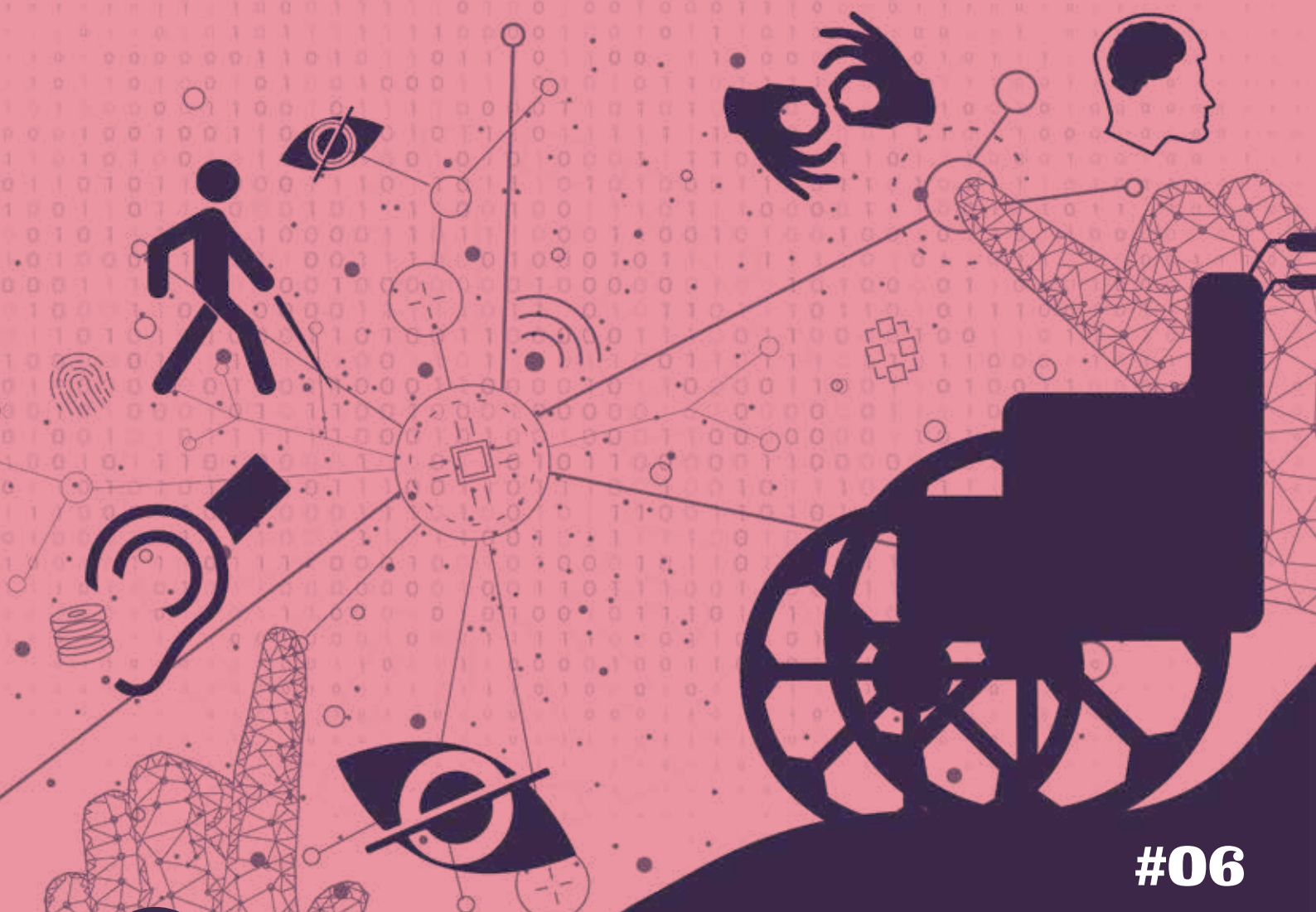


# TELECOM

LA REVUE DE L'ASSOCIATION TELECOM PARIS ALUMNI



**#06**

**L'informatique  
quantique**  
TOUR D'HORIZON

**dossier**

**LE NUMÉRIQUE**  
**AU SERVICE DES FRAGILITÉS**  
DANS LA VIE QUOTIDIENNE

**#197**

JUIN 2020

**TELECOM**  
Paris

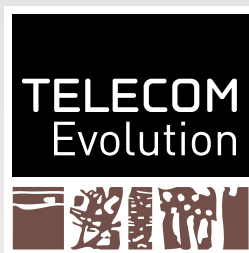
 **ALUMNI**

# DÉCOUVREZ LE BUREAU CARRIÈRES

Le Bureau Carrières, c'est un réseau, un soutien et des services pour vous accompagner tout au long de votre parcours professionnel.

Plus d'infos : <https://telecom-paris-alumni.fr> ou  
[bcar@telecom-paris-alumni.fr](mailto:bcar@telecom-paris-alumni.fr)





Pour des compétences toujours à la pointe

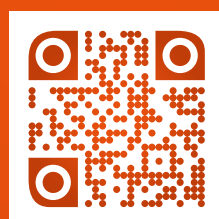
## DÉCOUVREZ NOS FORMATIONS AUX SCIENCES ET TECHNOLOGIES DU NUMÉRIQUE



**FORMATIONS CERTIFIANTES, COURTES, E-LEARNING**

#IA #BIGDATA #IOT # MOBILITE #CYBERSECURITE #TRANSFONUM  
#RESEAU #TELECOM #IMMERSIF

[www.telecom-evolution.fr](http://www.telecom-evolution.fr)







#### TÉLECOM n°197 - JUIN 2020

est édité par l'Association Télécom Paris alumni.  
Dépôt légal à parution.

**Directeur de la publication :** Laura Peytavin (1990)

**Directeur de la rédaction :** Michel Cochet (1973)

**Secrétaire de rédaction :** Melina Lauricella

**Rédacteur en chef du dossier *L'informatique quantique* :** Grégoire Galievski (2000)

**Rédacteur en chef du dossier *Le Numérique au service des fragilités dans la vie quotidienne* :**  
Michel Barth (1984)

**Comité de rédaction :** Marilyn Arndt-Vincent (1981), Céline Beillouin (2011), Gérard Cambillau (1973), Michel Cochet (1973), David Fayon (1993), Louis-Aimé de Fouquières (1982), Grégoire Galievski (2000), Paul Jolivet (1995), René Joly (1979), Marie-Liane Lekpeli (2013) et François Vanheeckhoet (1978).

**Conception et réalisation :** Agence Megalyte

**Photographies et illustrations :** Unsplash, Shutterstock. Les illustrations des articles sont fournies par les auteurs, sous leur responsabilité concernant les droits de reproduction. Les idées exprimées dans cette revue engagent la seule responsabilité de leurs auteurs. Reproduction autorisée avec mention d'origine après accord de la publication.

#### Rédaction & Abonnements :

TELECOM Paris alumni - l'association des diplômés de Télécom Paris

2 villa Thoréton 75015 PARIS

Site : [www.telecom-paris-alumni.fr](http://www.telecom-paris-alumni.fr)

**Régie publicitaire :** PLM Média

46 rue Fernand Forest

92150 Suresnes

Pierre Lancien

+33 6 48 67 33 44

[pierrelancien@orange.fr](mailto:pierrelancien@orange.fr)

Imprimé en France par Exaprint

**Abonnement annuels 2020 :** 60 € TTC

**Prix au numéro :** 25 € TTC

ISSN 0040-2478

LE PROCHAIN NUMÉRO SERA CONSACRÉ  
À L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET À  
L'ÉGALITÉ HOMME/FEMME.

# Dans ce numéro

06

## L'INFORMATIQUE QUANTIQUE

07

### ÉDITORIAL

Grégoire Galievski (2000)

08

### PANORAMA DES TECHNOLOGIES QUANTIQUES DE LA SECONDE GÉNÉRATION

Olivier Ezratty

10

### LA RÉVOLUTION DU CALCUL QUANTIQUE

Olivier Hess, Jean-Michel Torres

12

### CRYPTOGRAPHIE QUANTIQUE ET SÉCURITÉ NUMÉRIQUE

Romain Alléaume (2004)

14

### LA CORRECTION D'ERREURS

Isabelle Zaquine, Filippo Miatto

16

### POUR RESTER MAÎTRE DU CALCUL DE HAUTE PERFORMANCE, ATOS PARIE SUR LE NISQ

Philippe Duluc

18

### INFORMATIQUE QUANTIQUE, SOYEZ PRÊTS POUR LE GRAND SAUT !

Florian Carrière, Mohammed Bencheckroun (2019)

20

### UNE RÉVOLUTION À BRÈVE ÉCHÉANCE POUR DE NOMBREUSES INDUSTRIES : LES DIFFÉRENTS DOMAINES D'APPLICATION DE L'INFORMATIQUE QUANTIQUE !

Olivier Tonneau

22

### COMMENT VOIR LA MATIÈRE GRÂCE À LA PHYSIQUE QUANTIQUE ?

Mathieu Munsch

24

### ALGORITHMIQUE QUANTIQUE POUR LA FINANCE

Paul Hiriart

26

### POUR UN ÉCOSYSTÈME DE L'INFORMATIQUE QUANTIQUE

Jean-Christophe Gougeon, Christophe Jurczak





28

dossier

## LE NUMÉRIQUE AU SERVICES DES FRAGILITÉ DANS LA VIE QUOTIDIENNE

29

### ÉDITORIAL

Françoise Rudetzki, Michel Barth (1984) et Daniel Legendre

30

### S'INTERROGER SUR « HANDICAP ET NUMÉRIQUE », AU MOMENT OÙ LE MONDE DÉCOUVRE SON INCAPACITÉ À FONCTIONNER

Philippe Denormandie, Patrick Mallea

35

### UN NUMÉRIQUE INCLUSIF, ACCESSIBLE ET UTILE À TOUS

Prosper Teboul, Hervé Delacroix, et Estelle Peyrard

38

### ADAPTE MON WEB, POUR UN WEB ACCESSIBLE À TOUS

Marion Ranvier



#### VOUS SOUHAITEZ PARTAGER VOTRE POINT DE VUE AVEC NOS LECTEURS ?

Chaque revue TELECOM se compose de dossiers thématiques dont vous pouvez être le pilote en coordination avec le comité de rédaction. Envoyez-nous vos propositions d'articles ou de dossiers.

[revue@telecom-paris-alumni.fr](mailto:revue@telecom-paris-alumni.fr)

41

### BMCONNECT, UN OUTIL MULTIFONCTIONS POUR UN ACCÈS AUX TECHNIQUES NUMÉRIQUES POUR LES PERSONNES HANDICAPÉES

Leslie Marel et Élodie Ramel

44

### MESSAG'IN, UN OUTIL D'ACCESSIBILITÉ QUI TIENT DANS LA POCHE POUR LES PERSONNES MALENTENDANTES

Jean-Luc Le Goaller, Samuel Poulingue

48

### NUMÉRIQUE & HANDICAP DES SOLUTIONS POUR TOUS

Philippe Trotin

50

### ACCESSIBILITÉ NUMÉRIQUE ET TRAITEMENT AUTOMATISÉ DU LANGAGE

Paul Poupet

52

### LA HANDITECH, UN ESPOIR POUR L'INCLUSION SOCIALE DES PERSONNES EN SITUATION DE HANDICAP MENTAL, COGNITIF OU PSYCHIQUE

Sarah Cherruault-Anouge

55

### DETECTEPPE, UN PATCH CONNECTÉ AU SERVICE DES PERSONNES ÉPILEPTIQUES

Patrick Latour, Florian Breton (2012)

59

### ORASIS, EYE-ANALYTICS & REHABILITATION

Zoï Kapoula

61

### USAGES DES TABLETTES TACTILES ET ACCOMPAGNEMENT DES PERSONNES ÂGÉES VIVANT AVEC LA MALADIE D'ALZHEIMER OU UNE MALADIE APPARENTÉE

Cécilia Palmier, Jean-Bernard Mabire et Kevin Charras

64

### LE LIEN SOCIAL (NUMÉRIQUE) AU SECOURS DE NOS AÎNÉS

Thierry Chevalier

66

### PAINKILLAR, LA RÉALITÉ VIRTUELLE COMME SOLUTION À LA DOULEUR CHRONIQUE

Guillaume Palacios

69

### JOKA JOBS, UNE INNOVATION SOCIALE ET SOLIDAIRE POUR LA RECHERCHE D'EMPLOI

Dana Diminescu

72

### POUR RÉDUIRE LES INÉGALITÉS SOCIALES C'EST AU NUMÉRIQUE DE S'ADAPTER AUX USAGERS

Adeline Braescu-Kerlan

74

## LE NUMÉRIQUE EN TEMPS DE CRISE



75

### LE DIGITAL HOMINIM

Alain Gérardin

76

### CONFINEMENT ET NUMÉRIQUE

David Fayon (1993)

77

### LE CONFINEMENT, ACCÉLÉRATEUR DE NUMÉRISATION DE L'ENSEIGNEMENT ?

Louis-Aimé de Fouquière (1982)

78

### LA FRANCE EST ASSISE SUR UN TAS D'OR

Xavier Dalloz, David Menga

79

### LA CRISE : AN 1 POUR LASANTÉ NUMÉRIQUE ?

Michel Barth (1984)

80

## LES ACTUALITÉS DU RÉSEAU

81

### ÉCOLE

82

### ASSOCIATION

86

### FONDATION

88

### IP PARIS

89

### LIVRE



# L'INFORMATIQUE quantique

# Éditorial

Par Grégoire Galievsky (2000)

En octobre dernier, Google annonçait avoir atteint la suprématie quantique. Le géant du numérique parvenait à échantillonner un circuit quantique aléatoire en 200 secondes alors que cette tâche prendrait 10 000 ans au meilleur supercalculateur de la planète. Et même si ce calcul ne représentait au fond aucun intérêt, la nouvelle a fait l'effet d'une bombe.

Qu'est ce qui peut bien expliquer un tel engouement pour une technologie encore balbutiante qui exécute pour l'heure des tâches inutiles ? C'est tout simplement que les perspectives offertes par l'informatique quantique sont gigantesques. C'est la possibilité de mieux comprendre les tréfonds de la matière, c'est la possibilité de résoudre des problèmes immensément complexes dans le domaine de la finance, de la logistique ou encore de la mécanique des fluides.

Pour ne donner qu'un exemple, la production d'engrais azotés, qui sont pour l'heure indispensables à l'alimentation de la planète, est responsable de la production de 3 % des gaz à effet de serre. Grâce à sa fabuleuse puissance de calcul, l'informatique quantique offre l'espoir de mettre au point des procédés de synthèse de ces engrais bien moins énergivores et de ralentir ainsi le réchauffement climatique.

La technologie quantique, c'est aussi la possibilité de créer des capteurs d'une précision inégalée et c'est un nouveau champ d'application pour la cryptographie et les télécommunications.

La promesse de l'informatique quantique, si elle est tenue, ouvrira une nouvelle ère dans notre compréhension du monde dont l'impact sur nos civilisations sera au moins aussi important que l'invention de l'imprimerie.

La technologie quantique est donc un véritable enjeu stratégique pour les États. La France a d'ailleurs publié un rapport en début d'année intitulé : « La quantique, le virage technologique que la France ne ratera pas ». Mais comme le dit Henri Michaux « Toute science crée une nouvelle ignorance ». C'est donc pour lutter modestement contre cette ignorance que nous serons heureux de vous faire découvrir dans ce numéro de la revue Télécom ce que les technologies quantiques ont à nous offrir.

Grégoire GALIEVSKY

Expert innovation digitale avec 20 années d'expérience professionnelle centrée autour de la transformation numérique, à des postes de management et de conseil. Il a piloté de nombreux projets à forte dimension innovante (IA, bots, SaaS, Blockchain, réalité virtuelle, IoT, ...), aux enjeux métier structurants et associant de nouveaux business models, dans les secteurs High-Tech et Services. Depuis 2 ans, il intervient comme attaché de direction à la DSI du groupe PRO BTP avec comme mission d'accompagner la transformation digitale de l'organisation.





# Panorama

## DES TECHNOLOGIES QUANTIQUES DE LA SECONDE GÉNÉRATION

Par **Olivier Ezratty**

**L**e monde des technologies est quantique depuis au moins le début de l'après seconde-guerre mondiale. En effet, nombre des outils d'aujourd'hui reposent sur l'exploitation des principes de la physique quantique découverts sur une trentaine d'années entre les quanta de Max Planck de 1900, l'effet photoélectrique d'Albert Einstein en 1905 et les grands fondements de la physique quantique allant de la dualité onde-particule de Louis de Broglie jusqu'aux travaux de Niels Bohr, Werner Heisenberg, Erwin Schrödinger, Paul Dirac et autres Max Born dans les années 1920 et 1930. On y trouve notamment les transistors et tout ce qui en découle (1947), les lasers (1960), les panneaux photovoltaïques, le GPS et tant d'autres technologies de notre quotidien depuis des décennies.

Pourquoi parle-t-on donc de révolution quantique de seconde génération ?

Elle tient à l'évolution des connaissances autour de la physique quantique datant d'après les années 1960. Notamment, la fameuse expérience d'Alain Aspect, Philippe Grangier et Jean Dalibard à Orsay en 1982 qui démontrait l'intrication quantique de photons. Depuis, on considère que les technologies quantiques de la seconde génération font appel à cette intrication, à la superposition des états ainsi, très souvent, qu'à la capacité de contrôler des particules quantiques à l'état individuel (atomes, ions, électron, photons).

Cela a amené à une formalisation de ce champ technologique autour de quatre grands domaines : le calcul quantique, les télécommunications et la cryptographie quantiques et la métrologie quantique.



Olivier EZRATTY

Consultant et auteur, spécialisé dans les deep techs avec notamment « Les usages de l'intelligence artificielle » (quatrième édition, novembre 2019, 624 pages) et « Comprendre l'informatique quantique » (seconde édition, septembre 2019, 504 pages), publiés en open source et téléchargeables en PDF sur [www.oezratty.net](http://www.oezratty.net).  
Formation: Ingénieur ECP (1985)

### LE CALCUL QUANTIQUE

Il tire parti de l'ensemble de ces mécanismes, et qui permet d'envisager de créer de systèmes capables de prouesses de calcul inaccessibles aux supercalculateurs d'aujourd'hui. Imaginé par Richard Feynman en 1982, il est passé du rêve aux premières réalisations. Les dernières en date, annoncé en octobre 2019, étaient le processeur Sycamore de Google à base de qubits supraconducteurs avec sa performance de « suprématie quantique » et son équivalent chinois exploitant une vingtaine de photons. La mise au point d'ordinateurs quantiques opérationnels pour l'industrie va, cependant, prendre encore plusieurs années si ce n'est décennies. Les qubits qui sont la base de traitements sont difficiles à mettre au point et à faire « scaler » en nombre à cause du bruit dont ils sont l'objet. Les chercheurs et ingénieurs s'activent pour lever ces barrières une par une.

Les applications du calcul quantique sont à la fois nombreuses et pourtant encore inexplorées. Leur objectif n'est pas de remplacer ce que font les ordinateurs d'aujourd'hui mais plutôt de rendre possible ce qui ne l'est pas, dans la résolution de problèmes très complexes dits « exponentiels » qui pourraient tirer parti du phénomène de superposition des qubits.

Cela commence avec divers problèmes d'optimisation comme celui du parcours du livreur ou de véhicules autonomes dans le trafic, puis l'optimisation du trafic de parcs de véhicules autonomes de villes intelligentes du futur. En second lieu, intervient la simulation du fonctionnement de la matière au niveau des particules. Elle est régie par les règles de la mécanique quantique qui dépendent d'équations connues mais dont la résolution est un problème d'optimisation complexe à résoudre, particulièrement pour comprendre l'interaction de nombreux atomes dans des molécules ou des structures cristallines complexes. Cela concerne aussi bien la simulation chimique, des matériaux que celle de molécules organiques. L'informatique quantique pourrait ainsi servir à simuler le quantique du monde réel dans l'infiniment petit. Rassurez-vous, cela n'ira pas au point de simuler un être vivant en entier. Cela sera déjà une prouesse fantastique de le faire au niveau du repliement d'une seule protéine sur elle-même ! À la clé, la résolution d'un grand nombre de problèmes de notre temps et pour la planète.

Le machine learning et l'entraînement de réseaux de neurones est un troisième domaine d'applications. Enfin, nous pouvons citer la factorisation de nombres entiers avec sa capacité potentielle de casser les codes de sécurité sur Internet de type RSA qui reposent sur l'envoi de clés publiques.

D'autres applications pourront émerger pour différents marchés comme la finance ou l'assurance. Nombre d'applications métiers sont concernées par les problèmes d'optimisation complexes et restent à inventer, notamment à destination du grand public.

Alors qu'ils ne sont pas encore véritablement au point, les ordinateurs quantiques constituent déjà un secteur bien investi par des dizaines de laboratoires de recherche dans le monde et par les grands acteurs du numérique (IBM, Google, Microsoft, Intel, Honeywell) comme des start-up (IonQ, D-Wave, Rigetti, Pasqal, etc).

## TÉLÉCOMMUNICATIONS ET CRYPTOGRAPHIE QUANTIQUES

L'intrication des photons et leur synchronisation instantanée à distance ont ouvert la porte à un champ technologique immense, celui des télécommunications et de la cryptographie quantique. On a souvent l'habitude de se focaliser uniquement sur ce dernier.

La cryptographie quantique est un moyen de diffusion de clés quantiques inviolables grâce au principe de l'intrication entre photons. Elle repose soit sur des communications par fibre optique, soit en liaison spatiale avec des satellites comme le font les Chinois avec le satellite Micius, depuis 2017. De nombreux réseaux de communication quantique sont expérimentés dans le monde et notamment en Chine, aux USA, en Autriche, en Suisse et même en France (à la Côte d'Azur avec l'Université de Nice et Orange).

Les télécommunications quantiques permettent de communiquer à distance et instantanément l'état de quanta. C'est un cas plus général que la cryptographie quantique qui en est un cas particulier. C'est un domaine en devenir car pour l'instant, on peut certes envoyer une

information très rapidement, mais pas l'exploiter directement. En particulier, l'information a beau être transmise instantanément, donc plus vite que la lumière, on ne peut pas pour autant exploiter cette bizarrerie dans les transmissions d'informations classiques. Cela peut cependant servir de base à la distribution de traitements quantiques sur plusieurs processeurs quantiques ainsi qu'à la liaison directe entre capteurs quantiques et calculateurs quantiques, sans perdre la richesse des informations captées par les capteurs quantiques.

## MÉTROLOGIE QUANTIQUE

La métrologie quantique permet de mesurer des ordres de grandeur de l'infiniment petit avec une très grande précision. C'est un vaste domaine scientifique qui fait l'objet de nombreux travaux de recherche et à la commercialisation de solutions industrielles.

Cela comprend les horloges atomiques ultra précises à atomes ou ions froids, les accéléromètres et gyromètres à atomes froids qui utilisent de l'interférométrie atomique, les gravimètres qui en sont une variante pour mesurer la gravité avec précision, que fabrique notamment le Français Muquans qui est basé à Bordeaux où les magnétomètres à base de cavités de diamants comme ceux que Thales met au point. La magnétométrie quantique a d'énormes débouchés dans la microscopie et l'imagerie médicale.

On y trouve aussi les radars quantiques où les Chinois sont en train de se distinguer et qui auraient la capacité de résister au brouillage grâce à l'intrication des ondes électromagnétiques envoyées sur les cibles.

## INGÉNIERIE QUANTIQUE

Ces trois grands domaines d'application des nouvelles technologies quantiques ont l'air disjoints mais ils ne le sont pas. L'écheveau des champs scientifiques et technologies quantiques est étroitement « intriqué ».

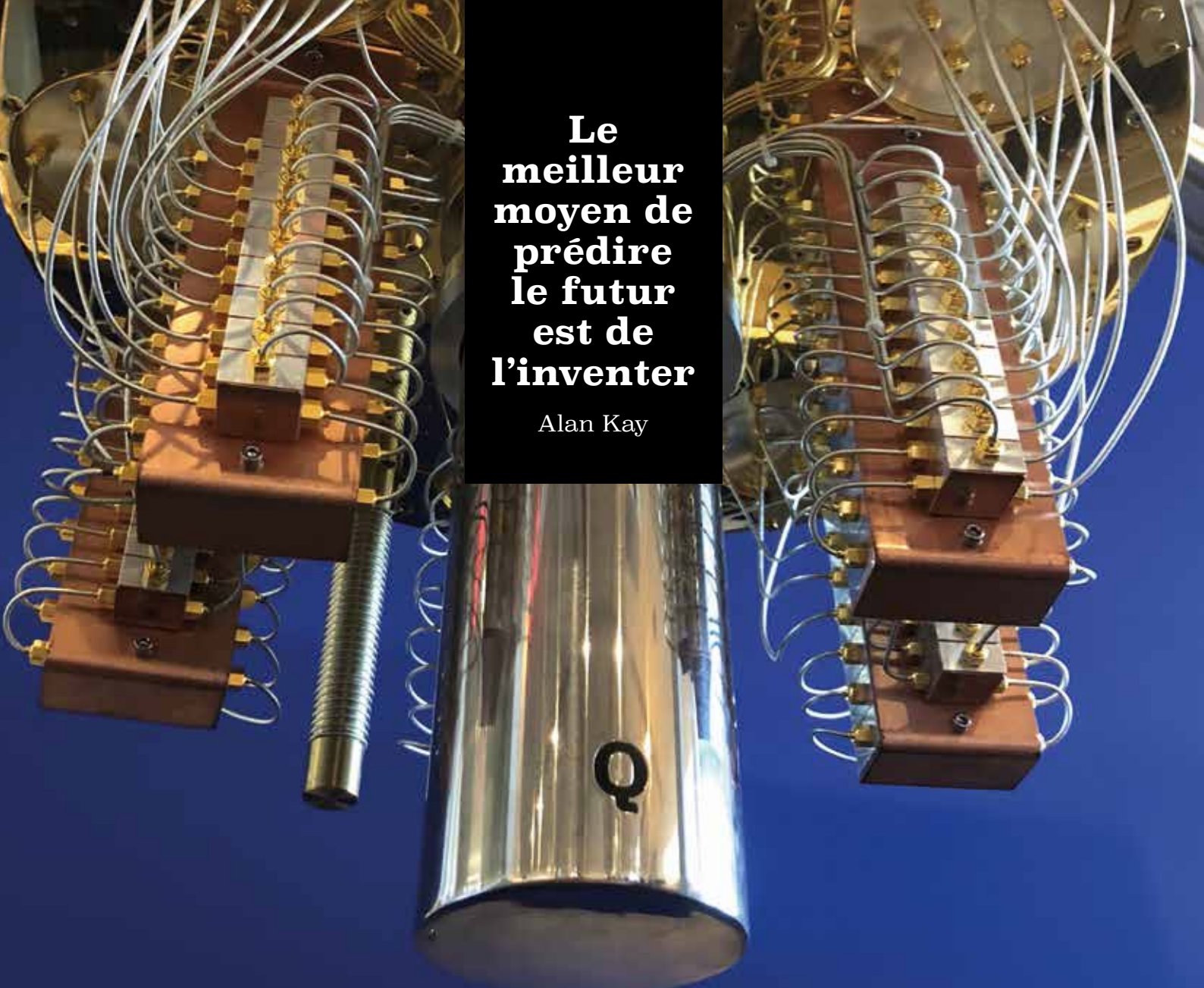
En effet, on compte plusieurs techniques de base : la photonique, les supraconducteurs, les atomes et ions piégés et les spins d'électrons. Elles sont souvent combinées les unes avec les autres pour créer des solutions concrètes. Ainsi, par exemple, si IBM et Google se focalisent aujourd'hui sur des qubits supraconducteurs, ils ne pourront relier entre eux des processeurs quantiques qu'avec des systèmes à base de photons. Les cavités de diamants où l'on contrôle un spin d'électrons sont exploitées à la fois comme outils de mesure de qubits supraconducteurs, pour créer des mémoires quantiques, pour créer des qubits et pour de la magnétométrie de précision. De même, les atomes froids peuvent servir de mémoire quantique, de qubits et de gravimètres quantiques.

