intervenants : Nous avons beaucoup parlé de l'assistance aux actions du quotidien. À ce titre, la démonstration de Wandercraft était très impressionnante. Y a-t-il d'autres objectifs à rechercher en matière de compensation du handicap, par exemple en termes de réalisation personnelle, artistique, sportive, professionnelle ? J'ai pris connaissance avec intérêt – et étonnement – du *Cécifoot* où des personnes non-voyantes peuvent participer à des parties de football à l'aide de certains dispositifs technologiques. Que peut-on dire sur ce genre de recherches ?

Dans mon environnement professionnel, j'ai été en contact avec plusieurs mathématiciens aveugles, tel Emmanuel Giroux, professeur à l'École normale supérieure de Lyon. Son insertion dans la vie professionnelle a été bouleversée par deux innovations. La première a été l'apparition des réglettes en braille qui permettent de faire instantanément la connexion entre le toucher et l'interface électronique. Ceci permet de lire des courriels sans difficultés. La deuxième est l'apparition des logiciels *ad hoc* dans le monde mathématique, qui codent les formules par un système entièrement alphanumérique. Ils permettent de lire directement à travers la réglette braille, ce qui est une aide extraordinaire pour un mathématicien atteint de cécité. Ce type d'innovation a un impact majeur et n'entre pas directement dans le champ de l'innovation technologique biomédicale. Certains d'entre vous ont-ils des commentaires sur ces développements ?

À l'INRIA, j'ai vu des expériences d'apprentissage de commande par la pensée, d'un drone notamment, et ce, avec un mécanisme d'apprentissage automatique au niveau de l'outil et un apprentissage mettant un jeu des mécanismes de plasticité du cerveau du côté de l'utilisateur. Ces expériences

étaient menées dans l'objectif de développer des applications très recherchées pour des personnes paralysées. Où en sont ce genre de travaux ?

L'actualité récente a fait état d'un ingénieur dont le travail est la construction de prothèses *low tech*. En l'espèce, il s'agissait d'une prothèse adaptée pour un enfant, fabriquée en LEGO® car celui-ci avait des difficultés avec les prothèses commerciales. D'après ce que j'ai saisi, des professionnels sont capables de fabriquer des prothèses sur mesure grâce à l'impression 3D. Peut-on considérer qu'un avenir commun est possible entre la *low tech*, utilisant des matériaux issus de la grande distribution, et la *high tech* ? Ou cette dernière va-t-elle remplacer la première en investissant dans des segments de coûts très bas et sur une personnalisation forte ?

Concernant l'articulation du secteur public et du secteur privé, vous avez insisté à la fois sur la fuite du public vers le privé et sur la grande difficulté à lever des fonds privés. Peut-on élucider ce paradoxe ?

Je rappelle, à titre d'anecdote, que c'est le physicien Leo Szilard qui, dans une nouvelle de science-fiction intitulée *La fondation Mark Gable*, a imaginé un processus de ralentissement de la recherche scientifique ; cette nouvelle a connu une certaine notoriété lorsque le débat public s'est porté sur la place de l'ANR dans le financement de la recherche.

Enfin, le crédit d'impôt recherche est-il un instrument mobilisable dans le domaine qui vous intéresse ? Certaines entreprises représentées autour de cette table ont-elles pu en bénéficier ? Il s'agit d'un sujet de débat récurrent et sensible, et le crédit d'impôt recherche concerne d'ailleurs plus le développement que la recherche à proprement parler.

M. David Orlikowski. – Pour ce qui concerne le positionnement des polyhandicaps dans la classification que j'ai présentée, je note qu'il y a en général un handicap qui prédomine, même dans le cadre des handicaps moteur : une personne hémiplégique peut avoir des problèmes cognitifs ou un paraplégique des escarres ou des troubles sphinctériens. Du point de vue de la recherche, le polyhandicap n'est pas facile à identifier et à classer car son évaluation est très compliquée. À mon avis, c'est une situation limite s'agissant des innovations qui pourront être proposées, sauf dans les cas les plus simples. Nous travaillons sur le sujet avec la Fondation Anne de Gaulle qui a un projet autour du handicap cognitif. Le questionnement porte sur le choix des outils qui permettraient d'évaluer le bénéfice des innovations dans ces populations. Il appelle de nombreuses recherches.

Je rappelle que les *BCI* (interfaces cerveau-machine) existent depuis les années 1960. Néanmoins, leur utilisation en vie quotidienne rencontre encore des limitations d'ordre technique. À l'instar des exosquelettes, l'on peut espérer que les progrès récents liés aux électrodes et à l'IA réduiront rapidement ces limitations. Nous avons travaillé sur un logiciel d'écriture par la pensée mais

l'efficacité de cette technologie reste inférieure aux aides de dictée chez le patient handicapé. Nous espérons une évolution dans les prochaines années.

M. Cédric Villani, député, président de l'Office. – Merci beaucoup pour cet éclairage.

M. Serge Picaud. – Je vais réagir sur l'articulation entre secteur public et secteur privé. Le rôle d'un laboratoire académique est avant tout de développer des innovations technologiques afin de démontrer leur efficacité et leur intérêt. Pour ce qui nous concerne, il s'agit de modèles expérimentaux voire animaux. Le secteur privé est dans une perspective différente puisqu'il doit industrialiser un processus. Dans le laboratoire académique, les méthodes sont quasi artisanales. À titre d'exemple, le mode de préparation des vecteurs viraux pour la thérapie génique est très différent de celui utilisé pour l'industrialisation, où des cellules d'insectes sont utilisées à la place de cellules humaines. L'industrialisation n'intéresse pas le chercheur ; cette phase doit être développée dans l'entreprise privée. De plus, les chercheurs ne peuvent pas traiter la dimension réglementaire de l'industrialisation. Les rôles sont donc différents et impliquent que les laboratoires transfèrent l'innovation à une société qui va en faire un produit commercial et industriel acceptable d'un point de vue clinique.

Toutes les technologies de restauration de la vision sont entrées dans des phases cliniques, particulièrement les prothèses rétiniennes destinées aux patients atteints de dégénérescence maculaire liées à l'âge (DMLA). Il est cependant dommage que toutes les autres prothèses aient été retirées du marché ; la prothèse de Pixium est la seule qui soit en essai clinique. Tous les patients victimes de pathologies héréditaires sont donc en attente de prothèse. Nous pourrions aussi penser à recourir à un forfait innovation pour accélérer la démonstration d'un intérêt thérapeutique à leur endroit.

S'agissant du processus d'adaptation, les malades ne recouvrent pas immédiatement la vue après la pose de la prothèse rétinienne, car le cerveau s'est habitué à considérer toutes les informations de cet ordre comme inutiles. Il faut lui « réapprendre » l'inverse. Une étude sur les prothèses américaines de la société Argus 2, depuis retirées du marché, a démontré qu'au bout d'un an la stimulation de l'œil avec un flash lumineux provoque une activation du cortex visuel bien plus importante qu'avant la pose de la prothèse. Le patient s'est donc adapté.

M. Cédric Villani, député, président de l'Office. – Pourquoi ces prothèses Argus 2 ont-elles été retirées du marché ?

M. Serge Picaud. – Il s'agissait de prothèses comportant 60 électrodes dont parfois très peu fonctionnaient et la perception visuelle était nettement moins bonne que celle permise par les implants « PRIMA » de la société Pixium Vision. Argus 2 s'est rendu compte qu'elle ne serait pas longtemps compétitive. Elle s'est donc recentrée sur des prothèses corticales alors qu'elle avait déjà implanté des prothèses rétiniennes sur plus de 350 personnes de par le monde. Nous pouvons

raisonnablement penser que Pixium Vision deviendra leader mondial dans le domaine une fois qu'elle aura obtenu l'autorisation de mise sur le marché pour son produit.

M. Cédric Villani, député, président de l'Office. – Quel type d'opération chirurgicale le patient bénéficiant de cette technologie devra-t-il subir ?

M. Serge Picaud. – L'opération chirurgicale est assez simple car la prothèse est une petite plaque de silicium qui va être glissée sous la rétine. Il suffit de pratiquer une petite incision dans l'œil de manière à pouvoir glisser l'implant sous la rétine. L'opération, ne dure qu'une heure ou deux. Le patient doit ensuite porter une paire de lunettes projetant l'image infrarouge ; la difficulté est donc de réapprendre à voir avec ce dispositif.

La thérapie optogénétique peut faire espérer aux patients une meilleure acuité visuelle mais cette technique est toujours au stade des essais cliniques. Actuellement, la recherche tente de développer davantage l'acuité visuelle offerte par les prothèses, avec des techniques différentes.

M. Jean-Louis Constanza. – Je veux souligner le courage et la force des soignants. Le métier est extrêmement éprouvant car il consiste à faire le meilleur pour un patient, en soins souvent critiques, en étant parfois contraint de lui annoncer qu'il ne verra ou ne marchera plus. Ceci est très dur, même après vingt ans de pratique. Avec une telle technologie, ils sont confrontés à des ingénieurs affirmant que cette issue n'est pas forcément inéluctable. Certains praticiens refusent de l'admettre et demeurent dans l'ancien modèle. D'autres réussissent à adapter leur pratique sans faire de fausse promesse au patient. Même s'ils sont parfois réticents, les médecins nous accompagnent. Il faut respecter le projet de vie des patients sans leur faire nourrir des chimères.

Nous retrouvons cette problématique dans de nombreuses thérapies concernant, par exemple, la moelle épinière ou les maladies neurodégénératives. Félicitons chaleureusement nos équipes médicales d'être capables de gérer cette transition qui révolutionne aussi la pratique médicale.

M. Serge Picaud. – Il est de notre devoir de chercheur et de clinicien de communiquer aux patients les informations relatives au développement de ces technologies. Chacun en pense ensuite ce qu'il veut.

M. Cédric Villani, député, président de l'Office. – Ici je parle en tant qu'homme politique. Vous avez certainement raison sur le fait que la transparence est nécessaire mais le faux espoir peut être très dur. Tout dépend de la façon de communiquer. De grandes entreprises américaines ont annoncé détenir un ordinateur quantique extraordinaire bien que l'existence de ceux-ci relève d'une perspective lointaine. Nous pouvons imaginer que certains ne se gêneront pas pour faire des promesses mirobolantes en fonction des recettes qu'ils voudront capter.

Je ne pense évidemment pas à l'Institut de la vision mais à d'autres structures pour lesquelles je ne me fais pas d'illusion.

M. David Orlikowski. – La communication est effectivement la problématique du moment : il faut uniquement annoncer des avancées réelles, sous peine de susciter des faux espoirs.

M. Ludovic Saint-Bauzel. – Cet aspect est primordial car nous décevrons alors les patients, même si nos technologies sont testées. Je suis d'ailleurs inquiet car nous sommes incités à communiquer davantage afin d'être plus visibles. Bien qu'à la pointe du domaine, notre travail déçoit des patients qui, influencés par des informations médiatiques tronquées, attendaient davantage. Il faut donc être attentif à sa réputation. Nous prenons un risque sociétal.

M. David Orlikowski. – Trop de produits n'accèdent pas au marché. Le transfert de la technologie du laboratoire à la production industrielle et finalement au marché est vital. Cela nécessite une évaluation et une prise en charge efficaces.

M. Jean-Louis Constanza. – Beaucoup d'entreprises de technologies profondes (*deep tech*) font de la science. Cette nécessité crée de la valeur pour tous les intervenants de la chaîne, de la recherche en amont jusqu'au développement technologique en aval. Les publications de Wandercraft sont parfois reconnues dans les grands congrès. Actuellement, nous employons quatre ingénieurs en thèse qui vont publier des travaux très avancés sur la locomotion, l'équilibre et la marche. Cela nous permet d'avoir un dialogue d'égal à égal avec les très grands laboratoires. Il est donc très important d'encourager les ingénieurs à réaliser une thèse. C'est ici que le crédit d'impôt recherche prend tout son sens. Google a commencé ainsi.

M. Serge Picaud. – Les collaborations entre les entreprises et les petites structures publiques de recherche sont importantes car elles vont permettre à ces dernières de bénéficier du crédit d'impôt recherche. Or, il est intéressant pour les *start-up* d'asseoir une partie de leur développement sur les laboratoires puisqu'ils vont permettre de démontrer l'efficacité de leur produit.

M. Ludovic Saint-Bauzel. – Si nous avons beaucoup parlé de haute technologie, la *low tech* intéresse aussi la FEDHRA, qui prend en compte les besoins réels des personnes. Il s'agit d'innovations intéressantes et concrètes qui peuvent être valorisées.

La *low tech* est mal perçue par les projets de recherche car elle ne génère pas de façon évidente une valeur ajoutée. Pourtant elle peut rendre service, il suffirait de lui trouver un espace. De nombreuses opportunités sont à saisir et peuvent contribuer à améliorer la vie des personnes en situation de handicap, par exemple les travaux visant à mettre au point une typographie adaptée aux malvoyants. Plutôt que de s'y opposer, il faut aussi travailler avec les sciences humaines et sociales.

M. Jean-Louis Constanza. – Le temps de l’entreprise et celui de la recherche sont différents mais complémentaires. C’est une bonne chose qui peut néanmoins être source d’incompréhension. Le premier est rapide mais peut aussi créer des erreurs car on prend des risques. Le second est plus lent mais pas toujours adapté aux besoins immédiats. Il faut garder cette différence à l’esprit. Wandercraft y a été confronté.

M. Cédric Villani, député, président de l’Office. – Je vous fait part d’une question du public. En un sens, un implant médical constitue une partie du corps du patient qui ne lui appartient plus. Si le fabricant venait à disparaître, comment maintenir l’accès à la technologie sous-jacente, à son code source, aux schémas électroniques, afin d’en assurer la maintenance ? Qu’en est-il, par exemple, des implants cochléaires ?

M. Serge Picaud. – Les sociétés sont tenues d’assurer la maintenance de leurs produits.

M. Cédric Villani, député, président de l’Office. – Mais si jamais l’entreprise fait faillite ?

M. Serge Picaud. – Il existe bien un risque que le dispositif ne fonctionne simplement plus, mais il est étonnant que les inquiétudes soient plus grandes pour les prothèses électroniques que pour les prothèses dentaires ou de hanche. Peut-être faudrait-il les traiter de la même manière.

M. Cédric Villani, député, président de l’Office. – Je me permets d’insister. La prothèse de hanche est un dispositif physique qui peut être analysé. Si une prothèse électronique a un problème, comment garantir qu’une autre entreprise puisse effectuer des modifications ?

M. Serge Picaud. – *A priori*, le dispositif qui permet d’introduire l’information dans la prothèse est contrôlé et ne peut être piraté. Pour la prothèse rétinienne, il s’agit de lunettes qui transforment l’information lumineuse « normale » captée par une caméra en une image projetée par ce que l’on peut qualifier de « vidéoprojecteur infrarouge ». Dans la mesure où ce dispositif ne reçoit aucune information de l’extérieur, je ne vois pas comment il pourrait être piraté.

M. Cédric Villani, député, président de l’Office. – Toutes les informations nécessaires au bon usage de ces prothèses sont-elles accessibles et publiques ?

M. Serge Picaud. – Je pense que le logiciel n’est pas public car il est couvert par la propriété industrielle. Elle va par exemple protéger le procédé de transformation des images et des sons en stimulations électriques.

M. Cédric Villani, député, président de l'Office. – Si l'entreprise fait faillite et que le logiciel n'a pas été rendu public, peut-on imaginer une perte d'efficacité du dispositif ?

M. Serge Picaud. – Oui.

M. David Orlikowski. – La problématique est la même pour tous les dispositifs médicaux ; elle n'est pas liée à leur implantabilité et vaut donc également pour les dispositifs externes. Un ventilateur hors d'usage pourra normalement être remplacé même si la société qui le produit fait faillite.

M. Ludovic Saint-Bauzel. – Nous parlons de plus en plus de mécatronique, c'est-à-dire des systèmes mécaniques intégrant des logiciels. Dès lors, il pourrait être intéressant d'inclure le code source dans la certification des dispositifs. L'algorithme ne serait pas public mais uniquement accessible aux administrations et l'industriel en conserverait la propriété.

M. Cédric Villani, député, président de l'Office. – Merci pour vos contributions. Je suis d'accord avec le professeur Orlikowski pour dire que le problème concerne tous les dispositifs. Nous parlons ici d'intime donc cela implique la tenue d'un débat éthique et politique nuancé.

*
* *

Deuxième table ronde : Les technologies au service des handicaps mentaux et cognitifs (présidence de M. Cédric Villani, député, président de l'Office)

M. Cédric Villani, député, président de l'Office. – La deuxième table ronde s'intéressera aux handicaps qui touchent au cerveau et à la cognition. Moins visibles de prime abord, ils peuvent causer une réelle invalidité et empêcher l'insertion dans la société. Quelles aides techniques sont disponibles pour ces difficultés ? En 2008, le rapport de l'Office s'était assez peu penché sur les handicaps mentaux. Peut-être parce qu'à l'époque, le domaine des possibles restait lié à l'essor du numérique, encore limité. Dans de telles situations, peut-on parler de compensation du handicap, d'éducation, de rééducation ou d'adaptation ?

Sans prétendre à l'exhaustivité, nous aimerions connaître les avancées intervenues au cours de la dernière décennie, tant au regard de la compensation du handicap que de la couverture des besoins des personnes. Nous nous intéresserons aussi aux limites du sujet. Quatre experts sont ici présents : Mme Hélène Sauzéron, psychologue et chercheuse INRIA, Mme Evelyne Klinger, chercheuse, membre de la Fedrha, Mme Sophie Sakka, maître de conférences à Centrale Nantes, M. Ouriel

Grynszpan, professeur à l'Université Paris-Saclay, porteur du projet BETA. Mme Hélène Sauzéon va tout d'abord dresser le panorama des besoins technologiques qui se manifestent au regard de cette catégorie de handicap.

Mme Hélène Sauzéon, psychologue et chercheuse INRIA. – En introduction, je vais faire un bref état des lieux des handicaps mentaux. Je traiterai ensuite des solutions numériques que l'on peut leur apporter.

Evaluer la prévalence du handicap mental n'est pas chose aisée. On récolte énormément de données issues de différents acteurs, mais il est difficile de les rendre cohérentes. Chacun utilise des critères ou des méthodes de recensement très différentes. En France, on a l'habitude de catégoriser les handicaps ainsi : handicaps moteurs, sensoriels, cognitifs, intellectuels, psychiques et maladies invalidantes. Afin de catégoriser les handicaps, nous, chercheurs, utilisons les outils de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) qui s'appuie sur la Classification internationale du fonctionnement du handicap et de la santé (CIF). Sur cette base, nous regroupons les troubles cognitifs, intellectuels et psychiques dans la notion de « handicaps mentaux » car ils correspondent à des dysfonctionnements ou à des fonctionnements atypiques du cerveau. Cela concerne près de 36 % du nombre total d'adultes affectés par un dysfonctionnement pour cause de handicap. L'on trouve ces déficiences mentales associées à de nombreuses situations de handicap moteur ou sensoriel. Elles sont aussi présentes dans ce qui est appelé les « maladies invalidantes », dont la démence ou la sclérose en plaques. Ces chiffres sont plus élevés chez les enfants. Selon les données du ministère de l'Éducation nationale, de la jeunesse et des sports, environ 80 % des enfants scolarisés en cours préparatoire (CP) qui déclarent une situation d'incapacité trouvent l'origine de celle-ci dans une déficience mentale. Cette proportion est très importante. De plus, ces handicaps sont invisibles, donc mal compris par la société et associés à de nombreux stéréotypes. C'est un problème qui n'aide ni la recherche ni les personnes concernées.

Les tableaux cliniques sont très complexes et hétérogènes et le contexte est assez protéiforme. Les déficiences sont présentes dès la naissance – elles sont dites « développementales » – ou acquises au cours de la vie. Affectant les fonctions mentales globales, comme le fonctionnement intellectuel ou les habilités sociales, elles créent des difficultés dans tous les domaines de la vie quotidienne. À l'inverse, certaines incapacités sont sélectives, comme l'agraphie ou la dysgraphie. L'intensité des troubles est extrêmement variable, le panel des expressions allant du « très léger » au « très sévère ». Dès lors, nous recourons de plus en plus à la notion de spectre (autistique, schizophrénique, etc.). Le tableau est rendu encore plus complexe par la présence fréquente de comorbidités. Ainsi il n'est pas rare d'observer des déficiences cumulatives chez les enfants autistes.

Enfin, ces déficiences sont souvent évolutives. Quand les prises en charge sont bonnes, on observe des rebonds, des améliorations, mais les échecs

demeurent. Ils sont particulièrement nombreux dans le cas des processus neurodégénératifs.

Ces situations particulières de handicap sont extrêmement complexes. Découvrir des solutions technologiques pour essayer de répondre à ces besoins est un grand défi. Quels sont-ils ? Là encore, je vais m'appuyer sur la CIF afin de les décrire. Le premier est un besoin de participation sociale : dans la famille, à l'école, sur le lieu de travail et dans les différentes activités de loisirs. Le deuxième est la capacité à réaliser les activités quotidiennes en autonomie et de manière autodéterminée. Le troisième est la restauration, partielle ou totale, des capacités mentales. De nombreuses technologies numériques sont apparues ces dix dernières années dans le but de répondre à ces trois grands besoins. Globalement, elles visent à apporter une aide environnementale.

On distingue quatre grandes familles d'aides numériques. En premier lieu, celles qui concernent les interfaces et visent à rendre accessibles les produits et services du numérique. Un grand progrès vient du standard *World Wide Web Consortium* (W3C). Les règles élaborées par cet organisme international visent à harmoniser les standards afin de réduire la fracture numérique. Celle-ci est justement très importante entre les neurotypiques et les « atypiques ». La deuxième famille est la plus connue : ce sont les technologies d'assistance visant à faire participer à nouveau l'individu à la vie sociale. Elles sont couvertes par des normes ISO. Il s'agit d'un véritable progrès directement issu de la classification internationale. Les deux autres familles sont plutôt utilisées en matière de rééducation. D'une part, les cliniciens utilisent des logiciels d'entraînement afin de restaurer l'aptitude des patients à pratiquer certaines activités. D'autre part, sont développées des applications de suivi et de surveillance de la santé mentale, cognitive ou psychoaffective des personnes en situation de handicap mental.

Les technologies existantes sont très nombreuses, particulièrement les applications mobiles. Bien que la forme logicielle des assistants soit très variée, ils s'adressent essentiellement aux besoins de santé, de vie à domicile, de communication, d'engagement social, de mobilité et de transport. L'offre est moindre pour l'éducation, le travail et les loisirs. Cependant, les études d'usage auprès du public ciblé montrent que ces technologies sont peu adoptées : le taux d'adoption à long terme semble buter sur un plafond de verre à 30%, ce qui n'est pas satisfaisant. Il y a plusieurs raisons à ceci. Tout d'abord, l'offre est illisible car les technologies proposées sont très nombreuses donc peu connues par les publics cibles. Ensuite, un dispositif est conçu pour ne répondre qu'à un seul besoin ; or, les patients n'ont pas toujours la capacité d'orchestrer plusieurs technologies. De plus, elles sont encore développées de manière techno-centrée, donc éloignée des besoins concrets. En définitive, il y a beaucoup d'outils pour améliorer les fonctions cognitives, mais il y en a peu qui permettent d'assister réellement les personnes dans leur vie quotidienne pour leur apporter de l'autonomie et améliorer leur participation sociale. C'est pourtant le premier besoin exprimé et il n'est pas pris en compte. Enfin, l'efficacité de ces technologies n'est pas toujours

démontrée. Cela ne peut que réduire leur attrait, tant pour les éventuels bénéficiaires que pour les prescripteurs que sont les cliniciens.