S'y ajoutent tout un tas de disciplines scientifiques : les sciences des matériaux, la thermodynamique et la cryogénie, la maîtrise des micro-ondes et des lasers, les théories de la complexité, les mathématiques, l'algorithmie et plein d'autres encore. Les technologies quantiques sont le nouveau royaume de l'ingénierie intégrative, et donc, un paradis des scientifiques et des ingénieurs. Et en plus, cela sert à quelque chose !



Retrouvez le supplément en ligne

Comment la France peut réussir dans le quantique,  
par Olivier Ezratty



**Le  
meilleur  
moyen de  
prédire  
le futur  
est de  
l'inventer**

Alan Kay

# LA RÉVOLUTION du calcul quantique

Par **Olivier Hess** et **Jean-Michel Torres**



**Olivier HESS**

IBM Quantum Ambassador & IBM Quantum Hub France - Executive Technical Leader. A dirigé le centre Européen HPC (Calcul scientifique de Haute Performance) puis l'Innovation Lab à Montpellier (SmartCity, BigData...). Depuis 2017 Olivier fait partie des équipes « Ambassadeur IBM Quantum » pour l'Europe. Il pilote l'initiative IBM Quantum France et les partenariats stratégiques.

Formation : PhD Thesis in Quantum Chemistry, Paris VI University, France, 1989

🐦 @OlivierHess1



**Jean-Michel TORRES**

Chef de Projets, IBM France Quantum Team  
Supélec 88, travaille à IBM France depuis 1989, où il a occupé de multiples fonctions (support technique de grands comptes, fabrication, logistique, transformation des processus et des organisations). Certifié Project

Manager Professional du PMI® depuis 2011.

A rejoint l'équipe Quantum Computing à IBM en 2018.

🐦 @jmit34



## APRÈS LA LOI DE MOORE ?

En 1965, Gordon Moore conjecture que la performance des processeurs progressera à un rythme exponentiel. De manière spectaculaire, cette prédiction est toujours vérifiée, mais les contraintes technologiques actuelles limitent les capacités d'évolution : stagnation de l'augmentation des fréquences d'horloge du fait d'une dissipation thermique difficile à maîtriser, limite atteinte en photogravure ou taille des transistors qui approchent une taille comparable à celle des atomes.

Pourtant, les besoins en calcul sont croissants et d'autres stratégies sont apparues ces dernières années comme par exemple l'utilisation des multi-cœurs, les FPGA (réseaux logiques programmables), le « *multithreading* » et même l'ingénierie logicielle et la recherche algorithmique. Malgré cela, il reste des calculs fondamentalement hors d'atteinte des ordinateurs classiques tant leur complexité algorithmique est importante. Une autre voie pourrait prendre le relais : le calcul quantique.

## LE CALCUL QUANTIQUE : UNE RÉVOLUTION TECHNOLOGIQUE AVEC SES DÉFIS ET SES PROMESSES

Depuis les années 1940, les ordinateurs fonctionnent selon la théorie de l'information « classique » construite à partir de « bits » (*binary digits*) dont la valeur est 0 ou 1. Dans un ordinateur quantique, l'information est représentée par un « qubit » (*quantum bit*) constitué d'objets microscopiques dotés de propriétés quantiques :

- les états observables sont quantifiés et limités à deux états, ce qui constitue le moyen de lire les résultats à l'aide de bits classiques (0 et 1),
- l'état d'un qubit est en général une « superposition » d'états observables (une combinaison linéaire qui s'écrit :  $|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$ )
- l'état de N qubits est une combinaison linéaire de  $2^N$  composants, le calcul s'opère dans un espace de grande dimension et peut exploiter la possibilité d'intrication entre qubits, conférant au calcul une forme de parallélisme.

## LES MACHINES ET LES ENVIRONNEMENTS DE DÉVELOPPEMENT EXISTENT DÉJÀ !

Du point de vue technologique, IBM a choisi d'exploiter sa maîtrise du silicium en fabriquant des qubits avec des jonctions de Josephson utilisant des dépôts d'oxyde d'aluminium à très basse température (20 milliKelvins) – qubits supraconducteurs ou Transmon.

Pour permettre d'estimer la qualité et la fiabilité d'un ordinateur quantique, IBM a introduit en 2018 une mesure : le Volume Quantique qui prend en compte différents paramètres comme par exemple le taux d'erreur et la topologie qui lie les différents qubits. Plus le Volume Quantique est important, plus la capacité d'usage de l'ordinateur est élevée. IBM s'est engagé à doubler chaque année le Volume Quantique et c'est bien ce que l'on constate depuis 2016.

Pour construire les algorithmes quantiques, IBM a également développé une bibliothèque de programmation pour Python appelée Qiskit (*Quantum Information Science Kit*) distribuée en mode Open Source sur [qiskit.org](https://qiskit.org). Elle inclut deux fonctionnalités majeures : la première est celle de pouvoir travailler au plus près des qubits pour améliorer les performances des « circuits quantiques » afin de pouvoir ajuster les paramètres de compilation et d'optimisation du circuit avant exécution. La deuxième est la capacité d'accéder à une bibliothèque de composants logiciels de « haut niveau » pour faciliter la programmation.

## UNE STRATÉGIE COLLABORATIVE D'INNOVATION ET DE PROGRÈS

Dans ce domaine, la stratégie d'IBM est claire : depuis mai 2016, ses ordinateurs quantiques sont disponibles librement et gratuitement en ligne sur le « Cloud » et leurs caractéristiques techniques sont publiques. Chacun peut donc accéder à huit machines réelles avec Python et Qiskit ou via le composeur graphique de l'environnement IBM Quantum Experience qui propose également une documentation et des exemples de programmes directement utilisables.

D'un autre côté, IBM a pour ambition de constituer un écosystème mondial de recherche et développement : le réseau « IBM Q Network » compte au début 2020 plus de 100 membres qui ont la possibilité d'échanger et d'accéder à un ensemble réservé d'ordinateurs quantiques de générations plus récentes et doté d'un nombre de qubits plus important (20, 28 et 53).

Ce réseau regroupe des universités parmi les plus prestigieuses, les start-up les plus actives, et un grand nombre d'entreprises dans les domaines de la chimie, de l'automobile, de la finance. Il s'est donné pour objectif de développer les algorithmes quantiques qui permettront d'ici quelques années d'identifier et produire les cas d'usages où l'ordinateur quantique sera plus avantageux que tout ordinateur classique, c'est à dire « Le Quantum Advantage ».

## UNE RÉVOLUTION DANS L'INFORMATIQUE ?

Le fonctionnement d'un ordinateur quantique sera celui d'un modèle hybride, c'est-à-dire couplé à un ordinateur classique en tant que coprocesseur de calcul spécialisé dans la résolution de problèmes spécifiques.

Il se présente comme une technologie de rupture, probablement en mesure de résoudre des problèmes numériquement très complexes, hors de portée des ordinateurs classiques, pour un large ensemble de domaines comme par exemple la science des matériaux, la chimie des petites molécules, la finance, certains algorithmes de l'intelligence artificielle ou encore les problèmes de logistique.

Par exemple, le calcul quantique pourrait prédire à terme un moyen de capter le CO<sub>2</sub>, de concevoir de nouveaux matériaux pour stocker l'énergie électrique dans une batterie « propre » et légère, de trouver des substances actives pour la conception de nouveaux médicaments... les exemples avec des impacts déterminants sur notre société sont nombreux.

Dans le domaine financier, les algorithmes d'analyse de risques sur les portefeuilles d'actifs sont une cible de choix et l'on sait déjà que des algorithmes quantiques pourront apporter une accélération quadratique pour certains de ces calculs.

# Cryptographie quantique et sécurité numérique

Par Romain Alléaume (2004)

## AUX ORIGINES DE LA CRYPTOGRAPHIE QUANTIQUE

On fait souvent remonter la naissance de la cryptographie quantique à la publication, en 1984, du premier protocole de distribution quantique de clé (aussi appelée QKD, pour *Quantum Key Distribution*). Cette invention est le fruit du travail mené par le physicien théoricien américain Charles Bennett, travaillant à IBM et du cryptographe canadien Gilles Brassard, de l'université de Montréal.

La genèse de cette idée est cependant attribuée à un camarade de Charles Bennett à l'Université de Yale, Stephan Wiesner qui imagina, au début des années 1970, comment les lois de la physique quantique pourrait permettre de créer des billets de banque infalsifiables. Dans une telle monnaie quantique (Fig. 1), la banque

fabrique des billets en leur associant une chaîne d'atomes, chacun portant un bit quantique (qubit). Le principe fondamental de la monnaie quantique, qui sera aussi celui de la distribution quantique de clé, est le suivant : la banque encode une chaîne de bits classiques sur une chaîne de qubits en choisissant, pour chaque bit, une base d'encodage parmi deux possibilités dites complémentaires. L'existence de telles bases complémentaires est propre aux états quantiques et au principe de superposition. Elles ont la propriété suivante : si on mesure un qubit dans la base dans laquelle il a été encodé, alors on obtient le bit d'information sans aucune erreur. En revanche, si l'on mesure un qubit dans la base complémentaire, alors le résultat de mesure est totalement aléatoire. Ainsi, toute l'information est perdue lors de la mesure.

## DE LA MONNAIE QUANTIQUE À LA DISTRIBUTION QUANTIQUE DE CLÉ

Reprenons l'exemple de notre monnaie quantique. Une fois un billet fabriqué, la banque sera plus tard en mesure de vérifier l'authenticité et l'intégrité d'un billet de banque. En revanche, un faussaire quantique devrait lui être capable de créer, ou de dupliquer, une chaîne de qubits passant la vérification de la banque. Or le faussaire ne peut pas copier parfaitement un bit quantique sans connaître sa base d'encodage : on peut montrer qu'il va faire au moins 15% d'erreur et qu'il va être ainsi statistiquement impossible de passer le test de vérification dès lors que la chaîne de qubits est suffisamment longue.



**Romain ALLÉAUME**  
ENS Ulm [98], Docteur Paris 6 (2004), Télécom Paris (2004)  
Enseignant-chercheur à Télécom Paris. Ses recherches portent sur la cryptographie quantique (QKD) et l'information quantique. Auteur de plus de 40 articles et 3 brevets dans le domaine de la QKD, il fut co-fondateur de la start-up SeQureNet, et coordonne actuellement la participation de Telecom Paris à 2 projets européens du Quantum Technology Flagship : CIVIQ et OpenQKD ainsi qu'au ETSI QKD Industry Standardisation Group.

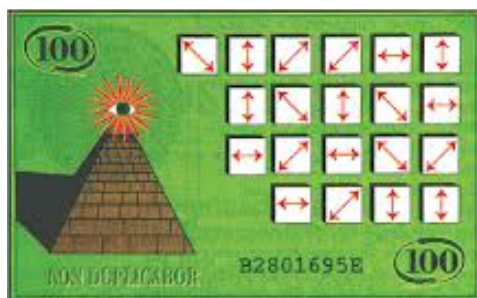
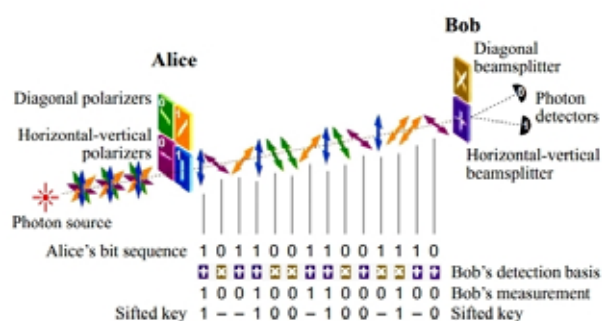


Fig.1 Billet de banque tel qu'imaginé par Wiesner et reproduit par Charles Bennett, ici avec 20 qubits.

La distribution quantique de clé (QKD) fonctionne de façon similaire à la monnaie quantique, mais avec une différence majeure : alors que la monnaie quantique demande de stocker de l'information quantique en vue de vérifications futures – ce qui est difficile technologiquement – la QKD est un protocole de communication quantique, où les qubits sont encodés sur des photons qui filent à la vitesse de la lumière entre un émetteur et un récepteur communément appelés Alice et Bob, sans nécessiter de mémoire quantique. En donnant à Alice et Bob la possibilité, en plus d'échanger et de mesurer les qubits, de communiquer sur une ligne classique publique pour tester la quantité d'erreur ayant eu lieu durant la communication et de les corriger, on obtient les ingrédients du protocole BB84 (voir ci-dessous) qui permet d'établir une clé secrète parfaite entre Alice et Bob.



Protocole de distribution quantique de clé BB84  
(crédit: Physics World, 11:41-45, March 1998.)

## COMPLÉMENTARITÉ DES APPROCHES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES

La QKD permet de distribuer des secrets, tâches importantes en cryptographie, contre un attaquant ayant une puissance de calcul illimitée. Elle permet ainsi d'offrir des garanties de sécurité supérieures à celles que l'on peut obtenir avec la cryptographie conventionnelle, dont la complexité computationnelle repose sur des conjectures qui peuvent devenir caduques, en cas de progrès futurs en algorithmique ou de la puissance de calcul de l'attaquant. En outre, un ordinateur quantique de grande taille serait capable de casser l'essentiel de la cryptographie utilisée aujourd'hui sur Internet pour distribuer des secrets. Ceci motive le développement de nouvelles solutions cryptographiques dites « quantum-safe » au rang desquelles figure la QKD, en parallèle des algorithmes dits post-quantiques.

Cryptographie quantique et cryptographie post-quantique sont fréquemment comparées, voire opposées. Il est cependant intéressant d'exploiter leurs complémentarités. La cryptographie post-quantique est aujourd'hui en passe d'être standardisée, afin de fournir des solutions logicielles adaptées à un déploiement à grande échelle, sur l'ensemble des réseaux numériques. La cryptographie quantique, à l'inverse, présente des contraintes d'usage plus spécifiques et n'est actuellement pleinement opérationnelle que sur des liaisons optiques point-à-point dédiées, sur des distances limitées à environ 100 à 200 km sur fibre optique. En revanche, la cryptographie quantique permet de protéger



### Projet Européen de « Quantum Communication Infrastructure », EuroQCI

Initié par la Commission Européenne.

Vise le déploiement d'une **infrastructure pan-européenne, et publique, de communications quantiques** (terrestre + satellitaire) à l'horizon 2030.

des secrets à long-terme, ce qui revêt une importance capitale pour des usages gouvernementaux, mais aussi pour protéger des données médicales ou industrielles stratégiques, pour lesquelles il est nécessaire de garantir la confidentialité sur plusieurs dizaines d'années.

La maturité technologique atteinte par les systèmes QKD permet aujourd'hui d'envisager son déploiement sur des réseaux maillés à grande échelle, à l'exemple du réseau QKD de 2 000 km déployé entre Pékin et Shanghai. La première démonstration de liaison QKD Terre-Satellite a en outre été démontrée en 2016, à nouveau en Chine, et ouvrant la voie à des échanges de clés à l'échelle de continents. À l'initiative de la Commission Européenne, un grand projets d'infrastructure de communications quantiques, EuroQCI, est actuellement à l'étude (cf figure 2), qui permettrait d'accélérer le développement d'une base industrielle européenne dans le domaine des communications quantiques, avec des applications, non seulement à la cybersécurité, mais également au déploiement de capteurs à la précision renforcée, ainsi qu'à plus long terme, l'interconnexion de processeurs quantiques.

#### Pour aller plus loin

[blogrecherche.wp.imt.fr/2020/03/03/tenir-tete-a-l'ordinateur-quantique](https://blogrecherche.wp.imt.fr/2020/03/03/tenir-tete-a-l'ordinateur-quantique)  
[civiquantum.eu](https://civiquantum.eu)  
[openqkd.eu](https://openqkd.eu)



# LA CORRECTION D'ERREURS

Par **Filippo Miatto** et **Isabelle Zaquine**

## # LA CORRECTION D'ERREURS CLASSIQUE EN BREF

Le calcul sur ordinateur nécessite un support physique : une information initiale est encodée sur un dispositif physique, celui-ci est modifié par application d'une série bien définie d'étapes appelée algorithme et la lecture de l'information du système modifié fournit le résultat du calcul encodé.

Quand on conçoit un algorithme, on suppose bien sûr que les modifications vont se produire exactement comme prévu en théorie mais la réalité est différente : les dispositifs physiques sont sujets à des défauts de fabrication, à des interactions parasites avec leur environnement, à des bruits électroniques de l'alimentation électrique, etc... Tous ces effets peuvent introduire des erreurs, qui modifient l'information de manière aléatoire pendant le calcul. On va rencontrer le même type de problèmes pour les télécommunications, où l'information est encodée sur des ondes radio qui se propagent dans l'air, sur des signaux électriques transmis dans des câbles ou encore sur des impulsions lumineuses dans des fibres optiques : l'information peut être modifiée par les interactions parasites qui se produisent dans ces différents canaux de transmission. On peut également citer les dispositifs de stockage de l'information où celle-ci est encodée sur un support magnétique. Dans ce cas, on s'intéressera plutôt à sa conservation au fil du temps.

La solution classique pour lutter contre les erreurs ainsi introduites est la *redondance*.

Si on a plusieurs copies de l'information, on peut se permettre d'en perdre une partie.

C'est pour cette même raison que l'on fait des sauvegardes sur le « nuage », que l'on a une roue de secours dans nos voitures ou encore que le panneau « STOP » comporte non seulement le mot « STOP » mais aussi une forme spécifique, ... L'importance de la redondance est mise en évidence quand on comprime l'information. En effet, la compression supprime la redondance et les erreurs deviennent alors très néfastes.

Prenons, par exemple, cette phrase française, comprimée en supprimant certaines voyelles. On peut encore comprendre le message, parce que la langue présente des redondances et peut donc être comprimée sans perdre le sens :

**Les ordnturs quntqus sont trs pussnts**

Mais prenons une deuxième phrase dans laquelle des erreurs ont été introduites après la compression (ici il s'agit de changements de lettres). On voit qu'il devient beaucoup plus difficile de la déchiffrer que dans l'exemple précédent :

**Ns qrrus pumnt vndr l phrse lltbl**

On peut comparer au cas où les mêmes erreurs sont introduites dans la phrase non comprimée :

**Nes eqreurs peuvent vendre la phrase illitble**

On voit ainsi que la redondance nous permet de ne pas perdre d'information, malgré les erreurs. C'est pourquoi, la quantité de redondance à introduire dépend du taux d'erreurs classique à corriger. Bien sûr, ces codes classiques correcteurs d'erreurs déploient tout un art mathématique mais dans le principe, il s'agit de trouver des manières efficaces d'inclure plusieurs fois la même information pour pouvoir se permettre d'en perdre une partie. Rien de plus !

## # LA CORRECTION D'ERREURS QUANTIQUE EN BREF

Le traitement de l'information quantique ressemble à celui de l'information classique : l'information est aussi encodée sur un système physique, un traitement modifie le système et on termine par la lecture du résultat. Mais l'information quantique en elle-même est différente de l'information classique.

Tout d'abord, copier une information quantique inconnue pour introduire de la redondance, est interdit par le théorème d'impossibilité du clonage quantique.

Ensuite, alors que les erreurs classiques sont d'un seul type (l'inversion de bit), il existe une infinité d'erreurs quantiques parce qu'un bit quantique (qubit) est une superposition continue de l'état « zéro » et de l'état « un », ce qui signifie que l'erreur peut être n'importe quel changement des coefficients de la superposition.

Enfin, quand des systèmes quantiques interagissent avec leur environnement, ils peuvent devenir intriqués avec celui-ci et subir de la décohérence, c'est à dire perdre leurs propriétés quantiques et commencer à évoluer vers un comportement classique. On peut se représenter la décohérence comme une fuite de l'information quantique, qui se disperse dans l'environnement.

Ces différences fondamentales, signifient que la correction d'erreurs quantique ne peut pas fonctionner comme la correction d'erreurs classique et qu'elle doit faire appel à des principes nouveaux.

Voici comment on procède : on place le système quantique à protéger dans un sous-espace d'un plus grand système, qui comporte plus de qubits. L'information quantique est hébergée dans ce sous-espace protégé. En cas d'interaction parasite, l'objectif est que l'information quantique sortant du sous-espace protégé reste dans le grand système. On parle ainsi d'« erreur

corrigeable » car l'information quantique est encore disponible : il suffit de la ramener dans le sous-espace protégé.

On fait alors une mesure sur le système global pour trouver où est partie l'information (opération appelée détection de syndrome), ce qui nous permet de trouver comment ramener l'information dans le sous-espace protégé (cette opération constitue la correction d'erreurs proprement dite).

La correction d'erreurs quantique consiste à répéter cette opération de détection de syndrome aussi souvent que possible et dès que l'on détecte que l'information a bougé, on la rapatrie dans son sous-espace protégé.

Pour comparer les corrections d'erreurs classiques et quantiques, on pourrait utiliser l'analogie suivante : imaginez que vous allez chercher un paquet de bonbons pour le rapporter chez vous. Le paquet est percé et vous perdez des bonbons sur la route. Comment faire ?

La correction d'erreurs classiques consisterait à acheter plusieurs paquets, pour qu'il reste assez de bonbons, une fois rentré à la maison.

La correction d'erreurs quantiques consisterait plutôt à mettre le paquet percé dans un plus grand paquet : à chaque fois que vous voyez un bonbon sortir, vous le récupérez dans le grand paquet pour le remettre dans le petit.

## # CODES TOPOLOGIQUES ET LE FUTUR DE LA CORRECTION D'ERREURS QUANTIQUES

Il est nécessaire d'aller plus loin. Les erreurs dans les systèmes quantiques sont trop fréquentes pour que l'on ait le temps de réaliser nos algorithmes quantiques. Il faut améliorer la correction d'erreurs pour obtenir un ordinateur quantique tolérant à l'erreur, c'est à dire qui puisse exécuter des algorithmes quantiques, quel que soit le nombre d'étapes. Pour le moment les meilleures stratégies de correction d'erreurs utilisent des codes topologiques, qui utilisent le positionnement géométrique des qubits les uns par rapport aux autres (habituellement

sur une surface) pour faciliter la détection de syndrome. De plus, les codes topologiques nous permettent non seulement de protéger l'information mais aussi de réaliser les calculs directement sur l'information protégée, à condition de modifier la façon dont on fait la détection de syndrome. Comme le disait Andrew Steane<sup>1</sup> : « Les ordinateurs quantiques sont des dispositifs qui réalisent de la correction d'erreurs. Le calcul est accessoire ».

Les chercheurs travaillent aussi à améliorer les qubits pour réduire les possibilités d'erreurs. Cela signifie explorer des directions complètement différentes (faire des qubits à partir d'ions, de photons ou de matériaux supraconducteurs, ...) et mettre en œuvre les conditions qui permettent de mieux isoler l'information quantique de l'environnement (meilleur vide, températures plus basses, ...).

Pour mesurer les progrès, on utilise le théorème du seuil, qui donne le seuil de bruit sous lequel le calcul quantique tolérant à l'erreur est possible. On essaie de faire monter le seuil (de tolérer plus de bruit) avec de meilleurs codes correcteurs et en même temps de faire baisser le niveau de bruit en produisant de meilleurs qubits.

On est encore loin de l'ordinateur quantique tolérant à l'erreur mais beaucoup de chercheurs travaillent sur ces deux aspects complémentaires. En repoussant les limites chacun de son côté, on peut espérer qu'ils se retrouveront un jour au seuil.

### Référence

<sup>1</sup> Andrew Martin Steane est professeur de physique à l'Université d'Oxford. Il est également membre de l'Exeter College d'Oxford. Ses principaux travaux, à ce jour, portent sur la correction d'erreurs dans le traitement de l'information quantique, y compris les codes Steane. Il a reçu la médaille et le prix Maxwell de l'Institut de physique en 2000.

## Les ordinateurs quantiques sont des dispositifs qui réalisent de la correction d'erreurs. Le calcul est accessoire

Andrew Steane



Filippo MIATTO

Maître de Conférences à Télécom Paris, dans l'équipe « Information Quantique et Applications ». Il développe des outils pour modéliser et optimiser les circuits photoniques quantiques à l'aide du Machine Learning et de l'IA.



Isabelle ZAQUINE

Professeur à Télécom Paris, responsable de l'équipe « Information Quantique et Applications ». Sa recherche expérimentale porte sur l'étude et l'optimisation de sources de paires de photons fibrées et plus récemment sur le calcul quantique optique utilisant des composants telecom.

### À retenir

La redondance d'information permet la correction d'erreurs classique.

Elle est impossible avec l'information quantique.

En information quantique on intègre le système quantique dans lequel l'information est encodée dans un système plus grand qui fait écran pour éviter les fuites d'information vers l'environnement. La correction d'erreurs consiste à récupérer l'information qui a fui vers le système écran et à la restituer à son système initial.

Les recherches consistent à protéger les qubits par des codes de plus en plus performants mais aussi à concevoir des qubits qui présentent naturellement moins de fuites vers l'environnement.

# POUR RESTER MAÎTRE DU CALCUL DE HAUTE PERFORMANCE Atos parie sur le NISQ

Philippe Duluc

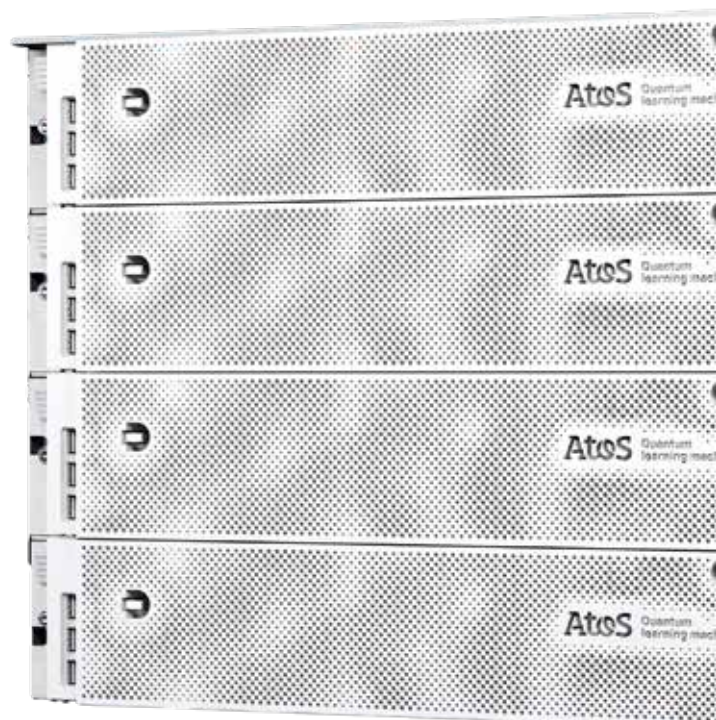
**Santa Fe, novembre 1994,  
35<sup>e</sup> Symposium de l'IEEE :  
Peter Shor révolutionne l'informatique**

Pour la première fois, est démontrée la capacité d'accélération exponentielle du calcul quantique. Avec une complexité polynomiale, son algorithme quantique de factorisation pulvérise l'équivalent classique, le GNFS, à complexité sous-exponentielle. Conséquence immédiate, les algorithmes cryptologiques asymétriques étant basés sur des fonctions trappe (faciles à calculer dans un sens et très difficiles dans l'autre), Shor montre la voie de leur décryptement, notamment du fameux RSA. Il manque « seulement » l'ordinateur quantique pour l'exécuter, ce qui relativise l'exploit, mais qui lance la course au calcul quantique, suscitant partout l'intérêt des services de sécurité et du monde académique. Parallèlement, l'industrie et la recherche aspirent à toujours plus de capacité de calcul, habitués à la loi de Moore qui leur procure un doublement de puissance tous les 18 mois. Or, ce rythme ralentit et va s'arrêter car la densification des puces ne peut plus suivre. Et si le calcul quantique prenait la relève ?

## L'investissement d'Atos dans les technologies quantiques répond à une logique industrielle

C'est en raison de ces deux disruptions, l'une relative au calcul et l'autre à la cybersécurité que Thierry Breton a lancé en 2016 le program Atos Quantum1 afin de préserver la position d'Atos en tête sur ces deux marchés. Deux axes concernent le calcul. Le premier consiste à offrir une plateforme de programmation quantique, permettant de développer, d'optimiser et de simuler l'exécution d'algorithmes quantiques de façon ultraréaliste. C'est la *Quantum Learning Machine* (Atos QLM), sans égale, vendue dans le monde entier (USA, Europe, Inde, Asie) aux universités, centres de recherche publics et industriels.

Le second axe vise à réaliser un accélérateur quantique doté de qubits (les qubits ou quantum bits sont les équivalents des bits classiques) qui pourrait s'insérer dans une architecture HPC comme le fait un accélérateur GPU pour inférer ou entraîner des données. C'était très exploratoire, on s'interrogeait alors sur les perspectives amenées par ces ordinateurs quantiques que l'on imaginait similaires aux machines classiques à logique booléenne. Or les algorithmes quantiques sont probabilistes et la correction d'erreurs des qubits est ruineuse, parce qu'il est physiquement impossible de dupliquer un qubit en cours de calcul. Il faudrait disposer d'au moins 1000 qubits physiques pour produire un seul qubit corrigé. Exécuter Shor pour décrypter un RSA à 1024 bits par exemple, requiert plus de 1000 qubits parfaits, soit plus d'un million de qubits physiques. On en était loin, faudra-t-il attendre encore 20 ans ?





## Mountain View, décembre 2017, à la 1<sup>re</sup> conférence Q2B, John Preskill rapproche l'échéance

Lors de cette conférence californienne (où je présentais l'Atos QLM), le professeur Preskill du Caltech introduisit<sup>2</sup> pour la première fois le concept de NISQ<sup>3</sup> (*Noisy-Intermediate Scale Quantum*) qui qualifie un système quantique formé de 50 à 100 qubits physiques sans correction d'erreurs. Selon lui, ces accélérateurs NISQ étaient sur le point de déboucher et certaines applications pouvaient prétendre à la suprématie quantique (ce qui signifie simplement que leurs équivalents classiques ne peuvent tourner sur les HPC les plus puissants).

Les hardwares quantiques progressent en effet, on est passé de 2017 à 2020 de quelques qubits à quelques dizaines (IBM et Google à 53, Intel à 49, Rigetti à 28). Atos participe au projet européen AQTION<sup>4</sup> pour développer un prototype de 50 qubits à base d'ions piégés. Fin 2019, Google a annoncé avoir atteint pour la première fois la suprématie quantique avec son architecture SYCAMORE de 53 qubits supraconducteurs. L'application choisie d'échantillonnage aléatoire de circuits n'est certes pas représentative, ni très utile, mais elle montre bien que l'on s'approche de l'objectif.



La QLM

On sait que toutes les applications ne sont pas accélérables en informatique quantique. C'est pour cela que l'on ne parle plus d'ordinateur quantique universel, mais plutôt d'accélérateur quantique, véritable coprocesseur d'un système classique. L'enjeu industriel est maintenant de trouver les applications utiles qu'un système NISQ puisse accélérer. On sait que l'algorithme de Shor est allergique au bruit quantique (ce qui est une bonne nouvelle pour notre cybersécurité), mais les chercheurs ont trouvé de nouveaux algorithmes NISQ-compatibles.

## Les accélérateurs et applications NISQ arrivent à très court terme : Atos entre dans la course

Comment ça marche ? Un registre de  $n$  qubits, initialisés à 0, évolue séquentiellement sous l'action de portes quantiques jusqu'à la fin de la phase de calcul où il est mesuré : si l'algorithme est efficace, c'est la bonne réponse qui ressort parmi les  $2^n$  possibles. Sans correction d'erreur, le bruit quantique perturbe les qubits, les portes, ainsi que la mesure, et s'il est trop important, ce n'est plus la bonne solution qui ressort, noyée dans le bruit. Pour en réduire les effets, l'approche NISQ cherche, côté matériel, à privilégier des qubits plus stables et plus rapides, mais surtout, côté logiciel, à diminuer le nombre d'opérations, de portes quantiques et le temps d'occupation des qubits, afin d'éviter la propagation du bruit. Une solution pragmatique consiste à réduire la partie quantique au strict nécessaire, comme le font les algorithmes hybrides : une partie classique tourne sur le HPC, et la partie quantique minimisée sur le coprocesseur quantique.

Parmi les algorithmes hybrides, les algorithmes variationnels sont les plus prometteurs pour le NISQ. Ils procèdent d'une double optimisation, l'une quantique et l'autre classique. Ainsi, QAOA<sup>5</sup> (*Quantum*

*Approximate Optimization Algorithm*) permet de résoudre des problèmes d'optimisation combinatoire classique (tel MaxCut) tandis que VQE<sup>6</sup> (*Variational Quantum Eigensolver*) s'applique à la chimie quantique avec la recherche de minimums d'énergie, essentielle pour la simulation d'orbitales électroniques par exemple.

Le NISQ constitue à n'en pas douter le terrain de jeu quantique de ces prochaines années. Il requiert une interaction vive entre hardware et software, entre physiciens et mathématiciens. Le moment est venu comme l'a souligné Paula Fortezza dans son rapport<sup>7</sup>, et c'est pourquoi Atos a annoncé au marché la conception et la commercialisation d'un accélérateur NISQ en 2023, et a engagé les partenariats technologiques nécessaires.

## Références

<sup>1</sup> <https://atos.net/en/insights-and-innovation/quantum-computing>

<sup>2</sup> <https://youtu.be/h4nUyF9cSaw>

<sup>3</sup> <https://arxiv.org/abs/1801.00862>

<sup>4</sup> <https://www.aqtion.eu/>

<sup>5</sup> <https://arxiv.org/abs/1411.4028>

<sup>6</sup> <https://arxiv.org/abs/1304.3061>

<sup>7</sup> [https://fortezza.fr/wp-content/uploads/2020/01/A5\\_Rapport-quantique-public-BD.pdf](https://fortezza.fr/wp-content/uploads/2020/01/A5_Rapport-quantique-public-BD.pdf)



Philippe DULUC

Diplômé de l'École polytechnique, Philippe Duluc a débuté comme ingénieur de l'Armement au ministère de la Défense et dans les services du Premier ministre. Après 20 ans au service de l'État, il a rejoint le secteur privé, d'abord en charge de la sécurité groupe d'Orange, puis responsable des activités de cybersécurité de Bull. Il est maintenant directeur technique de la division Big Data & Security d'Atos. Ancien conseiller auprès de l'Agence européenne chargée de la sécurité des réseaux et de l'information, il s'intéresse particulièrement aux domaines scientifiques et techniques de la transformation numérique : cryptographie, cyberdéfense, informatique avancée, big data, intelligence artificielle et technologies quantiques.

# INFORMATIQUE QUANTIQUE

## Soyez prêts pour le grand saut !

L'informatique quantique n'apporte pas simplement plus de puissance de traitement, mais de nouveaux outils qu'il faut apprivoiser dès maintenant.

Par **Florian Carrière** et **Mohammed Bencheikroun** (2019)

### **La chance ne sourit qu'aux esprits bien préparés**

Louis Pasteur

**L**e potentiel de disruption porté par les technologies quantiques est considérable : promettant de rendre possibles certains calculs actuellement inaccessibles, elles ouvrent un vaste champ pour de nouveaux produits, services ou méthodes. Capables à terme de casser les clés de chiffrement qui sécurisent aujourd'hui l'univers numérique devenu clé dans nos sociétés, elles sont également en elles-mêmes la meilleure piste pour dépasser ce risque.

Il semble indispensable aujourd'hui de prendre en compte ces technologies dans le plan de développement stratégique des entreprises, au risque de manquer un avantage compétitif durable, ou de mettre en risque ses informations et communications.

La question de la méthode est autrement plus délicate, notamment car l'horizon de maturité de ces technologies est incertain (trois à cinq ans pour les plus optimistes) et les compétences encore rares. Alors comment s'y prendre ? Pour vous éclairer, un rapide tour d'horizon des actions que nous pensons pertinent d'engager dès maintenant.

### S'ACCULTURER ET SE CONNECTER À L'ÉCOSYSTÈME

La première étape est bien sûr de comprendre sur quoi ces technologies reposent : il ne s'agit pas là d'appréhender la physique quantique de manière approfondie (savez-vous réellement comment fonctionne un micro-processeur ?), mais plutôt de comprendre ses grands principes. Les concepts de quBit, de superposition et d'intrication sont les bases fondamentales, nul besoin en tant que dirigeant ou manager d'aller plus loin.

Car il s'agit surtout de comprendre ce qui est possible aujourd'hui, et surtout demain. Pour cela, un dispositif de veille efficace doit être mis en place : presse et événements spécialisés, rencontres et partenariats avec des acteurs différents du domaine (constructeurs, éditeurs, universités, start-up, fonds d'investissement, cabinets de conseil, etc.), analyse des annonces des concurrents, tout cela permet d'appréhender les grands mouvements à l'œuvre, et de comprendre les différentes évolutions qui se préparent.



## ANALYSER L'IMPACT SUR LE POSITIONNEMENT STRATÉGIQUE ET LES OPÉRATIONS

Sur ces bases, il convient de passer à l'application, et d'analyser comment ces technologies vont venir percuter votre marché, votre business model et vos opérations.

Sur le plan stratégique le champ est totalement ouvert, car les technologies quantiques sont des outils à transformer en usages, pas des solutions « toutes faites ». Et comme les technologies numériques ont chamboulé des pans entiers de l'économie (il semble loin le temps où l'industrie musicale était seule touchée), elles ont probablement le pouvoir de rebattre considérablement les cartes. Car le véritable impact se cache dans les opérations : quels sont les problèmes non traités jusqu'ici faute de puissance suffisante, mais qui deviennent solubles dans l'ère quantique ?

En tant que managers, vous devez intégrer ce nouvel élément à vos réflexions : parmi vos produits et services, lesquels pourraient bénéficier de cette puissance de calcul décuplée (pour certaines classes de problèmes seulement) ? De nouvelles offres ou un avantage concurrentiel majeur peuvent-ils émerger sur ces bases ? Où en sont vos concurrents sur ces questions ?

Les impacts envisagés actuellement sont déjà importants : révolution dans le secteur chimie / pharmacie (vers une conception plus « systématique » des molécules), dans la logistique, l'énergie, les transports (optimisation des flux, tournées et réseaux), et surtout la banque (optimisation des risques), secteur parmi les plus avancés aujourd'hui dans ses réflexions.

Enfin comme évoqué, l'impact sur la sécurisation des communications et des informations est à surveiller de près : selon toute vraisemblance, ce sera l'une des toutes premières surfaces d'impact sur nos sociétés et de nos économies.

## PRÉPARER SES ÉQUIPES « COMMANDOS »

Mais penser ne suffit pas : « *Vision without execution is hallucination* » disait Thomas Edison, et les géants technologiques actuels démontrent chaque jour la nécessité de faire, d'expérimenter, pour trouver la bonne idée, la solution optimale. Il faut donc passer à l'action.

Identifier quelques problèmes éligibles, et passer en mode « commando » pour les traiter : pas besoin de mobiliser une armée pour ce faire. EDF a démontré récemment qu'un stagiaire brillant et motivé pouvait apporter des réponses concrètes en quelques mois !

Former une petite équipe de développeurs motivés pour se familiariser avec les frameworks émergents (IBM, Google, Amazon, Microsoft, Alibaba, Rigetti, etc.), qui seront capables d'éclairer demain les choix de sourcing. Et adapter leurs cadres de réflexion, car développer pour une machine quantique ne consiste pas simplement à apprendre un nouveau langage, mais bien de penser autrement les algorithmes, massivement parallèles « by design ». Bonne nouvelle : nul besoin d'acheter un ordinateur quantique, de nombreuses solutions sont déjà disponibles dans le cloud.

Et bien sûr, lancer une partie de vos équipes cybersécurité sur le sujet. Là également le champ est vaste, les solutions disponibles déjà nombreuses, et il est loin d'être trop tôt pour évaluer les risques et identifier les plans d'actions à déployer : algorithmes post-quantiques dès maintenant, puis solutions quantiques dès que nécessaire.



Comprendre, analyser, expérimenter pour être prêt le moment venu : rien de révolutionnaire... mais encore faut-il identifier les bons sujets. Ne vous y trompez pas : ces technologies ont déjà bouleversé le monde dans la seconde partie du XX<sup>e</sup> siècle avec les semi-conducteurs et les lasers : elles ont le potentiel pour le faire de nouveau, mais cette fois-ci pas uniquement depuis les laboratoires de R&D. Alors préparez-vous !



Florian CARRIÈRE

Senior Manager au sein de Wavestone, cabinet de conseil en transformation alliant management et technologie, Florian Carrière est en charge du développement de l'offre « technologies émergentes », recouvrant toutes les technologies prospectives à l'échelle industrielle (RPA, blockchain, réalité immersive, jumeau numérique, quantique, etc.).

in florian-carriere  
@fcarriere\_fr



Mohammed BENCHEKROUN

Diplômé de Télécom Paris et Analyste au sein du cabinet de conseil Wavestone, Mohammed Benckroun a intégré l'équipe IT & Data architecture qui accompagne les clients dans la définition des besoins des directions métier, la conception de l'architecture des systèmes d'information et le pilotage de leur mise en œuvre.

in mohammed-benckroun





# Une révolution à brève échéance pour de nombreuses industries : les différents domaines d'application de l'informatique quantique !

Par **Olivier Tonneau**

**D**e nombreux domaines industriels ou scientifiques bénéficieront de l'apport de l'ordinateur quantique dans les deux à trois prochaines années et avant cela, les méthodes dites « *quantum inspired* » peuvent mener à très court terme à des applications proposant un gain substantiel par rapport aux méthodes classiques. Toutes les industries qui requièrent une forte intensité de calcul sont de bons candidats pour bénéficier une accélération par le calcul quantique à relativement brève échéance grâce à des start-up qui développent dès maintenant des outils efficaces.



**Olivier TONNEAU**

Diplômé de l'ESSEC, Olivier est l'un des associés fondateur du fonds d'investissement spécialisé dans les technologies quantiques, Quantonation. Il a auparavant passé 10 ans dans le Conseil en stratégie chez A.T. Kearney, avant de rejoindre Charles Beigbeder en tant que DGD de sa holding, Gravitation.

Olivier est membre du Comité d'Investissement de la société de gestion Audacia, et membre du conseil de différentes sociétés, parmi lesquelles Qnami et CryptoNext Security.

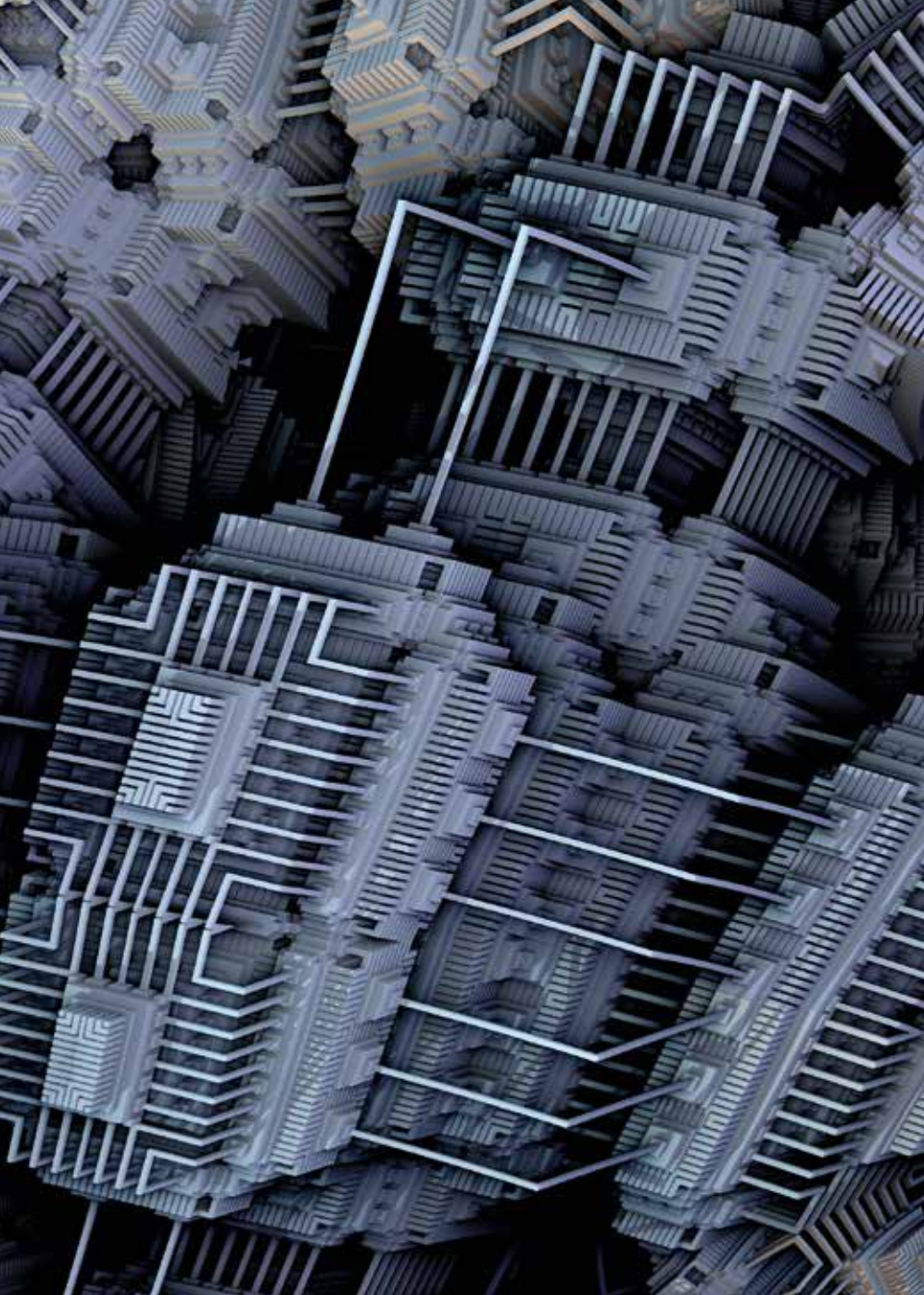
## TOUR D'HORIZON DES PREMIÈRES APPLICATIONS

### Accélérer les découvertes scientifiques

L'architecture et la nature des calculateurs quantiques leur confèrent une capacité unique à résoudre de nombreux problèmes scientifiques. Ainsi, les scientifiques pourront bénéficier de nouvelles ressources pour modéliser des molécules et par exemple, accélérer la recherche contre les virus. La modélisation de molécules de plus de 100 atomes est aujourd'hui un calcul inaccessible pour un ordinateur classique,

même pour le plus performant au monde. Mais dès aujourd'hui, des start-up comme Qubit Pharmaceuticals en France ou Rahko au Royaume-Uni proposent des solutions inspirées du quantique qui fonctionnent avec des clusters de processeurs classiques ou sur des supercalculateurs, qui permettent d'affiner notre compréhension de molécules complexes. Ce type d'approche est notamment utilisé dans le cadre de la recherche sur le virus du Covid au sein du supercalculateur Jean Zay. Autre exemple, la start-up française Pasqal, développe un calculateur quantique à base d'atomes refroidis par laser qui sera intégré à des supercalculateurs pour effectuer ce type de calcul scientifique dès 2021 et donner la possibilité d'étendre le champs d'applications de ces nouvelles méthodes.

Les autres domaines d'application qui s'ouvrent à un horizon rapide pour le calcul quantique sont les problèmes d'optimisation complexes et en particulier dans les domaines de la finance, la logistique, les problèmes de type voyageur de commerce ainsi que certains problèmes de Machine Learning.



## Finance

Les simulations Monte Carlo ou calculs de VaR (Value at Risk) dans la banque qui font aujourd'hui l'objet de calculs quotidiens pourraient à l'avenir être calculés en temps réel grâce à l'ordinateur quantique. D'autres applications sont également possibles dans le calcul de prix d'options ou de dérivées, ainsi que l'optimisation de portefeuilles d'actifs. La start-up espagnole Multiverse utilise également des méthodes dites « *quantum inspired* », à base de réseaux de tenseurs (des méthodes mathématiques inspirées de la physique), afin de détecter des fraudes sur les transactions de cartes bancaires conférant des résultats supérieurs aux méthodes utilisées de manière classique par les banques. L'intégration d'une telle méthode

pourrait générer des dizaines de millions d'économies par an pour une banque de réseau en détectant de manière plus efficace les transactions frauduleuses.

Par ailleurs, de nombreux fonds d'investissement regardent avec intérêt ces nouvelles méthodes comme BlackRock qui a acquis EFront, un logiciel de calcul financier, pour l'intégrer à son fameux outil de simulation financière Aladdin.

## Logistique

Trouver le trajet optimal pour desservir un grand nombre de points de livraison ou dispatcher des taxis pour minimiser le temps d'attente des clients et la consommation de carburant figurent parmi les premiers cas possibles d'application pour l'ordinateur

quantique. À titre d'exemple, le groupe EDF et la start-up Pasqal ont lancé un projet conjoint de recherche qui vise à optimiser la charge de flottes de véhicules électriques sur des centaines de sites.

## Machine Learning

Le Machine Learning vise à identifier de manière automatique des schémas et structures dans de larges ensembles de données. L'ordinateur quantique est naturellement structuré pour répondre efficacement à ce genre de besoin. Certains algorithmes comme celui de Grover permettent une accélération quadratique des recherches dans un grand ensemble.

Les grands groupes industriels européens, en pointe dans le domaine, ont commencé à intégrer les cas d'usage du quantique dans leur roadmap technologique et à lancer des preuves de concept de façon à pouvoir intégrer ces technologies dans leurs process industriels à horizon trois à cinq ans :

- **Dans le monde de l'énergie** : simulations géophysiques, optimisation de recharge de flottes de véhicules électriques, recherche sur les nouveaux matériaux pour batteries,...
- **Dans l'aéronautique** : simulation des trajectoires optimales de décollage, dynamique des fluides / modélisation,...
- **Pharmaceutique / chimies** : recherche de nouvelles molécules / matériaux,...
- **Dans la banque** : détection de fraudes, calcul de VaR, optimisation de portefeuilles,...
- **Dans l'industrie automobile** : simulations, ordonnancement de la production,...

Il est important de noter que pour toutes ces applications, l'ordinateur quantique fonctionnera avec une consommation d'énergie très faible par rapport aux machines classiques, engendrant un impact positif significatif sur le climat, les modes de calcul actuels étant très intensifs en termes de production de gaz à effets de serre.

Les grandes firmes de conseil en stratégie comme BCG ou Mc Kinsey tablent sur des tailles de marché en dizaines de milliards dans les cinq ans à venir pour l'industrie pharmaceutique, la chimie, le calcul haute performance, ou la finance. Pour tous ces marchés, l'avenir quantique s'écrit dès aujourd'hui !





Mathieu Munsch

# COMMENT VOIR LA MATIÈRE grâce à la physique Quantique ?

**S**i l'informatique quantique peut être comparée à un cerveau capable d'effectuer des calculs à une vitesse prodigieuse, les capteurs quantiques peuvent, quant à eux, être comparés à des mains ou à des yeux capables de ressentir le monde qui nous entoure à des échelles inatteignables pour nos sens. Sans ces capteurs, l'informatique quantique serait le plus souvent contrainte dans une sphère théorique sans connexion avec le réel. Et si finalement, pour progresser efficacement, il ne faudrait pas réconcilier Rousseau et Mme Necker en développant à la fois nos sens et notre esprit ?

## VOIR LA MATIÈRE À L'ÉCHELLE DU NANOMÈTRE

Qu'est-ce qu'un nanomètre ? cette unité de mesure correspond au milliardième du mètre, c'est environ 10 fois la taille d'un atome, et c'est aussi la distance qui sépare deux atomes. Dans un autre domaine, le nanomètre c'est à peine moins que la taille des virus comme le Corona qui ont une taille allant de 20 à 300 nm. Le nanomètre c'est encore la taille du rayon de la double hélice de l'ADN.

Dans le domaine de l'électronique enfin, nos microprocesseurs les plus miniaturisés présentent des éléments (transistors) dont les dimensions caractéristiques atteignent, aujourd'hui, quelques nanomètres. Avec ces références en tête, on

*Rousseau, partant du principe que les idées ne nous arrivent que par les sens, voulait qu'on commençât par perfectionner les organes de la perception. Mme Necker estimait qu'il fallait agir immédiatement sur l'esprit par l'esprit. L'essentiel à ses yeux était d'accumuler les idées.*

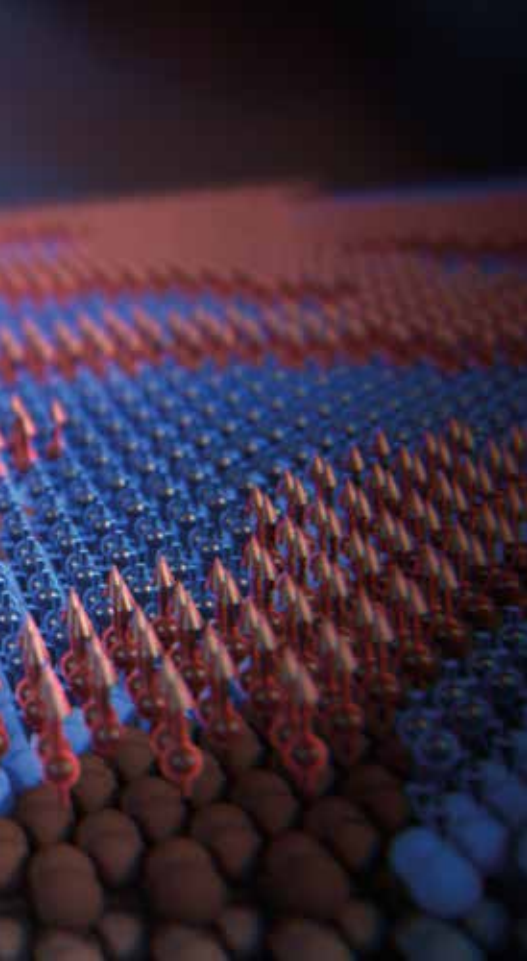
*L'éducation des femmes par les femmes (1885),  
Octave Greard*

comprend mieux tout l'enjeu qu'il y a à mieux comprendre la matière et le monde qui nous entoure à l'échelle du nanomètre. Cette échelle offre la promesse d'avancées fantastiques dans un univers qui nous échappe encore en partie.

Grace aux microscopes AFM (à force atomique), conçu dans les années 70, il est déjà possible de sonder au niveau d'un atome la topographie d'un solide, d'en mesurer la conductivité, la chaleur... mais pas encore le magnétisme.

En effet, les techniques actuelles de microscopie AFM (à force atomique) utilisent de petits aimants pour sonder le champ magnétique de la matière. Malgré la taille microscopique de ces aimants, elles ont malgré tout tendance à perturber les propriétés





*Le centre NV du diamant est un capteur doté de caractéristiques remarquables. D'une part, ce défaut cristallin possède un spin électronique extrêmement sensible au champ magnétique. D'autre part, les propriétés optiques du centre NV offrent la possibilité de détecter la fréquence de résonance de ce spin électronique par voie optique<sup>2</sup>. Ces propriétés permettent une mesure quantitative du champ magnétique auquel le centre NV est soumis.*

La mise en pratique de cette particularité des centres NV permet d'effectuer une cartographie du champ magnétique à une échelle de l'ordre de 10 nm, ce qui est impossible avec les autres technologies.

Grâce à leurs travaux et aux valeurs qui les animent (ouverture, précision, enthousiasme), Qnami a fait progresser son capteur et offre aujourd'hui une solution de microscopie complète intégrant ce capteur.