Afin de conclure sur une note positive, je précise que la communauté scientifique émet plusieurs recommandations. La première consiste à encourager les approches centrées sur l'humain pour combattre les stéréotypes et la stigmatisation du handicap et éviter d'adopter une approche médicale focalisée davantage sur les fonctions mentales que sur la participation sociale. Les progrès à faire sont encore nombreux en ce qui concerne le développement d'interfaces : il faut encourager à penser davantage en termes de capacité que d'incapacité. La deuxième recommandation consiste à veiller à l'accessibilité de ces solutions. Cela passe notamment par une uniformisation des interfaces de commande, à laquelle le respect des normes et des standards contribuerait beaucoup. De nombreux progrès faciliteront bientôt l'utilisation des interfaces, notamment l'IA et l'apprentissage automatique, ouvrant la voie à des fonctionnalités adaptatives et adaptées à chaque besoin. Ceci permettra une meilleure appropriation et une meilleure adaptation face aux nouveautés incessantes dans le domaine des technologies numériques. La troisième recommandation consiste à réduire le caractère intrusif de ces technologies. Il ne faut pas seulement respecter la vie privée au regard du Règlement général sur la protection des données (RGPD). Les produits doivent être conçus selon une démarche qui respecte l'autodétermination des personnes. Un facteur de progrès viendra des capteurs, portés ou environnementaux, qui augmenteront la « conscience » que le dispositif technique a de l'utilisateur. La quatrième recommandation consiste à démontrer l'utilité, subjective et objective, de ces technologies. Sur le plan subjectif, il faut réaliser des évaluations qualitatives auprès des bénéficiaires. Sur le plan objectif, on manque malheureusement de démonstrations scientifiques quant à la valeur ajoutée de ces dispositifs. La cinquième recommandation consiste à fournir une offre plus compréhensible et accessible. Une information plus pertinente passera par un meilleur référencement de l'existant et par un référencement de l'état de développement des technologies émergentes. Soulignons enfin que ces technologies coûtent cher. Il faut donc une politique visant à améliorer les transferts des laboratoires vers les *start-up* et veiller à la solvabilité des bénéficiaires. Ceci implique que les projets de recherche soient réalisés de manière beaucoup plus transversale, avec des collaborations transdisciplinaires, et avec davantage d'horizontalité dans les démarches. Il faut impliquer plus les parties prenantes, les futurs bénéficiaires et les aidants. La forte implication de ces derniers dans le handicap mental nécessite d'envisager des solutions visant à soulager leur fardeau.

M. Cédric Villani, député, président de l'Office. – Merci pour ce tour d'horizon très complet. Mme Evelyne Klinger va maintenant présenter l'application thérapeutique de la réalité virtuelle et son intérêt dans la prise en charge du handicap mental et cognitif.

Mme Evelyne Klinger, chercheuse, membre de la Fedrha. – Je tiens à signaler que je suis l'un des membres de la Fedrha. À ce titre, je précise que de

nombreux réseaux de recherche voient le jour. Ils mêlent chercheurs, technologies, et industriels. En l'occurrence, je pourrai citer le réseau *Approche* qui travaille autour de la rééducation.

Ma présentation va être centrée sur la réalité virtuelle. Notons que le discours public ou scientifique peut aussi user de la terminologie *serious games* et *exergame*¹ – il existe une grande variété de termes en la matière. Je vais me placer du point de vue général. Pourquoi s'intéresser à la réalité virtuelle dans le champ du handicap et de la santé ? Dans ces univers virtuels, l'on peut donner à la personne la possibilité d'être actrice dans des objectifs variés qui vont concerner la récupération ou l'acquisition de capacités, et l'on se place aussi dans un contexte d'évaluation de ces capacités. De façon plus générale, ces outils peuvent aider et former ; nous verrons dans quel cas c'est possible.

Il y a trois éléments importants dans une expérience virtuelle. Tout d'abord l'individu qui expérimente l'activité proposée : dans ce contexte, on s'appuie sur ses capacités cognitives et motrices. Considérons ensuite l'activité générée par l'ordinateur : ces contenus jouent un rôle essentiel par rapport aux objectifs visés. On est contraint de faire appel à des interfaces, motrices ou sensorielles, permettant à l'individu d'utiliser les produits proposés. Dans le contexte qui nous intéresse, sa participation va se trouver confrontée à des restrictions ou limitations. On s'appuie donc sur ses besoins mais aussi sur ses capacités actuelles. Si cette personne est victime du déficit moteur d'un membre, on développe des applications visant soit à rééduquer le membre déficitaire, soit à permettre de réaliser des actions sans trop le solliciter. Enfin, l'ordinateur apporte des contenus. Ceux-ci sont développés de façon à être adaptés aux besoins, ils sont scénarisés et graduels. On va en fait se concentrer sur ce que peut faire la personne afin de la faire progresser et l'amener à une meilleure expérience de sa vie quotidienne. Les interfaces proposées doivent être adaptées aux besoins réels des personnes.

Ces applications sont apparues dans le domaine de la santé dans les années 1990. Nous avons donc du recul. Elles ont énormément évolué, notamment sur un plan visuel. Comment proposer aux utilisateurs un contenu visuel immersif ? Nous pouvons travailler avec des écrans d'ordinateur ou de projection, des visiocasques, mais aussi des espaces *Cave Automatic Virtual Environment* (CAVE) dans lesquels le corps de la personne est totalement immergé. Il y a également un large panel de dispositifs d'interaction : certains sont très simples, comme le clavier ou la souris ; d'autres sont des dispositifs à retour d'effort ou des systèmes de capture de mouvement comme la *Kinect* ; d'autres sont des plateformes très sophistiquées comme le *Computer Assisted Rehabilitation Environment* (CAREN), qui permettent une interaction optimale. En parallèle nous utilisons d'autres outils, comme les interfaces cerveau-machine qui permettent de commander et de

¹ *Exergame* vient de la contraction d'*exercice* et *game* ; l'expression caractérise les jeux vidéo utilisés pour s'entraîner.

communiquer avec l'univers virtuel. Je confirme ce qui a été dit des problèmes actuels liés à l'utilisation de ces interfaces. Les interfaces de réalité virtuelle connaissent un développement continu pour reproduire au mieux la situation d'un humain dans le monde réel avec des interfaces manuelles. Ces interfaces montrent des degrés de technicité, de complexité et de coût très différents. Le panel des choix possibles est très large et il faut donc s'appuyer sur les capacités résiduelles des personnes à accompagner afin d'identifier les meilleures interfaces. Par ailleurs, le contexte d'usage de ces outils doit être pris en compte : en centre de rééducation, dont certains sont bien équipés et proposent un accompagnement avec une équipe d'ingénieurs, ou à domicile, où des outils très faciles d'utilisation sont privilégiés pour répondre au besoin d'autonomie. Dans ce dernier cas, il s'agit quasiment de *plug and play*, autrement dit l'utilisateur doit avoir la capacité de les installer et de les faire fonctionner seul à son domicile.

Depuis les années 1990, deux grands champs ont émergé en matière de contextes de santé. Le premier concerne les affections neurologiques. Celles-ci peuvent être présentes dès l'enfance, et l'enfant va alors devoir apprendre avec ces incapacités identifiées ; elles peuvent aussi survenir du fait de pathologies neurodégénératives ou d'accidents de la vie tels que traumatismes crâniens ou AVC. Le volume des informations venant du monde réel que doit traiter un individu touché par une affection neurologique est trop important pour le cerveau endommagé. Ce dysfonctionnement emporte des conséquences sur la vie quotidienne. L'objectif des mondes virtuels est d'améliorer le traitement de ces informations en proposant des situations graduées : elles seront simples au départ, permettant à la personne de les réaliser et de ne pas se trouver en situation d'échec ; la difficulté sera augmentée peu à peu afin de l'amener, si possible, au plus près la vie réelle. Les simulations concernent la vie quotidienne, comme faire ses courses, qui est une tâche très complexe. Un autre exemple est ce travail, mené en collège avec une classe d'Unités localisées d'inclusion scolaire (ULIS), sur le thème de l'apprentissage du déplacement. L'idée est aussi de prolonger jusqu'au domicile le processus d'entraînement. Les personnes ayant des déficiences cognitives sont très encadrées dans les centres de rééducation, mais l'accompagnement est plus léger après le retour à domicile et leurs perspectives d'évolution sont moindres.

Le second champ est celui des affections psychiatriques. Il inclut notamment les troubles d'anxiété et d'anxiété sociale ainsi que les troubles liés aux addictions et au stress post-traumatique. Ici, nous utilisons les thérapies cognitives et comportementales dans des situations d'exposition définies. Il s'agit là aussi de proposer des situations virtuelles graduées afin que les patients apprennent à leur faire face et modifient la façon dont ils les traitent. De cette façon, ils progresseront dans leur vie quotidienne. Il est nécessaire de susciter des émotions ; cela est fait en présence d'un thérapeute, dans un cadre sécurisé apte à la prise en charge du patient si nécessaire.

J'aimerais évoquer deux autres contextes, en commençant par celui lié au bien-être et à l'estime de soi. Les expériences virtuelles doivent procurer aux

personnes du bien-être et de la détente grâce à la réalisation des tâches considérées comme ludiques, mêlant activité physique et stimulation cognitive, notamment dans le contexte du vieillissement. Le projet « Balade à l'EPHAD » en est une illustration. Il s'adresse à des patients atteints de la maladie d'Alzheimer, dont la condition physique se dégrade et qui ne sont donc plus autonomes. L'objectif est de leur permettre de conserver une activité physique et de rendre possible une « évasion » hors du monde de l'établissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes (EPHAD). En fait, ces outils ont toujours un double public : d'une part les personnes porteuses de handicap, qui ont besoin d'être amenées à une situation meilleure ; d'autre part les encadrants, qui doivent pouvoir planifier la thérapie et suivre la progression du patient. Les outils informatiques permettent de documenter les expériences vécues par les utilisateurs et permettent aux aidants de les accompagner en graduant les situations proposées.

Le second contexte est lié à l'usage de la réalité virtuelle dans le champ de la santé. Je fais ici référence à une expérience de chirurgie éveillée, par exemple une situation où un chirurgien opère une tumeur. Le but est que le patient ait le moins de séquelles possibles. L'utilisation de la réalité virtuelle permet au thérapeute d'examiner immédiatement les réactions du patient. Il s'agit d'une ouverture vers d'autres usages, qui concernent aussi le handicap.

Ces technologies sont utilisées depuis une trentaine d'années car elles permettent de simuler des activités qui font sens pour les patients et pour les thérapeutes. Elles génèrent des réactions physiologiques, comportementales, donc des émotions, ce qui les rend intéressantes pour la psychothérapie. Elles permettent de manipuler l'information et de développer des méthodes variées d'évaluation et d'apprentissage. Les séances peuvent être adaptées aux besoins et aux capacités des personnes, ou les documenter afin de suivre leur progression. Les outils peuvent être accompagnés de multiples capteurs permettant une évaluation multiparamétrique du comportement, ce qui ouvre à une vision globale du fonctionnement de l'individu. Enfin, ces expérimentations visent à transférer et généraliser les acquis du monde virtuel aux situations réelles. De nombreuses publications ont été faites sur le sujet. Toutes ces activités supposent une grande pluridisciplinarité.

Il y a, à l'heure actuelle, beaucoup d'applications disponibles et un intérêt notable des thérapeutes et formateurs pour la réalité virtuelle. Son essor nécessite une consolidation, de la rigueur scientifique ainsi qu'une cohérence technologique. Par exemple, de nombreuses applications ont recours à des casques et le *cybersickness* est encore sous-étudié. Il faut donc informer et former sur ces notions. Le développement des usages aura des répercussions en matière de réglementation. Les moyens financiers sont encore difficiles à trouver et cela freine le transfert des outils du laboratoire vers la société civile. Cependant, ces outils deviennent de moins en moins onéreux, ce qui contribue à leur démocratisation et pose de ce fait la question du mésusage, tant sur un plan éthique que sur un plan sanitaire car il y a des impacts potentiellement nuisibles pour la santé. Afin de prendre connaissance des précautions et recommandations

qu'appellent les outils de réalité virtuelle, je vous invite à consulter le rapport de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) publié en 2021 qui a regroupé une trentaine de chercheurs ayant travaillé sur ces sujets.

M. Cédric Villani, député, président de l'Office. – Merci pour cet état des lieux et des enjeux. Mme Sophie Sakka va présenter le robot NAO et son apport pour les enfants atteints de troubles du spectre de l'autisme.

Mme Sophie Sakka, maître de conférences à Centrale Nantes. – Je suis enseignant-chercheur au Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes, rattaché à l'École Centrale de Nantes. En 2014, j'ai fondé l'association d'intérêt général Robots! qui assume une fonction sociale entre les *start-up* de robotique, les chercheurs et les populations afin de proposer des usages sociaux à ces machines. Elles sont fabriquées et vendues sans que les impacts à long terme sur les populations concernées soient étudiés. Dans ce cadre, a été développé le projet Rob'Autisme, destiné aux personnes atteintes de divers handicaps cognitifs, pour les enfants autistes et les patients atteints d'Alzheimer. Je vais d'abord me concentrer sur la médiation robotique puis je vous parlerai de ce projet.

Officiellement, la médiation robotique apparaît dans les années 1990 quand une chercheuse anglaise, Kerstin Dautenhahn, constate l'attrait particulier d'enfants autistes pour les mécanismes robotiques. Elle développe alors le programme européen Aurora qui, dans un premier temps, regroupe une poignée de chercheurs européens travaillant avec différentes plateformes robotiques. Avec différents types de machines et d'exercices, ils essaient de déployer l'automate comme « acteur social » c'est-à-dire un robot compagnon. Cet interlocuteur mécanique fait faire à l'enfant autiste les exercices que le thérapeute aurait prescrits. L'enfant répond presque spontanément au robot alors qu'il reste sans réaction face aux sollicitations de l'humain. Des solutions logicielles ont été développées par la suite. Ce nouvel interlocuteur, programmé, fait suivre des séances d'exercices à l'enfant. Imaginons trois cartes qui sont simultanément montrées à l'humain, la carte à trouver disposant d'un élément d'identification. Si l'enfant la trouve, le logiciel le récompense ; dans le cas contraire, il doit recommencer.

À ses débuts, le robot compagnon a été mal perçu car il était vu par les médecins qui travaillent en thérapie d'accompagnement comme se substituant au thérapeute. Actuellement, il est principalement employé à deux types d'usage : soit en face-à-face – c'est la situation décrite précédemment –, soit en usage collectif – par exemple, dans une séance thérapeutique consacrée au mouvement, à la mobilité, un groupe d'enfants reproduirait les gestes de l'automate. Cette approche a été adoptée par une partie des professionnels internationaux. Ainsi, des entreprises développent ce qu'ils nomment des « auticiels » c'est-à-dire des logiciels dédiés à l'autisme reproduisant les exercices habituels du thérapeute. Il s'agit de sur-mesure. En face-à-face, le patient bénéficie d'une thérapie personnalisée adaptée à son trouble principal. Une difficulté se posait : comment

fait-on pour que l'enfant autiste réponde de la même façon à une sollicitation humaine qu'à un stimulus de la machine, une fois qu'il a amélioré ses facultés grâce à celle-ci ? Dans le cadre des séances, une progression a été détectée en quelques mois et dans un cadre extérieur, en quelques années.

En 2014, l'association Robots! a mis en place une approche innovante qui a complètement renversé l'usage du robot. Désormais utilisé par le patient autiste pour communiquer avec le monde, il est devenu une sorte de prothèse en communication. Il s'insère aussi dans une dimension de médiation culturelle et artistique. Un programme Rob'Autisme, avec vingt séances d'atelier, permet à des adolescents autistes de monter un spectacle. La dernière séance est le moment de la restitution publique devant un public restreint comprenant notamment les familles, les mécènes et des partenaires potentiels. Ce programme accueille, dans une microsociété simplifiée et cadrée, six participants adolescents autistes et six accompagnants dont le rôle est très bien défini. Nous avons un responsable opérationnel qui dirige l'ensemble des séances du programme, trois accompagnants qui aident les jeunes à se concentrer et des référents techniques. Ils construisent ensemble un spectacle dont l'acteur est un robot auquel l'enfant prête sa voix préalablement enregistrée. Le défi consiste donc à programmer correctement les gestes du robot qui accompagnent cette histoire. Ce projet est mené en collaboration avec l'École Centrale de Nantes, avec le Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes pour la partie théorique et avec l'association Robots! pour le côté expérimental. Celle-ci est chargée de suivre les participants et leurs accompagnants sur le terrain, trouver des partenaires et les équipes. La partie recherche consiste à vérifier la rigueur de ce déploiement afin de pouvoir extraire des statistiques, faire des publications et systématiser l'approche. À terme, celle-ci devra être commercialisable et donc transférée vers le grand public. Le rôle de l'association est de stabiliser suffisamment longtemps ces ateliers complexes pour que le projet puisse être transmis à une entreprise en vue de sa commercialisation. L'organisation actuelle est donc intermédiaire et tient compte des contraintes des acteurs du programme.

Les résultats de ce programme sont spectaculaires en matière de transformation des habilités sociales. Le robot est identifié en tant qu'accélérateur thérapeutique : il joue un rôle primordial même s'il ne remplace pas le praticien. Le résultat obtenu en quelques semaines est similaire à celui que nous mettons des années à obtenir en thérapie classique. Scientifiquement, cette brièveté est remarquable. Ainsi des jeunes qui ne communiquaient pas sont devenus socialisables. Certains ont même acquis la capacité de commencer ou reprendre leurs études avec un objectif, c'est-à-dire de développer une capacité de projection temporelle qui pourtant fait défaut dans le cadre de cette maladie.

Nous avons reconstruit une microsociété simplifiée où chaque rôle est identifié, sauf celui des participants qui est autodéterminé. Rapidement, ils passent outre le robot pour s'exprimer eux-mêmes auprès des membres de cette société. La thérapie travaille sur trois niveaux de communication. La première est la communication duale, qui est la plus difficile à réaliser. Une attention soutenue y

est nécessaire et certains patients ne sont pas capables de se concentrer plus d'une minute au cours d'un face-à-face au début du programme. La deuxième est la communication de groupe : nous y travaillons en donnant un exercice à un binôme enfant – robot. À la fin de chaque exercice, le résultat du travail est montré, ce qui entraîne des applaudissements des autres enfants et de l'équipe encadrante. Surpris au début, les participants travaillent ensuite plus rapidement afin d'obtenir à nouveau cette valorisation par la contribution et les applaudissements. La troisième, la communication publique, est extrêmement importante. La pièce de théâtre est jouée devant ce public restreint. Les applaudissements du public, auxquels ils ont été préparés pendant les séances, vont stabiliser et offrir une intronisation sociale aux efforts consentis par les participants autistes tout au long du processus. Actuellement, l'association pérennise les expérimentations et renvoie vers la recherche un certain nombre d'informations avec l'accord des participants. Systématiser cette approche pourrait constituer une solution d'accompagnement pour l'amélioration des habilités sociales de l'autisme.

M. Cédric Villani, président de l'Office. – Nous avons particulièrement pris note du protocole humain, extraordinairement important. Je donne tout de suite la parole au professeur Grynspan.

M. Ouriel Grynspan, professeur à l'Université Paris-Saclay. – Je suis professeur à l'université Paris-Saclay, au Laboratoire interdisciplinaire des sciences du numérique (LISEN), et je vais vous présenter le projet BETA, fruit de la collaboration entre plusieurs universités. La France est assez avancée sur les technologies relatives à l'autisme avec, en particulier, des fondations privées qui ont aidé en ce sens. Depuis une vingtaine d'années, de nombreuses technologies numériques ont été développées dans ce domaine. Elles peuvent concerner l'éducation, l'entraînement des capacités sociocognitives et l'assistance dans la vie ordinaire. Par exemple, les autistes ont souvent une tablette pour communiquer avec des pictogrammes. Cette avancée a un impact concret. Ces outils sont aussi utiles pour tout ce qui a trait à l'environnement et notamment la communauté de l'autisme, qui implique les parents et les professionnels : les médecins et les personnels paramédicaux – ergothérapeutes, psychomotriciens, orthophonistes et psychologues.

Les technologies numériques ont de réels atouts pour la prise en charge des troubles du développement. Elles créent un environnement prévisible et rassurant pour l'enfant. Il y a beaucoup de stimulations que nous pouvons contrôler ; ainsi nous pouvons gérer les problèmes d'attention. Elles permettent également de leur proposer un apprentissage et un entraînement riches. Or, la richesse des stimulations est importante pour la plasticité cérébrale. L'outil est également utile comme médiateur des demandes sociales : certains thérapeutes passent par un ordinateur. Les tablettes et smartphones ont un avantage certain en termes de portabilité.

Il ne faut pas non plus oublier les risques. En population générale, l'utilisation excessive par l'enfant ou l'adolescent emporte des risques de

sédentarité et d'obésité, ou des problèmes d'isolement ; l'utilisation des technologies numériques peut devenir pathologique. Cela peut entraîner des dénis de traitement dans la prise en charge de l'autisme : si la tablette convient à l'enfant, on risque de ne lui proposer plus d'autres apprentissages qui lui seraient pourtant bénéfiques. Le numérique est un tout : il faut connaître ses atouts et ses risques. L'obsolescence rapide des technologies est aussi à considérer. C'est un problème pour l'évaluation car un essai clinique peut prendre un ou deux ans et la technologie peut être devenue entretemps obsolète. De manière générale, si l'on ne peut proposer de technologies efficaces, il y a un risque de gaspillage des ressources alors que d'autres apprentissages n'auront pas été faits. Or l'enfance est une période critique pour l'apprentissage : des solutions pertinentes doivent donc être proposées.

Il y a huit ans, j'ai publié avec des collègues une méta-analyse de toutes les études concernant des technologies d'entraînement pour les personnes atteintes d'autisme. Elle a permis d'avoir une vision globale de l'efficacité de ces technologies, avec une certaine puissance statistique. Nous nous sommes concentrés sur les études de bonne qualité, c'est-à-dire contrôlées, voire randomisées. La méta-analyse a montré un effet significatif. Nous avons exclu toutes les publications qui n'étaient pas de qualité suffisante : elles étaient nombreuses, signe que l'efficacité de certaines technologies n'est pas rigoureusement démontrée. Nous n'avons trouvé aucune étude de robotique de qualité suffisante pour figurer dans l'analyse. Leur potentiel est réel mais les preuves manquaient pour bon nombre d'applications.