### UNE NOUVELLE FENÊTRE SUR LA MATIÈRE

magnétiques des matériaux mesurés. Or, il s'agit d'une propriété fondamentale des matériaux, indispensable si nous voulons continuer à améliorer les performances de nos micro-processeurs, nos capacités de stockage avec l'utilisation de la technologie spintronique<sup>1</sup>, notre compréhension du vivant...

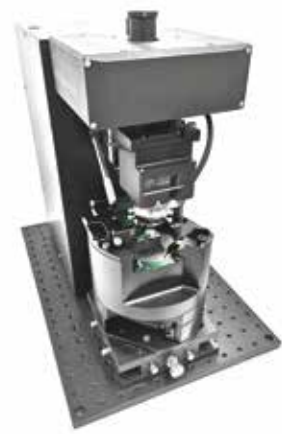
Sonder la matière et en mesurer le magnétisme, c'est justement l'une des ambitions de Qnami. La start-up a été lancée, en 2016, à l'université de Bâle sur la base des travaux du professeur Maletinsky. Cet enseignant-chercheur a mis au point une technique de mesure des matériaux en combinant un matériau unique, le diamant, et les technologies quantiques. Ces résultats ont suscité beaucoup d'intérêts, car ils offraient une bien meilleure sensibilité pour mesurer les signaux électriques à l'échelle du nanomètre.

Depuis la start-up a grandi. Elle est toujours basée en Suisse, mais elle compte aujourd'hui une dizaine d'employés provenant de nombreux pays (Suisse, France, Russie...), qui sont pour la plupart d'anciens doctorants. En ajoutant à l'intérieur d'une pointe de diamant des défauts Azote-Lacune ou centres NV (pour Nitrogène-Vacancy), la jeune équipe révolutionne le monde de la microscopie AFM.

De la même manière que la détection, en 2015, des ondes gravitationnelles a permis d'ouvrir une nouvelle fenêtre sur l'observation de l'univers (notre observation de l'univers n'est désormais plus uniquement liée aux ondes électromagnétiques, mais aussi aux fluctuations de l'univers lui-même), les capteurs de Qnami nous permettent d'ouvrir une nouvelle fenêtre sur notre compréhension de la matière.

Cette possibilité de pouvoir mesurer le champ magnétique des matériaux à l'échelle de l'atome offre de nombreuses perspectives à courts termes, comme celles de mieux comprendre les effets magnétiques de nouvelles structures qui pourraient remplacer ou optimiser l'utilisation du silicium dans nos composants informatiques et ainsi d'améliorer encore un peu les capacités de nos ordinateurs. C'est aussi et surtout la possibilité de faire aussi bien, mais en consommant moins. Les capteurs de Qnami seraient également les candidats idéaux pour identifier les défauts dans les circuits intégrés.

Dans le secteur de l'aéronautique, ces capteurs permettraient de rechercher de nouveaux matériaux ayant des propriétés



spécifiques comme une meilleure résistance à la corrosion. Dans le domaine de la santé, c'est également la possibilité de mieux comprendre le vivant à l'échelle des virus ou de notre ADN.

La technologie proposée par Qnami se positionne actuellement davantage dans le domaine de la recherche fondamentale, mais la start-up ambitionne de proposer rapidement des solutions qui pourraient être utilisées au niveau industriel<sup>3</sup>.

### Références

<sup>1</sup> La spintronique, électronique de spin ou magnétoélectronique, est une technique qui exploite la propriété quantique du spin des électrons dans le but de stocker des informations.

<sup>2</sup> Source : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01154125/document>

<sup>3</sup> Le capteur en lui-même sera très certainement proche, mais l'instrumentation sera adaptée aux besoins industriels.



**Mathieu MUNSCH**

Mathieu Munsch est l'un des co-fondateurs et le PDG de Qnami. En 2006 il obtient son diplôme d'ingénieur de l'ENS Grenoble INP Phelma et se lance dans un doctorat et l'exploration des technologies quantiques. Ses recherches se poursuivent au CEA de Grenoble puis à l'université de Bâle en Suisse et se traduiront par >15 publications dans des revues prestigieuses telles Nature et the Physical Review. En 2017, Mathieu crée Qnami avec l'ambition de créer un acteur majeur des technologies quantiques. Mathieu est également un membre de plusieurs groupes de travail au sein du Quantum Flagship, le programme Européen pour le développement des technologies quantiques. Dans son temps libre, Mathieu est un amateur de musique et joueur de Go.

Paul HIRIART

# Algorithmie Quantique pour la Finance

## Quelques Cas d'Usage



Paul HIRIART

Diplômé de l'INSA Lyon et de McGill en Informatique et Mathématiques Financières ainsi que de l'INSEAD en management, a commencé sa carrière au Crédit Agricole CIB comme vendeur au Japon pour ensuite y travailler à Londres et après rejoindre le groupe Caisse des Dépôt à Paris comme manager puis repartir au Japon pour créer l'activité de Dexia. De retour à Paris chez Engie Trading comme consultant il est repassé par le Crédit Agricole également en tant que consultant avant de créer QuantFi une start-up spécialisée dans l'Informatique Quantique pour la Finance aujourd'hui accélérée par le Village by CA (Crédit Agricole). QuantFi dispose aussi de solutions non quantiques pour la finance, plus performantes que ce qu'on trouve en général aujourd'hui dans les grandes banques.

L'objectif de cet article est de présenter quelques-uns des cas d'usage collectés récemment auprès d'une trentaine d'institutions financières mondiales (banques d'investissement, banques commerciales, gestionnaires d'actifs, banques privées, assureurs, hedge funds...).

On peut de façon générale classer les cas d'usage financiers en trois catégories :

- La détection de tendance et la classification
- L'optimisation de portefeuille
- La gestion des risques

Nous allons prendre, ci-après, trois cas d'usage réels correspondant respectivement aux trois catégories ci-dessus :

- Le hedge fund américain : prédire les tendances de marché
- La grande banque d'investissement française : la VaR (Value at Risk)
- Le broker japonais : l'optimisation du passage d'ordres

Il est important d'insister sur le fait que pour tous les exemples ci-dessous les solutions quantiques ou hybrides classique-quantique sont étudiées par les institutions financières à titre expérimental. Néanmoins des solutions classiques basées sur les toutes dernières théories financières leurs permettent déjà d'améliorer les performances, la précision, l'exhaustivité et la capacité à traiter des données en grandes dimensions tout en préparant l'avenir quantique en ayant des points « faibles » qui seront efficacement traités par une hybridation quantique.

### Le hedge fund américain

Un hedge fund peut être défini comme un fond qui peut prendre des risques que les gestionnaires de fonds classiques ne peuvent pas prendre du fait des limitations réglementaires relatives à la protection des épargnants. Seuls certains profils d'investisseurs avertis, et en général fortunés, sont autorisés à investir dans ces fonds.

Très souvent, l'objectif affiché par ces fonds est « absolu », c'est-à-dire indépendant des mouvements de marché. Là où un fond classique va choisir sur des bases de santé de l'entreprise telle ou telle action, un hedge fund va vouloir, par exemple, détecter des tendances haussières ou baissière et prendre position.

Les experts en machine learning connaissent tous *TensorFlow* de Google la référence mondiale. Récemment Google a proposé une version hybride classique – quantique de son outil de machine learning. Notre hedge fund américain l'étudie bien entendu dans l'espoir d'améliorer notamment la phase d'apprentissage. La calibration d'un modèle classique prend parfois plusieurs jours.

Mais la solution pourra aussi être purement quantique. Les techniques basées sur les modèles de Markov cachés quantiques sont particulièrement regardées car ces mêmes modèles classiques sont couramment utilisés aujourd'hui pour les prévisions de tendances financières et leur version quantique en est une généralisation.

Des solutions classiques avancées peuvent aussi préparer une hybridation.

### La grande banque d'investissement française

Une banque d'investissement traite chaque jour un nombre très important de produits financiers (actions, obligations...) et de leur dérivés (options, swaps...). Les risques de ces transactions doivent être maîtrisés à tout moment.

La mesure standard du risque est appelée la VaR qui représente la perte maximale (100 millions d'euros par exemple) qu'une banque est prête à accepter sur une période donnée (1 jour, 1 semaine...) avec une certaine probabilité de ne pas perdre plus (99 %, 95 %...).

Aujourd'hui, le calcul de la VaR globale d'une grande banque d'investissement prend toute une nuit sur des milliers ou dizaines de milliers d'ordinateurs en parallèle. Un calcul plus rapide, voir en temps réel, permettrait non seulement de mieux gérer les risques mais aussi d'améliorer la rentabilité.

Les solutions actuelles de calcul de risque se basent sur des techniques de Monte Carlo (exploration de scénarios) ou des modèles mathématiques de type Reproduction de Noyau d'Espace de Hilbert (RNEH ou RKHS en anglais).

Les techniques Monte-Carlo ont leur pendant quantique, dites Monte-Carlo Quantiques qui ont un avantage (en termes de nombre d'étapes de calcul) quadratique.

Mais l'avenir peut encore être meilleur soit grâce à l'hybridation des techniques de type RNEH en utilisant la capacité d'inversion quantique de matrice (avantage exponentiel).

Enfin, les recherches les plus poussées se basent sur les marches quantiques espérant pouvoir traduire les mathématiques financières stochastiques classiques en mathématiques financières quantiques plus facile à implémenter sur les ordinateurs quantiques.

### Le broker japonais

Les brokers en ligne gagnent leur vie sur trois éléments :

- Les commissions
- Les intérêts sur les dépôts non-investis
- L'optimisation des passages d'ordres sur les marchés

Le broker japonais a deux problèmes :

- Les commissions vont à terme être à zéro comme aux États-Unis
- Les taux d'intérêts sont négatifs

Le broker va donc vouloir investir sur l'optimisation du passage d'ordre, c'est-à-dire, comment acheter ou vendre dans le temps des quantités importantes de titres avec un profit maximal.

Là encore, on peut faire quelque chose sur la base de la théorie RNEH dès maintenant et l'améliorer ensuite de façon hybride.

L'Algorithme d'Optimisation Quantique Approximative (AOQA ou QAOA en anglais) peut être la solution purement quantique et traite le problème en temps polynomial au lieu d'exponentiel sur un ordinateur classique.

### Conclusion

Il existe près de 100 constructeurs de matériel quantique dans le monde (de IBM au Hub Quantique de Grenoble en passant par des start-up comme Pasqal en France) en compétition pour offrir les premiers ordinateurs de production et la percée fondamentale nécessaire se fera probablement brutalement dans les années à venir.

Néanmoins, il existe des moyens de se préparer dès maintenant à des hybridations efficaces grâce aux dernières techniques issues des théories autour des Espaces de Hilbert à Noyau.



# POUR UN ÉCOSYSTÈME de l'informatique quantique

Une industrie est en train d'émerger,  
de nouvelles pratiques s'imposent...

Par **Jean-Christophe Gougeon**  
et **Christophe Jurczak**

Outre l'accélération de la course mondiale pour des enjeux de souveraineté et économiques majeurs, le développement de l'informatique quantique se caractérise avant tout par l'interaction entre recherche fondamentale, recherche technologique, dynamiques entrepreneuriales et industrielles

Cette interaction exige des formes d'interdisciplinarité radicalement nouvelles qui mobilisent l'ensemble des acteurs de l'écosystème quantique en devenir, dans le but :

- de former les nouveaux talents notamment pour des profils nouveaux,
- de décloisonner les domaines de la recherche autant que les écosystèmes (recherche fondamentale / industrie / innovation) pour se focaliser sur de nouvelles « synergies d'interface »,
- de promouvoir des expérimentations et preuves de concept, en amont de la commercialisation à grande échelle des technologies.

Focaliser sur ce type d'interactions réclame à la fois : agilité, rapidité et efficacité d'exécution en réponse à l'accélération de la compétition mondiale, en même temps qu'une mise en synergie de l'ensemble des compétences et des acteurs, en privilégiant des boucles courtes d'interactions assises sur un échange constant entre acteurs académiques et industriels.

## DES ÉCOSYSTÈMES ANCRÉS DANS LES TERRITOIRES

À l'échelle internationale, les « Hubs » locaux représentent un modèle éprouvé de pilotage de ces interactions<sup>1</sup> qui permet, au plus proche du terrain, attractivité et agilité.

Les initiatives de terrain (approche « bottom-up ») se sont révélées extrêmement efficaces pour faire émerger des technologies et des start-up du quantique. Un cas d'école est le Canada où, malgré l'absence d'une stratégie nationale aussi articulée qu'aux États-Unis ou au Royaume-Uni, l'industrie de l'informatique quantique est en pointe.

L'incubateur Creative Destruction Lab de Toronto a été précurseur en lançant en 2017 un programme dédié à des start-up dans le domaine du software pour l'ordinateur quantique. Ultérieurement, ce programme a été étendu au hardware, aux capteurs, ainsi qu'aux communications quantiques. Une attention particulière apportée au triptyque horizon temporel / maturité des technologies / maturité des marchés (entreprises clientes potentielles), l'association à des mentors académiques de premier plan et le networking avec des représentants de fonds d'investissement (américains notamment), en ont fait un succès. Les partenariats avec les fabricants de hardware (IBM, D Wave,

Rigetti, Xanadu ...) ont été également très importants. Plus de 60 start-up ont bénéficié de ce programme et les plus talentueuses ont réussi des levées de fonds significatives à l'image de ProteinQure. En trois ans, Toronto est devenu un pôle international incontournable, leader dans le domaine du software quantique.

Au Québec, l'Université de Sherbrooke a investi, avec l'aide des partenaires gouvernementaux, plus de 50MCAD\$ en 2016 pour la création et la construction de l'Institut Quantique. L'interdisciplinarité est une des valeurs clefs de l'Institut qui met la communauté étudiante au cœur du projet. Le projet Q2 (Entrepreneuriat étudiant) est une approche originale, pilotée par les étudiants, qui vise à promouvoir une meilleure adéquation avec les besoins futurs du marché, considérant que plus de 80% des étudiants en master ou en thèse ne poursuivront pas dans le secteur académique.

La France n'est pas en reste, même si les initiatives ne sont pas encore aussi structurées. Trois pôles : « PCQC » à Paris centre, « Quantum Paris-Saclay » et « QuEnG » à Grenoble, concentrent entre 70% et 80% des ressources et compétences académiques. Ils se sont constitués avec l'ambition de devenir, dans le cadre du déploiement de la stratégie nationale sur les technologies quantiques, les opérateurs privilégiés du développement des écosystèmes quantiques.

### LE LAB QUANTIQUE

Si la recherche académique demeure le socle fondamental de la filière quantique, l'heure est aussi à la création de start-up, à l'industrialisation de produits, à la recherche de cas d'usage, au recrutement de talents et à la constitution de portefeuille de brevets. C'est tout « l'aval » de la filière qui doit être construit.

C'est sur la base de ce constat qu'a été créée, en 2020 (après une phase d'expérimentation de 18 mois), l'association Le Lab Quantique (LLQ). Celui-ci a pour vocation la mise en synergie d'une communauté quantique nationale en développant des liens étroits entre acteurs académiques, industriels et investisseurs. Il anime avec et pour ces acteurs, des initiatives de terrain orientées « création de valeur ». LLQ se pense aussi comme un Think Tank destiné à produire du contenu de haut niveau.

À ce jour, les actions ont été principalement consacrées à la constitution d'un réseau international et au partage d'informations, crucial pour apprécier les enjeux mais aussi les limitations des technologies. La première conférence internationale sur

L'enjeu est également d'établir des passerelles avec l'international en vue d'asseoir la visibilité de l'ensemble des ressources et compétences quantiques nationales, qui sont considérables. Les enjeux et les marchés sont mondiaux et on apprend beaucoup des autres écosystèmes, souvent plus avancés.

Avec le quantique, nous sommes en train de vivre la naissance d'une industrie. C'est un peu comme si on était au début des années 70, et que la France avait la possibilité de se poser en leader des technologies de microprocesseurs qui émergeaient alors avec Intel et d'autres en Silicon Valley. Il n'est plus trop tôt pour agir, il n'est pas encore trop tard, sous réserve de mettre toutes les forces vives en synergie.

#### Référence

<sup>1</sup> IQC, Institute for Quantum Computing, Waterloo Canada créée en 2002 / JQI, Joint Quantum Institute, University of Maryland & NIST, USA 2006 / CQT, Center for Quantum Technologies, Singapore 2007 / QuTech, Advance research center for Quantum computing and Quantum Internet, Delft University of Technology, Pays-bas 2014 / MCQST, Munich Center for Quantum Science and Technology, Allemagne 2019 / QUTEQ Quantum Technology Enterprise Centre, Bristol 2016



Le Creative Destruction Lab de Toronto est le premier incubateur dédié exclusivement aux start-up du quantique.  
Source : Creative Destruction Lab

Hackathon sur la programmation quantique organisé par Le Lab Quantique.  
Source : LLQ



l'informatique quantique, approchée du point de vue des applications et des marchés, a été organisée, en 2019, par BPI France avec le soutien du Lab Quantique. Plusieurs hackathons sur la programmation et les protocoles de communication quantiques ont été organisés, en partenariat avec École 42 et le CNRS. Divers meetups et webinars ont été lancés, en 2020, avec un fort succès, plus de 200 participants du monde entier à chaque session.

Le Lab Quantique compte intensifier ces activités tout en s'impliquant sur deux axes de développement, en support :

- des entreprises, pour les aider à définir des stratégies d'approche de marchés,
- des start-up, avec des programmes d'accélération, notamment en partenariat avec INRIA Studio et DeepTech Founders.

**Jean-Christophe GOUGEON**  
Responsable sectoriel IA, HPC et Technologies Quantiques à la Direction de l'Innovation de Bpifrance - Direction de l'Expertise et des Filières Industrielles.  
Membre de la Task-Force pour la définition de la stratégie quantique nationale, Jean-Christophe est le point de contact à Bpifrance sur les « Technologies Quantiques ».



**Christophe JURCZAK**  
Fondateur de Quantonation, fonds d'investissement focalisé sur les technologies quantiques, Christophe est titulaire d'un doctorat en physique quantique sous la direction d'Alain Aspect. Il est président de l'association Le Lab Quantique et associate de l'incubateur Creative Destruction Lab de Toronto.





# LE NUMÉRIQUE AU SERVICE DES FRAGILITÉS DANS LA VIE QUOTIDIENNE



# Éditorial

Par

**Françoise Rudetzki,  
Michel Barth (1984)**  
et **Daniel Legendre**

La crise du Covid-19, avec la période éprouvante du confinement, a permis de rapprocher tout un chacun de ce peuvent vivre et ressentir en permanence les personnes fragiles, qu'elles soient handicapées, malades chroniques, souffrant de pathologies mentales diverses ou socialement défavorisées, parmi lesquelles nombre de personnes âgées mais pas seulement.

Les fragilités représentent un défi multiforme appréhendé de multiples manières dans les années récentes. La loi de 2005 pour l'égalité des droits et des chances a posé des bases pour les personnes handicapées, mais aujourd'hui le chemin reste encore long pour une véritable inclusion des personnes fragiles dans l'école, le travail et la vie en société. Sophie Cluzel rappelait ainsi récemment en avril dernier à propos du Covid-19 qu'« *une personne handicapée ne doit pas être assignée à résidence en raison de son handicap* » et que « *les personnes en situation de handicap sont des sujets de droit et non des objets de soins* ». Par ailleurs, il convient de noter la mise à disposition récente par le secrétariat d'État chargé des Personnes handicapées de la plateforme numérique « Mon Parcours Handicap ».

Parmi les axes de progrès possibles, le numérique représente très certainement un levier clé pour améliorer la vie quotidienne des personnes fragiles, tel qu'en témoignent les articles qui suivent, avec notamment des exemples nombreux provenant de plusieurs start-up fort actives en la matière. En effet, la révolution digitale ne va aller qu'en s'accéléralant, à la faveur notamment de l'explosion de l'internet et de la mobilité avec la 5G maintenant toute proche, mais aussi du fort développement de l'IoT, de l'intelligence artificielle, de la robotique ou de la réalité virtuelle et augmentée.

Encore faut-il que les personnes fragiles puissent avoir accès à toutes ces technologies et l'inclusion numérique fait bien sûr partie des enjeux clés à ce propos, comme plusieurs des articles l'abordent.

Par ailleurs se pose aussi très clairement le problème du modèle économique de ces avancées, et comment les personnes fragiles pourraient avoir accès à des innovations parfois très coûteuses, alors que leurs moyens sont souvent limités. Bien sûr, des dispositions existent à ce propos, comme par exemple la prestation de compensation du handicap (PCH) qui permet d'acquérir des aides techniques ou encore le remboursement de certains matériels par la sécurité sociale, ceci ne répondant cependant pas à toutes les situations de fragilité. Les actions du gouvernement en faveur du handicap avec les améliorations prévues pour 2020 ainsi que la future loi tant attendue sur l'autonomie et le grand âge donneront-elles des réponses substantielles à ces enjeux tout au moins pour certaines catégories de populations fragiles ? Probablement en partie seulement.

Il s'agit donc d'un véritable défi sociétal qu'il nous faudra relever dans les années à venir, et gageons que la solidarité créée à l'aune du confinement sera de nature à permettre des avancées en la matière.



**Françoise RUDETZKI**

Membre du conseil d'administration de la Fédération Alter, membre du Conseil Economique, Social et Environnemental (CESE), membre du conseil d'administration du Fonds de Garantie des Victimes, fondatrice de l'Association SOS Attentats en 1986. Auteur de deux ouvrages « Après l'Attentat » et « Triple Peine » (Calmann-Lévy).

**Michel BARTH (1984)**  
Polytechnicien, diplômé de Télécom ParisTech, président et co-fondateur d'ENoving. Expert en stratégie, innovation et conduite du changement, Michel accompagne les dirigeants dans leurs réflexions autour de l'innovation et conduit de grands programmes innovants en santé numérique et pour les fragilités.



**Daniel LEGENDRE**

Médecin diplômé de la Faculté de Médecine Paris VI, Ph.D Public Healthcare HSM Boston, senior medical advisor auprès d'ENoving. Daniel a été membre de la Mission Parlementaire Télésanté du Député Pierre Lasbordes. Il pratique l'informatique de Santé et la Télémédecine depuis plus de trois décennies.

# S'interroger sur « Handicap et numérique », au moment où le Monde découvre son incapacité à fonctionner !

POINT DE VUE D'UN CHIRURGIEN ET D'UN INGÉNIEUR...

Par  
**Philippe Denormandie**  
et **Patrick Mallea**

*Remerciements à  
Véronique Vergnes,  
Jérôme Dutozia et  
Michel Barth pour leur  
participation à ce travail*

**E**n pleine crise sanitaire du COVID-19, dresser l'inventaire des nombreuses techniques disponibles dans le domaine de la transformation digitale au service du handicap, tout en vantant leurs performances exceptionnelles et les réels progrès apportés par ces dispositifs, ne nous paraît pas d'un grand intérêt.

Ecrire en Avril 2020 sur la transformation digitale et le handicap, au moment où le Monde découvre son incapacité à fonctionner et prend conscience de son propre degré de fragilité, nous paraît être, en revanche, une opportunité de faire un pas de côté et prendre le temps de construire un point de vue.

Il s'agit d'un moment de pause, pour prendre le temps d'une réflexion, autour des enjeux d'inclusion et de prise en compte du handicap dans nos vies quotidiennes, autour du rôle de l'innovation et des nouveaux usages comme moyen de s'adapter à un environnement perturbé par un choc (aujourd'hui de nature sanitaire, mais possiblement d'autre type dans un avenir proche), de manière à maintenir, sous certaines conditions, un degré de fonctionnement individuel et sociétal, sinon satisfaisant, tout du moins, acceptable.

Plus largement, le contexte actuel conduit aussi à interroger les limites des choix que nous avons

fait ces dernières années (ou des non-choix que nous avons « laissé aller »), et qui « handicapent » aujourd'hui la société, dans l'impossibilité de fonctionner au sein d'un environnement que nous avons largement engendré.

C'est enfin reconnaître comment la créativité et l'intelligence collective ont pu être à l'origine de réalisations nouvelles en réponse à l'urgence du contexte, et qui, sous couvert de la crise, auront permis des avancées notables qui pourront être pérennisées et généralisées à la fois dans une logique de modernisation du système de santé et d'anticipation de possibles nouveaux aléas de grande ampleur. Par ailleurs, ce dernier point conduira sûrement à nous réinterroger sur les principes de pilotage des grandes transformations publiques et plus particulièrement sur la promotion de la transformation digitale de l'État et des principales structures associées.

## HANDICAP ET INCLUSION NUMÉRIQUE, LE RISQUE D'UN DOUBLEMENT DU HANDICAP

Le processus qui nous a vu largement intégrer les technologies du digital dans nos vies quotidiennes possède la particularité d'avoir impacté l'ensemble de nos activités, qu'elles soient professionnelles ou familiales, personnelles ou collectives et ce à tous les âges de la vie. Les personnes en situation de handicap n'ont pas été ignorées dans cette transformation radicale, que ce soit à travers l'évolution des aides techniques spécifiques ou plus généralement à travers les usages « accessibles » et promus par les solutions technologiques de masse.

Toutefois, la limite de ce processus radical de transformation, tant pour les personnes en situation de handicap que pour les autres, réside dans les inégalités d'accès au digital qui caractérisent nos sociétés et qui ne se limitent pas à la particularité de la fracture numérique (couverture réseau, équipements, ...) mais mettent en évidence de véritables inégalités humaines liées par exemple à l'usage (compréhension, compétences, ...). Nous ne sommes pas égaux face à la maladie et au handicap, et nous ne sommes pas non plus dans l'acquisition des compétences nécessaires pour l'usage des technologies digitales ; le cumul des inégalités pouvant alors engendrer un niveau d'injustice, d'exclusion et de risque particulièrement important pour certains individus.

Car si nos enfants sont, pour la plupart, nés au sein d'une nouvelle culture et utilisent ces nouveaux outils de façon quasi innée, et si les actifs, par obligation professionnelle, par curiosité, par effet de mode ou encore par plaisir, ont appris à utiliser ces mêmes outils, qu'en est-il de nos aînés retraités qui se sont trouvés propulsés dans un système dont ils ignorent tout ?

Certains ont eu la curiosité et la capacité intellectuelle de s'adapter. Certains ont pu bénéficier d'une assistance dans l'apprentissage de nouveaux usages. D'autres, même s'ils peuvent être équipés de nouveaux outils (téléphones, tablettes, ordinateurs...) restent tout de même confrontés à une

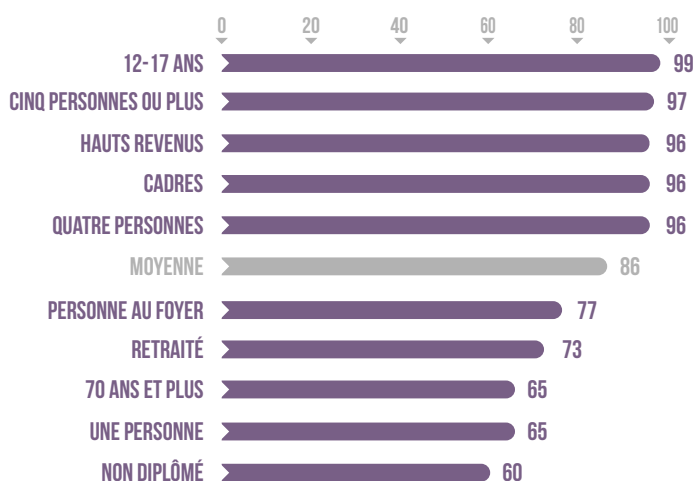
grande difficulté, voire une impossibilité à les utiliser et se trouvent ainsi en situation de handicap, car dans l'incapacité de fonctionner dans tout ou partie de leur environnement (ici numérique). Il s'agit de ces mêmes personnes qui, aujourd'hui, dans cette effroyable période de « guerre », se trouvent également en situation de handicap voire de danger car privées du bénéfice que devraient leur apporter ces outils tant dans le lien social que dans l'autonomie qu'ils permettent (utilisation d'internet pour les opérations de banque, pour les livraisons à domicile, ...).