Globalement, on observe une prolifération des aides numériques disponibles sur le marché, dont bien peu sont validées scientifiquement. Nous avons de ce fait voulu proposer un cadre d'accompagnement pour les personnes qui en ont besoin. Nous avons utilisé une méthode DELPHI, méthode utilisée en sciences humaines pour la construction d'un consensus entre experts. Nous avons donc recruté des experts de l'autisme : des personnes atteintes, des parents, des cliniciens et des chercheurs. Plusieurs questions devaient être étudiées : celle de l'efficacité, mais aussi la robustesse, l'engouement que suscite la technologie et sa fiabilité. Nous nous sommes rendu compte que le type de preuve qui doit être recherché dépend de la question soulevée. La preuve scientifique était importante mais ce n'était en fait pas le seul type de preuve nécessaire pour établir le genre de recommandations que nous visions.

Si vous voulez en savoir plus, nous avons créé un site internet qui présente le projet. Nous avons aussi voulu donner un label sur la qualité et l'accessibilité des preuves relatives aux technologies en créant une base de données qu'il faudra mettre à jour. Cette initiative pourrait être utile aux associations et aux centres de ressources pour guider la communauté de l'autisme sur ces dispositifs.

M. Cédric Villani, député, président de l'Office. – Merci pour cette présentation très complète et très claire. Je propose de passer directement à la dernière table ronde qui concernera la disponibilité de ces technologies pour le

plus grand nombre. Nous aborderons ensuite, dans un temps unique, les questions relevant de la deuxième et de la troisième table ronde.

*
* *

Troisième table ronde : La disponibilité des technologies pour le plus grand nombre (présidence de Mme Huguette Tiegna, députée, rapporteure)

M. Cédric Villani, député, président de l'Office. – Dans le rapport de 2008, déjà, l'OPECST regrettait que nombre de produits alors récents ne soient pas intégrés au dispositif de remboursement. Quelle aide technique peut être prise en charge par la société ? Mme Virginie Magnant, directrice de la Caisse nationale de solidarité pour l'autonomie, va présenter la politique d'aides financières mise en place par la Caisse à destination des personnes en situation de handicap.

Mme Virginie Magnant, directrice de la Caisse nationale de solidarité pour l'autonomie. – Dans un premier temps, je vais expliquer quel est le rôle de la Caisse nationale de solidarité pour l'autonomie (CNSA). La Caisse est essentiellement un cofinanceur de la prise en charge des aides à destination des personnes âgées ou handicapées. Depuis le 1^{er} janvier 2021, la CNSA gère le nouveau risque et la nouvelle branche de sécurité sociale créée pour soutenir l'autonomie des personnes âgées et handicapées. Elle a deux missions en matière d'aides techniques.

La première mission consiste à soutenir la structuration de l'accès à ces aides et le renforcement de l'accompagnement des personnes, ainsi que la promotion de l'innovation et l'accompagnement de l'évolution des pratiques. À ce titre, j'ai écouté avec grand intérêt l'ensemble des intervenants afin de vérifier si nous avons bien pris en compte l'ensemble des aides évoquées. Il s'agit d'une mission transversale aux différents âges, que nous exerçons en direction des professionnels qui interviennent en appui des personnes âgées ou en situation de handicap. De manière complémentaire, la CNSA agit spécifiquement en direction du réseau des maisons départementales des personnes handicapées (MDPH) et des équipes médico-sociales qui évaluent les besoins des personnes âgées et qui peuvent ouvrir leur droit à une aide. Il s'agit de l'allocation personnalisée pour l'autonomie (APA) qui intègre pour partie l'accès à des aides techniques. La Caisse appuie les professionnels positionnés dans les principaux guichets. Ils informent, accueillent, orientent et accompagnent les personnes handicapées dans les MDPH, ainsi que les personnes âgées en perte d'autonomie qui sollicitent des aides à l'accompagnement. Il est nécessaire que ces professionnels soient informés de l'existence des aides et sachent mobiliser les outils à leur disposition pour faciliter l'accès des personnes âgées ou handicapées à celles-ci. Je fais ce propos liminaire pour expliquer la raison de mon intervention mais aussi pour vous

présenter rapidement les dispositifs publics qui permettent aujourd'hui de solvabiliser l'accès aux aides techniques. La question de l'accessibilité aux aides financières est fréquemment posée. Certes, elle est déterminante mais nous avons aussi constaté que, pour les pouvoirs publics, la solvabilisation a été une question presque trop centrale et a peut-être conduit à négliger d'autres dimensions de l'accompagnement des personnes et des professionnels pour l'accès aux aides. C'est tout un débat.

Le panorama du remboursement des aides techniques permet de mettre en lumière le fait qu'il existe différentes aides. La première est le remboursement par l'assurance maladie obligatoire, ouvert à l'ensemble des assurés sociaux, sans critère d'âge ni de handicap. Il s'agit d'un remboursement simple et généraliste. Il permet d'accéder à ce que nous nommons des « produits » qui sont inscrits sur la Liste des produits et prestations remboursables (LPP ou LPPR). Il existe deux types d'aides inscrits sur cette liste, qu'il s'agisse d'une mise en ligne générique ou d'un nom de marque. L'inscription marque une « reconnaissance » du produit et permet la solvabilisation par l'assurance maladie. L'existence de la LPP facilite donc l'accès financier à l'aide.

Il faut citer ensuite la prestation de compensation du handicap (PCH), destinée à des personnes handicapées. Il s'agit d'une prestation globale qui permet à la fois l'accès à des aides humaines et à des aides techniques. Elle facilite la solvabilisation de l'accès à des aides techniques qui ne relèvent pas de la LPP. Cette prestation légale est plus accueillante pour l'innovation car sont inscrits sur la LPP des produits relativement matures et bien installés, dont les usages ont été vérifiés. Les aides techniques accessibles par la PCH font l'objet d'une liste ouverte. En général, les personnes en situation de handicap peuvent avoir accès aux aides techniques d'abord *via* la PCH puis, lorsque l'usage s'installe, *via* leur inscription sur la LPP. Pour sa part, l'APA permet de financer une partie des prestations servies aux personnes âgées sous réserve de satisfaire à des critères d'âge et de perte d'autonomie.

En complément de ces trois grands modes de solvabilisation, un financement de tout ou partie du reste à charge peut venir des assurances complémentaires santé, de celles couvrant les dépendances et les accidents de la vie ou des assurances de tiers si un tiers est responsable. Des financements extra-légaux sont également mobilisables.

Ceci montre une grande diversité des aides financières, dont l'objectif louable est de réduire le reste à charge, mais qui peut également produire, pour l'utilisateur et ses accompagnants, une indéniable impression de complexité et rendre difficile l'orientation entre les différents guichets. De plus, la combinaison des aides financières et des guichets ne permet parfois pas de réduire suffisamment le reste à charge. C'est pourquoi la CNSA a été mobilisée, en appui au docteur Philippe Denormandie, pour réfléchir à une réforme de l'accès aux aides techniques. La notion d'aide technique recouvre tout instrument, équipement et système technique adapté ou spécialement conçu pour compenser une limitation

d'activité rencontrée par une personne, par exemple du fait de son handicap. Elle concerne donc en partie les technologies au service de la prise en charge du handicap. On peut citer les aides techniques telles que les outils numériques ou robotiques évoqués précédemment. Il existe aussi des aides non technologiques comme les rampes d'accès, qui sont d'un très grand intérêt pour faciliter le quotidien des personnes. Enfin, certaines aides techniques relèvent spécifiquement de la santé, comme les implants cochléaires, la rétine artificielle ou les prothèses de membres ; elles sont prises en charge dans le cadre du système de santé.

La mission confiée en 2019 au docteur Denormandie par le gouvernement a fait l'objet, en 2020, d'un rapport cosigné avec Cécile Chevalier, référente en la matière au sein de la CNSA. Ce rapport a dressé trois principaux constats sur les aides techniques et leur accès et a formulé des propositions regroupées en cinq axes.

Tout d'abord, les constats alertent sur les réelles difficultés d'accès que rencontrent les personnes concernées. Des inégalités existent selon les territoires mais aussi selon les publics. Le rapport montre ainsi que pour l'accès aux aides, les personnes âgées sont parfois désavantagées par rapport à celles en situation de handicap, alors qu'elles vivent souvent des situations très similaires. Cela peut résulter du fait que l'existence des aides est méconnue des professionnels du grand âge. De plus, la personne âgée peut avoir besoin d'une assistance plus soutenue dans la durée. Cette question de l'accompagnement est prégnante et constitue une réelle difficulté pour les personnes.

En matière de solvabilisation, l'accès aux aides est long et compliqué. Le reste à charge et l'avance de frais peuvent être des obstacles importants.

Le rapport souligne que le secteur marchand est peu connu. Les professionnels, les usagers et les opérateurs du secteur marchand susceptibles de développer des aides à une échelle suffisante dialoguent peu. Ceci peut faire obstacle à une adaptation pertinente des aides aux besoins et à une appropriation efficace, quand elles existent.

Enfin, on constate un sous-investissement collectif du sujet dans les politiques publiques, pour des raisons telles que sa complexité apparente, la technicité propre aux modalités de solvabilisation financière et le morcellement des questions.

Le rapport fait des propositions transversales afin d'améliorer l'accès aux aides en s'appuyant directement sur les recommandations de l'OMS en matière de politiques publiques. Elles visent à soutenir l'accompagnement des personnes dans la durée, y compris quand les aides techniques sont disponibles, ce qui n'est pas toujours le cas. Elles portent sur le renforcement de l'évaluation des besoins et de l'accompagnement des personnes, la nécessité de se saisir de l'innovation et de développer la connaissance et la recherche, la consolidation du dispositif de financement afin de garantir une bonne qualité des matériels et des services dans

la distribution des aides, etc. Le rapport fait aussi des recommandations sur la gouvernance, aussi bien nationale que territoriale. Je tiens à souligner que le Gouvernement s'est saisi de ces propositions. Il a mis en place un suivi transversal du chantier d'accès aux aides techniques et mobilisé des groupes de travail pilotés par différentes directions d'administration centrale du ministère des Solidarités et de la Santé et par la CNSA afin de mettre en œuvre un certain nombre de ces recommandations.

Je vais maintenant vous parler de la récente utilisation d'équipes locales d'accompagnement sur les aides techniques (EQLAAT). Ce levier vise à améliorer l'assistance apportée aux personnes pour accéder aux aides. Son dispositif a été mis en place sur la base de l'article 51 de la loi de financement de la sécurité sociale pour 2019, qui ouvre la voie à des expérimentations ayant un potentiel structurel pour le système de santé. Celles-ci ont été autorisées de septembre 2021 à septembre 2023. Vingt-quatre équipes ont été sélectionnées sur le territoire national et soutenues grâce à une enveloppe d'un peu plus de dix millions d'euros. L'objectif est de tester à la fois l'action d'équipes plurielles et structurées et de nouveaux modes de financement facilitant l'accès aux aides techniques, avec un dispositif souple et adapté au territoire, qui répond aux recommandations de l'OMS demandant d'inclure des essais dans le contexte de vie de la personne. L'expérimentation s'intéresse aussi à la manière dont l'accompagnement, quand il se poursuit au-delà de la mise à disposition de l'aide, permet de s'assurer de la bonne appropriation de l'aide par la personne. Ceci vise à éviter que des aides complexes à obtenir soient ensuite remises dans un placard alors même qu'elles représentent un investissement et un coût pour la collectivité. Un accompagnement insuffisant ne permet pas de soutenir l'autonomie et d'améliorer la qualité de vie des personnes concernées.

En sus de cette structuration territoriale, la CNSA a lancé des travaux pour mieux informer les personnes et les professionnels qui les accompagnent. C'est un sujet clé. Les aides sont parfois matures, parfois en construction. Il est donc difficile de toucher le plus grand nombre. La CNSA cherche à ce que ces aides soient plus visibles, à la fois sur son site institutionnel à destination des professionnels et sur le portail d'information des particuliers. Enfin, nous allons continuer de travailler sur l'amélioration des financements légaux mais nous collaborons aussi avec les acteurs privés afin de faire évoluer leur offre commerciale.

Je vous remercie de m'avoir permis de présenter les travaux en cours qui visent à faciliter l'accès des personnes en situation de handicap aux aides techniques en général et aux aides technologiques en particulier. Elles sont un levier important de l'autonomie qu'il convient de renforcer.

M. Cédric Villani, député, président de l'Office. – Merci Madame la directrice pour la description de ce grand chantier administratif et politique. Le second intervenant de cette table ronde est M. Jean-Paul Carta, directeur du projet Hospitality qui comprend notamment l'association Des machines et des ailes. Ce

sera le moment de parler du travail réalisé afin d'apporter les techniques les plus pertinentes à ceux qui en ont besoin.

M. Jean-Paul Carta, directeur du projet Hospitality. – Je suis chef d'entreprise dans la métallurgie. Je vais présenter Hospitality, qui est un ensemble de projets réalisés sous un angle ludique et sportif. Nous travaillons avec le Laboratoire d'études en mécatronique et mobilités (LEMM) qui est à la fois universitaire, médical et industriel. Je vais passer en revue l'ensemble des projets, qui sont moins médicalisés que ce qui a été vu précédemment. L'entreprise a été créée en 2010 et fabrique des dispositifs médicaux. Elle est partenaire de l'hôpital de Garches et son Centre d'investigation clinique dirigé par le professeur Orlikowski. Un certain nombre de projets permettent de redonner accès au sport à des personnes qui en sont exclues. Nous comptons sept projets dont tous ont un démonstrateur. Certains ont connu des développements au-delà de nos frontières, ce qui permet de montrer ce que les sociétés françaises sont capables de faire en matière de handicap et d'industrialisation.

Hospitality est d'abord un lieu : Oxygène Factory dans la ville Les Mureaux. Ce sont dix-sept hectares de forêt dans lesquels se trouvent des bâtiments qui permettent d'intégrer des innovations mais aussi de réaliser des expérimentations sous caution du monde médical, académique et industriel. Les projets sont montés en collaboration avec tous les acteurs et peuvent être portés jusqu'au stade préindustriel. Une équipe scientifique les mène à bien, autour des professeurs David Orlikowski – par ailleurs directeur du plateau d'évaluation de Hospitality –, Luis Garcia et Pierre Blazevic. Un comité scientifique recueille les attentes des pouvoirs publics mais aussi des ingénieurs, des étudiants et des industriels.

Hospitality est un écosystème qui implique quantité d'acteurs : industriels, associations et établissements d'enseignement, mais aussi la communauté des patients, qui va pouvoir bénéficier de tous les dispositifs qui vont vous être présentés, et les laboratoires de recherche. Au sein de ceux-ci, des personnes mettent au point dans l'ombre les médicaments, les procédures ou les innovations organisationnelles. Plusieurs partenariats ont été noués, dont celui avec l'Institut de santé du parasport connecté (ISPC) du professeur François Genet. Il nous fait bénéficier de sa vision du sport et de la santé, qui sont autant d'informations précieuses sur l'état d'une personne en situation de handicap. Parmi les partenaires nous comptons aussi des industriels, des groupements hospitaliers de territoire et des hôpitaux.

Commençons par le projet Tandikart. Il consiste en la construction d'un véhicule conçu spécifiquement pour accueillir une personne en situation de handicap. Celle-ci peut s'y installer sans sortir de son fauteuil et vivre ainsi une expérience qui lui était jusque-là interdite. Nous avons été retenus pour le Grand prix automobile d'Arabie Saoudite se déroulant à Djedda et nous avons pu inaugurer la piste de Formule 1, le 2 décembre 2021. Un véhicule, adapté aux personnes handicapées, faisait pour la première fois l'ouverture d'un tel

événement. Cette action a sensibilisé la population locale à l'intégration du handicap et a permis de montrer comment intégrer le handicap dans le quotidien, notamment par le sport. Nous avons également pu recueillir une évaluation psychologique de personnes confrontées à de nombreuses pathologies, motrices et cognitives. Nous avons vécu un grand moment car la piste a été ouverte à nos véhicules avec à leur bord des pilotes handicapés, dont Colin Turner, grand pilote de Formule Ford, gravement blessé. Des pilotes saoudiens ont ainsi pu découvrir ce sport.

Nous avons également utilisé un portique nommé Braine Lift pour transférer les pilotes des véhicules aux fauteuils. Cela n'était pas possible auparavant. La Fédération internationale de l'automobile (FIA) a validé notre appareil. Nous aurons vraisemblablement la possibilité d'assister à l'édition 2022 du Grand prix automobile d'Arabie saoudite et nous espérons reproduire l'expérience sur d'autres circuits.

Le Modulo Slider est un dispositif aquatique permettant à toute personne atteinte d'un trouble moteur de nager dans les bassins et de vivre une rééducation par la natation. Des personnes en situation de handicap l'ont utilisé avec succès, y compris pour refaire du sport.

Le Teach-Wear est un vêtement instrumenté qui permet de contrôler la posture dorsale et de la corriger si elle est mauvaise. Il peut notamment servir à des sportifs, à des personnes handicapées ou à des patients victimes de problème dorsaux post-opératoires. Nous travaillons sur ce produit avec le LEMM, le Centre d'investigation clinique de Garches et des personnels hospitaliers, et son développement avance vite. Il a été retenu par l'Agence spatiale européenne (ESA) et il est utilisé dans l'espace depuis un an. Nous espérons qu'il pourra être porté par les spationautes pour les voyages de longue durée.

HandiLib est mon premier projet. Il s'agit du premier prototype d'un véhicule capable d'intégrer un fauteuil roulant et permettant à son utilisateur de piloter le véhicule. Un passager peut être présent et piloter l'engin à la place de l'utilisateur. Ce véhicule fait actuellement l'objet de discussions avec les sapeurs-pompiers qui pourraient l'utiliser pour intervenir auprès de populations victimes de catastrophes naturelles.

Enfin, le Tandiboat est un bateau de compétition internationale. Il peut atteindre 130 km/h. À l'issue de la compétition, il peut accueillir à son bord des personnes handicapées et leur offrir une découverte souvent inédite.

D'autres projets sont à venir. Nous cherchons à adapter le véhicule Twizy de Renault-Nissan pour qu'il accueille un fauteuil roulant. Nous travaillons également sur une plateforme sensorielle visant à stimuler des personnes en fauteuil roulant. Grâce à un casque de réalité augmentée, elles vivent des expérimentations virtuelles et des chercheurs récupèrent les données musculaires et vérifient si l'apport médicamenteux a un bénéfice sur ce genre de mouvement

initié par une machine. Une orthèse est également à l'étude avec le Centre d'investigation clinique de Garches et le LEMM afin de lutter contre les effets d'un AVC et réduire son impact le plus possible de façon à diminuer la durée de la rééducation.

Je vous remercie pour votre attention et j'invite cordialement les membres de l'Office à venir nous rendre visite au centre Oxygène Factory où sont installés tous nos laboratoires.

M. Cédric Villani, député, président de l'Office. – Merci pour cette présentation passionnante. Je savais qu'il y avait aux Mureaux une recherche spatiale de très haut niveau. Je suis heureux de voir qu'y sont présents d'autres secteurs d'activité où est réalisée une R&D à forte valeur ajoutée pour la société.

Nous abordons maintenant la phase d'échanges entre les membres de l'Office et les intervenants, et je transmettrai quelques questions des internautes.

Mme Huguette Tiegna, députée, rapporteure. – Merci aux derniers intervenants, qui ont apporté un éclairage très complémentaire sur les handicaps mentaux et cognitifs. Ma première question s'adresse à la CNSA : je souhaiterais savoir s'il y a des interactions entre la CNSA et la recherche publique ou privée. Sont-elles suffisamment concrètes pour faire remonter les besoins des utilisateurs et anticiper l'intégration des mouvements technologiques en cours dans l'offre de soin ? J'aimerais également savoir si les technologies *high tech* ont une place dans la LPP et quels sont les critères retenus pour inscrire une aide technique dans cette liste. Enfin, le coût est-il le principal obstacle à l'acquisition d'une aide technologique, ou la difficulté principale tient-elle à la mauvaise connaissance du secteur et des outils disponibles ?

Mme Cécile Chevalier, chargée de mission à la Caisse nationale de solidarité pour l'autonomie (CNSA). – La CNSA a une mission de soutien aux actions innovantes et à la recherche mais elle n'est pas forcément centrée sur les technologies nouvelles. L'approche est plus globale et inclut les sciences humaines. Néanmoins la Caisse effectue un suivi dans le cadre d'un processus plus global visant à étudier comment créer un système de financement ouvrant aux personnes concernées un accès réel aux aides dont elles ont besoin.

Les freins financiers restent réels pour de nombreuses personnes, notamment les personnes âgées. Nous voulons travailler sur ce point dans les années à venir. Il faut abolir la barrière de l'âge car les solutions, les produits, peuvent servir tant aux personnes en situation de handicap qu'aux personnes âgées. Il faut plus de transversalité dans les propositions faites aux personnes sur le plan financier. La prestation de compensation du handicap s'appuie sur une liste ouverte afin de permettre l'usage de produits innovants ou qui n'ont pas fait l'objet de suffisamment d'études. Nous avons cependant identifié un problème lié à la connaissance insuffisante de ces produits, au flou qui peut entourer leur indication, à la difficulté pour les personnes concernées de les essayer, en fait à

l'accompagnement qui est proposé à ces personnes. Par exemple, les fauteuils roulants les plus sophistiqués, qui intègrent de la robotique pour s'adapter à différentes positions du corps, sont vendus entre 25 000 et 30 000 euros ; aujourd'hui, nous savons les financer même si le parcours est long et contraignant du fait de la stratification des financements à chercher. En revanche, pour des dispositifs qui existent depuis des dizaines d'années, qui sont largement utilisés et financés dans d'autres pays, notamment en Europe du Nord, qui relèvent de ce qu'on appelle en France les « aides techniques pour la communication alternative et améliorée », dont le coût peut avoisiner 10 000 euros, il est aujourd'hui compliqué de monter un financement par la PCH car le système en amont n'est pas encore assez performant pour ces technologies. Comme le dirait M. Constanza, notre équipe de France n'est pas opérationnelle. Le point faible est l'organisation des professionnels en contact direct avec les personnes : certains se sont remis en question, mais d'autres travaillent sur ces aides techniques de façon éparpillée, voire anecdotique, manquent de temps pour s'informer et ne sont pas au fait des innovations. Quand ils en ont connaissance, ils craignent de s'emparer du sujet pour les proposer aux usagers. C'est tout l'enjeu des travaux présentés par Virginie Magnant : l'expérimentation des équipes EQLAAT, le travail sur l'information, la graduation de l'accompagnement, la réflexion sur la construction des centres experts et la façon de les mettre en relation avec des professionnels de proximité.

Tout ceci doit permettre que l'innovation ne soit plus un sujet de crainte. Depuis ces dernières années et la remise du rapport, la CNSA a investi très fortement sur ce sujet. Il constitue, à notre sens, un des leviers indispensables pour ouvrir un accès effectif aux personnes, au même titre que le travail effectué sur la solvabilisation.

J'ai dit à l'instant que la PCH s'appuie sur une liste ouverte sur laquelle peuvent être inscrites des nouvelles technologies. Si une demande est présentée par Orthopus ou tout autre porteur d'un projet évoqué au cours de cette audition, le dispositif concerné pourra être financé sous réserve qu'un système d'accompagnement ait permis à l'utilisateur, à l'accompagnateur et au financeur de s'assurer de sa viabilité. Cela renvoie aux modalités de distribution de tels dispositifs : celles-ci sont un peu rigides aujourd'hui. Ainsi, vendre un produit, sans possibilité d'une location qui permettrait de s'adapter à une situation évolutive, constitue un frein à l'accessibilité de celui-ci.

Mme Hélène Sauzéon. – Il serait peut-être judicieux d'utiliser les normes ISO de la Classification internationale du fonctionnement du handicap et de la santé (CIF) établies sur des produits techniques *low tech* et *high tech*. Ceci permettrait à la CNSA d'avoir une meilleure lisibilité des usages de ces technologies. Nous devrions avoir le réflexe d'y recourir.

M. Cédric Villani, député, président de l'Office. – La CNSA peut-elle se charger de l'information des professionnels sur les techniques ?

Mme Cécile Chevalier. – Nous utilisons partout la norme ISO 9999 et nous encourageons tout le monde à faire de même. La construction de l'arrêté sur la tarification de la PCH reprend la norme ISO. Nous avons dû faire un travail pédagogique avec les vingt-quatre équipes EQLAAT. Nous essayons de nous appuyer sur cette norme internationale pour mieux comprendre ce qui se passe en France et faire des comparaisons avec ce qui se passe à l'étranger.

Mme Hélène Sauzón. – C'est un grand progrès car cela va obliger les entreprises qui commercialisent ces solutions à faire l'effort correspondant et à offrir un supplément d'information sur les produits qu'ils proposent.

Mme Cécile Chevalier. – Pour répondre à la question de M. Villani, informer les professionnels obligerait à s'adresser à de nombreuses personnes dans de multiples secteurs : le secteur médical, le secteur médico-social, les professionnels des CICAT (centres d'information et de conseil en aides techniques), les MDPH. Nous avons en fait peu de moyens permettant d'identifier les professionnels actifs dans le domaine qui vous intéresse. Il faudrait aussi avoir des canaux de diffusion efficaces. Je souligne que tout le travail de structuration d'un groupe de professionnels, qui est l'objectif des CICAT et des équipes EQLAAT, vise notamment à mieux faire circuler l'information.

Ces difficultés renvoient à l'écueil, évoqué par Mme Magnant, de la centralité de la solvabilisation des aides techniques dans les politiques publiques françaises. L'accompagnement a été négligé et aujourd'hui, ne sachant pas quels professionnels sont réellement impliqués et comment ils s'informent, il est très difficile de les atteindre. La CNSA agit tout de même en ce sens. Nous allons chercher dans un premier temps à mieux comprendre qui sont les professionnels auxquels il faut s'adresser, quelles sont leurs préoccupations et les questions qu'ils se posent. Il faudra aussi décider si nous organisons l'information par type de déficience ou par thématique. Ce travail va de pair avec celui sur la structuration de l'accompagnement. En effet, la CNSA n'a pas vocation à s'occuper directement de l'information. Il faut laisser cela aux professionnels qui travaillent sur ces sujets à temps plein.

M. Cédric Villani, député, président de l'Office. – Je vais vous faire part de questions des internautes. Elles concernent l'ensemble des tables rondes.

Que peut-on dire des assistants vocaux grand public qui servent à communiquer en cas d'urgence et qui pourraient suppléer les bracelets d'alarme des seniors ?

Vu la complexité des nouvelles technologies, il existe un manque d'éducation des soignants et des patients sur le sujet. Comment y remédier ?

La réalité augmentée et mixte peut faciliter la vie des personnes en situation de handicap. Le prix des casques est prohibitif, de même que le développement des logiciels spécifiques. Comment en faciliter l'accès ?

Mme Hélène Sauzéon. – J'utilise des casques et je peux affirmer qu'ils ne sont plus si onéreux qu'ils l'ont été. Sans citer de marque, le premier prix est de trois cents euros, avec une bonne sensation d'immersion. Il y a eu une forte démocratisation. J'ai travaillé sur des assistants vocaux que l'on dit « ambiants », pour la vie domiciliaire. Ce sont des dispositifs avec des capteurs et des actionneurs associés à un assistant vocal ou à une tablette. Le dispositif DomAssist a été développé par l'INRIA et déployé auprès de personnes âgées fragiles pour favoriser le maintien à domicile. Ils ont également été déployés auprès des personnes souffrant de déficiences intellectuelles pour répondre à un besoin de primo-accession au logement autonome. On voit encore des difficultés liées tout simplement à la fiabilité de l'accès à internet et à la bande passante et il n'est donc pas possible de garantir une assistance sans faille, aussi efficace qu'avec un bracelet, car les territoires sont inégalement desservis – de façon surprenante, on voit parfois des zones rurales mieux desservies que des zones urbaines. Le problème majeur, qui est donc celui de la fiabilité du signal, n'est pas aussi prégnant que pour d'autres dispositifs comme les montres connectées ou les pendentifs d'appel d'urgence.

M. Ouriel Grynszpan. – Il existe d'autres moyens d'action que ceux évoqués par Mme Chevalier pour informer les professionnels. Je pense par exemple aux Centres ressources autisme : la diffusion de l'information est une de leurs missions. Ils organisent régulièrement des journées spécifiques. Nous aimerions aller plus loin et les amener à effectuer une veille technologique afin de mettre à jour une base de données en ligne. Cela serait utile. L'équivalent doit exister pour d'autres types de handicap.

Concernant la formation des professionnels, je souligne que les personnels paramédicaux sont aujourd'hui très impliqués dans les technologies numériques. Les formations paramédicales s'« universitarisent » : les étudiants étaient jusqu'ici en école et ils sont rattachés progressivement à des formations universitaires. Ceci va augmenter le caractère multidisciplinaire de leur formation et leur donner un accès à la recherche. Les professionnels du domaine pourraient mettre en place des enseignements sur les aides technologiques pour y sensibiliser les étudiants le plus tôt possible. Cette tâche et ce rapprochement des disciplines sont à mener au niveau universitaire.

Mme Hélène Sauzéon. – Étant moi-même universitaire, je peux dire que nous modernisons constamment nos formations. Le problème n'est donc pas celui des nouveaux diplômés mais des professionnels en exercice, qui ont besoin de formation continue. Pour ceux-ci, ce sont des associations ou des centres de formation qui pourraient actualiser leurs connaissances.

Il faudrait intégrer également ces nouveaux outils aux formations des personnes accompagnant les élèves en situation de handicap. J'y travaille avec l'académie de Bordeaux. Néanmoins, les pratiques de formation continue sont loin d'être systématisées et généralisées. Sachez aussi qu'il existe désormais des cognitiens. Ce sont des spécialistes de niveau ingénieur avec des diplômes

solides. Leur rôle va précisément être de former les professionnels à ces nouvelles technologies.

M. Cédric Villani, député, président de l'Office. – Merci pour ces réponses précises.

Dans l'exposé de Mme Sakaa, une grande attention était portée au protocole humain, à la manière d'organiser les choses et à la façon d'intégrer la technologie dans une matière sociale en construction. Dans quelle mesure les innovations humaines sont-elles appelées à jouer un rôle et de quelle façon cela impacte-t-il les équipes, les experts, les formations et les qualifications ?

Mme Hélène Sauzéon. – Je suis psychologue et je pensais que je connaissais les besoins. Petit à petit, j'ai compris que je ne pouvais pas travailler sans les parties prenantes au handicap. Aujourd'hui, ce fait est totalement intégré à mes recherches et j'utilise les méthodes participatives de conception des technologies : je mène des enquêtes et j'effectue des « tests utilisateur ». Ainsi, des besoins souvent méconnus des cliniciens sont mieux ciblés. La mise en place de groupes d'utilisateurs et la prise en compte de leurs observations ont également contribué à identifier ces besoins. De plus, nous faisons un effort particulier pour ce qui est nommé l'expérience utilisateur en ergonomie. Il faut que le produit soit à la fois pragmatique, facilement utilisable, compréhensible et qu'il génère une bonne émotion afin de donner envie à l'utilisateur de le conserver. Nous intégrons donc davantage les approches des sciences humaines et sociales (SHS) dans les recherches généralistes.

Mme Huguette Tiegna, députée, rapporteure. – Le ministère de l'enseignement supérieur avait commandé 1 500 robots de téléprésence afin de permettre aux étudiants en situation d'incapacité permanente ou temporaire de fréquenter les établissements académiques et de pouvoir conserver une continuité pédagogique et un lien social. La commande a-t-elle été passée par la CNSA ? J'évoque ces robots car un étudiant de la Faculté Jean Monnet de l'Université Paris Saclay est récemment sorti major de sa promotion grâce à ce dispositif. Je veux souligner par là que si les technologies existent, il faut les intégrer en milieu ordinaire.

Autre question : les centres accueillant des enfants et des adultes en situation de handicap cognitif sont-ils demandeurs de solutions technologiques ou sont-ils trop surchargés pour cela ?

M. Ouriel Grynszpan. – J'aimerais fournir un témoignage. Mon épouse travaille dans une association d'aide aux personnes polyhandicapées. Leur situation est effectivement compliquée : l'activité est trop importante pour pouvoir intégrer de nouvelles activités, les budgets sont trop bas et le matériel manque ou est volé. L'intégration des technologies dans ces institutions n'est donc pas évidente, même si les professionnels sont demandeurs. De surcroît, le temps nécessaire à la formation reste un obstacle critique.

Même si cela reste empirique, il est intéressant d'observer que les professionnels développent souvent des ateliers numériques avec leurs propres moyens alors que des technologies adaptées existent. On en revient à la problématique de la bonne information des praticiens. Il y a donc un travail à faire au niveau des associations afin de leur donner la capacité à se former ainsi qu'à sécuriser le matériel.

Mme Hélène Sauzéon. – Il ne faut pas oublier les enfants. J'indiquais précédemment que 80 % des handicaps dont ils souffrent ont pour origine une déficience mentale. Des études sociologiques montrent que ces enfants ont trois fois plus de chance de vivre dans des foyers socialement défavorisés. Ceci implique des limitations financières et surtout un manque d'éducation médicale, de littératie en santé, lacune que l'on retrouve souvent chez leurs parents – il n'est pas rare qu'ils ne connaissent même pas les soins courants. Dans ma pratique professionnelle au sein des dispositifs ULIS, je passe mon temps à informer les parents sur les dispositifs existants. La France offre beaucoup, mais il y a un véritable problème d'information et de culture sur les solutions disponibles.

Mme Huguette Tiegna, députée, rapporteure. – Je note donc qu'une formation pour les parents, les enseignants et les acteurs publics est nécessaire. Je remercie l'ensemble des personnes qui ont participé à cette audition, en m'excusant que celle-ci ait duré bien plus que prévu, mais c'est parce que le sujet est passionnant.

M. Cédric Villani, président de l'Office. – Ce tour d'horizon nous a permis d'aborder un grand nombre de questions liées aux technologies au service du handicap, qui touchent à la recherche, aux ressources humaines et à la formation. Ont également été abordées les incertitudes en matière de financement, de développement technologique et de coopération. Le grand panel des acteurs impliqués a été présenté. Les difficultés administratives et politiques n'ont pas été oubliées. L'Office va maintenant analyser l'ensemble de ces interventions et préparer des recommandations qui serviront également à former nos collègues parlementaires sur le sujet. Il s'agit de l'un des domaines où la science, la bonne administration et l'entreprise, peuvent rendre un service considérable à la société. Je vous remercie.

II. EXTRAITS DU COMPTE RENDU DE LA RÉUNION DE L'OPECST DU JEUDI 3 MARS 2022 PRÉSENTANT LES CONCLUSIONS DE L'AUDITION PUBLIQUE

Examen des conclusions de l'audition publique sur les progrès récents des technologies au service de la prise en charge du handicap (Huguette Tiegna, députée, rapporteure)

M. Cédric Villani, député, président de l'Office. – Chers collègues, chers amis, j'adresse tout d'abord mes félicitations aux valeureux membres de

l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) qui continuent, même après la suspension des travaux de l'Assemblée nationale, à défendre inlassablement la cause de l'Office et à y débattre de sujets importants pour notre société. Ce matin, l'Office doit examiner deux projets de rapport.

En premier lieu, notre collègue députée Huguette Tiegna présentera les conclusions de l'audition publique sur les progrès récents des technologies au service de la prise en charge du handicap. C'était une très belle audition, au cours de laquelle nous avons pu entendre de nombreux acteurs : des *start-up* des entreprises et des laboratoires de recherche, avec de remarquables réalisations.

Nous examinerons ensuite le rapport relatif à la préparation du cinquième Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR) – un acronyme pas si simple, mais auquel les membres de l'Office ont fini par s'habituer tant ils l'ont entendu au cours de cette législature. Au fil de ses retards successifs, le PNGMDR a en effet fini par être considéré comme un refrain : « mais quand viendra-t-il ? »... La députée Émilie Cariou et le sénateur Bruno Sido nous présenteront ce projet de rapport.

Mme Huguette Tiegna, députée, rapporteure – Monsieur le Président, monsieur le premier vice-président, chers collègues, je suis très heureuse de présenter ce matin les conclusions de l'audition publique que j'ai organisée, à la fin du mois de janvier, sur les progrès récents des technologies au service de la prise en charge du handicap.

En 2008, la députée Bérengère Poletti présentait, au nom de l'Office, un rapport sur les apports de la science et de la technologie à la compensation du handicap. Un peu plus d'une décennie plus tard, j'ai souhaité faire le point sur les progrès techniques qui ont émergé depuis.

L'audition a rassemblé à l'Assemblée nationale des chercheurs, des industriels, un médecin et la directrice de la Caisse nationale de solidarité pour l'autonomie (CNSA) dans l'objectif de dresser un panorama des besoins des personnes en situation de handicap, qu'il s'agisse de handicap moteur, sensoriel, mental ou cognitif, et des moyens d'y répondre. Les personnes auditionnées ont présenté un éventail de technologies disponibles ou en cours de développement et ont proposé des pistes dans l'objectif d'améliorer la compensation des déficiences dont souffrent les personnes en situation de handicap. Les conclusions que je présente ce matin en font la synthèse.

L'audition a tout d'abord été l'occasion de voir le fruit de la recherche française, de très haut niveau, avec la présentation des innovations de l'Institut de la vision en matière de restauration de la vue. L'audition a ensuite mis en exergue le fait que la diffusion des techniques a grandement bénéficié au secteur du handicap. Il s'agit par exemple des progrès du numérique et des technologies développées pour la téléphonie ou pour les jeux vidéo. Ceci a permis une nette

amélioration des performances et de l'ergonomie des aides. L'exosquelette de l'entreprise Wandercraft, dont nous avons eu une démonstration par vidéo, en est un exemple édifiant. En effet, le numérique offre de nombreuses possibilités, de la simple « application » à l'expérience d'immersion que permet la réalité virtuelle. Les professionnels au contact des personnes en situation de handicap nous ont affirmé que celles-ci souhaitent avant tout retrouver une vie sociale et accéder à un logement, ou s'y maintenir, en autonomie. Certains professionnels ont regretté que les aides techniques soient encore trop techno-centrées. Ils ont prôné un changement de paradigme, une meilleure prise en compte des besoins, des capacités et des contraintes des utilisateurs, pour que les aides techniques soient adoptées avec plus de succès et soient réellement utiles dans la vie quotidienne.

L'audition a révélé le besoin d'évaluer leur apport afin qu'elles soient efficaces, adéquates et proposées aux personnes qui en auraient l'utilité. En effet, leur proposer une aide inefficace ou inadéquate peut causer une perte de chance. Un exemple d'évaluation concernant les aides destinées à la prise en charge de l'autisme a été présenté. Par ailleurs, l'évaluation doit être réalisée régulièrement faute de quoi elle deviendrait rapidement obsolète, au détriment des personnes en situation de handicap. Les personnes auditionnées ont également attiré l'attention sur l'existence de risques liés à un mésusage des technologies numériques : elles peuvent avoir des effets sanitaires préoccupants, tels le développement d'une addiction aux écrans ou un isolement social.

Les chercheurs et les industriels auditionnés ont présenté leur parcours et ont fait état des enseignements qu'ils en tirent. Tous rendent hommage à l'excellence de la recherche scientifique française et au fait qu'elle est une source d'innovation. Les chercheurs ont néanmoins regretté que le secteur académique souffre d'un manque d'attractivité. Ils ont également exprimé la crainte que le mode de financement par appel à projets limite la créativité des chercheurs. La coopération entre le secteur académique et les industriels a été saluée, car elle est jugée mutuellement bénéfique et permet de stimuler la recherche et développement (R&D) industrielle. Cependant, les acteurs industriels ont fait état de difficultés de financement par des capitaux privés car le secteur du handicap n'est pas porteur. Les difficultés concernent également la production, le terreau industriel français s'étant affaibli.

Une partie des acteurs industriels s'inscrit dans une tendance de fond : celle du *low tech*, qui vise à faire bénéficier le plus grand nombre d'aides utiles et onéreuses. La possibilité de disposer d'aides techniques de pointe en location s'inscrit également dans ce mouvement et trouve sa pertinence dans le fait que, pour beaucoup de handicaps, la déficience est évolutive et justifie que la compensation technique mise en place soit régulièrement réévaluée. La contribution des sciences humaines et sociales pourrait être davantage mise en avant, notamment pour aider à une meilleure inclusion des personnes handicapées dans la société.

J'avais souhaité que l'audition soit l'occasion d'aborder le sujet de l'accessibilité des personnes handicapées à des aides techniques. La directrice de la CNSA, Mme Virginie Magnant, a présenté l'éventail des aides financières destinées à réduire le reste à charge des personnes en situation de handicap. Elle a estimé que la solvabilité des personnes en situation de handicap ne peut pas être le seul sujet de préoccupation. D'après elle, les difficultés rencontrées dans la mise en place d'une assistance technique pertinente tiennent plutôt à la mauvaise connaissance des solutions disponibles, carence partagée par les professionnels médicaux et paramédicaux qui les entourent. Il a été souligné au cours de l'audition que la France offre beaucoup afin que les personnes qui en ont besoin puissent bénéficier d'aides techniques. Il y a donc un travail important à réaliser pour qu'elles y aient plus facilement accès.

Sur le chantier de l'information, la CNSA a lancé deux expérimentations : le déploiement de centres d'information et de conseil sur les aides techniques (CICAT) puis celui d'équipes locales d'accompagnement sur les aides techniques (EqLAAT). Il est important que les professionnels bénéficient d'une bonne information quant aux techniques existantes, mais aussi d'une bonne formation, de sorte qu'ils soient en mesure de les utiliser ou d'en expliquer l'utilisation à leurs usagers. Un référencement des technologies, régulièrement mis à jour, identifiant les spécificités des aides et évaluant celles-ci, devrait être le principal élément d'un système permettant aux usagers et à leur entourage de connaître l'éventail des aides techniques possibles. Après analyse des expérimentations actuellement menées par la CNSA, la filière pourrait être réorganisée pour faire reposer l'information des professionnels de terrain sur un tel référencement, avec un rôle central donné aux maisons départementales des personnes handicapées (MDPH).

J'en viens maintenant aux recommandations. Celles-ci s'organisent autour de deux axes.

En premier lieu, je propose de donner toutes les clefs aux personnes en situation de handicap, aux aidants et aux professionnels qui les épaulent pour que soit mise en place, à chaque fois, l'aide technique la plus adéquate. Pour cela, il faut intégrer pleinement les sciences humaines et sociales à la mise au point des solutions, techniques ou non, permettant de répondre aux besoins des personnes concernées et d'améliorer leur intégration dans la société. De plus, il convient de mettre en place un recensement des aides techniques existantes qui ne soit pas limité aux aides inscrites sur la Liste des produits et prestations (LPP). Ce recensement doit intégrer les spécificités de chaque aide ainsi qu'une évaluation selon plusieurs critères, dont leur efficacité. Il faut également organiser sur la base de ce recensement la formation continue des professionnels au contact des personnes en situation de handicap, en donnant un rôle central aux MDPH ou aux CICAT. Enfin, il faut développer une offre locative pour faciliter l'adaptation des aides techniques à l'évolution des déficiences.

Le second axe des recommandations appelle à conforter l'écosystème français des technologies du handicap. Pour ce faire, il faudrait, d'une part,

remédier aux fragilités de la recherche académique dans ce domaine, notamment en améliorant l'attractivité des postes de chercheurs, ingénieurs et techniciens permanents de la recherche académique. D'autre part, il convient de lever les freins au financement des industriels innovateurs, notamment en créant un fonds public, piloté par la Banque publique d'investissement (BPI), dédié au financement du développement d'aides techniques pour les personnes en situation de handicap ou de perte d'autonomie due à l'âge. Enfin, le bon fonctionnement de cet écosystème nécessite de renforcer les synergies entre la recherche académique et les industriels innovateurs, tant en matière de financements que d'échanges scientifiques.

M. Cédric Villani, député, président de l'Office. – Merci beaucoup chère collègue. La parole est libre et je vois que notre collègue sénatrice Michelle Meunier a déjà une question.

Mme Michelle Meunier, sénatrice. – Merci pour ce rapport passionnant. J'ai pris beaucoup d'intérêt à écouter les intervenants de l'audition publique mais j'ai également ressenti une certaine frustration car cette audition était très dense. Cependant, je ne garde que le meilleur et le rapport qu'en a tiré Huguette Tiegna me convient très bien. Il souligne l'excellence de nos chercheurs ainsi que l'intérêt premier et central de la personne, adulte ou enfant, porteur de handicap. Pourquoi des aides techniques ? La rapporteure l'a très bien dit : elles sont toujours au service de la personne en situation de handicap, afin qu'elle puisse vivre pleinement. Je suis d'accord avec l'idée que l'évaluation des aides techniques est indispensable. Comme le disait Huguette Tiegna, une telle évaluation permet d'être toujours en adéquation avec les besoins de la personne handicapée. Cela nécessite du temps, de l'accompagnement et aussi quelques moyens.

Étant nantaise, cette audition a été l'occasion pour moi de reprendre contact avec Sophie Sakka. J'ai entendu les difficultés que vous pointez concernant le manque de moyens alloués à la recherche et les perspectives trop peu ouvertes pour les industriels. Si elle s'intéresse surtout aux adolescents présentant des troubles du spectre autistique, l'association Robots! intervient pour tout ce qui est relatif à la dégénérescence neurocognitive et à la maladie d'Alzheimer. Il s'agit de pistes sur lesquelles Sophie Sakka est en train de travailler et qu'elle aimerait développer si les moyens le lui permettent.

L'audition m'a aussi permis de reprendre contact avec la fameuse association Orthopus. En janvier, elle a obtenu le label Entreprise solidaire d'utilité sociale (ESUS) qui récompense les associations poursuivant un objectif d'utilité sociale. L'obtention de ce label récompensant une manière de travailler permet de ne pas perdre le sens de l'utilité sociale. C'est une reconnaissance bienvenue.

Je félicite une nouvelle fois Huguette Tiegna. S'il y a lieu, je suis très intéressée pour poursuivre le travail en ces domaines.