Dans ce sens, l'enquête 2019 du CREDOC sur « les conditions de vie et les aspirations » des français observe que les taux d'accès à une connexion internet à domicile varient de manière importante selon les classes d'âge (puisqu'il est de 99 % pour les 12-17 ans et chute à 87 % pour les 60-69 ans et 65 % pour les 70 et plus) mais aussi selon la taille des ménages (les foyers de trois personnes et plus sont connectés à 92 % alors que les personnes vivant seules ne le sont que dans 65 % des cas) ou encore selon les revenus (96 % des hauts revenus contre 79 % des bas revenus) et les niveaux de diplôme (95 % pour les diplômés du supérieur contre 60 % des populations ne possédant aucun diplôme). Autrement dit, à l'heure actuelle, le monde du numérique et du digital n'est pas une planète à laquelle tous les français ont accès et seraient en mesure de trouver des alternatives leur permettant de maintenir un niveau de fonctionnement dans le contexte du confinement.

## AVANT TOUT, INNOVER ET FONCTIONNER !

### Innover...

Le risque d'exclusion ne doit pas être considéré comme un motif de renoncement à des transformations dont les bénéfices en termes de qualité de vie sont nombreux, au point même de devenir, dans certains contextes, vitaux et irremplaçables. Il impose, en revanche, d'envisager différemment les processus d'innovation, et sans doute, les penser moins comme la diffusion subie d'une nouvelle technologie ou d'une infrastructure matérielle, et d'avantage, comme une adhésion collective, commune et volontaire à des nouvelles pratiques et de nouveaux usages, par ailleurs conçus pour être accessibles et partageables par tous. C'est dans ce cadre qu'il nous paraît possible de créer, à partir d'un processus d'innovation, à la fois de nature sociale et technique, un sentiment d'appartenance à une communauté de pratiques et d'usages, fondé autour d'un socle de valeurs communes dans le but de « Faire Nation », pour reprendre la formulation utilisée par le Président de la République Emmanuel Macron lors de son discours du 12 mars 2020, annonçant les premières étapes du dispositif de confinement en réponse à l'épidémie de COVID-19. Nous pourrions même ajouter que l'enjeu serait alors de « Faire Nation autour de l'Innovation », et s'appuyer sur la transformation numérique de l'État pour réinventer des nouvelles formes de liens entre l'État et les citoyens.



Les inégalités d'équipement en connexion internet à domicile, champs : population de plus de 12 ans en % (source CREDOC, Enquête Juin 2019)



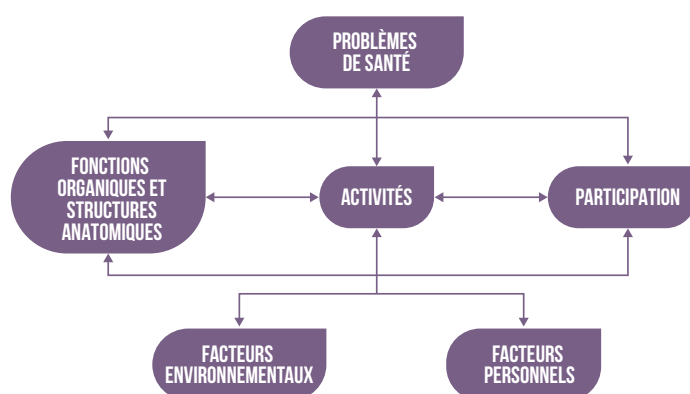
# OMS,

## l'histoire du fonctionnement

Ces éléments entrent d'ailleurs en résonance avec l'évolution historique de l'appréhension du handicap dans les sociétés modernes, initialement très centrée sur les caractéristiques des individus, pour évoluer progressivement vers une approche plus relative et orientée vers les interactions entre l'individu et son contexte de vie et au droit de fonctionner dans son environnement.

Ainsi, les revendications des personnes en situations de handicap (portées par le mouvement des droits civiques né aux États-Unis en 1960) vont dans les années 80 bousculer le modèle médical en place au profit d'un modèle social, avec non seulement de nouveaux droits orientés vers l'autonomie mais également l'obligation pour la société de s'adapter à chacun de ses citoyens dont ceux qui présentent un handicap.

En 1980, l'OMS publie en anglais une première classification spécifique du handicap. Traduite en français en 1988, la CIH (Classification Internationale des Handicaps) décline les handicaps selon 3 critères (déficiences, incapacités, désavantages) conséquents de la maladie et vient ainsi compléter la Classification Internationale des Maladies (CIM). De plus, la CIM n'étant plus adaptée aux conséquences séquellaires des maladies chroniques émergentes, l'OMS demande au Dr WOOD, rhumatologue et épidémiologiste, d'élaborer une classification des « conséquences des maladies. C'est ainsi qu'en prenant en compte les effets de la maladie et non plus la maladie elle-même, le contexte s'élargit en replaçant le « porteur » de la maladie au sein même de la société dans laquelle il évolue. Ainsi, la maladie extériorise une déficience, la déficience objective une incapacité, l'incapacité entraîne un désavantage social. En 2001, la CIM renommée CIF (Classification Internationale du Fonctionnement) évolue, prenant en compte deux versants du handicap, le versant interne, concernant le fonctionnement biomédical de la personne, et le versant externe, autrement dit le fonctionnement social de la personne. Dès lors, la conséquence de l'altération d'un état ou la conséquence d'un état originellement altéré n'existe et ne se mesure que face à notre capacité à pouvoir fonctionner en interaction avec notre environnement. L'environnement devient une notion centrale dans l'appréhension du handicap, et c'est bel et bien en adaptant les interactions individus / environnement (notamment grâce aux technologies numériques) que peut se concevoir une stratégie globale d'inclusion.



Principes de la classification internationale du fonctionnement, de la santé et du handicap (OMS, 2001)

Dans ce sens, et comme le détaille Xavier Pavie, dans son ouvrage « L'innovation à l'épreuve de la philosophie », le principe de l'innovation rejoint le mouvement de la vie et le développement des humains et des sociétés ; c'est même le propre de l'évolution inscrit dans l'histoire de l'humanité. Du latin « *innovare* », « in » : dans, et « *novare* » : rendre nouveau, l'innovation est le processus qui, dès les origines de l'espèce humaine, a permis de créer de la nouveauté pour s'adapter dans le seul et unique but de survivre.

L'innovation ne devrait donc pas se lire au travers d'un prisme « technologique » ou comme un argumentaire commercial inspiré par une mode (le passage d'une génération d'*iPhone* à la suivante par exemple), mais, plus fondamentalement, comme une capacité humaine, liée à son obligation de s'adapter et de transformer ses pratiques et usages pour optimiser ses chances de survie. Le numérique n'est pas donc une fin en soi mais l'opportunité de développer de nouveaux usages qui peuvent nous permettre de mieux fonctionner dans un environnement futur aux contraintes incertaines. C'est également la principale innovation voulue par les personnes en situation de handicap : une revendication d'être et de vouloir avant toute chose fonctionner.

### Fonctionner !

Le risque d'exclusion impose alors d'envisager autrement le handicap, en le considérant, non pas comme un enjeu de « minorités », groupe restreint de la population vis-à-vis duquel, au nom des principes de justice et d'équité, la société se devrait d'adopter des transformations ; mais plutôt comme une incapacité à fonctionner et interagir avec notre environnement, auquel cas, le handicap est susceptible d'affecter l'ensemble de la population, et ce d'autant plus dans le contexte actuel mêlant des enjeux d'allongement de la vie et de vieillissement à ceux de renforcement d'inégalités sociales et de difficultés économiques, et où notre environnement et nos milieux de vie connaissent des évolutions rapides et possiblement défavorables à l'habitabilité de certains territoires et au vivre ensemble.

### S'ADAPTER, LÀ ET MAINTENANT, POUR CONTINUER À FONCTIONNER ET SURVIVRE

Dans une certaine mesure, la crise du COVID-19 et les mesures de confinement qui lui sont associées (déjà rebaptisées « Confinavirus »), constituent une transformation temporaire mais brutale de notre environnement, un cruel « accident de la vie » face auquel nos existences quotidiennes vacillent et bifurquent nécessairement des trajectoires que nous pouvions envisager. Il met à l'épreuve nos capacités d'adaptation et de réactivité face à des contraintes fortes, tant au niveau individuel que collectif ; au niveau de l'organisation des soins bien sûr et plus généralement au niveau de notre mode de fonctionnement sociétal et économique.

La paralysie, la perte d'autonomie ou encore l'incapacité à fonctionner, tout le champ lexical traditionnellement associé au handicap individuel est d'ailleurs transposable au niveau de notre fonctionnement sociétal en cette période de crise sanitaire, témoignant ainsi des limites de nos capacités d'adaptation à ce nouvel environnement. Les actifs sont soit empêchés, soit fortement limités dans leur fonctionnement professionnel, les enfants sont privés du lien social direct avec leurs amis et connaissent une transformation dans leur fonctionnement d'apprentissage, les retraités quant à eux se trouvent en quasi rupture de lien familial et social.

Dans ce mode de fonctionnement sociétal inédit, dans lequel la proximité physique est rendue impossible par les mesures de confinement, les dispositifs numériques et tout ce qui concourt à la dématérialisation et à rendre possible des actions « à distance », constituent des ressources essentielles pour maintenir un certain niveau de fonctionnement. On l'observe dans l'ensemble des pans de la société, dans des finalités extrêmement diverses (éducation, lien social, familial, travail, soins, services bancaires, alimentaires, divertissement etc...) et c'est sans nul doute, une autre prise de conscience forte de cette crise : si elle reste encore largement imparfaite et inaboutie, la transformation numérique engagée depuis plusieurs années dans nos sociétés a constitué un atout global en termes de capacités d'adaptation et de réaction immédiate pour faire face à ce contexte inédit.

#### L'adaptation du système de soins et des spécialistes du handicap

Au niveau du système de soins et en première ligne de la crise, une grande partie de la communauté hospitalière et des professionnels de santé vivent une situation infernale, et il n'est pas de mot suffisant pour décrire le dévouement admirable dont ils font preuve pour absorber ce choc sanitaire malgré un contexte de ressources très limitées. Avant tout autre chose, c'est bien le courage des individus qui constituent la force essentielle pour que le système parvienne à faire face.

Parallèlement, parmi les maillons de la chaîne constituant notre système de santé, nous pouvons distinguer différentes situations : d'une part, celles des professionnels de santé disposant de la possibilité de poursuivre leurs missions par téléconsultation, c'est le cas de nombreux médecins généralistes et de certains spécialistes qui sont ainsi en mesure de s'adapter afin d'assurer la continuité des soins.



D'autre part, celles de professions médicales ou para médicales, pour lesquelles le numérique n'offre pas aujourd'hui d'alternatives techniques permettant de fonctionner dans la pratique de leurs actes (dentistes, kinésithérapeutes, ostéopathes...) et qui se retrouvent dès lors, dans l'impossibilité de poursuivre les soins auprès de leurs patients dont on peut envisager une dégradation probable de l'état de santé. En dernier lieu, les professionnels de santé qui ont obtenu, de haute lutte avec leurs instances supérieures et exceptionnellement du fait de la période de confinement, le droit de poursuivre leur exercice grâce au télé-soin de manière à assurer la continuité des soins, notamment auprès de patients fragilisés ou de personnes en situation de handicap et nécessitant une rééducation continue.

C'est le cas par exemple des orthophonistes, (spécialistes des handicaps bien souvent invisibles), obligés au confinement, mais exceptionnellement en mesure, grâce au numérique, de maintenir le lien et la rééducation en cours avec leurs patients. Les témoignages des personnes prises en charge en rééducation orthophonique sont d'ailleurs assez à ces sujets éloquentes. Non seulement ce nouveau mode de fonctionnement permet le maintien de la communication, la préservation des acquis et la poursuite du travail de rééducation, mais il ouvre également d'autres champs de possibles.

En effet, outre le maintien du lien social fondamental à travers l'écoute et les conseils que peut prodiguer le professionnel, une guidance thérapeutique différente se met en place. Dans certains cas elle s'avère même

plus adaptée car en lien direct avec l'environnement propre du patient (aidant présent, appartement, objets du quotidien...). Si le télésoin ne remplace pas le contact direct que permet le travail effectué au sein du cabinet, il est un atout majeur tant pour le patient que pour le professionnel de santé. Il permet la continuité des rééducations ou des soins en cours mais également redonne la parole aux personnes en rupture de communication comme le sont les personnes présentant une aphasie, une détérioration cognitive et tant d'autres encore...qui restent stupéfaits de la « magie » de cet outil dont ils découvrent aujourd'hui une fonction qu'ils ignoraient : la possibilité de continuer à fonctionner dans leur environnement...

### ET APRÈS

« **Là où croît le péril, croît aussi ce qui sauve** » écrivait Hölderlin.

C'est une des vertus de la crise, nous contraindre à nous adapter, et même à progresser, pour peu qu'on recherche d'avantage la création d'un nouvel équilibre plutôt qu'un retour à l'état initial. Pour faire face à la catastrophe sanitaire, le système de santé fait preuve de remarquables capacités d'adaptation et d'innovation ; l'enjeu est alors de savoir si les transformations engagées pour répondre à la crise, et en particulier la diversification et l'adoption massive de nouveaux usages du digital en santé, seront considérés comme une simple réponse temporaire à une situation de crise, ou plus fondamentalement comme une dynamique d'amélioration et de modernisation du système de santé, déjà engagée auparavant, mais nettement accélérée par les contraintes associées au COVID, et qui nécessitera d'être soutenue à l'avenir.

Enfin, n'oublions pas également que la notion de handicap reste encore pour une grande partie de la société un élément visible : un fauteuil roulant, une canne blanche, une anormalité physique. Mais qu'en est-il des handicaps invisibles estimés aujourd'hui à 80% ? Les déficients auditifs, les déficients visuels, les déficients cognitifs, les personnes ayant été victimes d'AVC et dont les séquelles entraînent des troubles de la parole (dysarthrie) des troubles du langage (aphasie) et qui encore trop souvent se trouvent « étiquetés » déments ou alcooliques par l'absence d'information et l'ignorance générale. Le handicap n'est donc pas une exception et touche plus de 12 millions de personnes en France.

Écrire en Avril 2020, c'est prendre conscience que confrontés à l'incapacité d'interagir avec notre environnement physique, nous sommes tous, à des degrés divers, en situation de handicap. Face à ce constat et dans le retour d'expérience sur le COVID-19, nous ne pourrions ignorer le besoin, la nécessité et l'urgence de transformer les textes et nos regards sur la prise en compte du handicap dans nos sociétés.

Fallait-il une crise de cette importance pour que nous puissions oser, enfin comprendre que nous ne pourrions envisager un mieux pour les personnes en situation de handicap que si nous savons envisager ce mieux pour l'ensemble de la société ?

Écrire en Avril 2020, c'est penser ensemble l'innovation et créer, encore, afin que chacun puisse, quel que soit la situation, continuer à fonctionner.

Sortir d'une politique d'exception conçue pour répondre aux besoins spécifiques d'un groupe, pensé comme étant minoritaire, pour inventer une politique de l'incapacité beaucoup plus globale, généralisée et orientée vers la qualité de vie, la construction des territoires et des services publics accessibles à tous.

### Références

ARCEP, CGE, Agence du Numérique, (2019), Baromètre du numérique, Enquête sur la diffusion des technologies de l'information et de la communication dans la société française en 2019

Chapireau François, « La classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé », *Gérontologie et société*, 2001/4 (vol. 24 / n° 99), p. 37-56. DOI : 10.3917/g.s.099.0037.

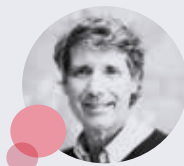
<https://www.cairn.info/revue-gerontologie-et-societe1-2001-4-page-37.htm>

Macron Emmanuel, (2020), Adresse au français du 12 mars 2020, <https://www.elysee.fr/emmanuel-macron/2020/03/12/adresse-aux-francais>

OMS, (2001), Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé, Genève.

Pavie Xavier, (2018), L'innovation à l'épreuve de la philosophie, éditions PUF, DOI : 978-2-13-078765-5

Pinede Nathalie, « Penser le numérique au prisme des situations de handicap : enjeux et paradoxes de l'accessibilité », *tic&société*, Vol. 12, N° 2 | 2<sup>e</sup> semestre 2018



**Philippe DENORMANDIE**

Chirurgien des Hôpitaux, spécialiste dans le traitement des déficiences motrices d'origine neurologique. Auteur de très nombreuses publications scientifiques dans le domaine du médical et du médico-social, il a également rédigé plusieurs rapports pour le gouvernement, dont un sur l'accès à la santé des personnes en situation d'exclusion et en situation de handicap. Il est actuellement conseiller santé auprès de la direction générale du groupe Nehs, après avoir été notamment membre du comité de Direction de l'AP-HP et Directeur Général Adjoint du groupe Korian.



**Patrick MALLÉA**

Docteur de l'École des Mines de Paris (CRC), spécialiste dans le domaine de la gestion des risques et des crises. Il a développé des stratégies d'innovation au service de la performance durable en santé. Auteur de nombreuses publications dans ce domaine, il dispose d'une solide expérience dans la conduite de programmes de recherche et de développement au sein de l'industrie de la santé (dispositifs médicaux) et pour des établissements hospitaliers. Il est actuellement Directeur des Nouveaux Usages du groupe Nehs, après avoir été notamment Directeur Général Adjoint du groupe Acetiam (premier éditeur-opérateur de télé-médecine multi-spécialités européen) et Directeur Général du Centre National de Référence Santé à Domicile et Autonomie.





# UN NUMÉRIQUE INCLUSIF, **accessible** **et utile à tous**

Par

**Prosper Teboul,**  
**Hervé Delacroix,**  
et **Estelle Peyrard**



**S**i le numérique et l'innovation peuvent apporter de formidables opportunités aux plus fragiles, trop souvent, ils sont vecteurs d'exclusion. Le contexte récent a mis en exergue la nécessité d'avoir un numérique inclusif, accessible et utile à tous. Partant de ce constat, APF France handicap fait participer ses usagers et adhérents à la conception de produits innovants, au bénéfice des entreprises.

# 1

## LE NUMÉRIQUE : VECTEUR D'INCLUSION OU D'EXCLUSION ?

Le numérique offre déjà de formidables opportunités pour les personnes en situation de handicap. En témoigne la possibilité offerte à Stephen Hawking de continuer à s'exprimer, malgré une paralysie et une trachéotomie. Le cosmologiste utilisait un capteur infrarouge fixé sur une branche de ses lunettes, détectant les mouvements du muscle de sa joue, retransmis en texte parlé grâce à un algorithme prédictif et une synthèse vocale. Prouesse qui n'aurait pas été possible seulement 30 ans plus tôt. Mais le numérique peut aussi exclure et il n'est pas besoin de handicap lourd pour vivre cette exclusion. Les difficultés des personnes âgées avec l'usage du numérique parlent pour elles-mêmes. Un texte écrit trop petit, un cheminement non intuitif, un volume non ajustable : il faut peu de choses pour exclure.

Qu'est-ce qu'un site web accessible ? C'est un site web qui est programmé pour être adapté à une vaste gamme de modalités d'utilisation. C'est un site web dont les contenus peuvent être lus par une synthèse vocale, dont les vidéos sont sous-titrées, dont les images sont décrites, dont la taille des textes peut être adaptée, etc. Des référentiels décrivent depuis longtemps les bonnes pratiques en la matière, par exemple le référentiel général d'accessibilité (RGAA), qui s'impose en théorie aux administrations françaises, ou les normes *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG) du *World Wide Web Consortium* (W3C). En 2019, le parlement européen a adopté le *European Accessibility Act*, qui prévoit une obligation d'accessibilité des produits et services, en particulier dans leur dimension numérique. Cette directive doit être traduite dans la loi des états membres en 2022 et l'accessibilité devra être réalisée par tous les acteurs économiques en 2025.

Mais attendre l'obligation de l'accessibilité c'est, pour les acteurs du numérique, se couper de 20 % de leurs utilisateurs, ceux qui ont entre autres une mobilité, une vision, une audition réduites. Mais c'est aussi se couper d'un grand nombre de situations d'usage vécues par tous, comme par exemple le fait de regarder une vidéo dans un lieu bruyant ou dans un environnement silencieux de travail.

# 2

## CONCEVOIR POUR SES UTILISATEURS : LES LIMITES DE LA PERSONA

Quand ils conçoivent des outils numériques, beaucoup d'acteurs s'appuient sur la définition de personas. Ces personas sont des utilisateurs types, stéréotypés et fictifs. Le plus souvent la persona a un genre, un âge, des habitudes de consommation et des attentes vis-à-vis du produit. Elle a le mérite de porter l'attention du concepteur sur l'utilisateur mais en offre une vision très restreinte. L'utilisateur, le vrai, est intrinsèquement multiple. Il a des goûts, des couleurs et des capacités différentes. La persona, en réduisant cette multiplicité, caricature les utilisateurs et oublie les plus fragiles d'entre eux.

Pour bien faire, les concepteurs racontent l'histoire de la persona, son contexte, sa vie. Cela la rend plus réelle. Mais pourquoi donner vie à un utilisateur fictif quand tant d'utilisateurs bien réels pourraient être sollicités ?

# 3

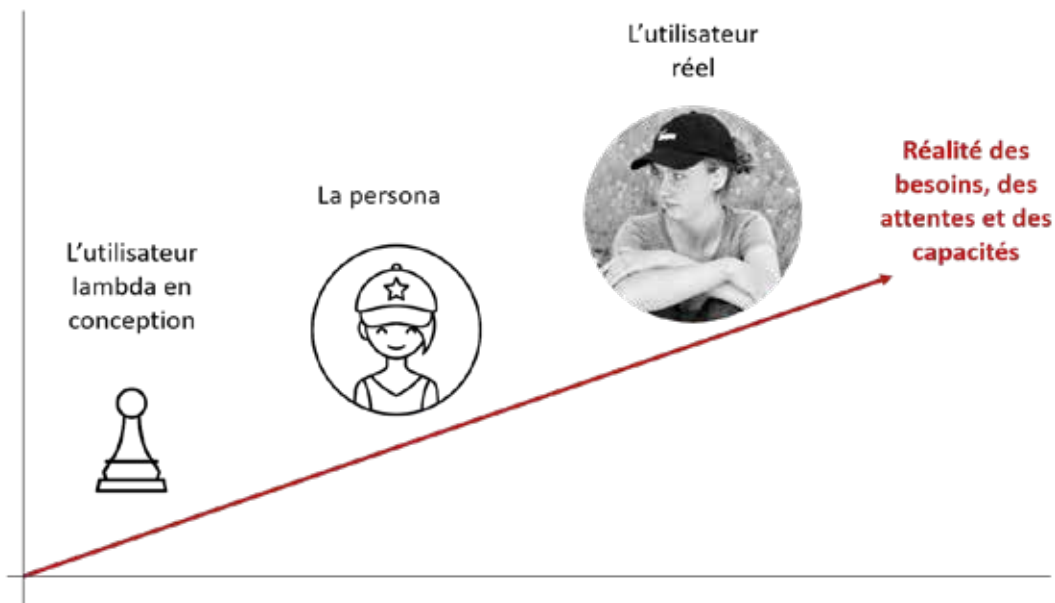
## APF LAB : LA CO-CONCEPTION AVEC DES PUBLICS « FRAGILES »

En réalité, inclure des utilisateurs bien réels dans le processus de conception ne va pas sans difficultés. L'une d'entre elles est d'identifier des utilisateurs et de savoir comment les impliquer.

C'est pour répondre à ces enjeux et pour valoriser l'expertise d'usage de ses membres qu'APF France handicap a créé APF Lab.

Depuis deux ans, APF Lab fait ainsi entrer le monde de l'innovation dans les établissements médico-sociaux et les délégations d'APF France handicap.

Ainsi, en novembre dernier, une réunion s'est tenue à Orléans avec une douzaine de participants invités par la délégation locale, pour décortiquer les usages du Gyrolift, un fauteuil roulant verticalisateur construit sur une base de gyropode.



### L'utilisateur lors de la conception de solutions numériques : le conceptualiser ou l'impliquer ?

De même, des établissements de Nantes, Pantin, Gap, Rignac ou Cluses, testent depuis plusieurs mois des tapis connectés de prévention des escarres, des objets connectés pour la maison, un logiciel de stimulation cognitive.

Et tout le monde s'y retrouve : le concepteur bénéficie de l'expertise d'usage des participants et souvent de tests grandeur nature de son produit et les participants retirent une certaine satisfaction de contribuer à l'innovation.

Mais APF Lab ne dédie pas son action à la seule conception d'aides à la compensation du handicap. Les personnes en situation de handicap sont des « *extreme users* », qui révèlent des besoins non visibles des concepteurs mais partagés par un grand nombre d'utilisateurs. Ces « *extreme users* » sont en outre très peu tolérants aux défauts de conception. Certaines grandes entreprises l'ont bien compris et constatent à chaque atelier que rien ne remplace l'empathie créée par l'interaction entre le concepteur designer et l'utilisateur, le « vrai ».



APF France handicap, ex-Association des Paralysés de France, est la plus importante organisation française de défense et de représentation des personnes en situation de handicap. Elle gère ainsi 400 structures d'accueil et 50 entreprises adaptées et ESAT et déploie son action militante et sociale au travers d'une centaine de délégations réparties sur le territoire.



Retrouvez le Petit guide de conception à l'attention de ceux qui innovent pour tous  
[forms.gle/eu2M9iz691nPzhuy5](https://forms.gle/eu2M9iz691nPzhuy5)



**Prosper TEBOUL**

Directeur Général d'APF France handicap.

Fort d'une longue expérience dans le management du secteur médico-social, Prosper Teboul est, depuis 2013, Directeur Général d'APF France handicap, association qui rassemble plus de 100 000 acteurs : bénévoles, adhérents, salariés, usagers.

prosper-teboul



**Hervé DELACROIX**

Administrateur d'APF France handicap et Vice-Président AGEFIPH.

Ancien enseignant chercheur dans le domaine de la bio-informatique et de la biophysique, Hervé Delacroix est un fervent militant de l'inclusion et de la valorisation de la personne en situation de handicap, notamment dans les démarches d'innovation

herve-delacroix



**Estelle PEYRARD**

Responsable d'APF Lab Handicap et Nouvelles Technologies.

Après avoir mené des projets de transformation dans de grandes entreprises, Estelle Peyrard a créé sa société puis rejoint APF France handicap pour mettre en place APF Lab. Estelle prépare une thèse sur l'innovation inclusive, au sein du Centre de Recherche en Gestion de l'Ecole Polytechnique

estelle-peyrard

@EstellePeyrard



Marion RANVIER

# ADAPTE MON WEB pour un web accessible à tous

Une solution pour combattre  
l'exclusion numérique en un  
seul clic



Marion RANVIER  
Dirigeante de la société  
AM Business, Marion a  
débuté sa carrière chez  
Lagardère Active sur les  
chaînes TV jeunesse.  
Marion a repris en 2018,  
l'entreprise Aidodys  
spécialiste des troubles  
cognitifs qui avait  
développé un outil d'aide  
à la lecture pour les  
dyslexiques.  
Dans le but d'aider le  
plus grand nombre de  
personnes face à la  
fracture numérique,  
le service Adapte Mon  
Web a été développé et  
commercialisé depuis  
2019. Il est depuis en  
perpétuel évolution.

 marion-ranvier

L'accessibilité du web est la problématique clé pour l'accès aux contenus et services web par les personnes handicapées et plus généralement par tous les utilisateurs, quels que soient les terminaux utilisés ou leurs conditions d'environnement.

## LE CONTEXTE

Aujourd'hui, plus de 600 millions de sites Internet sont actifs en France. La transformation digitale fait désormais partie intégrante de notre quotidien et va être amenée à intensifier dans les prochaines années.

Cependant, à l'ère du numérique, plus de 2,5 millions de personnes en situation de handicap - déficiences visuelles ou troubles de la lecture - sont exclues et n'ont pas accès à l'information. Selon le Parlement Européen, en 2020, 120 millions de personnes dans l'Union Européenne souffriront d'un handicap et auront des difficultés à accéder à internet. Dans un monde où la moindre démarche administrative, source d'information ou simple communication, se passe sur Internet, ces 2,5 millions de personnes se retrouvent ainsi désavantagées dans leur utilisation quotidienne des différents outils digitaux.

Une solution immédiate, instantanée existe, permettant de réduire les inégalités et de favoriser l'inclusion face à l'évolution numérique :

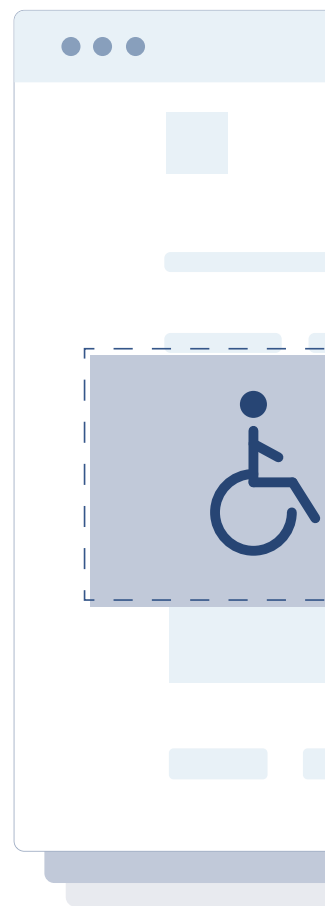
***Adapte Mon Web, une technologie d'assistance numérique.***

## ADAPTE MON WEB (AMW)

Début 2019, l'entreprise AM Business lance Adapte Mon Web son service d'accessibilité à destination des personnes en situation de handicap.

Il s'agit d'une technologie d'assistance numérique personnalisable qui s'adapte à n'importe quel site internet, et permet à chaque utilisateur de se créer un confort de lecture sur-mesure pour qu'il puisse plus facilement naviguer et comprendre les contenus.

Ce service est à destination de tous les sites Internet existants ou en construction.





Historiquement développée pour des personnes ayant des déficiences visuelles ou troubles cognitifs, nous observons aujourd'hui que notre outil d'accessibilité est aussi utilisé par des seniors ou des personnes qui souhaitent simplement paramétrer leur confort de lecture en ligne.

L'installation de ce service sur les sites Internet est à la portée de chaque éditeur : une seule ligne de code suffit pour faire la différence et rendre accessible son contenu à tous. En effet, pour qu'un site soit conforme au RGAA (Référentiel général d'amélioration de l'accessibilité), il est impératif d'apporter des modifications dans le code quant à lui travaille en sur-couche sur le DOM (Document Objective Model), jouant sur l'apparence du site, en proposant des fonctionnalités additionnelles.

Coder son site web accessible, c'est offrir aux personnes en situation de handicap la possibilité d'interagir avec leurs outils d'assistance numérique. En France, le décret 2019-768 oblige les usagers des services de communication au public en ligne, personnes morales de droit public, personnes morales de droit privé délégataires d'une mission service public, personnes morales de droit privé et entreprises dont le CA est d'au moins 250 millions d'euros à rendre leur sites web conforme au Référentiel Général d'Amélioration de l'Accessibilité (RGAA).

À la suite de nos tests panels, nous nous sommes rendu compte que certains utilisateurs préféraient paramétrer eux-mêmes leur confort de lecture alors que d'autres préféraient être guidés en fonction de leurs pathologies.

La technologie d'assistance Adapte Mon Web offre la possibilité aux utilisateurs de configurer leur propre confort de lecture parmi une multitude de fonctionnalités. Quant à l'identité visuelle du site, elle reste intacte.

Une synthèse vocale a été ajoutée afin de proposer un service audio.

La technologie d'assistance Adapte Mon Web s'adresse aux personnes en situation de handicap et notamment les personnes déficientes visuelles ou ayant des troubles cognitifs.

#### Plusieurs paramétrages sont disponibles :

##### 1/ PERSONNALISATION SUR-MESURE AVEC PLUS DE 18 FONCTIONNALITÉS

- Ajustement textuel : modifier la police, augmenter la police, augmenter les interlignes, etc.
- Ajustement d'affichage : contraste, luminosité, masque de lecture
- Ajustement complémentaire : fonctionnalités qui permettent de souligner les titres, de mettre en avant les liens ou de décrire les images.



##### 2/ PROFILS PRÉREMPLIS

Pour donner suite à des demandes utilisateurs, nous avons mis à disposition des profils de lecture prédéterminés en fonction de pathologies types :

- Cataracte
- DMLA
- Achromatie, etc.

### 3/ DYSLEXIE

Nous avons développé de nombreuses fonctionnalités afin d'aider les personnes souffrant d'un trouble cognitif :

- Découpage syllabique
- Mise en avant des sons
- Mise en avant de la ponctuation



Au-delà de l'innovation en elle-même, cette solution permet ainsi d'améliorer le quotidien de personnes en situation de handicap, notamment pour un public empêché, souffrant de troubles cognitifs.

Aujourd'hui la technologie Adapte Mon Web est disponible sur de nombreux sites web. Nous travaillons aussi avec des acteurs de l'éducation sur l'accessibilité des examens en lignes pour les apprenants en situation de handicap.

Nous proposons des abonnements annuels avec un engagement de 3 ans. Le prix sur devis varie en fonction du trafic du site. En effet, nous souhaitons proposer notre solution à des tarifs accessibles aussi bien pour des sites ayant peu de trafic que pour des sites à fort trafic

### Appel à projet « initiatives numériques et handicap »

Le 21 Janvier nous avons été lauréats de l'appel à projet « initiatives numériques et handicap » porté par le CCAH et Simplons, ce ainsi que les groupes de protection sociale AG2R LA MONDIALE, AGRICA, KLESIA ET MALAKOFF HUMANIS.

Nous sommes très heureux d'avoir remporté la récompense de 80 000 € et nous sommes aussi très heureux d'avoir pu « pitcher » notre projet devant un jury de qualité.

Le jury a trouvé que notre projet était complet et « dans l'air du temps », qu'il répondait à un réel besoin ainsi qu'à de nombreuses problématiques du quotidien.

Nous remercions donc une nouvelle fois les équipes du CCAH qui ont été à notre écoute et qui ont su nous motiver tout au long du processus de sélection, ainsi que simplon.co et tous les membres du jury.


Nous espérons pouvoir créer du lien avec tous les acteurs qui étaient présents, et proposer notre technologie d'assistance numérique sur leur sites web.



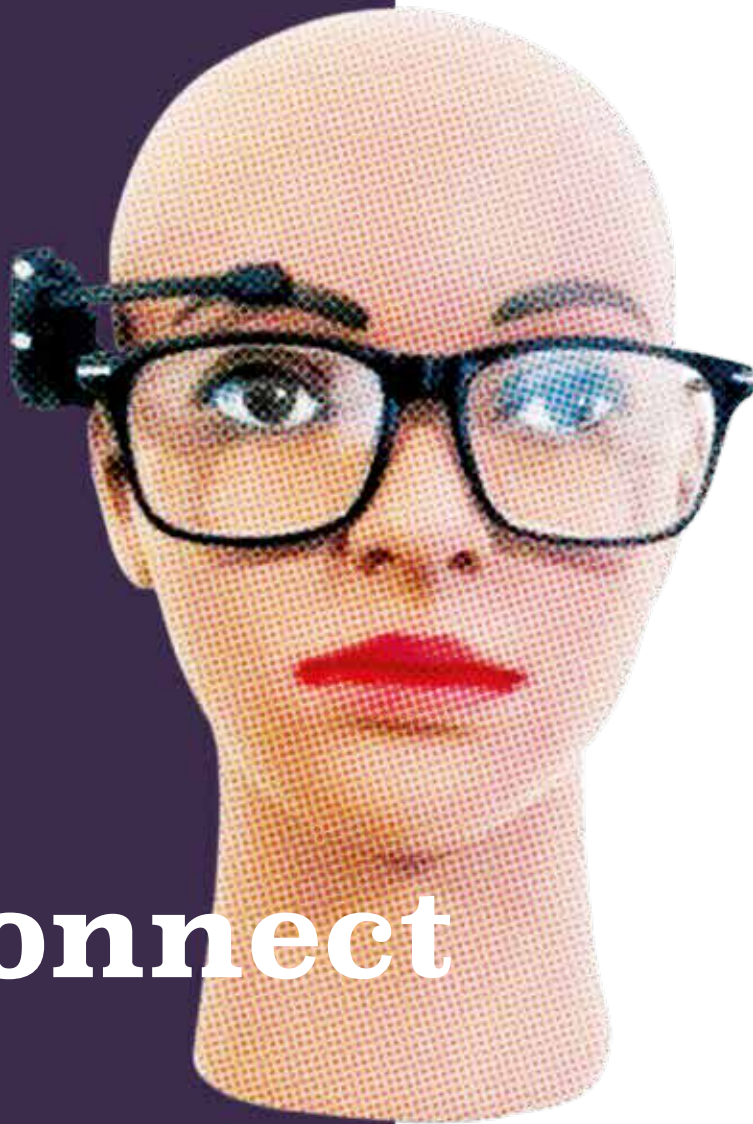
#### ADAPTE MON WEB

Une technologie d'assistance numérique qui propose des fonctionnalités numériques adaptables à tous les sites Web.

[adaptemonweb.fr](http://adaptemonweb.fr)

 @adaptemonweb





# BMconnect

un outil  
multifonctions  
pour un accès  
aux techniques  
numériques pour  
les personnes  
handicapées

Par  
Leslie Marel  
et Élodie Ramel

**B** IOMAREL est une start-up spécialisée en biotechnologie dont le but est de développer des dispositifs médicaux à destination des personnes handicapées pour leur rendre un minimum d'autonomie

### TOUT DÉMARRE D'UNE RENCONTRE...

En deux mille quinze, c'est une rencontre avec une personne atteinte de la Maladie de Charcot (Sclérose Latérale Amyotrophique) ; c'est une maladie neurodégénérative avec paralysie ascendante, extrêmement handicapante puisque la personne atteinte perd de plus en plus de mobilité et donc d'autonomie. Cette rencontre a changé nos perspectives. Au début la personne utilisait de simples contacteurs inclus dans un dispositif astucieux émulant un clic de souris afin de contourner les limitations physiques imposées par un handicap, puis ensuite elle a perdu en mobilité et finalement ne pouvait plus les utiliser. Elle souhaitait simplement changer les chaînes de sa TV ou communiquer avec ses proches. Les appareils qu'elle tentait d'utiliser pour se servir de l'ordinateur n'étaient pas pratiques et peu adaptés à son handicap. Alors, avec notre ingénieur électronique, nous avons décidé de lui fabriquer un dispositif adaptable et adapté à son handicap. Le BMconnect était né. Sachant que des personnes atteintes de la maladie de Charcot, il y en a plus de six mille rien qu'en France, cette première cible avait du sens.

Son premier mot après l'essai du produit sera : « merci ! », et ce merci fut pour nous un déclic. Nous avons décidé de rendre le dispositif accessible à d'autres personnes et élargi notre cible aux personnes en situation de handicap moteur avec mobilité réduite des membres supérieurs, ce qui représente plus de sept cent mille personnes en Europe.

Fondée en mai 2018, la société se voulait leader dans le milieu du handicap - tous handicaps confondus visibles et invisibles - et utilisait la technologie afin de redonner de l'autonomie aux plus fragiles, en offrant des services primordiaux à la communauté des personnes handicapées.

### DES DIFFICULTÉS SURMONTÉES

Nous avons évidemment eu quelques difficultés en cours de route avec ce projet :

- La détermination de l'utilisateur final à partir d'un cas spécifique pour étendre le produit à d'autres pathologies ; une étude de marché, des rencontres avec des personnes ayant différents handicaps moteurs grâce aux ergothérapeutes des associations, ont été conduites.
- La détermination du prix, le positionnement par rapport à la concurrence ; l'aide en accompagnement de WILCO Healthcare ont été bénéfiques.
- Le financement de la R&D ; nous avons répondu à des appels à subventions, concours, et utilisé tous les outils possibles : prêts bancaires, love money, et développement de services (pour générer des revenus de vente).

Nous sommes fiers d'avoir réussi à tenir nos objectifs et continué à faire évoluer notre BMconnect.

### CONCOURS, CONCOURS ET CONCOURS

Pour gagner en notoriété et toucher le plus de personnes possibles, nous avons participé à de nombreux concours. Souvent finalistes mais rarement lauréats, nous avons néanmoins remarqué une influence positive : le projet était de plus en plus remarqué et le nom de la société reconnue. Notre persévérance a payé puisque fin 2019, nous avons commencé à gagner de plus en plus de concours dont le dernier Initiatives Numériques et Handicap par CCAH ainsi que Simplon.co début 2020. Notre dispositif a retenu l'attention du jury et nous avons reçu une subvention importante qui nous permettra de lancer sa production en masse très prochainement.

### UNE SOLUTION TOUT EN UN

Les personnes handicapées font souvent face à l'isolement autant dans leur vie privée que professionnelle. La possibilité d'utiliser n'importe lequel des « gadgets » que nous, humains valides, utilisons tous les jours pour communiquer, jouer, surfer sur le net, lire ou encore visionner des vidéos est très difficile. Les appareillages sont extrêmement coûteux et souvent peu adaptés, et ils ne peuvent donc pas les utiliser ce qui ne fait que les frustrer et accentuer le sentiment de solitude. Discuter avec leurs proches, avoir accès à la culture et à l'autonomie, retrouver un emploi grâce à l'accès à n'importe quel ordinateur, c'est se reconnecter au monde extérieur, sortir de l'isolement. C'est tout simplement vivre.

Notre BMconnect est un dispositif médical ergonomique et discret, sans fil, catégorisé comme aide à la communication, compatible sur tous supports informatiques (ordinateurs, tablettes, smartphones, sonnerie infirmier pour les patients alités) et sous tous systèmes (Windows, Linux, Apple, Android). Il permet aux personnes en situation de handicap moteur présentant une mobilité réduite des membres supérieurs avec une difficulté à communiquer et n'ayant pas d'atteinte neurologique d'utiliser la technologie existante uniquement avec leur tête.



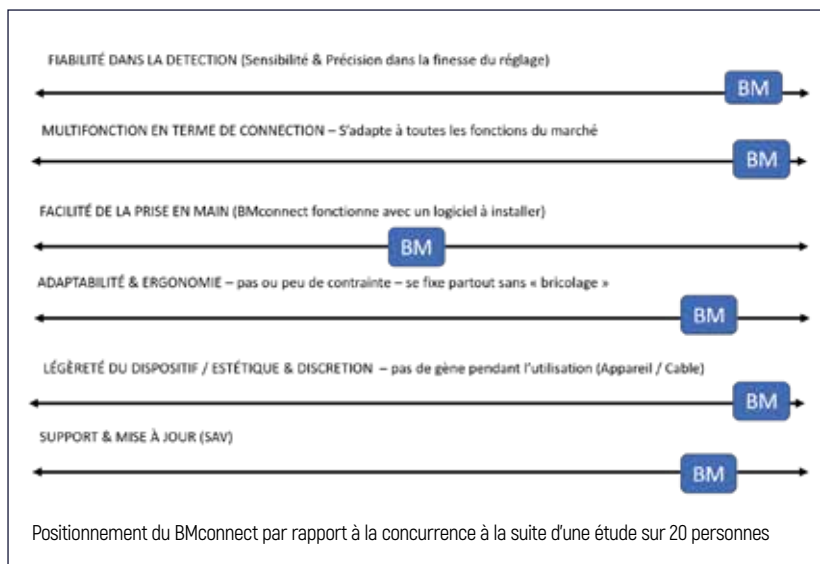
Le système est vendu en kit avec un gyroscope et trois contacteurs, adaptés et adaptables à tous en fonction de l'application et du handicap. Le déplacement de la tête dans le gyroscope permet d'émuler le mouvement sur le système informatique et, en utilisant un des contacteurs au choix, de cliquer avec le sourcil, le menton ou la respiration. Le dispositif peut évoluer avec les besoins de l'utilisateur.

Ce qui rend unique ce dispositif c'est sa fiabilité, il n'y a aucune fausse détection. L'on peut noter sa simplicité d'utilisation, sa liberté d'utilisation sur n'importe quel système, son ergonomie ainsi que sa prise en main rapide.

## UN PARAMÉTRAGE SIMPLE POUR COMMUNIQUER

La totalité des capteurs se règlent sur un seul logiciel, disponible directement sur notre site internet, ce qui signifie que l'on peut s'adapter à différents handicaps mais également à plusieurs stades d'un handicap. Le paramétrage est simple et ne demande pas de connaissances informatiques particulières.

**Je peux utiliser  
le BMconnect sur  
mon Samsung  
et sur mon  
ordinateur c'est  
plus simple !**



En clair, le système est prêt à l'emploi comme un ordinateur acheté en ligne, et l'utilisateur n'a rien à changer à son équipement technologique.

Une fois paramétré, on peut l'utiliser pour naviguer sur un ordinateur, regarder les actualités, jouer sur une tablette, envoyer des mails, surfer sur les réseaux sociaux, lancer une vidéo sur un téléphone, répondre à un sms d'un proche, lire un livre électronique sur une liseuse ou même travailler. Tant de choses que nous, valides, pouvons faire.

En bref, nous sommes fiers de donner la possibilité aux personnes privées d'autonomie et de communication de pouvoir accéder à la société.

**Avant  
j'utilisais un  
contacteur  
qui manquait  
de sensibilité.  
Le BMconnect  
est pratique  
et facile à  
paramétrer**



[biomarel.com](http://biomarel.com)

@Biomarel0

@Biomarel



**Leslie MAREL**

Présidente et Co-fondatrice  
Je suis ingénieur en biologie avec une expérience de quatre ans en laboratoire de recherche médicale. J'aime me dire que la science est un aboutissement de l'intellect humain. Après avoir partagé mon temps sur la paillasse la semaine et mes week-end sur les projets de Biomarel, je rentre dans la grande famille des entrepreneurs à temps plein dès septembre 2018.



**Élodie RAMEL**

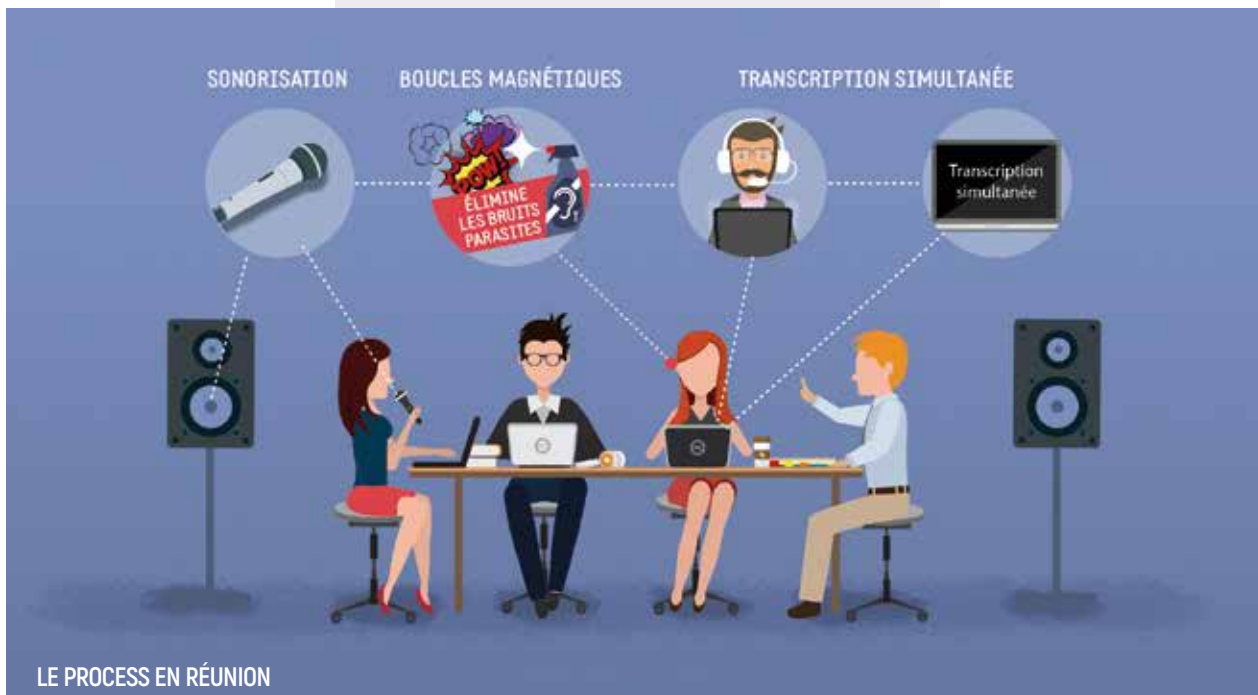
Attachée Commerciale  
Je suis titulaire d'une formation en gestion et comptabilité mais également autodidacte dans les nouvelles technologies. Je décide de rejoindre Biomarel en juin 2018 pour promouvoir au-delà des frontières nos projets et participer activement à la croissance de la société. Je m'occupe de toute la partie commercialisation au sein de la société.



# MESSAG'IN

## UN OUTIL D'ACCESSIBILITÉ QUI TIENT DANS LA POCHE POUR LES PERSONNES MALENTENDANTES

**R**ester en communication quand on entend mal est un défi du quotidien. Même audible et amplifié par des aides auditives, le son de la voix n'est pas toujours intelligible. À la clé : fatigue, renoncements, difficultés professionnelles... Le Messageur travaille depuis sa création à cette problématique et a mis au point des dispositifs qui fonctionnent. La prochaine étape sera de les démocratiser et de les miniaturiser en les intégrant dans une application disponible sur smartphone et tablette : Messag'in.



Par  
**Jean-Luc LE GOALLER**  
et **Samuel POULINGUE**

## RÉPONDRE AUX BESOINS SPÉCIFIQUES DES PERSONNES MALENTENDANTES

À la surdité, on associe souvent la langue des signes, au point d'écarter une autre réalité : celle des personnes malentendantes qui communiquent oralement, utilisent le son et portent souvent des appareils auditifs ou des implants cochléaires. Leur quotidien est jalonné de situations dans lesquelles il est impossible de comprendre la parole ou seulement au prix d'efforts épuisants : environnements bruyants, interlocuteurs multiples, événements. Ces difficultés invisibles sont très peu connues et reconnues.

Malgré des avancées technologiques, les appareils auditifs à eux seuls ne permettent pas de communiquer facilement dans toutes les situations sonores du quotidien.

En réunion, une personne malentendante fait appel à ses restes d'audition, à la lecture sur les lèvres (qui apporte au maximum 30 % du message) et à la « suppléance mentale » qui consiste à déduire les informations manquées d'après le contexte. Pour elle, il est plus difficile de reconnaître une voix et de la localiser. Ainsi, quand un participant prend la parole, elle doit d'abord repérer ce nouvel intervenant. Ce délai lui fait souvent manquer le début du propos. De plus, si la réunion se tient dans une grande salle avec plus de cinq ou six interlocuteurs, la qualité sonore et les discussions parallèles dégradent très fortement la compréhension.

L'attention soutenue qu'il lui faut mobiliser pour suivre les échanges ne peut être maintenue très longtemps. Elle s'accompagne qui-plus-est de phénomènes de fatigue et de décrochage qui peuvent aller de pair avec un sentiment d'exclusion, difficile à vivre et source de désengagement.

Les enjeux pour créer de bonnes conditions d'accessibilité ? Mettre en place de bonnes pratiques de communication, isoler le son du locuteur qui s'exprime et apporter un sous-titrage quand c'est nécessaire.

### Le principe proposé par Le Messageur : le bâton de parole

Le Messageur a réuni les éléments nécessaires à cette accessibilité selon un processus de sonorisation et de régulation de la parole dont l'élément central est le bâton de parole. Ce « bâton de parole » prend la forme d'un microphone qui capte le son de la voix de la personne qui parle, débarrassé des bruits ambiants qui gênent la compréhension pour le transmettre directement dans les aides auditives par un dispositif de connectivité (induction magnétique ou Bluetooth). En parallèle, la captation directe des sons ambiants par les micros intégrés aux aides auditives est atténuée ou coupée de sorte que la personne malentendante ne reçoit que le son de la voix de la personne qui parle. Le fonctionnement du « bâton de parole » implique de facto l'entourage qui doit faire en sorte de faire circuler le micro et de respecter les tours de parole. Le son peut aussi être transmis à un interprète de l'écrit distant pour réaliser un sous-titrage en temps réel, affiché sur tablette, PC, smartphone, grand écran, ou vidéoprojeté...

Ce dispositif se heurte souvent à l'attente d'une solution qui soit sans influence sur la façon de conduire les discussions et qui conduirait à la captation du son réalisée par un micro d'ambiance placé au milieu de la table, des participants qui peuvent se couper la parole et un sous-titrage

réalisé à partir de ce qui est audible dans ces conditions. Un tel dispositif a l'avantage d'être le plus discret possible mais malheureusement au détriment de la qualité du son et du sous-titrage. Il est pourtant possible selon nous de s'orienter vers de bien meilleures conditions de communication, en introduisant le bâton de parole comme règle du jeu dans le déroulement des réunions pour réguler la prise de parole. Les retours d'expériences révèlent en effet que cet usage améliore la communication pour tous les participants et pas uniquement pour les collaborateurs malentendants. C'est un changement sociologique qui s'opère avec la mise en place de cette accessibilité et c'est en cela que réside l'originalité de l'approche du Messageur.

En 2016, Le Messageur a conçu une solution couteau suisse, la valise « Diluz », mot breton signifiant « la solution ». La Diluz contient une mini sono mobile pour gérer une situation à plusieurs micros. Le micro capte le son de la voix de la personne qui parle, le débarrasse des bruits ambiants parasites et transmet le son dans les aides auditives. Le son est aussi transmis à un sous-titreur distant, qui réalise un sous-titrage en temps réel, affiché sur une tablette ou un PC. La Diluz est utilisée depuis quatre ans dans le cadre d'adaptations du poste de travail de collaborateurs malentendants ainsi que pour des prestations ponctuelles de mise en accessibilité de réunions.



En complément, le « Kit Pocket » combine bâton de parole et transmission du son dans les aides auditives. Il est utilisable dans la majorité des situations de la vie quotidienne. Pour les réunions qui nécessitent plusieurs micros ou quand l'apport d'un sous-titrage en temps réel est nécessaire, il est branché à la valise Diluz.

Ces solutions permettent d'obtenir d'excellents résultats mais nécessitent l'utilisation d'un matériel relativement encombrant et onéreux.



## ET DEMAIN ? L'APPLICATION MESSAG'IN !

Née dans la tête de Jean-Luc Le Goaller, co-fondateur du Messageur, l'application « Messag'in bâton de parole » se veut réunir ces mêmes éléments mais cette fois-ci rassemblés dans une application mobile.

Il est proposé aux participants d'une réunion de télécharger l'appli sur leur smartphone ou tablette créant ainsi un réseau virtuel de micros interconnectés. Leurs microphones intégrés captent le son de la voix de la personne qui parle et le transmettent, débarrassé du bruit ambiant qui empêche de comprendre la parole, vers les appareils auditifs adaptés des utilisateurs malentendants.

Le principe du bâton de parole est toujours présent mais il est devenu « virtuel » : quand un locuteur a la parole, les microphones des autres terminaux sont coupés.

Si besoin, le son peut aussi être transmis, à un interprète de l'écrit distant qui réalise un sous-titrage en temps réel. Demain, ceci pourra être étendu à d'autres services d'interprétation, selon les besoins : langue des signes française ou langue française parlée complétée.



L'application doit aussi inclure un dispositif de reconnaissance vocale qui restitue automatiquement la parole sous forme de texte. Cette fonctionnalité reste insuffisante en termes de résultats pour les réunions professionnelles mais pourra être mobilisée pour des usages informels, quand le recours à un interprète de l'écrit n'est pas possible.