M. Gérard Longuet, sénateur, premier vice-président de l'Office. – Les propos d'Huguette Tiegna restituent parfaitement ce que nous avons entendu lors de l'audition. J'aimerais souligner l'intérêt d'insérer dans le rapport quelques tableaux quantitatifs sur les différentes formes de handicap. Je n'ai pas l'impression que cet aspect ait été beaucoup évoqué lors de l'audition. Or quand on parle d'un marché, il est intéressant d'en connaître l'évolution. On peut d'ailleurs imaginer que celui de la mobilité en général et de l'exosquelette en particulier va bénéficier – et bénéficie déjà – de véritables progrès. Cela a des implications extrêmement fortes sur la vie quotidienne de la population française car celle-ci vieillit et est donc confrontée à un type de handicap prévisible, pour lequel une politique systématique est engagée. Mais l'ensemble de la politique de prise en charge du handicap est parfois un peu compliqué. C'est la raison pour laquelle je pense qu'une approche par la mobilité individuelle permettrait de régler un certain nombre de problèmes, en tout cas de simplifier les choses.

M. Cédric Villani, député, président de l'Office. – J'ai moi aussi quelques commentaires. Premièrement, les outils du crédit d'impôt recherche (CIR) et des conventions de thèses dites conventions industrielles de formation par la recherche (Cifre) ont bien été mentionnés dans le rapport. Nous savons que ce sont là des sujets controversés, surtout le CIR. Dans le secteur du handicap, son impact est indéniable car les financements consentis pour mettre au point les dispositifs sont difficiles à amortir en raison de marchés étroits. Il n'est pas inutile de rappeler ce point, voire d'insister un peu.

Il y a plusieurs positions dans le monde politique sur le CIR. Certains considèrent qu'il faut purement et simplement le supprimer et allouer à la recherche des moyens équivalents. D'autres affirment qu'il s'agit de deux choses différentes et que, pour ce qui concerne le CIR, la « recherche » doit être vue comme de la R&D et qu'elle n'est pas en concurrence avec la recherche académique. D'autres encore considèrent qu'il convient de reformuler les règles du CIR afin qu'il ne soit attribué qu'à certains secteurs, par exemple en soumettant son obtention à des critères de responsabilité sociale et environnementale – c'est ma position. En tout état de cause, le handicap est un secteur où le CIR ne doit pas passer à la trappe car il y a un rôle majeur.

Ma deuxième remarque touche à quelque chose qui n'était pas au cœur de l'audition mais qui est très familier aux parlementaires. Il s'agit des difficultés rencontrées par les usagers avec les maisons départementales des personnes handicapées (MDPH). Les conflits sont innombrables entre celles-ci et les personnes en situation de handicap, avec leurs familles. Ils portent sur la complexité des dossiers, la durée de leur instruction, le montant des aides attribuées ainsi que leur complément. Il s'agit de dossiers douloureux, parfois interminables et indémêlables. J'ai tenté d'améliorer certaines choses en mettant en contact la MDPH de mon département, l'Essonne, avec des associations spécialisées dans la transition numérique afin de développer l'usage d'algorithmes pour améliorer le traitement des dossiers. Ces associations ont conclu que le système d'information des MDPH était tellement dépassé, antédiluvien, qu'il était

impossible d'y faire fonctionner les logiciels nécessaires. Il me semble que, depuis, une refonte de ces systèmes d'informations a été engagée. Il serait judicieux que, dans le prolongement de nos travaux, le Parlement puisse évaluer l'efficacité des nouveaux systèmes. Sur un plan plus général, il est intéressant de se demander si les technologies de l'information peuvent aider à améliorer l'efficacité des MDPH.

Ma troisième remarque porte sur un organisme qui n'a pas été évoqué lors de l'audition mais qui a pour vocation de faire entendre le point de vue des personnes en situation de handicap. Il s'agit du Conseil national consultatif des personnes handicapées (CNCPH), collège d'environ 160 membres. Jusqu'à tout récemment, je ne le connaissais pas mais j'ai été nommé à son conseil scientifique. Il est actuellement présidé par Jérémie Boroy, lui-même personne malentendante. Celui-ci est extrêmement actif pour faire appliquer réellement les lois, car trop souvent, sur le terrain, elles ne le sont pas. Le cahier des charges de cet organisme répond bien à certaines recommandations que nous propose Huguette Tiegna, notamment la nécessité d'avoir un point de vue centré sur l'humain et sur les besoins des usagers plutôt que sur la répartition des ressources et les possibilités techniques. Le CNCPH doit faire partie de la mise en œuvre de la politique du handicap, y compris dans le développement des technologies. Par exemple, il a été récemment très actif sur la mise en œuvre d'un dispositif de traduction par téléphone au profit des personnes malentendantes. Ce système de traduction automatique, entre langue des signes et communication orale, est assuré par un service public. Dans certains pays, cela fonctionne beaucoup mieux qu'en France.

Une ultime remarque porte sur un point de détail, qui concerne la façon de présenter dans le rapport la récente note scientifique de notre collègue Patrick Hetzel sur les neurotechnologies. Je propose de reformuler la phrase afin que le lecteur comprenne que les interfaces cerveau-machine ne sont pas le sujet principal de la note, qui était bien plus riche, mais seulement un parmi d'autres. La rédaction pourrait être : « La note scientifique de l'Office consacrée aux neurotechnologies évoque les possibilités offertes par les BCI ».

J'ai enfin une question. Que faut-il comprendre exactement par « L'Allemagne a récemment annoncé que marcher constitue un droit fondamental » ? Cette phrase vise-t-elle l'Allemagne au sens de ses institutions, notamment le Parlement, ou de sa Constitution ?

Je souhaite à mon tour féliciter notre collègue Huguette Tiegna, non seulement pour la qualité de ses propositions mais aussi pour avoir porté ce thème. Nous voyons en effet à quel point il était bienvenu et s'inscrivait parfaitement dans l'histoire de l'Office ainsi que dans les préoccupations actuelles sur la nécessité d'une interface fluide entre science, politique et société.

Mme Huguette Tiegna, députée, rapporteure. – Tout d'abord, je veux remercier notre collègue Michelle Meunier pour ses remarques bienveillantes et

pour les informations qu'elle vient de nous donner sur la société Orthopus. Il est vrai que le sujet du handicap, vu sous l'angle des nouvelles technologies, est très intéressant. Il existe dans nos territoires des sociétés qu'il convient de pousser et de mettre en lumière. Si nous faisons connaître leur objet technique, donc social, ces entreprises pourront bénéficier du soutien que l'État doit leur apporter.

Monsieur le premier vice-président, il est vrai que je n'ai pas beaucoup abordé la dimension quantitative du handicap en France. Je suis donc tout à fait d'accord pour introduire les données statistiques intéressantes que je pourrai trouver.

Il est très important de chercher à orienter le CIR vers des technologies qui ont du mal à être financées, notamment le handicap. Les dernières évaluations conduites sur le dispositif montrent qu'il y a eu des avancées, mais il faut continuer à l'améliorer.

M. Cédric Villani, député, président de l'Office. – Ce propos est tout à fait juste. Dans un rapport récent, la Cour des comptes a conclu qu'une bonne partie, sinon la quasi-totalité du CIR est un soutien à l'industrie avec des effets d'aubaine qui conduisent à soutenir des recherches qui auraient été réalisées de toute façon. Cela ne veut pas dire, en-soi, que le dispositif est mauvais, mais que la cible effective du soutien est moins la recherche que l'industrie. Avec le handicap, nous ne sommes pas du tout dans ce cas de figure : il n'y a pas d'effet d'aubaine.

Mme Huguette Tiegna, députée, rapporteure. – Effectivement, il faut voir ici le CIR comme un élément d'une politique sociale d'ensemble car, en tout état de cause, l'État prend en charge le handicap. Donc autant contribuer à la recherche, d'autant que ces technologies bénéficient aussi au plus grand nombre, comme l'illustre l'exemple de la télécommande : à l'origine, elle a été inventée pour les personnes en situation de handicap et nous en bénéficions tous aujourd'hui.

Aujourd'hui, une exigence devient de plus en plus forte : tout ce qui comporte un volet social devrait aussi bénéficier d'un soutien à l'innovation. En ce sens, une partie du plan d'investissements « France 2030 » pourrait être dirigée vers les technologies de soutien aux personnes en situation de handicap, qui devraient se voir intégrées dans les cahiers des charges des appels à projet.

Les MDPH sont un sujet très complexe...

M. Cédric Villani, député, président de l'Office. – ... mais familier, hélas.

Mme Huguette Tiegna, députée, rapporteure. – Familier, oui. Les délais sont différents d'un département à l'autre. Lors d'un déménagement, il faut redéposer un dossier et cela est pénible pour les familles. Depuis 2018, il y a toutefois eu des évolutions. Un rapport rédigé par l'un de nos collègues, Aurélien

Taquet, devenu depuis secrétaire d'État à l'enfance et aux familles, a mis l'accent sur la numérisation, car les insuffisances constatées en la matière sont en partie la cause des longs délais de traitement – trois mois en moyenne dans le Lot, me semble-t-il. Il faut continuer à travailler sur la numérisation, dont l'avancement dépend d'abord des collectivités territoriales mais que l'État doit accélérer puisqu'il est partie prenante au groupement d'intérêt public qu'est la MDPH. Il doit en être de même dans tous les services publics.

Je dois souligner que le degré de handicap n'est pas facile à déterminer. Souvent, ceci revient à des médecins généralistes et non à des spécialistes. Les technologies sur lesquelles j'ai décidé de donner un éclairage ne concernent pas uniquement le médecin traitant. C'est la raison pour laquelle le rapport appelle à renforcer l'information à destination des acteurs au service des personnes handicapées. Un important travail doit être effectué afin d'aider les MDPH à bien orienter ces personnes.

J'avais un temps songé à intégrer le CNCPPH au programme de l'audition. Cependant, comme celle-ci portait sur les technologies, j'ai préféré concentrer le programme sur la recherche et l'entreprise. Néanmoins, il pourrait en être fait mention dans le rapport.

Une remarque portait sur la problématique de l'évaluation des aides techniques. Afin d'aider au mieux les personnes en situation de handicap, il est fondamental d'évaluer les dispositifs qu'on leur propose, d'autant que les technologies, particulièrement le numérique, évoluent de jour en jour et que les déficiences qu'il faut compenser peuvent évoluer elles aussi.

S'agissant du « droit à marcher » récemment reconnu en Allemagne, il s'agissait d'une décision de justice.

L'audition publique a été très intéressante et nous allons continuer à travailler sur les différents points qui y ont été abordés, ainsi que sur ceux qui ont été évoqués au cours de la réunion d'aujourd'hui. Nous les clarifierons au mieux afin d'améliorer encore la prise en charge de ces technologies, sur les aspects technique, financier et humain. Je remercie également les membres de l'Office pour l'accueil fait à ce rapport.

M. Cédric Villani, député, président de l'Office. – Merci beaucoup chers collègues. Je partage ce point de vue et adresse à nouveau mes félicitations à Huguette Tiegna pour son travail, si nécessaire à notre société. Je vous propose d'adopter les conclusions qui nous sont présentées et d'autoriser la publication du rapport, qui contiendra aussi le compte rendu intégral de l'audition publique.

L'Office adopte les conclusions de l'audition publique du 21 octobre 2021 et autorise la publication, sous forme de rapport, du compte rendu de l'audition et de ces conclusions.

ANNEXE : PRÉSENTATIONS DES PARTICIPANTS À L'AUDITION PUBLIQUE

PRÉSENTATION DE M. DAVID ORLIKOWSKI,
MÉDECIN, DIRECTEUR DU CENTRE D'INVESTIGATION CLINIQUE DE
GARCHES

Les technologies au service des handicaps sensoriels et moteurs

Pr David Orlikowski

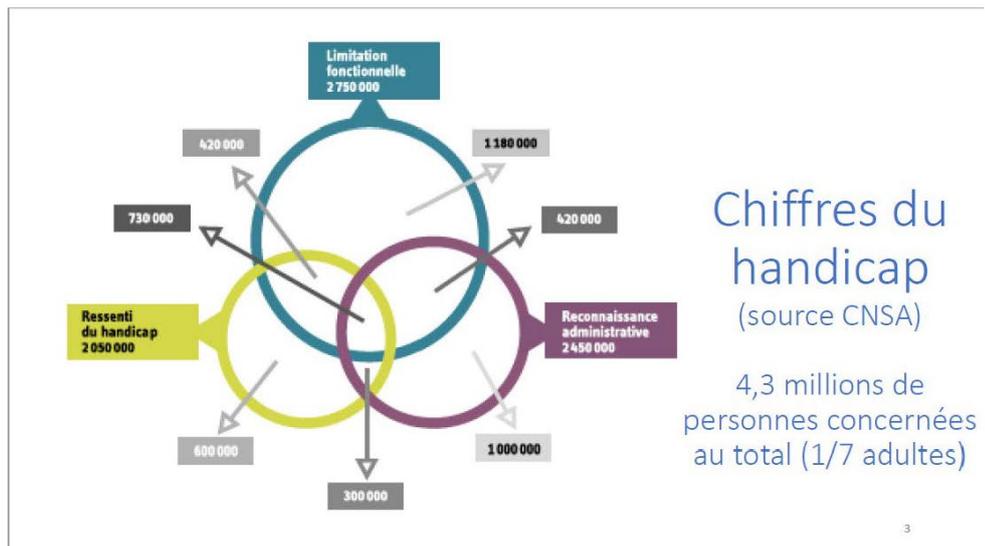
Centre d'investigation clinique et d'innovation technologique 1429
Hôpital Raymond Poincaré Garches

AP-HP, Université Paris-Saclay
Antoine-Bécclère • Maritime de Berck • Bicêtre • Paul-Brousse • Ambroise-Paré • Sainte-Périne • Raymond-Poincaré



Le HANDICAP

- « Constitue un Handicap, au sens de la loi, toute limitation d'activité ou restriction de participation à la vie en société subie dans son environnement par une personne en raison d'une altération substantielle (déficience) durable ou définitive d'une ou plusieurs fonctions physiques, sensorielles, mentales, cognitives ou psychiques, d'un polyhandicap ou d'un trouble de la santé invalidant. »



Les différents types de handicap

Handicap moteur

Handicap visuel

Handicap auditif

Handicap « mentaux »

Handicap moteur

- La motricité est la fonction générale relative
 - au maintien de la posture,
 - à la production de mouvements de différentes natures :
 - volontaires,
 - automatiques,
 - réflexes.

5

Handicap moteur

La déficience motrice

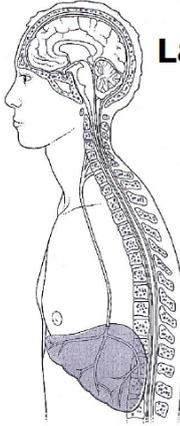
- Se traduit par
 - La perte ou
 - L'altération...d'une structure, d'une fonction physiologique ou anatomique

Elle résulte d'une atteinte :

- du système nerveux central (encéphale et moelle épinière),
- du système nerveux périphérique (allant de la moelle épinière aux organes),
- des muscles ou du squelette

6

Handicap moteur

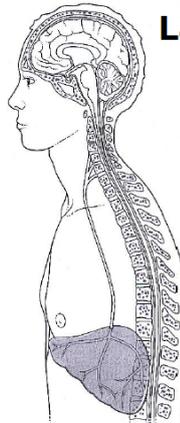


La déficience motrice d'origine cérébrale

- Elle est due à des :
 - lésions très précoces du cerveau (IMC, IMOC)
 - atteintes plus tardives (TC, Méningo-encéphalite, AVC, SEP, tumeur,....)
- Elle est non évolutive
- Elle atteint la commande et la régulation nerveuses.
- Elle entraîne des perturbations :
 - du tonus musculaire
 - de la régulation automatique des mouvements
 - de leur commande volontaire

7

Handicap moteur



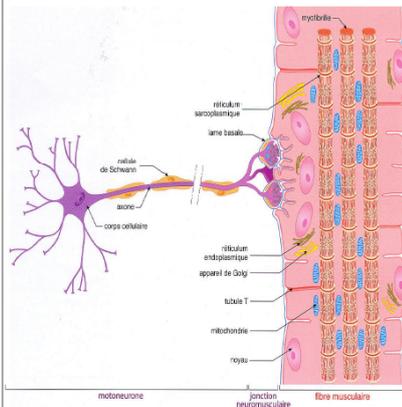
La déficience motrice d'origine médullaire

- Elle est due à des :
 - malformations congénitales (spina-bifida)
 - interruptions de la moelle par traumatismes ou maladies
- Elle atteint la conduction de l'influx nerveux moteur ou sensitif.
- Elle entraîne des perturbations :
 - motrices (paralysies flasques ou spastiques,) avec des retentissements possibles type rétractions musculaires
 - sensibles (insensibilité)
 - troubles sphinctériens
 - difficultés d'adaptation à l'effort
 - fragilité osseuse

8

Handicap moteur

La déficience motrice d'origine neuromusculaire.



- Elle est due à des maladies évolutives, le plus souvent génétiques, qui touchent soit :
 - le corps cellulaire du neurone moteur au niveau de la corne antérieure de la moelle (amyotrophie spinale, SLA..),
 - la fibre nerveuse ou axone (Charcot-Marie-Tooth..),
 - la synapse ou jonction neuromusculaire (myasthénie)
 - la fibre musculaire (myopathies)
- Elle entraîne :
 - Une diminution progressive de la force contractile des muscles volontaires (perte de la force musculaire)

9

Handicap moteur

La déficience motrice d'origine ostéo-articulaire.



- Elle est due à :
 - des malformations (absence ou anomalie d'un membre,
 - d'un trouble de la formation de l'os (ostéogénèse imparfaite),
 - de lésions rhumatismales (polyarthrite rhumatoïde),
 - de lésions infectieuses,
 - d'accidents.
- Elle entraîne :
 - Une diminution de mobilité des mouvements,
 - des douleurs.

10

Handicap moteur

Des troubles associés possibles

- Neurologiques: épilepsie ...
- Autres fonctions: respiratoires, urologiques, digestives...
- Les troubles neuropsychologiques :
 - neurovisuels.
 - praxiques,
 - du langage,
 - de la mémoire,
 - des fonctions cognitives
- Psychoaffectifs :
 - émotivité, insécurité, dévalorisation, dépendance affective, états dépressifs, agitation, instabilité...

11

Handicap visuel

Définitions :

- La déficience visuelle est définie par 2 critères objectifs :
 - **L'acuité visuelle** définie comme l'aptitude que possède un œil à apprécier les détails
 - **Le champ visuel** caractérisé par l'étendue de l'espace qu'un œil immobile peut embrasser
- L'OMS distingue 5 catégories de déficiences visuelles :
 - **I** - La **cécité totale** (aucune perception)
 - **II** - La **cécité presque totale** (perception lumineuse, parfois les formes, masses ou volumes) AV binoculaire < 1/50, CV < 5°
 - **III** - La **cécité partielle** AV binoculaire comprise entre 1/50 et 1/20, CV compris entre 5° et 10° (comptage des doigts possible à moins de 3 m, lecture possible des grands titres des journaux).
 - **IV** - **Déficience visuelle profonde** AV binoculaire comprise entre 1/20 et 1/10
 - **V** - **Déficience visuelle légère** AV binoculaire comprise entre 1/10 et 3/10, CV d'au moins 20°

12

Handicap visuel

Définitions :

- En France on considère comme :
 - **malvoyante** toute personne dont l'AV est inférieure ou égale à 4/10 au meilleur œil après correction et CV réduit à 20°
 - **Aveugle** toute personne dont l'AV est inférieure ou égale à 1/20 au meilleur œil après correction et CV réduit à 10°

13

Handicap auditif

Les types de surdité.

- **Surdité de transmission** , atteinte du Conduit Auditif Externe et oreille moyenne, peu grave, se traite bien , voix normale
- **Surdité de perception**, transmission correcte mais la perception par l'oreille interne est défectueuse, les bruits ambiants perturbent, les sons aigus sont mal perçus, la personne a du mal à contrôler l'intensité et le timbre de sa voix.
- **Autres surdités**, atteintes du nerf auditif ou des centres cérébraux, surdités mixtes

14

Handicap auditif

Les niveaux de surdité.

- **Surdité légère** 20/40dB dépistage tardif vers 6 ans au moment de l'apprentissage de la lecture. Appareillage nécessaire
- **Surdité moyenne 40/70dB** retard de parole et de langage dépistage vers 2/3 ans, appareillage et r ducation nécessaires
- **Surdité sévère 70/90 dB** pas de langage oral. Appareillage et r ducation ++. Qualité de la voix difficile à obtenir
- **Surdité profonde** sup à 90dB dépistage précoce si possible, implant ou appareillage avec r ducation+++ , Utilisation précoce de modes de communication (LSF, LPC, mimogestualit ..)

15

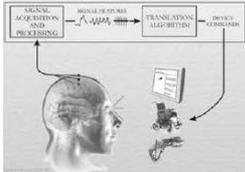
Handicap « mentaux »

Définitions :

- Complexité des notions
- « **Handicap mental** » : conséquence d'une d ficiance intellectuelle
- « **Handicap psychique** » : conséquence d'une d ficiance psychique. Il n'affecte pas directement les capacités intellectuelles, mais plutôt leur mise en œuvre.
- « **Déficiences spécifiques des fonctions cognitives** » dans cette catégorie on y retrouve les déficiences du langage ou d'autres troubles des apprentissages.