En 2018, Jean-Luc Le Goaller et l'un des fondateurs de 1CapApp, plateforme spécialisée dans le sous-titrage, ont élaboré un prototype de Messag'in, développé pour les environnements Apple et Android. Ce prototype est d'ores et déjà utilisé à titre expérimental pour la mise en accessibilité de réunions professionnelles par sous-titrage en temps réel à distance. Le projet a reçu le soutien financier de Sopra Steria, de Malakoff Médéric Humanis et est lauréat 2020 de l'appel à projets « Initiatives numériques et handicap », organisé par le CCAH et Simplon.co.

### À retenir sur MESSAG'IN

- Mise en réseau local de plusieurs smartphones et/ou tablettes
- Captation audio de qualité (audio large bande) et faible latence (pour permettre une lecture labiale) avec un son capté transmis dans les appareils auditifs (connectivité induction magnétique ou bluetooth)
- Bonnes pratiques de communication induites par le principe de fonctionnement en bâton de parole
- Apport, directement dans l'application, de services d'interprétation quand c'est nécessaire : sous-titrage, Langue des signes française, Langue française parlée complétée)



### LES PROCHAINES ÉTAPES DU PROJET MESSAG'IN

Pour arriver à une version de l'application industrielle, utilisable par tous, malentendants comme entendants, d'importants verrous techniques restent encore à lever :

- La latence audio ne doit pas augmenter avec le nombre de participants, y compris sur des réseaux wifi. Elle doit se maintenir en-dessous de 100 ms.
- Le sous-titrage automatique par reconnaissance vocale doit rester disponible hors connexion à Internet.
- Les aspects sociologiques de régulation de la parole en réunion doivent être étudiés pour affiner l'ergonomie.
- La sécurité et la confidentialité des réunions doivent être garanties.

Pour avancer dans ce projet, nous mettons en place un consortium de sociétés et laboratoires formant un véritable écosystème autour du projet. Nous y travaillons dès à présent, en lien avec les sociétés IVeS ([www.ives.fr](http://www.ives.fr)) et Digigram ([www.digigram.com](http://www.digigram.com)), spécialiste de la voix paquétisée.

Nous cherchons encore :

- un fabricant de smartphone fonctionnant sous Android
- une société disposant d'un logiciel de reconnaissance vocale embarqué performant
- des chercheurs en sociologie en entreprise

Si vous êtes intéressés, n'hésitez pas à nous contacter !



**Jean-Luc LE GOALLER**

Co-fondateur du Messageur  
Pour communiquer avec Allain, son fils autiste et sourd, Jean-Luc explore le monde de la surdité. Il crée Polycom, un service d'accessibilité pour malentendants et de formation à la communication via la langue des signes, avant de fonder Le Messageur avec Samuel Poulingue.

### UN POTENTIEL EN TERMES DE CONCEPTION UNIVERSELLE

Après des personnes que nous accompagnons, nous instaurons l'usage du « microphone-bâton de parole » qui permet de recevoir un son intelligible tout en induisant de bonnes pratiques de prise de parole. Depuis de nombreuses années nous faisons le constat des excellents résultats de cette ergonomie de la communication, pour les personnes malentendantes mais aussi pour les personnes entendants. Il s'avère que les usages mis en place améliorent la communication pour tous. C'est ce qui nous permet aujourd'hui de rattacher la démocratisation de Messag'in à un potentiel de conception universel, à l'instar de la télécommande, initialement créée pour répondre à une problématique de mobilité réduite et finalisée intégrée ensuite dans le quotidien de tout un chacun. Cette approche s'inspire aussi de la loi de février 2005 « pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées » qui considère que c'est à la société de s'adapter pour que tout soit accessible à tous, quelles que soient les situations de handicap. En créant des conditions de communication favorables, avec l'implication de tous, et c'est l'objet de Messag'in, nous souhaitons contribuer à faire progressivement évoluer à grande échelle les bonnes pratiques de communication à même de changer le quotidien et les perspectives des personnes malentendantes. Nous sommes convaincus que Messag'in, en plus de répondre à des besoins d'accessibilité essentiels pour les personnes malentendantes, pourrait inclure une portée plus universelle et répondre à de futurs usages de conduite de réunions de grandes tailles, voire de congrès.



**Samuel POULINGUE**

Co-fondateur et gérant du Messageur  
Un parcours dans l'animation puis l'accompagnement de projets lui fait rencontrer l'association de personnes malentendantes de la Manche, l'ADSM Surdi 50, qu'il rejoint pour développer un service de sous-titrage en temps réel, avant de fonder Le Messageur avec Jean-Luc.



**LE MESSAGEUR**  
Accessibilité handicap auditif

**Le Messageur, acteur dédié  
à l'accessibilité pour les  
personnes malentendantes**

Le Messageur est une entreprise coopérative (Scop) créée en 2012 à partir du constat, partagé par ses deux fondateurs, qu'un besoin d'accessibilité n'était pas pourvu : celui des plus de six millions de personnes malentendantes qui communiquent par oral et ne connaissent pas la langue des signes. Nous mettons au point des techniques et usages qui leur permettent de participer et de communiquer à égalité de chances dans toutes les situations de la vie quotidienne.

Nos prestations s'appuient sur l'amélioration du son, l'interprétation de l'écrit en temps réel et de bonnes pratiques de communication. Elles consistent à rendre accessibles événements, lieux qui accueillent du public et postes de travail, et à former sur le thème du handicap auditif. Le Messageur intervient aussi sur l'accessibilité téléphonique, en partenariat avec la société Elioz ([www.elioz.fr](http://www.elioz.fr)), dont il est cofondateur.

[contact@lemessageur.com](mailto:contact@lemessageur.com)  
**Samuel POULINGUE**  
06 84 60 75 41

[www.lemessageur.com](http://www.lemessageur.com)

scop-le-messageur  
 @LeMessageur  
 @LeMessageur  
 @lemessageur

# NUMÉRIQUE & HANDICAP

## des solutions pour tous

Par

Philippe TROTIN



### L'ACCESSIBILITÉ NUMÉRIQUE C'EST QUOI ?

Lorsque l'on parle de handicap, l'image qui nous vient immédiatement est celle d'une personne en fauteuil roulant ou avec une canne blanche. En réalité, le handicap est bien plus complexe que cela ! Dans les années 1980, on parlait de personnes « handicapées » et l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) définissait le handicap comme étant relatif à l'état de santé ou aux capacités physiques de l'individu. Depuis la définition a bien changé et on parle maintenant davantage de « situations de handicap » : c'est l'environnement dans lequel une personne évolue qui crée un handicap.

Définissons maintenant l'accessibilité numérique. En définitive, il s'agit de l'ensemble des solutions numériques permettant d'améliorer les interactions d'un individu par rapport à son environnement. Ces solutions dépassent le cadre du handicap permanent et doivent aussi englober le handicap temporaire (un bras dans le plâtre à la suite d'un accident de ski par exemple) et le handicap situationnel (un environnement bruyant ou très sombre qui génère des difficultés auditives ou visuelles).

Si nous essayons maintenant d'imaginer toutes les solutions nécessaires pour couvrir les enjeux de l'accessibilité numérique, il va falloir répondre à l'ensemble des difficultés d'ordre physique (motricité), sensoriel (visuel, auditif), intellectuel (mental) ou cognitif (apprentissage). Mais comment adresser tous ces aspects en même temps ? Et si l'accessibilité numérique consistait simplement à fournir aux utilisateurs différents moyens pour réaliser ce qu'ils souhaitent faire ? Prenons par exemple la

rédaction d'un document *Word*. Nous pouvons aujourd'hui le rédiger au clavier, avec la voix grâce à de la dictée vocale ou avec les yeux en utilisant un *oculomètre Tobii®* offrant la possibilité de piloter un clavier virtuel d'un simple regard. Il est même possible d'utiliser en fonction du contexte un ordinateur, une tablette ou un téléphone mobile. En définitive, nous avons permis à une personne en situation de handicap d'utiliser le moyen le plus simple pour elle de rédiger son document.

### MICROSOFT : L'ACCESSIBILITÉ UNIVERSELLE

La mission de *Microsoft* est de donner à chaque individu et à chaque organisation les moyens de réaliser ses ambitions. C'est de l'accessibilité universelle dont il est question : permettre à chacun de tirer parti des solutions *Microsoft* intégrées nativement. Pour y arriver, les équipes de développement s'appuient sur une démarche de conception inclusive ([www.microsoft.com/design/inclusive/](http://www.microsoft.com/design/inclusive/)) permettant de confronter les usages des applications à des « personas », représentatifs de la diversité humaine. La démarche s'effectue en trois étapes :

Cette démarche est intéressante car de nombreux objets de la vie quotidienne ont, au départ, été conçus pour répondre à un enjeu de handicap : la télécommande, le régulateur de vitesse, les panneaux d'affichage dans les gares ou les aéroports.

L'objectif de *Microsoft* c'est surtout de démocratiser l'utilisation des fonctionnalités d'accessibilité aussi bien pour les utilisateurs en situation de handicap que pour tout un chacun en intégrant de nouveaux usages. Cette standardisation des solutions permet aussi de simplifier la gestion des ordinateurs dans les entreprises et de garantir aux utilisateurs une continuité des usages entre le lieu de travail et le domicile.

### À L'ÉCOLE

Une des premières difficultés en milieu scolaire est de fournir aux élèves en situation de handicap des solutions simples et robustes à utiliser. Un logiciel particulièrement prisé est *OneNote*. Il permet non seulement d'organiser



1

Reconnaître l'exclusion



2

Apprendre de la diversité



3

Concevoir pour un, Étendre à tous



ses cours facilement et ne nécessite pas d'enregistrement manuel : tout est automatique ! Il existe différentes versions : une Application *OneNote* gratuite sur le Store de Windows 10, une version intégrée pour les utilisateurs de Office 365 et une version *Education* qui offre de très nombreuses possibilités de partage pour les enseignants.

Et le lien avec le handicap me direz-vous ? L'outil intègre en standard un lecteur immersif qui permet par exemple à des populations « DYS » de disposer d'une lecture audio de son texte en mode karaoké, d'un affichage adapté avec espacement des caractères et colorisation grammaticale, d'un imagier et même de la traduction du texte dans près de 60 langues.

On trouve aussi dans *OneNote* une fonctionnalité pour dicter ses textes et dès le premier trimestre 2020 la possibilité d'intégrer du sous-titrage avec traduction.

## AU TRAVAIL OU À LA MAISON

Parlons maintenant des solutions disponibles sur *Microsoft 365*. Dans un premier temps il faut s'intéresser à ce qui existe au niveau de Windows 10 et plus spécifiquement les paramètres d'options d'ergonomiques (Win + U). Ils sont classés sous trois thèmes : vision / audition / interaction. Nous n'allons pas détailler ici chacune des fonctionnalités disponibles : elles sont nombreuses.

Citons simplement quelques exemples : activer une loupe performante couplée avec un pointeur de souris agrandi et colorisé pour répondre à des déficiences visuelles ou encore un filtre de couleurs pour des utilisateurs daltoniens voire même un narrateur entièrement optimisé pour des utilisateurs totalement non-voyants. Windows 10 offre également la dictée vocale quel que soit les applications utilisées (Win + H). La nouvelle version du navigateur *Edge* permet enfin une lecture audio d'une page Web et des options d'affichages optimisées.

Intéressons-nous maintenant à la création de documents Word. Non seulement vous disposez d'une dictée vocale performante et d'un outil de traduction intégré mais aussi d'un « vérificateur d'accessibilité » qui vous guide afin de rendre votre document accessible à tous.

Si nous parlons de *PowerPoint* pour créer des présentations, vous disposez d'un assistant « idée de conception » qui automatise l'organisation de vos images sur votre diapositive. Si vous faites une présentation, vous pouvez ajouter des sous-titres en Français pour des utilisateurs déficients auditifs. Vous pouvez même choisir de sous-titrer votre voix dans la langue de votre choix et tout ceci en direct.

La plateforme de collaboration *Teams* n'est pas en reste concernant l'accessibilité. Vous pouvez disposer de nombreux raccourcis pour accéder à l'ensemble des fonctionnalités (Win +). *Microsoft* a intégré du sous-titrage en direct en Anglais pendant les conversations et va très prochainement le rendre disponible en Français.

En dernier lieu, nous pouvons évoquer ensemble l'application gratuite sur *iPhone* « *Seeing AI* ». Elle offre grâce à la caméra de son téléphone un « œil électronique » à un utilisateur non-voyant. Il peut ainsi entendre un texte, identifier un produit par son code barre, reconnaître des personnes, un billet de banque, la lumière, la couleur... Il offre même la possibilité de naviguer de façon tactile sur une photo.

## ET LE JEU VIDÉO ?

Le jeu vidéo est un formidable vecteur d'inclusion. *Microsoft* a sorti il y a un peu plus d'un an une « manette adaptative » afin de permettre à des personnes à mobilité réduite d'utiliser des périphériques adaptés à leurs handicaps. Cette manette dispose d'une entrée pour connecter une manette traditionnelle complémentaire pour qu'un autre utilisateur puisse servir de co-pilote à la personne en situation de handicap. De nombreuses autres fonctionnalités d'accessibilité existent sur la plateforme *Xbox* comme un lecteur d'écran, des thèmes sombre ou clair, du sous-titrage...

La prochaine étape attendue par la communauté des handi-gamers c'est la création de compétition eSport inclusive.



## EN CONCLUSION

Des progrès phénoménaux ont été accomplis ces dernières années pour répondre aux enjeux du handicap. Cela a été rendu possible grâce aux avancées spectaculaires en matière d'Intelligence Artificielle (reconnaissance de la voix, analyse d'images...). Ces progrès ne sont pas encore suffisants : c'est toute la société qu'il faut changer car au-delà des solutions d'accessibilités, l'enjeu est bien d'offrir aux talents en situation de handicap du travail et des loisirs comme tout un chacun. C'est possible et nous devons tous être acteurs de ce changement.



# ACCESSIBILITÉ NUMÉRIQUE et traitement automatisé du langage

Par Paul Poupet

***Inaccessible c'est inacceptable : quelles solutions technologiques en faveur d'une information pour tous***



Paul POUPET  
Ingénieur Centralien spécialisé  
en systèmes complexes  
d'information, et fondateur de la  
Hacker House Seed-Up.

🐦 @seedup\_io

## SEED.ΔP

Seed-Up est une Hacker-House : une maison-atelier qui permet à des chercheurs, ingénieurs, développeurs, et designers, de se consacrer au développement d'inventions technologiques et d'approfondir ensemble leurs domaines d'expertises. Seed-Up met ainsi au service de grands comptes comme Total, Thales, Hermès, etc, l'expertise technique de ses membres (développement, algorithmes d'apprentissage, robotique, IHM, etc.) et leur capacité à créer des innovations. Salariés de la Hacker House, nos membres sont aussi associés aux projets qu'ils inventent comme Moore, smartphone doté d'un stockage illimité ou Accessibilis, un transcritteur automatique favorisant l'accessibilité numérique.

seed-up.io

Un français sur six est concerné par des difficultés de compréhension de l'information écrite et cette part augmente lorsqu'il s'agit de ressources numériques.

La récente pandémie de COVID-19 est venue exacerber cette exclusion par l'information : L'annonce d'un confinement strict au niveau national par le Président de la République a été prononcée à la télévision (avec sous-titres et langue des signes) le 16 mars. La première attestation de déplacement dérogatoire véritablement accessible à tous – rédigée en Facile À Lire et à Comprendre (ou FALC : une méthodologie proposant un français accessible) - n'a été publiée que le 1<sup>er</sup> avril. D'autres associations ont pris en charge manuellement des transcriptions indispensables (LSF, LFPC, etc.)<sup>1</sup>, mais le constat est simple : L'information est encore loin d'être accessible à tous.

Comment espérer que chacun, peu importe sa situation, soit non seulement renseigné mais aussi protégé s'il n'a pas accès à l'information ?

Chantal Fuvel, Meryl Merran, Erwan Boehm et Paul Poupet qui travaillent sur ce sujet ont développé Accessibilis, un traducteur automatique favorisant l'accessibilité du numérique. Ils ont présenté une application de leur outil lors d'un « hackathon » sur le Covid-19 et ont été lauréats dans leur catégorie.

## INACCESSIBLE C'EST INACCEPTABLE

Le numérique a permis à un grand nombre de personnes d'avoir accès à l'information de manière extensive, mais cette promesse cache un grand nombre de disparités : fracture numérique (inégalités d'équipement, de couverture réseau et de maîtrise des outils informatiques), illettrisme, handicaps moteurs/sensoriels/cognitifs, etc.

Selon une étude de l'INSEE réalisée en 2011, 16% de la population française (30 % si l'on prend l'ensemble de la Francophonie, et bien plus si l'on intègre les victimes de la fracture numérique) est concernée par des difficultés de compréhension de l'information présentée à l'écrit. À ces chiffres s'ajoutent l'ensemble des personnes qui souffrent de la fracture numérique.

16 % ce n'est pas seulement une statistique, c'est environ un français sur six.

Les services publics, les entreprises et les différents éditeurs ont tous une responsabilité sociétale mais aussi un intérêt certain à proposer des solutions d'accessibilité numérique. Il s'agit d'améliorer leur capacité à communiquer avec leurs employés, leurs usagers, leurs prospects.

L'effort qui a débuté avec l'adaptation des sites physiques doit s'élargir au numérique, pour proposer une société plus inclusive.

## L'ACCESSIBILITÉ NUMÉRIQUE EN 2020

Un pas a déjà été franchi en 2016 avec l'adoption de la directive européenne relative à l'accessibilité numérique et la norme européenne EN 301549 qui vise à rendre les produits et services TIC (sites web, logiciels, appareils numériques...) accessibles à tous, et notamment aux personnes à capacités réduites.

L'initiative européenne a été entérinée en France par le décret n° 2019-768 du 24 juillet 2019, relatif à l'accessibilité aux personnes handicapées des services de communication au public en ligne. Sont concernées les administrations et les entreprises (CA > 250 m €), selon les normes RG2A (Référentiel Général d'Accessibilité pour les Administrations). Les sites internet (d'information ou de services), sites intranet et extranet, progiciels, applications mobiles et de mobilier urbain numérique (comme les distributeurs de titres de transport) sont ainsi supposés être conformes à ces normes.

Enfin, la norme internationale WCAG (*Web Content Accessibility Guideline*) de 2018, fixe les règles élaborées par l'organisme de standardisation du web (W3C ou *World Wide Web Consortium*) pour l'accessibilité des contenus web, pris en compte très largement dans la SEO (*Search Engine Optimization* ou indexation) d'un site internet.

Pour définir une méthode de transcription en un français accessible, la norme FALC (Facile À Lire et À Comprendre) a été proposée. Elle comprend un ensemble de règles ayant pour finalité de rendre l'information accessible, notamment pour les personnes souffrant de handicap. Avancée remarquable, cette méthode est cependant très lourde à mettre en place, peu cadrée, et son utilisation pendant la crise met en exergue l'inadéquation d'une méthode manuelle face à la quantité quotidienne d'information. De même l'existence d'un site « normal » et d'un site « pour les personnes en situation de handicap » n'est pas inclusif.

Certaines solutions ponctuelles existent, mais la plupart n'ont pas résolu les problématiques de méthodologie de transcription,

d'automatisation, de conservation du sens, de personnalisation et d'adaptation nécessaires à la diffusion d'un standard. Force est de constater qu'aujourd'hui la plupart des contenus disponibles sur Internet (ou physiquement) ne sont pas accessibles pour une partie de la population, et que les méthodologies et normes proposées (RG2A, FALC, etc.) mériteraient d'être approfondies. Cela soulève une question : à quoi doit ressembler un site inclusif ? Ces réflexions existent à divers niveaux, institutionnels mais aussi techniques (« Le pouvoir du Web est son universalité. Qu'il soit accessible par n'importe qui quel que soit son handicap est un de ses aspects essentiels ». Tim Berners Lee - Inventeur du World Wide Web). C'est à partir de ces problématiques que s'est développé Accessibilis.

## ACCESSIBILIS.FR

Accessibilis, spin-off de la hacker house Seed-up (cf. encart), a développé un traducteur automatique (outil de transcription et plug-in web interactif) permettant d'adapter en temps réel un contenu (document/vidéo/site) afin de le rendre accessible aux personnes présentant un déficit cognitif/moteur/sensoriel (personnes en situation de handicap) ou présentant un déficit de compréhension de la langue française (personnes allophones, dyslexiques, illettrées).



Outil d'aide à la rédaction Accessibilis

Comment ça marche ?

- 1) Sur l'outil d'édition, l'éditeur sélectionne un contenu (un texte, une url, un pdf, etc.) et les difficultés du public visé.
- 2) L'outil suggère automatiquement, grâce à un ensemble de règles de syntaxe, de dictionnaires et d'algorithmes de traitement automatisé du langage (NLP), des adaptations textuelles, visuelles (disposition, génération de pictogrammes, etc.) et ergonomiques (voix de synthèse, avatar LFPC, etc.).
- 3) Le plugin permet de proposer à l'utilisateur final un site adapté et des interactions favorisant son accessibilité pour tous.

Déjà testé au sein de la BNP et présenté à des associations spécialistes (Les Papillons Blancs, FFDYS...), Accessibilis continue de développer son outil et de le déployer au sein d'entreprises et bientôt de services publics. Accessibilis propose autant des adaptations de documents ou sites sur mesure que l'intégration de leur moteur de transcription dans le SI de ses clients.

## Références

- <sup>1</sup> LFPC (*Langue Française Parlée Complétée*). Vidéos en LFPC par Alice Bossu : <https://youtu.be/VlhWE9nEtks>  
*Web Accessibility for People with disabilities* - Michael G. Paciello  
 FALC : <https://easy-to-read.eu>

# LA HANDITECH, *un espoir pour l'inclusion sociale des personnes en situation de handicap mental, cognitif ou psychique*

Par Sarah Cherruault-Anouge

**S**'il peut parfois exclure lorsqu'il n'est pas pensé « accessible », le numérique s'impose en réalité comme un allié incontournable pour favoriser l'inclusion sociale des personnes en situation de handicap. Pour preuve, l'émergence de la HandiTech, une filière prometteuse qui répond au besoin d'autonomie et d'inclusion des individus par l'utilisation d'outils numériques de compensation : les « *assistive technologies* ». Une belle illustration de l'« *empowerment* » des individus rendu possible par le numérique.

## 16% DE LA POPULATION

En France, près de 11 millions d'enfants, d'adultes et de seniors présentent une forme de handicap mental, cognitif et/ou psychique (dont 93% avec des formes légères à moyennes)<sup>1</sup>. Ces différents handicaps peuvent être la conséquence de troubles neurodéveloppementaux (autisme, déficience intellectuelle, troubles de l'apprentissage...), d'accidents (lésions cérébrales suite à un accident cardio-vasculaire, traumatismes...) ou encore de maladies neurodégénératives (démence, Alzheimer, Parkinson, Huntington...).

Au quotidien, on recense un large spectre de difficultés générées par ces handicaps : altérations de la communication, du langage, du raisonnement, de la compréhension, de la mémoire, de l'attention, de la perception du temps et de l'espace ou encore des interactions sociales.

## APPORTS DU NUMÉRIQUE DANS LE CHAMP DU HANDICAP

Les handicaps mentaux, cognitifs et/ou psychiques engendrent un manque d'autonomie et un besoin d'assistance qui renforcent la dépendance à l'aidant – qu'il soit aidant familial ou aidant professionnel – ainsi que l'exclusion sociale de l'individu au sens large. Or, plusieurs études ont démontré que les outils numériques, et en particulier les technologies tactiles, peuvent être des leviers d'émancipation et d'inclusion sociale pour les personnes en situation de handicap. Avec des logiciels adaptés, les robots, tablettes tactiles et smartphones deviennent des outils de compensation (en anglais « *assistive technologies* »), véritables béquilles qui prolongent la présence de l'aidant tout en guidant pour faire par soi-même, c'est ce que l'on appelle l'« *empowerment* » de l'individu.







Développé par Auticiel, «iFeel» est un logiciel d'aide à la communication pour aider les personnes dyscommunicantes à exprimer leurs émotions, ressentis ou douleurs

Ergonomiques, mobiles, ludiques et non stigmatisants, les outils numériques tactiles en particulier proposent une interaction simple et extrêmement intuitive même pour des publics très déficitaires. La plasticité cérébrale, la réserve neuronale et la mémoire de chaque individu lui permettent d'apprendre à tout âge, pour peu que les méthodes et outils lui soient adaptés et personnalisés. Là où le handicap perturbe les relations sociales et génère un isolement fort, la médiation de la machine permet la mise en place de liens et de codes sociaux.

La littérature scientifique met en évidence que, grâce à des logiciels spécifiques utilisés lors d'entraînements adaptés, des personnes présentant des troubles cognitifs légers à moyens peuvent par exemple améliorer leur mémoire (Günter et al., 2003). Des personnes âgées peuvent ralentir le déclin de leurs capacités cognitives (*Advanced Cognitive Training for Independent and Vital Elderly*, Indiana University, 2006). Des personnes avec autisme vont améliorer leur capacité à interagir avec les autres et à s'adapter à des situations sociales (Lainé, Rauzy, Tardif, & Gepner, 2011). Des personnes aphasiques ou non verbales vont communiquer avec n'importe quel interlocuteur grâce à des images et à la voix de synthèse de leur tablette (Marshall, Cauté, Chadd, 2019). Des personnes déficientes intellectuelles vont apprendre à réaliser des actions du quotidien en autonomie grâce à l'utilisation de séquences (sortes de tutoriels simplifiés) et d'un emploi du temps visuel (Ayres, Mechling, Sansosti, 2013), ouvrant une porte sur l'utilisation du numérique pour augmenter leur l'employabilité.



**Sarah CHERRUAULT-ANOUGE**

Business développeur en e-santé diplômée de l'Institut Mines-Télécom Business School (2013), Sarah dirige aujourd'hui Auticiel, une start-up qu'elle a cofondé tout en travaillant à la Direction de l'Innovation de l'Institut Mines-Télécom. Administratrice du Hlab et co-fondatrice du Groupe de Travail « Handicap et Numérique » du Syntec Numérique, elle s'investit pour l'ESS, la TechforGood, et l'entrepreneuriat féminin.

## AUTICIEL

Startup de l'Economie Sociale et Solidaire (ESUS) qui conçoit des solutions numériques pour développer l'inclusion sociale et l'autonomie des personnes en situation de handicap cognitif et/ou mental (autisme, déficience intellectuelle, trisomie 21...).

Véritables outils d'assistance et d'apprentissage, les applications AMIKEO® d'Auticiel aident enfants et adultes à communiquer, se repérer dans le temps, effectuer des tâches en autonomie ou encore travailler. Très personnalisables et intuitives, elles s'adaptent aux besoins et aux capacités de chacun. Les applications du programme AMIKEO® ont été conçues, testées et validées par l'équipe pluridisciplinaire d'Auticiel en collaboration avec un comité scientifique et éthique, des bénéficiaires, leurs familles et des associations d'usagers.

[auticiel.com](http://auticiel.com)

**200 000**  
utilisateurs en France  
et au Canada

**350**  
établissements médico-sociaux  
équipés et formés.

De fait, la flexibilité offerte par les logiciels permet d'adapter l'ergonomie et le contenu des outils à chaque individu en fonction de ses capacités, besoins, sensibilités et de son environnement. Cette personnalisation des outils est un enjeu majeur pour faire face à la diversité des profils et de situations socio-culturelles adressés.

De surcroît, les outils réalisés avec une exigence de conception et diffusion universelle seront bénéfiques pour des publics plus larges (personnes âgées, illettrées, touristes ne maîtrisant pas notre langue...).

### UN ENJEU ÉTHIQUE MAIS AUSSI SOCIO-ÉCONOMIQUE

Véritables soutiens aux apprentissages, à l'organisation, à la communication, au travail et aux loisirs, les outils numériques de compensation représentent un levier efficace et non stigmatisant pour être mieux intégré en société et plus autonome au quotidien.