16

Innovation technologique et handicap moteur



17



PRÉSENTATION DE M. SERGE PICAUD, DIRECTEUR DE L'INSTITUT DE LA VISION



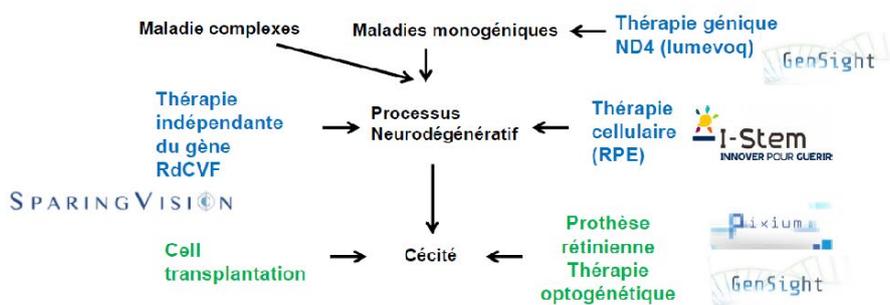
L'institut de la vision, IHU FOReSIGHT et la restauration visuelle

Serge Picaud et José Sahel, Institut de la Vision, Paris, France

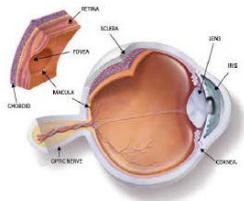
Conflicts of interest: Pixium Vision, Gensight Biologics, PropheSee, Iconeus, Sparing Vision, Gamut



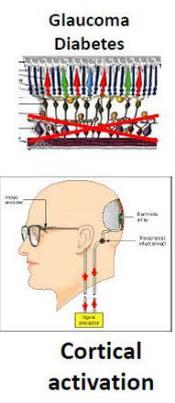
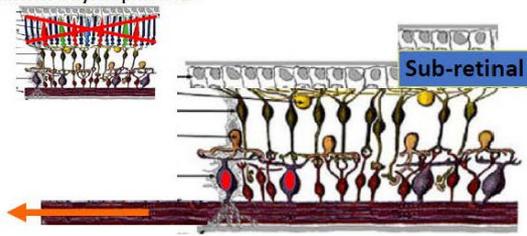
Les stratégies thérapeutiques



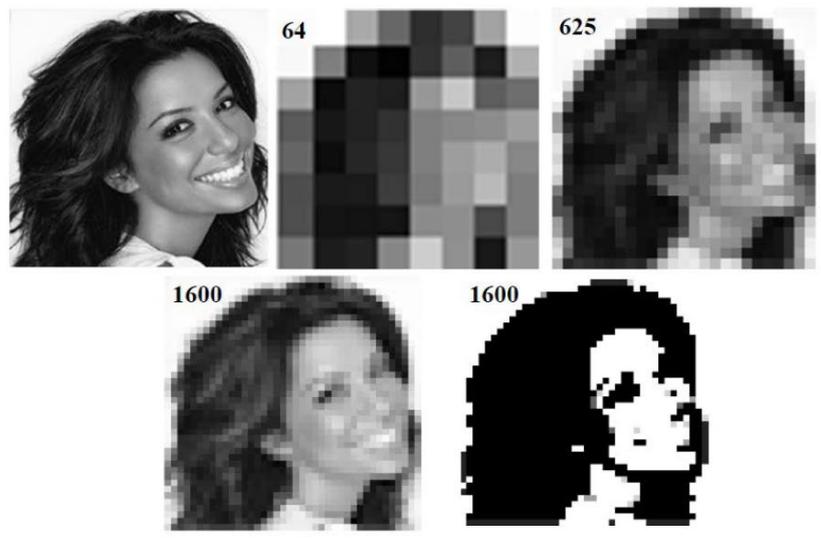
La restauration visuelle



Macular degeneration
Inherited dystrophies: RP



Vision and pixels



Essai clinique Dégénérescence maculaire liée à l'âge

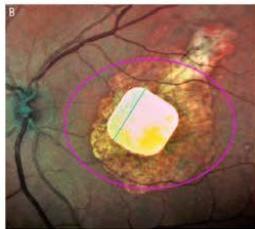


Acuité visuelle: 20/460 - 20/565

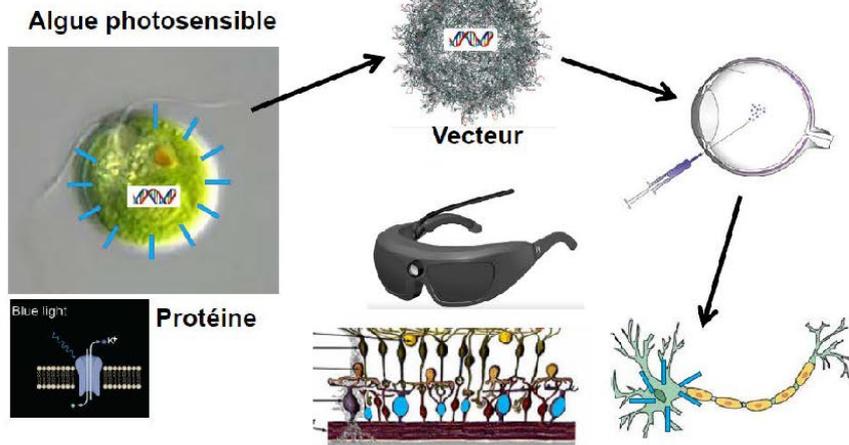
(Palanker et al., Ophthalmology 2020)

Fusion des visions prothétique et naturelle

(Palanker et al., Research Square 2021)



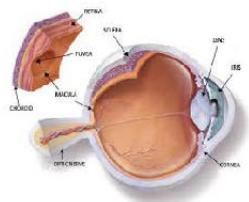
Thérapie Optogénétique



Thérapie optogénétique: Le premier patient

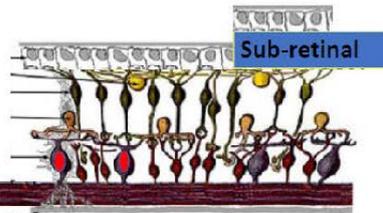


(Sahel et al., Nature Medicine 2021)

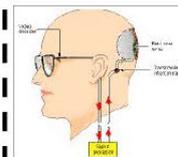


La restauration visuelle

Macular degeneration
Inherited dystrophies: RP

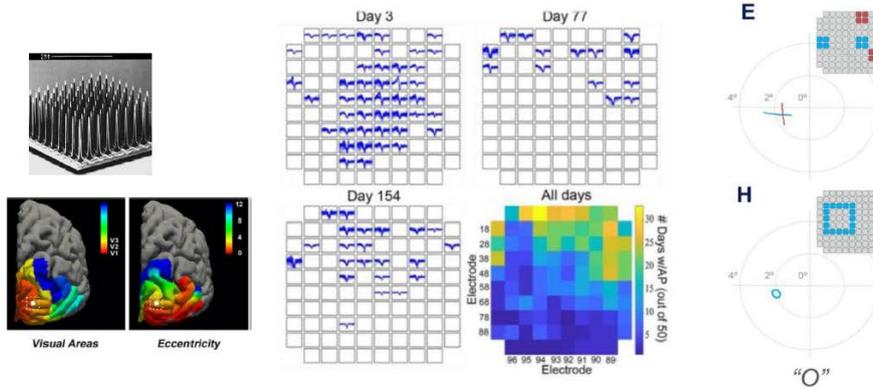


Glaucoma
Diabetes



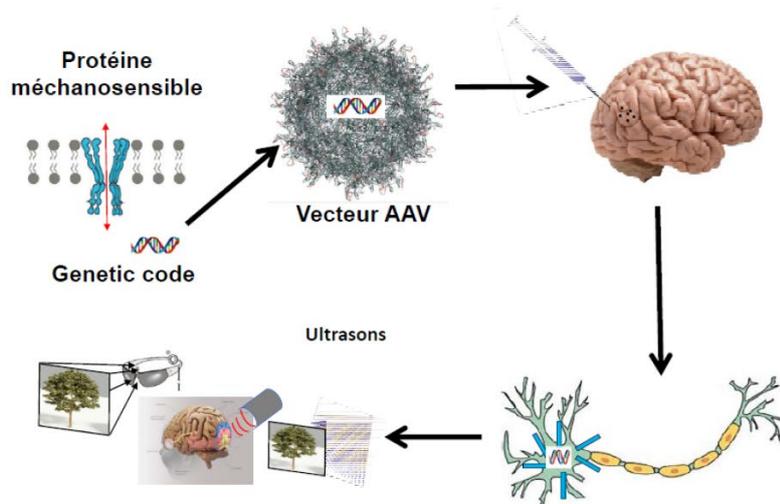
Cortical
activation

Stimulation corticale par matrice d'électrodes: UTAH array

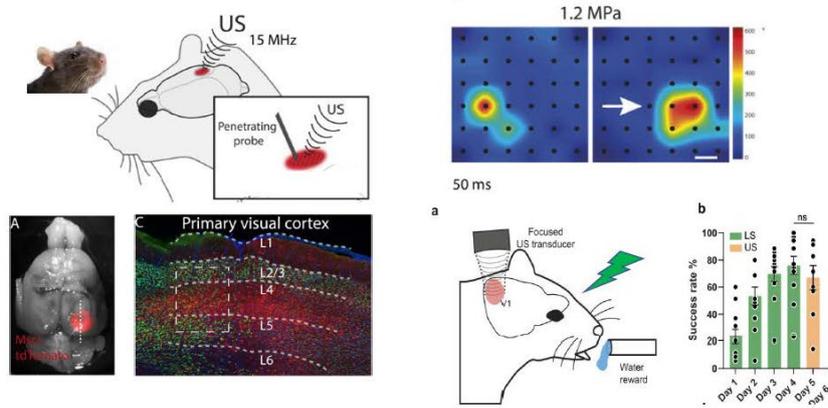


Fernandez et al., J Clin Invest 2021

La thérapie sonogénétique



Résolution spatio-temporelle de la thérapie sonogénétique



(Cadoni et al., BioRxiv 2021)

JO 2024 Inclusif: Evaluation Streetlab

MOBILITÉ	PARTICIPATION & IMMERSION	INFORMATION, SERVICES & SÉCURITÉ
Navigation GPS balise sonore	Audiodescription Casques immersifs	APPs Conciergerie Prise en charge
		

WEB TV

GRAND PUBLIC:
LA RECHERCHE ET INNOVATIONS
THÉRAPEUTIQUES



La journaliste **Élisabeth Quin**,
des chercheurs, des cliniciens et
des patients



FAQ en direct

replay ou en podcast



Information et inscription
www.institut-vision.live



PRÉSENTATION DE M. LUDOVIC SAINT-BAUZEL,
CHERCHEUR À L'INSTITUT DES SYSTÈMES INTELLIGENTS ET DE ROBOTIQUE,
MEMBRE DE LA FEDRHA



Audition OPECST

Panorama Technologie de compensation du handicap

26/01/2022

Ludovic Saint-Bauzel



Technologies portent les innovations

- Théorie
 - Automatique, Mathématique
- Capteurs (Caméras 3D, Lidar 3D)
 - Mesa 3D 5000€ – Kinect 200€
- Moteurs
 - Rapport couple encombrement ++
- Impression 3D
 - Communautaire et participatif
- Sans fil (3g, Bluetooth LE, RFID)
 - Mobilité accrue, moins de connections
- Ordinateurs (CPU, GPU, SSD, RAM)
 - Capacités de calcul et de stockage « infini »

26/01/2022

Ludovic Saint-Bauzel

2

- Théorie
 - Automatique, Mathématique
- Technologies :
 - Fauteuil roulant motorisé intelligent

- Moteurs
 - Encombrement réduit
- Technologies
 - Exosquelettes (ordre de grandeur prix ?, centres hospitaliers)
 - Prothèses de cheville, genou-cheville (prix ?)

Technologies portent les innovations

- Capteurs (Caméras 3D, Lidar 3D)
 - Mesa 3D 5000€ → Kinect 200€
- Technologies
 - Déambulateurs intelligents (modèle économique : location) ,
 - outils de rééducation à la maison (serious games)

Technologies portent les innovations

- Impression 3D
 - Communautaire et participatif
- Technologie
 - Prothèses passives
 - Robots d'assistance sur un modèle open-hardware

Technologies portent les innovations

- Sans fil (3g, Bluetooth LE, RFID)
 - Mobilité accrue, moins de connexions
 -
- Ordinateurs (CPU, GPU, SSD, RAM)
 - Capacités de calcul et de stockage « infini »

Technologies portent les innovations

- Ordinateurs (CPU, GPU, SSD, RAM)
 - Capacités de calcul et de stockage « infini »
- Technologies :
 - Difficile pour le handicap
 - Expression unique de la pathologie vs généralisateur universel (deep tech)



Fedrha

Parcours du combattant d'une technologie

- Invention :
 - La définition d'un nouvel usage
 - Aucune certitude de la faisabilité
- Développement du prototype
 - Ingénierie de qualité
 - Etude des avantages/nouveauté de la techno par rapport à l'existant
- Technologies :

La recherche est la capacité à proposer des solutions qui ne sont pas proposées par d'autre. C'est le coeur de l'invention et c'est la moins bien servie dans le système actuel.

Il existe une vision pro-industrielle qui oublie que pratiquement aucune technologie qui arrive sur un marché est le fruit d'une invention indépendante de l'état des connaissances/recherches du moment.



Fedrha

Parcours du combattant d'une technologie pour les chercheurs académiques

- Crédits de recherche : environ 5k€ par chercheur par an
 - AKA un stagiaire et un ordinateur
- ANR : 300k€ < 15 %
 - Une thèse un peu d'ingénierie
 - Identification de la valeurs ajoutée scientifique
 - Aucune certitude de la faisabilité
- Développement du prototype
 - Ingénierie de qualité
 - Etude des avantages/nouveauté de la techno par rapport à l'existant
- Technologies :

- 1 an : Idée faire une exosquelette sans cannes
 - C'est quoi la valeur ajoutée par rapport aux recherches actuelles
 - Comparaison internationale de l'idée
- 3 ans : ANR JCJC (si on a eu l'idée jeune): 300k€
 - Une thèse (un problème scientifique)
 - Un peu d'ingénieur (24 mois environ)
 - Campagne de mesure de la valeur ajoutée sur personnes saines
- 3 ans : ANR PRC Hopital / Chercheur (600k€)
 - 1 thèse (nouveau problème scientifique)
 - Un Ingé 3 ans
 - Nouveau prototype
 - Résultats probant sur quelques patients
- Lancement du projet d'entreprise (discutez du parcours suivant avec Wandercraft)



Fedrha

Parcours du combattant d'une technologie pour les chercheurs académiques

- Taille de marché
 - 2012 3
 - 2013 6
 - 2014 10-12
 - 2015 20
 - 2016 30
 - 2017 50
 - 2018 60
 - 2019 70
 - 2020 80-90
 - 70 M
- 1 an : idée faire une exosquelette sans cannes
 - C'est quoi la valeur ajoutée par rapport aux recherches actuelles
 - Comparaison internationale de l'idée
 - 3 ans : ANR JCJC (si on a eu l'idée jeune): 300k€
 - Une thèse (un problème scientifique)
 - Un peu d'ingénieur (24 mois environ)
 - Campagne de mesure de la valeur ajoutée sur personnes saines
 - 3 ans : ANR PRC Hospital / Chercheur (600k€)
 - 1 thèse (nouveau problème scientifique)
 - Un ingé 3 ans
 - Nouveau prototype
 - Résultats probant sur quelques patients
 - Lancement du projet d'entreprise (discutez du parcours suivant avec Wandercraft)



Fedrha

Technologies portent les innovations

- Ordinateurs (CPU, GPU, SSD, RAM)
 - Capacités de calcul et de stockage « infini »
- Technologies :
 - Difficile pour le handicap
 - Expression unique de la pathologie vs generalisateur universel (deep tech)

PRÉSENTATION DE M. DAVID GOUAILLIER,
DIRECTEUR D'ORTHOPUS, ENTREPRISE FRANÇAISE À MISSION QUI
RÉALISE DES ASSISTANTS ROBOTIQUE POUR LA MOBILITÉ DES BRAS

ORTHOPUS

HANDITECH SOLUTIONS
FOR EVERYONE



 Nantes

TECH & SOLIDARITÉ

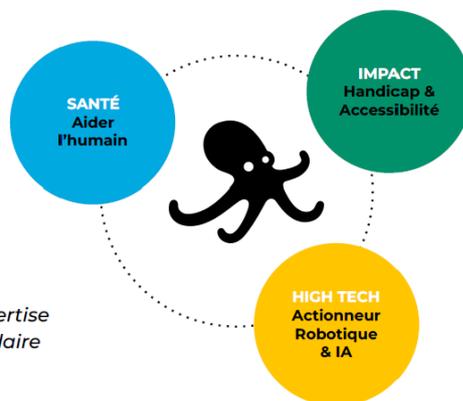
ORTHOPUS est une **société à impact** qui développe des **assistants robotiques innovants** et **accessibles**.



DAVID GOUAILLIER

Fondateur & CEO
Docteur en robotique
Co-créateur du [robot NAO](#)
Co-fondateur d'Aldebaran Robotics en 2005

“ Avec ORTHOPUS je veux investir mon expertise technologique au service d'un projet solidaire dans le secteur de la santé. ”



2

HANDITECH SOLUTIONS FOR **EVERYONE**



World Health
Organization

CONSTAT

Selon l'OMS, 15% de la population mondiale vit avec un handicap et **9 personnes en situation de handicap sur 10** n'ont pas accès aux aides techniques dont elles ont besoin (aggravant exclusion, isolement et pauvreté)

IMPACT



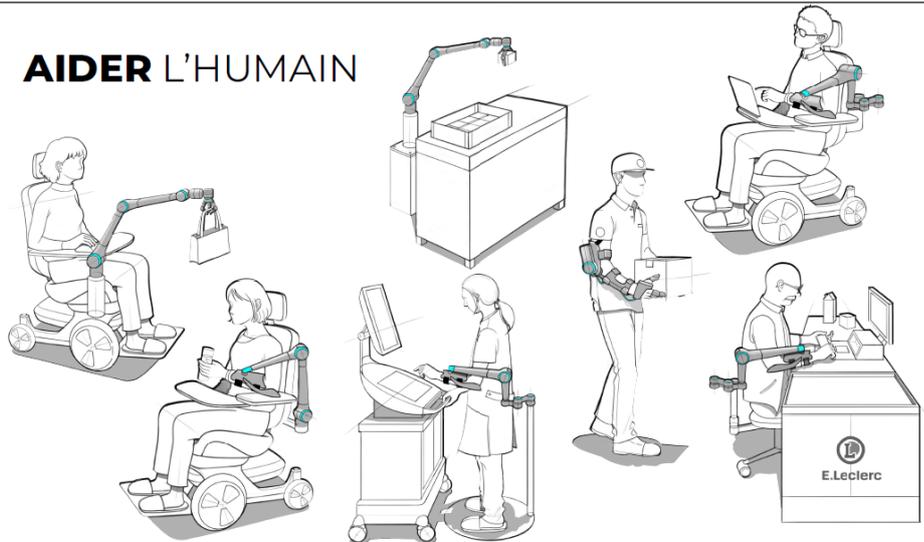
ORTHOPUS a une **mission sociale**

(agrément **ESUS**):

- apporter des solutions techniques **accessibles** au plus grand nombre
- transférer l'**innovation technologique** (high tech trop sectorisée) au service des personnes en situation de handicap
- participer au développement de **technologies solidaires**

3

AIDER L'HUMAIN

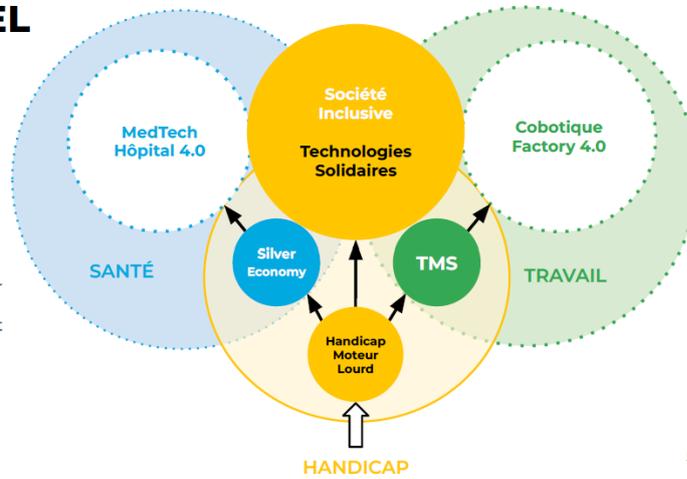


4

POTENTIEL MARCHÉ

Nos technologies qui **aident et assistent l'humain** peuvent desservir plusieurs marchés.

ORTHOPUS a choisi d'adresser le marché du handicap en premier lieu, car celui-ci est en **manque de solutions** et répond à notre **mission sociale**.



5

NOTRE ÉQUIPE



DAVID GOUAILLIER
Fondateur & CEO
Docteur en robotique
 Spécialiste du mouvement
 Co-créateur du robot NAO & Co-fondateur
 d'Aldebaran Robotics
 Leader charismatique



DOROTHÉE PETROFF
Chargée de développement stratégique
 Master Sciences Po & Humanités
 MBA Chief Value Officer
 Spécialiste en **business à impact**
 +7 ans Exp dans le **secteur de l'innovation** :
 institut de recherche, start-up hardware, NGO



THIBAUT DAVASSE
Coordinateur R&D
 Master en mécanique
 Spécialiste **conception de sous-systèmes robotiques**,
 +7 ans Exp en robotique : recherche en actionneurs,
 main bionique dont 5 ans à l'Advanced Mechatronic
 Lab d'Aldebaran Robotics

6

NOTRE ÉQUIPE

FLORIAN ARMANGE
Ingénieur systèmes embarqués
 Master Génie informatique et électronique
 Spécialiste du **contrôle d'actionneurs de robots**
 +10 ans Exp dans l'automobile et la robotique dont 5 ans à l'Advanced Mechatronic Lab d'Aldebaran Robotics



CÔME BUTIN
Ingénieur mécatronique
Docteur en thèse CIFRE
 Double qualification ingénierie & expertise robotique
 Première publication scientifique sur un projet de robot parallèle à câble



LÉA ROY
Chargée Affaires Réglementaires
 Master biomatériaux et dispositifs médicaux
 Spécialiste des **dispositifs médicaux**
 + 2 ans Exp en **santé** & pharmaceutique



THOMAS SOLATGES
Ingénieur robotique
Docteur en robotique : Arts & métiers / ISAE Supaero
 +7 ans Exp : expérimentation en zéro gravité,
conception hardware et software d'un bras robotique flexible et d'un robot agricole autonome

MONA JAMOIS
Chargée de communication & marketing
 +10 Exp dans la **culture scientifique et technique**, l'économie sociale et solidaire, la fabrication numérique : **communication transmedia**, animation de communautés, événementiel



ALEXANE SCHULTE
Sales & Marketing
 Licence commerce, vente et marketing
 +2 ans Exp en **analyse de marché** & **prospection commerciale**



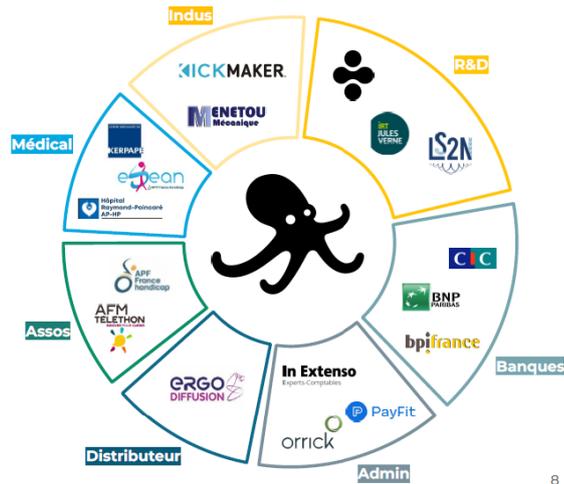
7

NETWORK

GOLD PARTNERS
 Collaborations technologiques et investisseurs

→ **Enchanted Tools - PARIS**
 Co-industrialisation de la brique actionneur avec volume mass market (LOI 500k€)

→ **Kickmacker - PARIS**
 Industrialisation de la brique actionneur en France dans le cadre du plan France Relance 2030.



8

PLAN STRATÉGIQUE

SEED | 2022-24
FR & EU
Structuration



- Répondre aux besoins sur le territoire et en Europe avec nos solutions d'assistance robotique
- Renforcer notre expertise et développer notre image
- Valider notre Business Model (viabilité)

SERIE A | 2025-30
US & Canada
Expansion



- Apporter nos solutions innovantes en Amérique du Nord
- Développer notre catalogue de solutions robotiques pour la santé
- Sécuriser notre Business Model (profitabilité)

SERIE B | 2030-FUTUR
MONDE
Impact



- Apporter des solutions pour les pays émergents
- Contribuer à un système de santé inclusif, ouvert et durable
- Devenir leader de la robotique d'assistance pour l'humain

9

HANDITECH STRATEGY

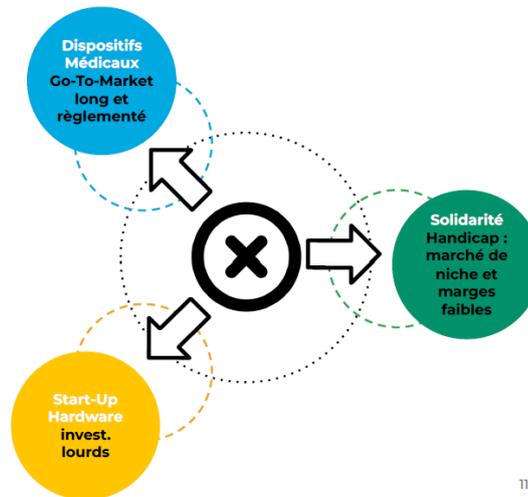
10

LE CHALLENGE

Cette problématique est difficile à adresser :

- nombreuses pathologies
- parfois évolutives
- avec des particularités individuelles

Développer une startup hardware dans le secteur médical du handicap est un **challenge technologique, sociétal et économique**.

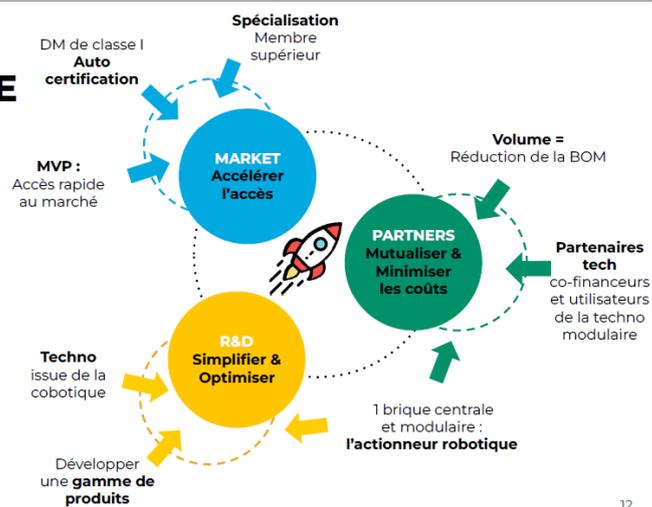


11

LA STRATÉGIE

Pour développer un **Business Model rentable et social**, ORTHOPUS s'appuie sur 3 stratégies complémentaires :

- Mise sur le marché rapide
- Optimisation de la R&D
- Embarquement de partenaires tech et financiers

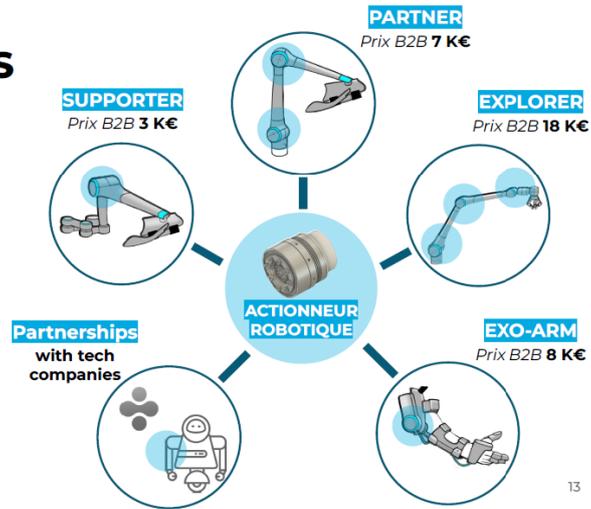


12

NOS SOLUTIONS

Une **GAMME D'ASSISTANTS ROBOTIQUES** dédiée à la **mobilité des bras** pour répondre à tous les besoins et à l'**évolution des handicaps**.

- **INNOVANTE (IA)**
- **PERSONNALISABLE (3D PRINT)**
- **TECHNO MODULAIRE**



13

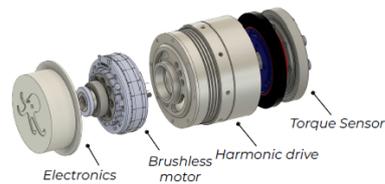
DEEP TECH

Actionneur robotique ORTHOPUS (hardware)

Un actionneur propriétaire compact, performant, proprioceptif et fabriqué en France.

OBJECTIFS :

- Être pionnier et leader sur notre marché
- Maîtriser les coûts pour être compétitif
- Développer des commandes innovantes inaccessibles pour nos concurrents



Commandes innovantes (software + hardware)

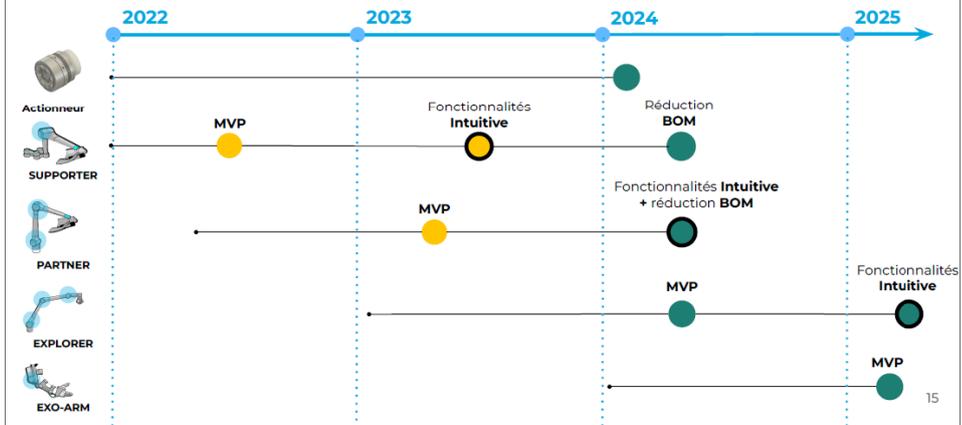
Basées sur l'intelligence artificielle pour offrir plus d'autonomie dans la vie quotidienne.

- **Intuitive control** : déclenchement automatique du déplacement en captant l'intention de mouvement. Cette fonctionnalité libère l'utilisateur des boutons de commande.
- **Assistance à la saisie objet** : simplification de la saisie d'objet d'un bras robotique grâce à des marqueurs intelligents placés dans l'environnement de l'utilisateur.

14

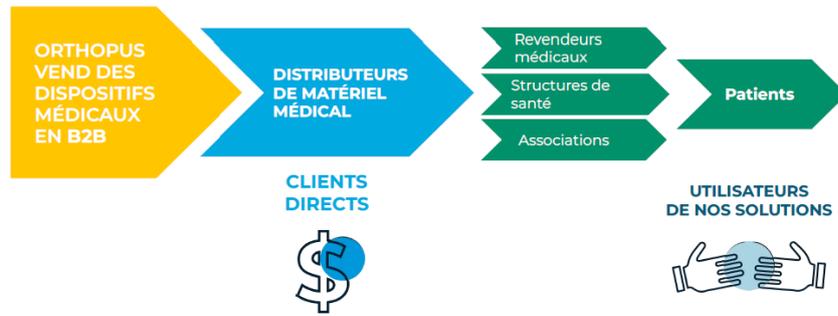
ROADMAP TECH & SALES

● avec actionneur EXTERNE
● avec actionneur ORTHOPUS



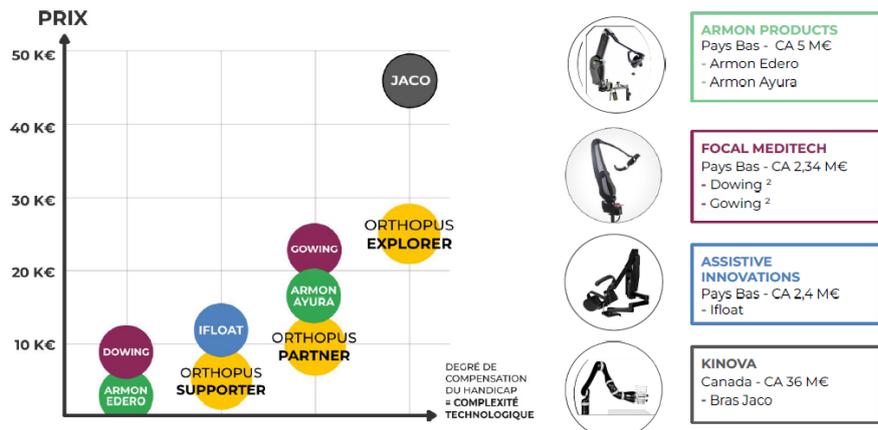
MARKET STRATEGY

BUSINESS MODEL



17

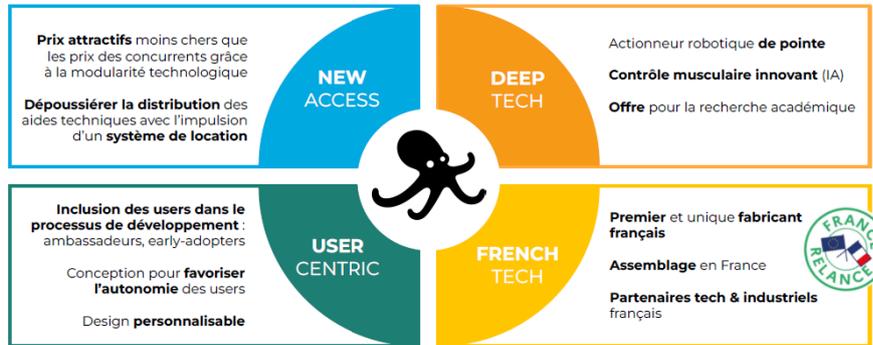
CONCURRENCE



18

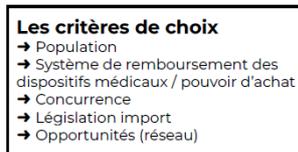
POSITIONNEMENT

Nous concevons des **assistants robotiques innovants et compétitifs**.



19

POTENTIEL MARCHÉ **EUROPÉEN**



- + 83 Millions d'habitants
- + prise en charge complète des supports de bras
- + membre de l'équipe commerciale Franco-Allemande
- + réglementation de reconditionnement des dispositifs médicaux facilitatrice



- + 68 Millions d'habitants
- + réseau de l'entreprise
- + prise en charge des aides techniques via les MPDH
- + très fort réseau associatif de patients



- + 10 millions d'habitants
- + pouvoir d'achat et remboursement élevés
- + innovation technologique dans la santé encouragée
- + moins de concurrents que dans les autres pays

20

TAILLE & CHIFFRES MARCHÉ HANDICAP

$$\text{TAM} = \text{Population} * \text{Taux MNM} * (\% \text{Supporter} * \text{Prix Supporter} + \% \text{Partner} * \text{Prix Partner} + \dots) * 1/\text{Renouvellement}$$

Notre gamme de DM pour le membre supérieur s'adresse aux personnes atteintes de maladies neuromusculaires (MNM) qui affectent le membre supérieur dont

- > Myopathies (Duchenne, Becker, ceintures)
- > Amyotrophie spinale (SMA)

Taux MNM (5 / 100 000 personnes)	
% users du Supporter - 3k€	25%
% users du Partner - 7 k€	15%
% users de l'Explorer - 18 k€	10%
% users de l'Exo Arm - 8 k€	5%
Renouvellement de l'aide	3 ans

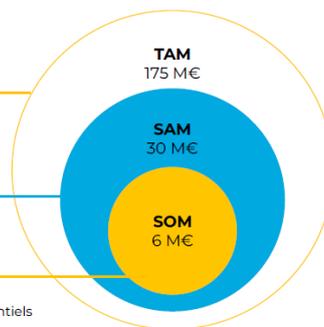
Sources Infos & Datas :
[AFM Téléthon](#)

MONDE
Europe + US + Japon +
Chine + Australie +
Canada + Mexique +
Russie
Population : 2,638 Md

EUROPE
Population : 447 M

20 % EUROPE

En raison de nos prix concurrentiels et de notre innovation, nous estimons capturer **20% du SAM** car il y a actuellement **4 concurrents**.
(voir scénarios business model)



21

SCÉNARIOS ÉCONOMIQUES

Population en fonction des marchés



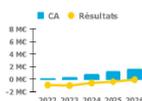
Ces scénarios, classés du plus pessimiste au plus optimiste, sont calculés à partir des données du marché Handicap et établis en fonction de 2 variables :

- Notre capacité à ouvrir de nouveaux marchés (Pop A et Pop B)
- Un taux de pénétration du marché entre 10%, 20% et 30%

Hypothèse commune :

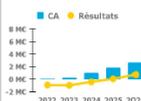
- Calcul CA en fonction de la population touchée
- R&D conforme au prévisionnel
- Rentabilité = CA - Charge prév - Coût Achat Solution

Croissance Pop A
Taux Pénétration 10%



Rentabilité Fin 2025

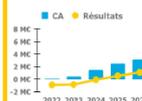
Croissance Pop B
Taux Pénétration 10%



Rentabilité Mi 2025

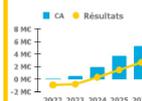
SCÉNARIO RETENU

Croissance Pop A
Taux Pénétration 20%



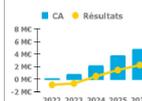
Rentabilité Fin 2024

Croissance Pop B
Taux Pénétration 20%



Rentabilité Mi 2024

Croissance Pop A
Taux Pénétration 30%



Rentabilité Fin 2023

Croissance Pop B
Taux Pénétration 30%



Rentabilité Mi 2023

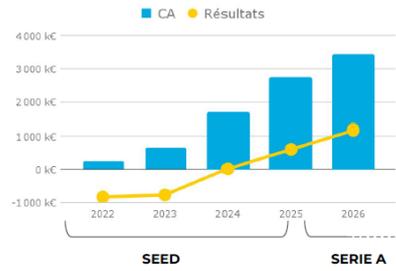
22

OBJECTIFS ÉCONOMIQUES



En plus du CA généré par la vente de chaque solution, le scénario retenu intègre la vente d'**expertise technique** auprès d'**acteurs de l'innovation** tels que l'IRT Jules Verne (Nantes), KickMaker (Paris) et Enchanted Tools (Paris) autour du développement de **briques technologiques stratégiques**

Vente & Location	2022	2023	2024	2025	2026
Supporter (k€)	57	213	324	438	549
Partner(k€)	0	252	585	792	990
Explorer (k€)	0	0	522	1044	1314
ExoArm (k€)	0	0	0	173	266
Expertise (k€)	191	200	240	270	300
Total Revenus (k€)	248	665	1 671	2 717	3 419



23

GO TO MARKET FRANCE

24

FOCUS SUR L'ORTHOPUS SUPPORTER

PREMIÈRE SOLUTION COMMERCIALISÉE EN JUIN 2022

Un assistant robotique qui **facilite les mouvements en allégeant le poids du bras** conçu pour les personnes avec une mobilité limitée (dystrophie musculaire, sclérose latérale amyotrophique, suite d'AVC, TMS).

Prix de vente **3 000€ HT** :

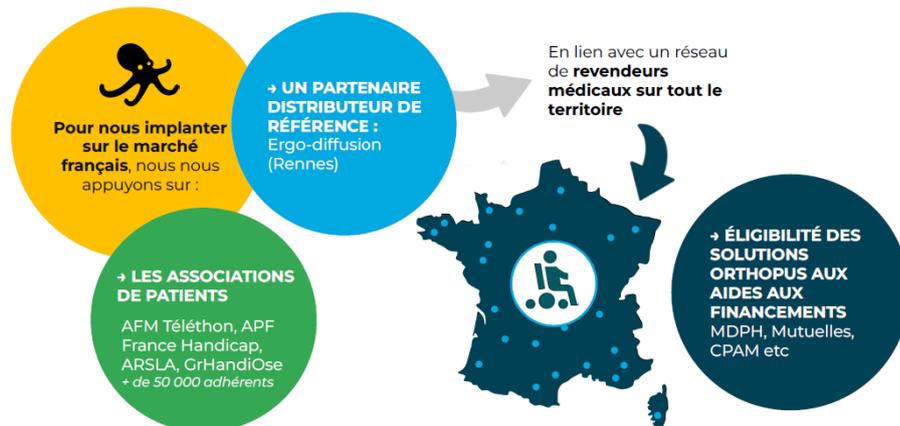
2000 € HT	MARGE COMMERCIALE
1000 € HT	COÛT D'ACHAT (BOM)



- **Personnalisable** (set de coques)
- Fixation **sur fauteuil et sur table**
- Adaptable pour les **enfants**
- **Mode dynamique** et **Mode maintien**

25

STRATÉGIE D'ACCÈS AU MARCHÉ FRANÇAIS



26

GO TO MARKET 2022 ORTHOPUS SUPPORTER



Notre stratégie suit une logique ascendante, **partant du local pour s'étendre au niveau national.**

Nous planifions une **phase de pré-commercialisation avec des early-adopters** locaux (Pays de la Loire et Bretagne).

En parallèle, nous tissons **des collaborations fortes avec des acteurs locaux dans les secteurs de la santé et du handicap** : délégations 44 et Pays de la Loire de l'APF France Handicap et de l'AFM Téléthon, CMRRF de Kerpape, Pôle Saint-Hélier, Cowork Hit de Lorient, Hôpital Saint-Jacques et ESEAN à Nantes.

Pour **accélérer le lancement des ventes**, nous préparons une **promotion multi-canal** incluant des supports vidéos adaptés aux différents canaux webs, des événements en ligne et physiques (salons nationaux du handicap, webinaire pour les ergothérapeutes, rencontres entre personnes handi) et l'impulsion d'une communauté d'utilisateurs.

27

“ Je le recommande au plus grand nombre, cela révolutionne l'avenir des personnes en situation de handicap. ”

“ Ma précision augmente avec le Supporter, je suis plus minutieux qu'avant. ”

“ Quand je veux lire un article, j'ai pas besoin de forcer ce qui est génial. ”

“ Le Supporter m'est utile pour remonter mes lunettes ou attraper les choses en hauteur. ”



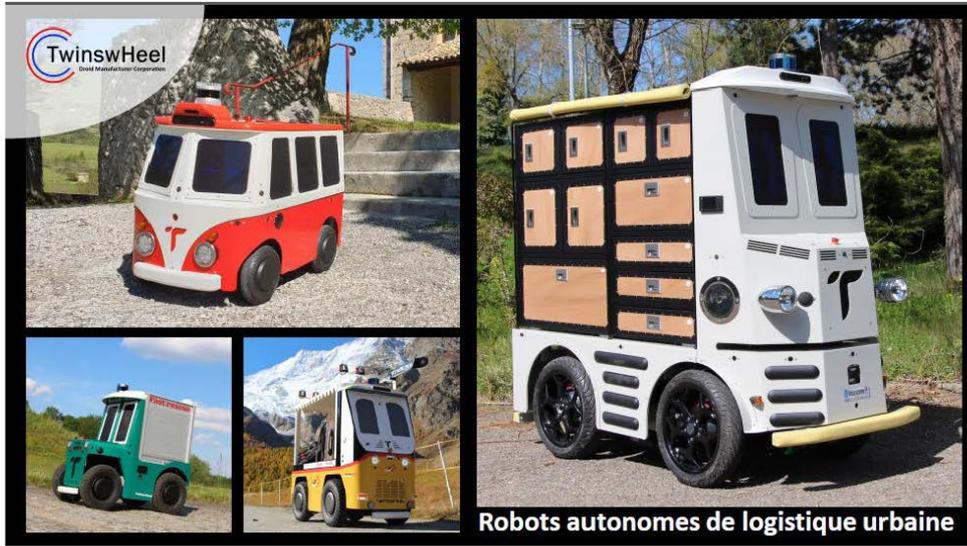
TÉMOIGNAGES DE PIERRE, PREMIER USER DE L'ORTHOPUS SUPPORTER

DAVID GOUAILLIER
CEO & fondateur
david.gouaillier@orthopus.com

ORTHOPUS SAS
(Nantes)
Agrément ESUS
orthopus.com



**PRÉSENTATION DE M. BENJAMIN TALON,
PRÉSIDENT DE SOBEN, ENTREPRISE FRANÇAISE SPÉCIALISÉE DANS LES
ROBOTS AUTONOMES**



Pour toutes les logistiques urbaines

Assistance aux personnes



Port des courses pour les personnes âgées

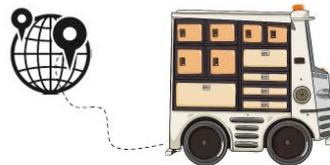
Livraison autonome



Livraison de colis



Port des outils pour les techniciens et artisans



Livraison de palettes

Des robots adaptés à chacun des marchés



4 roues motrices, 4 roues directrices et 4 roues suspendues

La base mobile du robot est partagée et peut supporter des caisses interchangeables propres à chaque entreprise/utilisateur

Une très grande polyvalence



Polyvalence de pilotage :

- Mode collaboratif : en milieu inconnu, le robot peut suivre une personne
 - Mode autonome : en milieu pré cartographié, le robot se déplace seul
- Tous nos robots sont équipés des deux modes. Le passage de l'un à l'autre se fait très facilement.

Polyvalence d'usages :

- Interchangeabilité des caisses de transport :
 - Caisse mono bloc, multi casiers
 - Caisse produits frais / isotherme
 - Plateau avec ridelles, citerne
 - Vous pouvez réaliser vous-même des caisses compatibles

Polyvalence de terrains :

- Urbain et tout chemin
- Grande capacité de franchissement et rayon de braquage très court

Gains offerts



Gains directs

- ✓ Réduction des coûts de 30% en mode collaboratif suiveur et 45% en mode autonome
- ✓ Gain de productivité de 30 à 50% sur les tournées
- ✓ Accroissement de la productivité et des débits des entreprises de livraison



Retour sur investissement

- ✓ Déploiement en moins ½ journée pour former les opérateurs et 1 jour / km² pour l'autonomie
- ✓ ROI inférieur à 18 mois par rapport à un opérateur avec une camionnette
- ✓ Consommation d'énergie réduite de 85% par rapport à une fourgonnette électrique



Problèmes résolus

- ✓ Réduction des émissions de CO2 de 5,4 tonnes / an / robot vs camionnette
- ✓ Réduction de la pénibilité de 80 % vs camionnette classique
- ✓ Travaille 24h/24 et 7j/7 en mode autonome



Confidential TwinswHeel

5

Avantages offerts



Moins de contraintes

- ✓ Compense le manque de chauffeurs-livreurs
- ✓ Accès aisé aux zones à faibles émissions (ZFE), aux zones piétonnes et aux centres historiques (ZTL)
- ✓ Accès à des zones complexes : pavés, petites rues, pentes raides et petites marches



Atteinte rapide des objectifs de nos clients

- ✓ Tournées effectuées plus rapidement > 35% (plus de bouchons, plus de souci pour se garer...)
- ✓ Charge utile du robot doublée par rapport à un chariot à assistance électrique
- ✓ Interfaçage des droïdes (robot et soft de supervision) aux outils des clients



Sans prise de risque

- ✓ Moins de pénibilité et de troubles musculosquelettiques
- ✓ L'intelligence artificielle de TwinswHeel permet un très haut niveau de sécurité
- ✓ L'adaptabilité totale avec un multimodes (suiveur, télécommandé, autonome) associée à la modularité physique du robot, permettent de s'adapter aux différentes missions et aux différentes charges ou outils à porter



Confidential TwinswHeel

6

Nos références



Les robots TwinswHeel sont déjà présents en Europe et aux USA



Confidential TwinswHeel

7

Témoignages



"Les droïdes offrent de la flexibilité et aident à atteindre nos objectifs d'amélioration de la productivité"



RENAULT

"Les robots TwinswHeel permettent des gains d'efficacité significatifs dans la logistique d'usine. Les pièces sont disponibles et les techniciens peuvent se concentrer sur leur travail"

Témoignages



“Les robots nous permettent d'accéder plus rapidement aux points de livraison de partout, y compris dans les zones très encombrées. C'est un gain incomparable”



“Lors des tournées d'intervention en ville, les robots TwinswHeel font gagner 30 à 50% du temps aux techniciens”



Feuille de route et prochaines étapes



1. Définissons votre besoin

- Capacité de chargement et type de terrain d'évolution
- Durée d'utilisation
- Nombre de robots
- Types de certifications souhaitées
- Niveau de maintenance souhaité

2. Définissons votre planning

- Date de mise à disposition des robots
- Planning implémentation / formation

3. Programmons une démo

avec vos équipes afin que nous puissions vous présenter le produit et confirmer vos attentes

Nous sommes prêts pour la logistique du futur, et vous?



Contact

Vincent Talon
+33 (0)6 62 23 20 56
vincent@twinswheel.fr

Benjamin Talon
+33 (0)6 64 13 75 47
benjamin@twinswheel.fr

www.twinswheel.fr
[@twinswheel](https://twitter.com/twinswheel)



PRÉSENTATION DE MME HÉLÈNE SAUZÉON,
PSYCHOLOGUE ET CHERCHEUSE INRIA,
SPÉCIALISTE DE TECHNOLOGIES RÉÉDUCATIVE,
MEMBRE DE LA FEDRHA

Handicaps mentaux: quelques chiffres, besoins, solutions numériques, freins et recommandations



Hélène Sauzéon

université
de BORDEAUX

Flowers
INRIA

BORDEAUX
POPULATION
HEALTH
INSERM

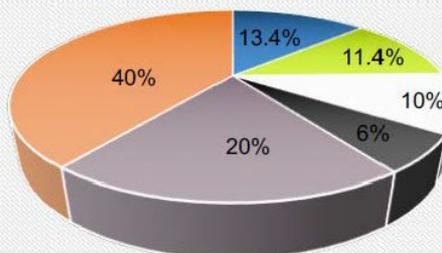
Fedrha
Fédération pour la recherche
sur le handicap et l'accessibilité

Handicap et ses catégories



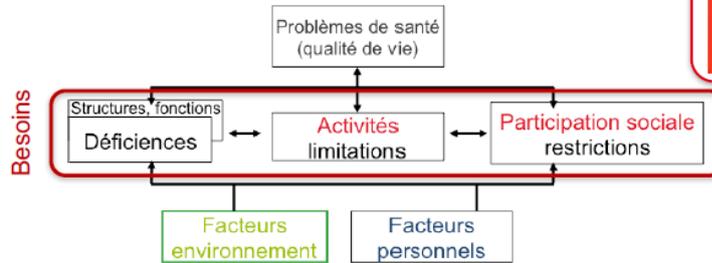
Déficiences à l'origine du handicap chez l'adulte

- Moteurs
- Sensoriels
- Cognitifs
- Intellectuels
- Psychiques
- Maladies invalidantes



- **Adulte (> 15 ans) : > 40%**
- **Enfant : Place prépondérante : ≈ 80 % (des enfants scolarisés en CP)**
- **Invisibilité des déficiences mentales**
- **Complexité des déficiences mentales**
 - **Déficiences développementales ou acquises**
 - Globales et ou sélectives
 - Légères à sévères
 - **Déficiences cumulatives**
 - **Déficiences évolutives**

Handicap mental & Besoins



Technologies numériques => Aide environnementale

- **Accessibilité** des services et produits numériques (standards W3C)
- **Assistance** pour les **activités** ou la **participation sociale** (normes ISO)
- **Entraînement /rééducation** centrée déficiences et/ou activités
- **Suivi et surveillance de la santé mentale** (cognitive et psychoaffective)

Handicap mental et Technologies



• Un très grand nombre de technologies existantes et en émergence

- Santé
- Lieu de vie
- Communication et engagement social
- Mobilité et Transport

- Education
- Travail
- Loisirs



• Mais peu adoptées

- Tellement nombreuses que peu connues
- Quasiment toujours "réservées" à un besoin (silos)
- Peu conçues et développées au plus près des besoins (remédiation > assistance)
- Efficacité peu démontrée

Recommandations

- **Préconiser les approches humain-centrées**
 - Eviter la stigmatisation / stéréotypes "Handicap" , "maladieS"
 - Penser capacités et non incapacités
- **Veiller à l'accessibilité et l'utilisabilité**
 - "Uniformisation" des interfaces de commandes (normes, standards)
 - Intégrer des fonctionnalités adaptables et adaptatives
 - Meilleure appropriation et adaptation aux nouveautés
- **Réduire l'intrusivité**
 - Respect vie privée (RGPD)
 - Respect auto-détermination
 - Améliorer la "conscience de la situation" de la technologie
- **Démontrer l'utilité**
 - Subjective
 - Objective
- **Fournir une offre compréhensible et accessible**
 - Informer, référencer l'existant et les TRL des émergents
 - Maîtriser les coûts (Transfert, commercialisation, solvabilisation bénéficiaires)

**PRÉSENTATION DE MME EVELYNE KLINGER,
CHERCHEUSE,
EXPERTE DES APPLICATIONS THÉRAPEUTIQUES DE LA RÉALITÉ VIRTUELLE,
MEMBRE DE LA FEDRHA**

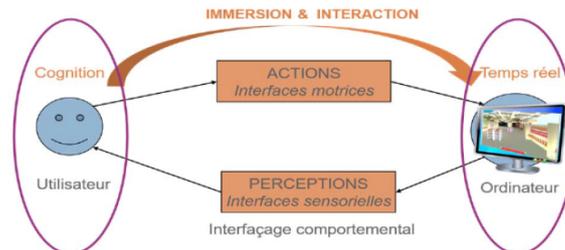
Apports des Technologies du Numérique dans la prise en charge des Handicaps cognitifs et psychologiques

Dr Evelyne Klinger

Membre de la Fédération pour la recherche sur le handicap et l'autonomie (Fedrha), du CS APPROCHE et du board ISVR, Experte auprès de l'ANSES
Chercheuse associée Equipe Handicap, Activité, Cognition et Santé (HACS) - Inserm-Univ Bordeaux



2 | La réalité virtuelle (RV) permet à l'être humain de devenir
acteur dans des environnements numériques

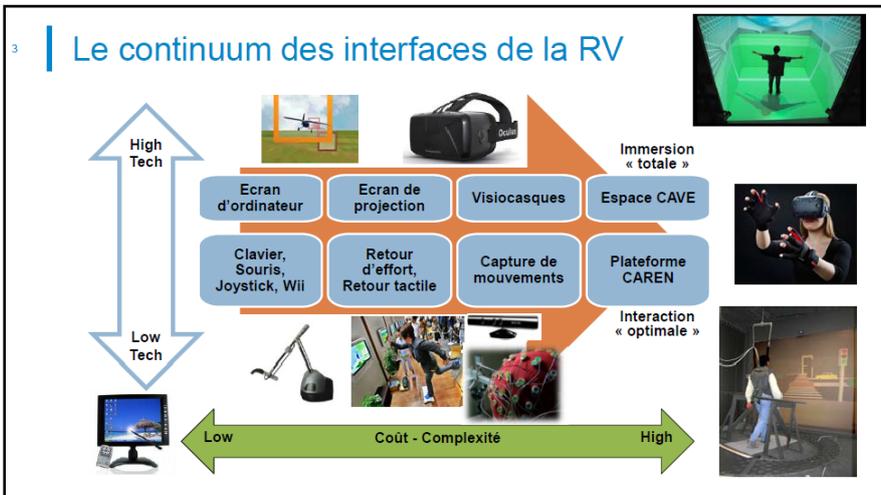


Limitations, Restrictions
=> Besoins, capacités existantes

Interfaçage comportemental

Contenus adaptables, évolutifs,
scénarisés, visant objectifs

Objectifs : « Evaluer, Acquérir, Récupérer » des capacités, Aider, Former, ...



4 | Depuis les années 90, différents contextes en santé (1/2)

- **Affections neurologiques : Apprentissage / Rééducation**
 - Accroître ou améliorer la capacité de l'individu à traiter et utiliser l'information pour permettre un fonctionnement accru dans la vie quotidienne
 - Le plus souvent, simulation d'activités de vie quotidienne
 - Prolonger l'entraînement jusqu'au domicile
- **Affections psychiatriques : Thérapies Cognitives et Comportementales**
 - Remplacer les situations d'exposition in vivo par des situations d'exposition in virtuo graduables
 - Susciter des émotions, Apprendre à faire face,

5

Depuis les années 90, différents contextes en santé (2/2)

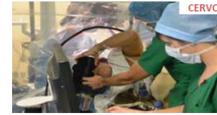
■ Bien-être – Activité – Estime de soi

- Procurer du bien-être et de la détente par des activités ludiques
- Permettre une activité physique et une stimulation cognitive
- Notamment contexte du vieillissement



■ Aide aux Thérapeutes / Formateurs / Chirurgiens / Concepteurs

- Exemple 1 : Améliorer le geste pour préserver les fonctions essentielles et limiter les handicaps induits
- Exemple 2 : Organiser la formation/thérapie, Suivre la progression
- Exemple 3 : Simuler l'effet de verres



6

Les technologies de la réalité virtuelle permettent :

- La simulation d'activités ayant un sens pour les patients/apprenants et pour les thérapeutes/formateurs
- La génération de réactions physiologiques et comportementales, et par conséquent d'émotions
- La manipulation d'informations afin de développer des méthodes variées d'évaluation et d'apprentissage
- L'adaptation des séances et des exercices aux besoins et aux capacités des patients/apprenants grâce à la documentation des séances et de la progression
- L'exploration multiparamétrique de l'activité, des fonctions et du comportement, dans une vision fonctionnelle globale
- Le transfert d'acquis vers le monde réel, la généralisation des acquis à des situations réelles

Reviews : (Laver et al, 2017), (Maggio et al, 2019), (Morina et al, 2021)

Nécessité du travail et des recherches dans la pluridisciplinarité

7

Enjeux

- RV-Santé-Handicap : Beaucoup de consolidations sont encore nécessaires
→ **Rigueur scientifique et Validité technologique**
 - Majoritairement avec casques → Enjeu **cybersickness** (SSQ)
 - Cybermalaises sous-étudiés → Enjeu **Information et Formation**
 - Pénétration des outils dans les **usages** → Enjeux **réglementation et transfert vers la société civile**
 - Démocratisation → Enjeu **mésusages** (éthique, impact possiblement néfaste sur la santé, ...)
- Tenir compte des précautions et recommandations (cf le rapport de l'ANSES publié en 2021)



anses
 Agence nationale de sécurité sanitaire
 de l'alimentation, de l'environnement et du travail
 Connaître. Évaluer. Protéger.

8

Quelques conclusions du rapport (2021)

anses
 Agence nationale de sécurité sanitaire
 de l'alimentation, de l'environnement et du travail
 Connaître. Évaluer. Protéger.

- **Tenir compte des effets sanitaires potentiellement néfastes liés à la RV et/ou la RA**
 - Ergonomie des interfaces de RV et/ou RA ; Cybercinétose ; Coordination sensori-motrice après l'exposition ;
 - Effets : neurologiques ; sur le développement ; psychologiques et psychosociaux ; modification de la représentation de soi (par le biais d'avatars) ; agents physiques
- **Recommandations**
 - Information sur l'usage, sur les précautions à adopter / Conseil aux populations sensibles
 - Recommandations réglementaires ou d'encadrement des usages visant à protéger les populations en limitant la survenue des effets
 - Recommandations : études et recherche

Pour en savoir plus : <https://www.anses.fr/fr/node/149884>



Merci de votre attention !

Et merci à toutes les personnes qui ont contribué aux travaux cités

Evelyne Klinger

Fedrha, Equipe HACS - BPH U121 Bordeaux, ISVR, Approche

evelyne.klinger@orange.fr
06 81 11 11 21



**PRÉSENTATION DE M. OURIEL GRYSZPAN, PROFESSEUR À
L'UNIVERSITÉ PARIS-SACLAY ET CHERCHEUR AU LABORATOIRE
D'INFORMATIQUE POUR LA MÉCANIQUE DES SCIENCES DE L'INGÉNIEUR
ET PORTEUR DU PROJET BETA (BUILDING EVIDENCE FOR TECHNOLOGY
AND AUTISM)**



Adaptation de l'Evidence Based Practice aux
nouvelles technologies
Le cas de l'autisme

Ouriel Grynszpan (Univ Paris-Saclay), Vanessa Zervogianni (Sorbonne Univ), Sue Fletcher-Watson (Univ Edinburgh), Gerardo Herrera (Univ Valencia), Matthew Goodwin (Northeastern Univ), Elise Triquell (Sorbonne Univ), Patricia Pérez-Fuster (Univ Valencia), Mark Brosnan (Univ Bath)



1

Aides numériques pour l'autisme



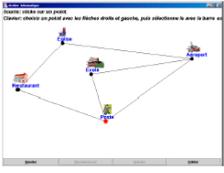
Golan & Baron-Cohen, *Dev Psychopathol*, 2006



Golan et al., *J Autism Dev Disord*, 2010



PECS Phase III (Pyramid Educational Consultants)



Grynszpan et al., *Interact Stud*, 2007

2

Avantages et inconvénients du numérique

ATOUTS

- Environnement prévisible, rassurant & structuré
- Stimulations riches & distractions contrôlées
- Demandes sociales réduites
- Accessibilité & portabilité (tablettes & smartphones)

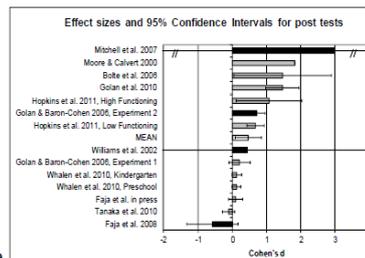
RISQUES

- Utilisation excessive
- Isolement accru
- Déni de traitement, négligence
- Rapidité de l'obsolescence des technologies
- Gaspillage des ressources

3

Meta-analyse des études d'efficacité

- Études contrôlées
 - Randomisation pour 85.6% des participants
 - Effet significatif: **Cohen's $d = 0.47$**
- ⇒ Preuve d'efficacité des entraînements basés sur les technologies
- Mais, encore trop peu d'études de bonne qualité



Grynszpan, Weiss, Perez-Diaz, & Gal, *Autism*, 2014

10 études randomisées contrôlées:
taille d'effet similaire

4

Problématique Accessibilité

- Prolifération exponentielle des aides numériques
- Technologies validées scientifiquement \Rightarrow peu disponibles
- Technologies disponibles dans le commerce \Rightarrow rarement validées scientifiquement
- **Besoin d'accompagnement pour les utilisateurs finaux, parents, professionnels et concepteurs**

5

A quelles preuves se fier ?

- Besoin d'un cadre méthodologique pratique pour déterminer les sources de preuves dans le domaine des technologies pour l'autisme
- Méthode Delphi :
 - **Technique pour la construction de consensus entre experts**
 - Procédure itérative et anonyme

6

Cadre pour la pratique fondée sur les preuves dans les technologies pour l'autisme

Vous cherchez des preuves étayant une technologie ?

Est-elle fiable ?

1. Essayez la
2. Prenez l'avis d'un expert
3. Lisez les revues en ligne
4. Cherchez des opinions de scientifiques

Est-elle "engageante" ?

1. Essayez la
2. Lisez des revues en ligne
3. Prenez l'avis d'un expert

Est-elle efficace ?

1. Lisez un article scientifique
2. Prenez l'avis d'un expert
3. Lisez les revues en ligne
4. Essayez la

Zervogianni et al., *Autism*, 2020
<https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1362361319898331>

7



8

Outil d'évaluation BETA

≡ | FORMS FOR RATING AN APPLICATION

	None	Limited	Adequate	Complete
Trial version	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Expert/Professional opinions	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Online reviews	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Academic/scientific research	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9

Liste d'applications évaluées

Application	URL	Score	Rating
Pro	http://www.behaviortrackerpro.com	1.38	Silver
Yudee	https://apkpure.com/yudee-aac/com.gcvtyudee	0	none
Yoga studio: mind & body	https://itunes.apple.com/gb/app/yoga-studio/id5677674307?mt=8	1.72	Silver
Words with Ibblecobble	https://itunes.apple.com/gb/app/words-with-ibblecobble/id968529315?mt=8	0.67	Bronze
Word Games for Kids	https://itunes.apple.com/gb/app/word-games-for-kids/id999991908?mt=8&ign-mpt=uo%3D4	0	none
Wiggly stories	https://itunes.apple.com/gb/app/wiggly-stories/id93307799?mt=8&utm_campaign=buffer&utm_content=buffer5670&utm_medium=social&utm_source=twitter.com	0	none
widgit go	https://itunes.apple.com/gb/app/widgit-go-basic/id96404073?mt=8	1.26	Silver
voice4u AAC	https://itunes.apple.com/gb/app/voice4u-aac/id33998309?mt=8	0.68	Bronze
Verimag AniMate	https://itunes.apple.com/gb/app/animat-diy-animation-guides/id7998387?mt=8&ign-mpt=uo%3D4	0	none
uChoose (by		0	none

10

Remerciement



www.beta-project.org

Fondation
Orange



FIRAH
Fondation Internationale
de la Recherche Appliquée
sur le Handicap

International Foundation
of Applied Disability
Research

UEFA
FOUNDATION
for children

Contact: ouriel.grynszpan@universite-paris-saclay.fr

PRÉSENTATION DE MME VIRGINIE MAGNANT, DIRECTRICE DE LA CAISSE NATIONALE DE SOLIDARITÉ POUR L'AUTONOMIE

Les progrès récents des technologies au service de la prise en charge du handicap

La disponibilité de ces technologies pour le plus grand nombre

Virginie MAGNANT, directrice de la CNSA
Le 27 janvier 2022



Les remboursements actuels pour les aides techniques

- Les remboursements par l'assurance maladie obligatoire
 - Ensemble des assurés sociaux, sans critères d'âge ou de handicap
 - Deux types pour l'inscription d'un produit dans la LPPR : en ligne générique ou nom de marque
- La PCH
 - Critères d'âge et de handicap
 - Dépense obligatoire
 - Une liste ouverte pour les aides techniques qui ne relèvent pas de la LPPR
 - La prestation légale la plus accueillante pour l'innovation
- L'APA :
 - Critère d'âge et de perte d'autonomie
 - Dépense obligatoire
 - Pas de cadrage national pour le financements des aides techniques et une prise en charge dans le cadre d'une enveloppe globale pour l'ensemble des dépenses
- Les assurances complémentaires santé, dépendance/accident de la vie
- Les assurances tiers si tiers responsable
- Les financements extralégaux
 - Dépenses non obligatoire, le plus souvent avec des enveloppes annuelles fermées
 - Des publics et conditions définis au niveau local

Des aides techniques pour l'autonomie des personnes en situation de handicap ou âgées : Une réforme structurelle indispensable

3 grands constats; des propositions en 5 axes

- Des difficultés réelles pour les personnes
 - Inégalités par public et territoires
 - Manque d'accompagnement
 - Un accès long et compliqué, reste à charge et avance des frais
- Un secteur marchand peu connu et ne répondant pas toujours aux attentes et besoins des personnes
- Un sous investissement collectif du sujet dans les politiques publiques



[Lien vers le rapport Denormandie-Chevalier](#)

- Axe prioritaire et fondateur**
- Information et accompagnement des personnes
 - Principes :
 - Proximité et expertise pour tous les publics concernés (PA, DV, TSA...)
 - Accessibilité, lisibilité et pérennité de l'offre
 - Place des personnes



Pied de page 3

Mieux accompagner les personnes : l'expérimentation EQLAAT

- Création d'Equipes locales d'accompagnement sur les aides techniques
- Expérimentation 51
 - Autorisée pour 24 mois (09/21 – 09/24)
 - 24 équipes, 10,7M€
 - Objectif : tester organisation et financements
- Pas de critères d'âge ou d'accès à des prestations, sur orientation ou en accès direct par la personne
- Se rapproche des recommandations de l'OMS et des modèles internationaux sur l'accompagnement des personnes
- Inclut des essais dans le contexte de vie de la personne
- Impact sur l'accès aux innovations :
 - À court terme :
 - Sur le recours : préconisations internes, recours à de la télé expertise, orientations vers des centres experts
 - Sur l'accès : qualité des évaluations et présence d'essais comme garanties pour les financeurs
 - À long terme : participe à la structuration globale d'un réseau de professionnels travaillant sur les aides techniques : niveau d'information et de formation élevé
- En complément des EQLAAT : nécessité de travailler sur l'accompagnement expert

[Lien vers l'article du site de la CNSA présentant les EQLAAT](#)

Pied de page 4

Mieux informer les personnes et les professionnels

- Existence de Centres d'information et de conseils en aides techniques sans couvrir le territoire
- De nombreuses initiatives depuis la loi ASV pour informer et sensibiliser les personnes de 60 ans et plus
 - Définition des missions, recensement des dispositifs et diffusion d'annuaires sur le site institutionnel et sur les portails d'information à l'attention des personnes âgées et des personnes en situation de handicap
- Impact sur l'accès aux innovations :
 - amélioration du recours par une meilleure connaissance des solutions



[Lien vers l'article du site de la CNSA présentant les CICAT](#)

Pied de page 5

Lever les freins financiers

- Deux approches qui doivent se rejoindre
- Améliorer les financements légaux
 - Travaux en cours sur le remboursements des fauteuils roulants par l'assurance maladie
 - Travaux sur la prise en charge des aides techniques pour la communication par la PCH
 - La PCH garde son rôle majeur sur le financement des aides techniques innovantes, en particulier tant qu'elles sont peu diffusées
- Faire évoluer l'offre commerciale
 - Pour de nombreuses aides techniques, un modèle économique pour les fabricants et distributeurs au détail reposant sur la seule vente d'aides techniques neuves
 - Nécessité de faire émerger des modalités d'accès plus souples
 - Accès sur la bonne période (croissance, évolution de la situation, des attentes...)
 - Période de test et d'apprentissage pour certaines aides techniques
 - Impact sur la diffusion de l'innovation :
 - À court terme : permet des accès avec un droit à l'erreur
 - À long terme : permet de mieux connaître les usages et intérêts des dispositifs innovants

Quelles opportunités avec et pour les aides techniques pour lesquelles le modèle économique et les habitudes de distribution ne sont pas encore verrouillés ?

14/03/2022

Pied de page 6