L'utilisation des outils numériques par les personnes handicapées permet non seulement d'améliorer leur qualité de vie au quotidien et un mieux-être pour elles et leurs proches, mais également de réduire les coûts socio-économiques afférents à l'exclusion sociale (paupérisation<sup>2</sup>, comorbidités...) et à la prise en charge spécifique (établissements médico-sociaux, assistance...). En France, ces coûts directs sont de 67,1 milliards d'euros<sup>3</sup>, un chiffre qui ne cesse de croître chaque année.

### LA HANDITECH : UNE FILIÈRE D'AVENIR À CONSOLIDER

Plus de 200 produits et services sont proposés chaque année lors du Handitech Trophy, preuve d'un écosystème français florissant en matière d'innovation au service du handicap. Si plusieurs solutions ont démontré leur intérêt à l'échelle locale, elles peinent souvent à trouver le chemin de la mise à l'échelle, faute d'acculturation et de budget fléché au sein des établissements médico-sociaux. (voir pour inspiration le modèle du PMATCOM au Québec)<sup>4</sup>.

#### Selon l'Organisation Mondiale de la Santé

« L'accès à différents services et technologies est souvent une condition nécessaire pour que les personnes handicapées puissent se rendre au travail, participer à la vie de la communauté et accéder aux soins de santé, et pour que les enfants handicapés puissent aller à l'école. (...) les aides techniques se révèlent de puissants outils pour améliorer l'autonomie et la participation de la personne avec handicap. Elles peuvent remplacer ou compléter des services d'appui, avec, à la clé, une probable baisse du coût des soins ».<sup>5</sup>

### Enjeux : Numérique et handicap



©2020 SCHERBAUT-ANOUË

En France, des organismes comme le Syntec Numérique, La Handitech ou le Comptoir des Solutions recensent les innovations existantes et agissent pour le développement de la filière. Le gouvernement ainsi que certaines collectivités ont lancé plusieurs programmes de soutien et affirment vouloir investir sur ces outils. Peut-être qu'en complément de la démonstration de l'apport neuroscientifique, une quantification précise de l'impact socio-économique de chacune de ces solutions pourrait enfin permettre une accélération massive de la diffusion des innovations HandiTech françaises auprès des bénéficiaires ? Faute de données et au vu de la multiplicité des situations d'accompagnement, cela semble difficile dans l'immédiat. Pourtant, ainsi que le souligne l'Organisation Mondiale de la Santé<sup>5</sup>, et, comme on a pu le constater dans le champ du handicap sensoriel, elles seront un appui incontournable pour répondre aux défis de l'inclusion sociale des personnes en situation de handicap mental, cognitif et/ou psychique..

### Références

<sup>1</sup> « Handicaps et usages - Fiche n°1 - Handicaps mentaux, cognitifs et psychiques, quelles pistes pour améliorer l'accessibilité ? - Cerema, Collection Connaissances, oct 2013. Lien : <https://www.ecologique-solaire.gouv.fr/sites/default/files/CEREMA%20Handicaps%20mentaux%20cognitifs%20et%20psy%20MAJ%20d'oct%202013.pdf>

<sup>2</sup> La moitié des personnes handicapées ont un niveau de vie inférieur à 1 540 euros par mois, soit près de 200 euros de moins qu'une personne valide. Plus le handicap est sévère, plus le revenu est faible et le niveau de pauvreté élevé. Source : « Le handicap expose à la pauvreté et aux bas niveaux de vie », Observatoire des Inégalités, 6 octobre 2017. Lien : <https://www.inegalites.fr/Le-handicap-expose-a-la-pauvrete-et-aux-bas-niveaux-de-vie>

<sup>3</sup> Dépenses liées à la perte / au manque d'autonomie des personnes âgées et des personnes handicapées en 2017. Source: Chiffres clés de l'aide à l'autonomie, CNSA, citant des données de la LFSS 2019.

<sup>4</sup> Le programme ministériel québécois des aides techniques à la communication (PMATCOM): [www.pmatcom.qc.ca](http://www.pmatcom.qc.ca) permet de prêter des équipements pour pallier certaines incapacités de personnes de tous âges en situation de handicap: déficience motrice, déficience du langage, déficience intellectuelle et trouble du spectre de l'autisme.

<sup>5</sup> Projet de plan d'action mondial de l'OMS relatif au handicap 2014-2021- Un meilleur état de santé pour toutes les personnes handicapées, Organisation Mondiale de la Santé, 2016  
Source: <http://www.who.int/disabilities/actionplan/fr/>



# DETECTEPPE

## un patch connecté au service des personnes épileptiques

Par **Patrick Latour**  
et **Florian Breton** (2012)

**D**étecter efficacement les crises d'épilepsie grâce à un patch connecté et à l'intelligence artificielle pour améliorer la qualité de vie des patients souffrant d'épilepsie

### L'ÉPILEPSIE, UNE MALADIE CHRONIQUE HANDICAPANTE

L'épilepsie est un syndrome neurologique se traduisant par des périodes d'activité électrique anormale du cerveau, communément appelées « crises ». Les symptômes sont fonction de la zone du cortex cérébral touchée par ces perturbations et vont d'une rupture de contact jusqu'à la perte de connaissance pouvant être accompagnée d'une chute brutale et de convulsions (appelée crise généralisée tonico-clonique). Selon l'ILAE (*International League Against Epilepsy*), il existe plus de 70 formes d'épilepsie et pour cette raison, il est plus juste de parler « des épilepsies » que « de l'épilepsie ». Ce n'est pas une maladie contagieuse,

ni une maladie mentale, et souvent il n'y a pas de cause individualisée. Quand les causes sont connues, celles-ci peuvent être : traumatisme crânien, tumeur, infection (encéphalite ou méningite), génétique, malformation...

Cette pathologie est la 3<sup>e</sup> maladie neurologique la plus fréquente, derrière la migraine et les démences : elle touche plus de 500 000 personnes en France et plus de 50 millions dans le monde. Il existe une surmortalité chez les personnes épileptiques, et cette maladie engendre souvent une stigmatisation pour les patients et leurs proches même si l'épilepsie est stabilisée.

Si plus de 25 molécules antiépileptiques sont disponibles, environ 30 % des personnes épileptiques continuent de souffrir de crises malgré la prise de traitement. Ces formes dites pharmaco-résistantes sont



un handicap au quotidien<sup>1</sup>. En effet, outre les risques de blessure, de chutes, de mort soudaine liée à l'épilepsie, d'effets secondaires liés aux médicaments, de moindre intégration socioprofessionnelle, d'altération de la qualité de vie sous-tendue principalement par des comorbidités psychiatriques (essentiellement l'anxiété et la dépression), les personnes avec une épilepsie pharmaco-résistante reçoivent quatre à neuf fois plus de soins que les personnes avec une épilepsie bien contrôlée<sup>2</sup> entraînant un coût de prise en charge élevé<sup>3</sup>.

C'est pour limiter cet isolement social et cette altération de la qualité de vie qu'il est nécessaire de continuer d'investir dans la recherche et de trouver des solutions chimiques, chirurgicales mais aussi technologiques.

## DES PARTENAIRES COMPLÉMENTAIRES : L'ÉTABLISSEMENT MÉDICAL DE LA TEPPE ET AURA

### LA TEPPE

#### Un établissement unique en France

Créé en 1856, La Teppe est le premier établissement d'Europe à avoir proposé un accueil spécifique pour les personnes souffrant d'épilepsie. La Teppe accueille des patients de la France entière et prend en charge 500 patients et résidents souffrant d'épilepsie, de troubles psychiques et de handicaps liés à l'épilepsie ou la perte d'autonomie<sup>4</sup>. En réponse aux besoins du territoire, le champ d'intervention de La Teppe s'est élargi à différentes activités. Un pôle psychiatrie dédié à la santé mentale des femmes a été créé ainsi que des structures médico-sociales assurant un lieu de vie adapté pour des personnes handicapées et épileptiques. L'ensemble de ces activités a été complété par la création de deux maisons de retraite.

Grâce à son expérience et à sa pratique tournées vers l'innovation, La Teppe dispose aujourd'hui d'une expertise incontestable en matière de neurologie et de psychiatrie. Elle privilégie notamment des projets et des initiatives visant à réduire le poids des handicaps dans la vie de ses patients touchés par des pathologies lourdes et complexes. La

Teppe se conçoit aussi comme un laboratoire de recherche et d'innovation, participant activement au transfert de certains résultats de recherche vers les patients. Cette capacité à l'amélioration des bonnes pratiques cliniques s'appuie à la fois sur la compétence et la pluridisciplinarité de ses équipes et sur un réseau unique de partenaires, intégrant des médecins, des professionnels, des chercheurs et des établissements d'enseignement supérieur.

### AURA

#### une association technologique et humaniste

Aura est une association loi 1901 fondée en 2017 dans le but de concevoir une solution ouverte de détection et de prédiction des crises d'épilepsie. Il s'agit d'un projet s'inscrivant dans la mouvance « *Open Science* », mené par une équipe convaincue de la nécessité d'une collaboration interdisciplinaire et bienveillante face à des problématiques médicales aussi complexes. L'ensemble des développements suit donc les règles de l'open source et de l'open hardware dans l'optique de favoriser :

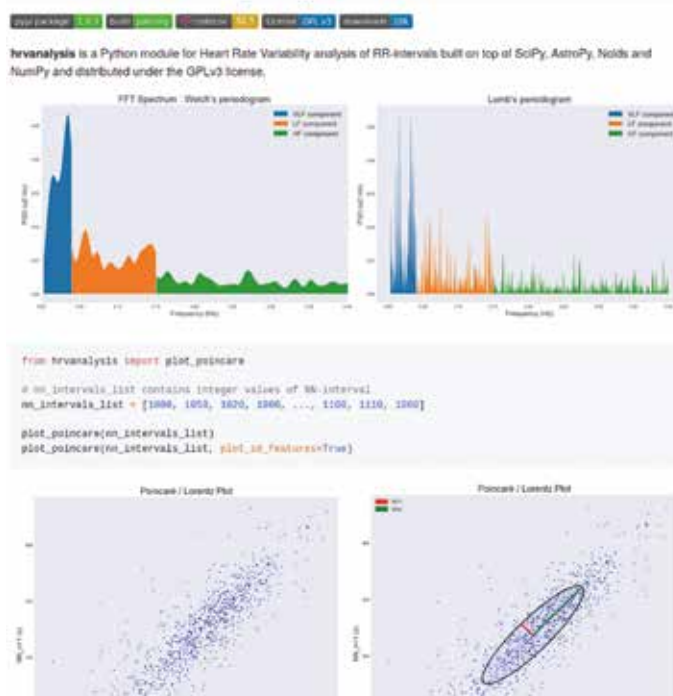
- la transparence et la traçabilité.
- la confiance de ses utilisateurs.
- la reproductibilité de la recherche.
- l'interopérabilité (point d'importance majeure pour la santé),
- l'accessibilité (avec un objectif pédagogique notamment).

À titre d'exemple, les premières librairies logicielles développées au sein de l'association sont aujourd'hui publiées<sup>5</sup> et donnent lieu à de nouvelles collaborations internationales.

Partie d'un noyau de quelques personnes, l'association fédère aujourd'hui ingénieurs, designers, médecins, personnes épileptiques... tous focalisés sur ce défi à fort impact humain et social. En effet, nous pouvons facilement imaginer l'avancée extraordinaire qu'un système de prédiction des crises représenterait pour toute personne souffrant d'une forme pharmaco-résistante d'épilepsie. Un sondage réalisé en 2016 par l'Epilepsy Foundation<sup>6</sup> confirme notamment qu'une grande majorité de personnes épileptiques est demandeuse de moyens de prédiction des crises.

En parallèle de cet objectif, Aura s'intéresse à la notion de détection et de quantification objective des crises d'épilepsie au travers du projet DetecTeppe. Cet phase s'inscrit dans une démarche d'amélioration du suivi de l'évolution de la pathologie. Pour différentes raisons (crises nocturnes, amnésies induites...), la perception du patient sur sa maladie peut être biaisée<sup>7</sup>. Une solution établissant un rapport objectif à destination de l'équipe médicale permettrait alors de gagner en réactivité sur l'adaptation personnalisée du projet de soins et d'accompagnement.

### Heart Rate Variability analysis



### UN PROJET À LA POINTE DE LA RECHERCHE MÉDICALE

Depuis près de 20 ans les recherches scientifiques se concentrent sur l'élaboration de systèmes de détection des crises d'épilepsie s'appuyant sur la mesure du signal EEG de surface ou intracrânien. Pour faciliter ces travaux, de larges bases de données EEG annotées par des cliniciens experts ont été mises en place. Les groupes de recherche ont alors proposé des systèmes experts<sup>8</sup>, des algorithmes de machine learning<sup>9</sup> et plus récemment de deep learning<sup>10</sup> permettant la détection des crises avec des résultats prometteurs (forte sensibilité et faible nombre de fausses alertes).

De même, ces dernières années, les publications à l'échelle internationale se sont multipliées pour aller plus loin et développer des algorithmes permettant de détecter les signes avant-coureurs des crises dans le but de concevoir des systèmes de prédiction efficaces<sup>11</sup>. Ces signes précurseurs seraient identifiables dans un cadre hospitalier de quelques secondes jusqu'à 60 minutes en amont de la crise selon la pathologie des patients.

Néanmoins l'usage de la mesure EEG en surface reste très limité en conditions réelles en raison des difficultés à porter le dispositif de façon satisfaisante (mauvais contact des électrodes sèches avec le crâne, mauvais positionnement des électrodes) ainsi qu'en raison d'artefacts de mouvement importants. De plus les casques EEG sont extrêmement visibles et stigmatisants pour les personnes épileptiques qui sont moins de 10% à imaginer les utiliser durant leur vie quotidienne. La mesure EEG intracrânienne quant à elle se révèle moins bruyée mais impose une chirurgie au patient afin d'installer l'implant qui permettra la mesure, ce qui limite son usage.

Des études récentes ont mis en évidence des altérations du système nerveux autonome pendant les crises d'épilepsie<sup>12</sup>. Ces altérations peuvent être observées dans plus de 70 % des cas par l'intermédiaire de variations du rythme cardiaque, mesuré par électrocardiogramme (ECG)<sup>12</sup>. S'appuyant sur ces recherches, des algorithmes de détection<sup>13</sup> et d'anticipations des crises<sup>14</sup> commencent à voir le jour.

### IA ET EDGE COMPUTING POUR DÉTECTER ET PRÉDIRE LES CRISES D'ÉPILEPSIE

Le projet DetecTeppe se concentre dans un premier temps sur la détection des crises d'épilepsie. La méthode développée se base sur une mesure et une analyse en temps réel des perturbations de l'activité du système nerveux autonome (rythme cardiaque). La solution en cours de développement est ainsi composée de trois briques technologiques :

- Un objet connecté (par Bluetooth Low Energy) de type patch thoracique collectant l'ensemble des signaux nécessaires à l'exécution d'une intelligence artificielle embarquée assurant la fonction de détection des crises,
- Un smartphone (ou une montre connectée) exécutant une application servant d'interface avec le patch et proposant des fonctionnalités plus « macro » (tenue d'un journal, signalement à des proches, stockage temporaire d'informations remontées par le patch, ...),
- Une plateforme cloud sécurisée permettant les analyses plus « long terme » des données ainsi que la génération de rapport à destination du médecin...

Cette approche peut être qualifiée de multimodale car les données de différents capteurs sont collectées et fusionnées pour alimenter l'étage d'intelligence artificielle. L'utilisation d'informations physiologiques (rythme cardiaque, mouvements) et contextuelles (données d'actimétrie, rythme circadien...) permettra une amélioration des performances de détection (réduction de faux positifs notamment) et un recoupement plus fins des résultats inter-patients, dans l'objectif d'affiner le paramétrage des algorithmes par « clusters » de personnes épileptiques (médecine personnalisée).

### UN OUTIL AVEC ET POUR LES PATIENTS

L'objectif du projet est de déboucher sur une solution certifiable en tant que « dispositif médical », un point d'orgue étant mis sur la conception d'une intelligence artificielle sûre et explicable. Ce dernier point est crucial pour établir un lien de confiance entre le système et les équipes médicales.

Ce développement technologique se fera en parallèle et de façon interactive avec une étude d'acceptation/d'acceptabilité de cette nouvelle technologie. En effet, il est important voire primordial de comprendre les perceptions des nouvelles technologies par les personnes épileptiques et d'évaluer les déterminants qui composent l'acceptabilité de ces dernières. Cette évaluation permettra une meilleure acceptation des personnes épileptiques de l'utilisation de cet objet connecté développé dans le projet DetecTeppe et donc garant d'une bonne observance.

### L'OPEN SCIENCE, METTRE UN ÉCOSYSTÈME AU SERVICE DES PERSONNES ÉPILEPTIQUES

L'approche dite open science est le prolongement naturel des valeurs d'ouverture et de partage portées par les partenaires du projet DetecTeppe. Elle se traduit par la mise à disposition de la communauté scientifique des travaux de recherche ainsi que des briques technologiques logicielles et matérielles développées au cours du projet. C'est un élément clé pour le développement d'un écosystème de confiance incluant personnes épileptiques et professionnels de santé. En effet, cette transparence permet aux médecins d'évaluer la conception, les performances et les limites d'un système et leur donne les moyens d'identifier les personnes épileptiques pour lesquels il sera le plus pertinent, prérequis indispensable pour que ces médecins l'intègrent dans leurs pratiques.

À terme, le patch ne sera entièrement efficace que s'il s'inscrit dans le parcours de santé de la personne épileptique de manière fluide. Pour cela, il doit s'intégrer dans un environnement plus large et communiquer avec différents outils (système d'information hospitalier, dossier médical partagé, ...) et institutions. De nombreux médecins et experts comme Eric Topol, cardiologue américain spécialiste de la santé numérique, porteur du projet « *Open Source Healthcare* »<sup>14</sup> pointent l'importance que doit jouer l'open source pour le développement de standards d'interopérabilité qui permettront de faciliter grandement la communication entre les acteurs.

## POUR UNE SANTÉ NUMÉRIQUE AU SERVICE DE L'HUMAIN

L'apport des nouvelles technologies et notamment l'AI/deep learning ouvrent de nouvelles perspectives dans le champ de la santé notamment dans un accompagnement personnalisé des personnes atteintes d'une pathologie chronique pouvant les mettre en situation de handicap. L'épilepsie pharmacorésistante en est un bon exemple avec une estimation de 150 000 à 200 000 personnes concernées en France, la situation de handicap physique mais aussi psychique qui en découle réduisant considérablement la qualité de vie des personnes atteintes. Le développement d'un outil performant permettant la détection de crises d'épilepsie permettra un meilleur suivi de ces personnes conduisant à une adaptation thérapeutique « chirurgicale » car personnalisée, une adaptation des activités au quotidien suivant le chronotype (i.e analyse des « hot spots » de survenu de crise sur 24 heures, sur une semaine, un mois) des crises d'épilepsie de ces personnes. Cela permettra également de développer un système d'alerte avec « l'apprentissage machine » des variations biométriques spécifiques de la crise surtout ceux avant-coureurs (i.e déterminer les paramètres pertinents pour une prédiction de crise, différent de paramètres d'anticipation).

Le choix fait par AURA et l'établissement de la Teppe est de développer un système de détection de crise utilisant au moins deux paramètres biométriques (l'analyse de la fréquence cardiaque et le mouvement) basé sur le deep learning et de l'évaluer en milieu écologique (suivant le principe du living lab). Ceci permettra d'analyser la robustesse



**Dr Patrick LATOUR**

Neurologue, épileptologue et responsable de l'Unité de recherche Clinique au sein de l'établissement médical de la Teppe.



**Florian BRETON**

Ingénieur en conception de systèmes embarqués au sein de la société Cedarnet. Il accompagne différents industriels dans la réalisation de projets complexes et innovants, mêlant intelligence embarquée et connectivité. Diplômé de Télécom Paris en 2012, il a cumulé plusieurs expériences professionnelles dans le développement de dispositifs médicaux avant de cofonder l'association Aura en 2017. Il y tient notamment le rôle de CTO bénévole.

[www.teppe.org](http://www.teppe.org)

du système en condition d'utilisation réelle. Tout se développement technique se fera en interaction étroite avec la personne épileptique (patient acteur) par analyse de l'acceptabilité/acceptation d'un tel système permettant d'évaluer l'amélioration de la qualité de vie des personnes épileptiques avec l'utilisation d'un tel système. Le projet poursuit actuellement sa phase de démarrage à savoir rédaction des protocoles de recherche et demande des autorisations et levée de fonds.

Le mode associatif et le partage du savoir faisant partie intégrale des fondamentaux d'AURA et de l'Établissement médical de la Teppe, le développement de ce projet se fait sans faux semblants dans le but final d'être une aide pertinente pour les personnes épileptiques sur le principe clé de la Teppe : « l'humain en tête ». Nous souhaitons que cet outil puisse être accessible à tous à prix raisonnable. Cet esprit collaboratif et la finalité du projet ont séduit les membres du jury du prix initiatives numériques et handicap organisé par le CCAH et Simplon qui ont élu lauréat en 2020 le projet Detec Teppe.

## Références

- <sup>1</sup> Fisher, R. S., et al. (2014). «ILAE official report: a practical clinical definition of epilepsy.» *Epilepsia* 55(4): 475-482.
- <sup>2</sup> Langfitt, J. T. (2007). «Do we know quality epilepsy care when we see it?» *Neurology* 69(21): 1968-1969.
- <sup>3</sup> Allers, K., et al. (2015). «The economic impact of epilepsy: a systematic review.» *BMC Neurology*(1).
- <sup>4</sup> Omay, O., et al. (2017). «La Teppe: The Epilepsy Center, Tain l'Hermitage, France.» *Epilepsy & Behavior* 76, Supplement: S9-S12.
- <sup>5</sup> <https://github.com/Aura-healthcare/hrvanalysis>
- <sup>6</sup> Epilepsy Foundation (2016). Epilepsy Innovation Institute - Community Survey, <https://www.epilepsy.com/sites/core/files/atoms/files/community-survey-report-2016%20V2.pdf>
- <sup>7</sup> Prof Mark J Cook, MD Prof Terence J O'Brien, MD Prof Samuel F Berkovic, MD Michael Murphy, MD Andrew Morokoff, PhD Gavin Fabinyi, MBBS et al. (2013). Prediction of seizure likelihood with a long-term, implanted seizure advisory system in patients with drug-resistant epilepsy: a first-in-man study. *The Lancet Neurology* 12(6)
- <sup>8-11</sup> Sriram Ramgopal, Sigrade Thome-Souza, Michele Jackson, Navah Ester Kadish, Iván Sánchez Fernández, Jacquelyn Klehm, William Bosl, Claus Reinsberger, Steven Schachter, Tobias Loddenkemper. (2014). Seizure detection, seizure prediction, and closed-loop warning systems in epilepsy. *Epilepsy & Behavior* 37 291-307
- <sup>9</sup> Thodoroff P, Pineau J, Lim A. (2016). Learning Robust Features using Deep Learning for Automatic Seizure Detection. In *JMLR Workshop and Conference Proceedings*, volume 56.
- <sup>10</sup> Isabell Kiral-Kornek, Subhrajit Roy, Ewan Nurse, Benjamin Mashford, Philippa Karoly, Thomas Carroll, Daniel Payne, Susmita Saha, Steven Baldassano, Terence O'Brien, David Grayden, Mark Cook, Dean Freestone, Stefan Harrer. (2017). Epileptic Seizure Prediction Using Big Data and Deep Learning: Toward a Mobile System, *EBioMedicine*, <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2017.11.032>
- <sup>12</sup> Eggleston, K. S., Olin, B. D., and Fisher, R. S. (2014). Ictal tachycardia: the head-heart connection. *Seizure* 23, 496-505. doi: 10.1016/j.seizure.2014.02.012
- <sup>13</sup> Jeppesen, J., Beniczky, S., Johansen, P., Sidenius, P., and Fuglsang-Frederiksen, A. (2015). Detection of epileptic seizures with a modified heart rate variability algorithm based on lorenz plot. *Seizure* 24, 1-7. doi: 10.1016/j.seizure.2014.11.004
- <sup>14</sup> <https://opensourcehealthcare.org/>





# ORASIS

## Eye Analytics & Rehabilitation

*Les mouvements oculaires pour comprendre et traiter les troubles du développement chez l'enfant*

Par Zoï Kapoula



**Zoï KAPOULA**

PhD, HDR, EMBA (IAE),  
Directrice de Recherche au CNRS,  
neuroscientifique. Elle fonde  
ORASIS-EAR avec Vivien Sainte  
Fare Garnot, Polytechnicien,  
expert en Intelligence Artificielle  
en octobre 2019 avant de  
s'associer avec Jacques Lemains,  
Directeur Général, pour réussir la  
mise au marché des innovations  
technologiques.  
zoï.kapoula@orasis-ear.com

[orasis-ear.com](https://orasis-ear.com)

**O** **rasis** signifie vision en grec. La vision est possible car nos yeux bougent en permanence. En effet, l'enfant naît grand myope et, en grandissant, sa vision s'améliore. Les mouvements de ses yeux deviennent plus rapides et mieux coordonnés, son champ de vision s'élargit et sa myopie disparaît.

### LA PROBLÉMATIQUE DE LA VISION POUR LES ENFANTS

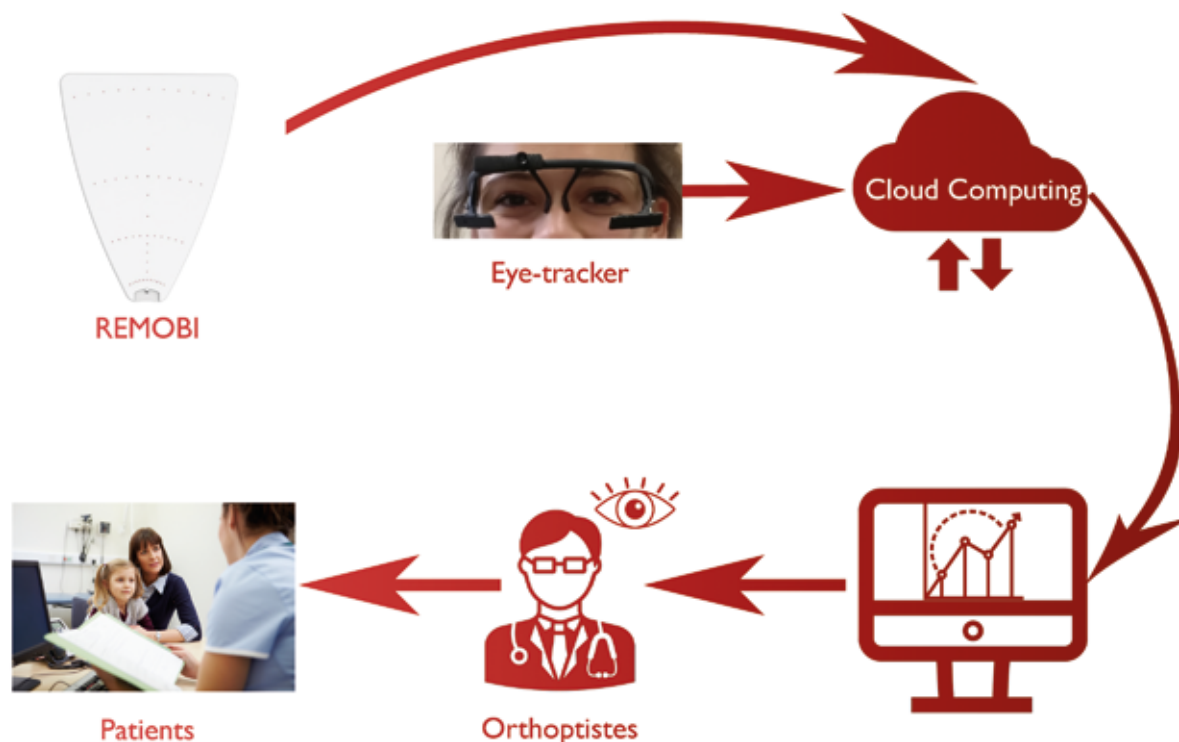
L'usage intensif d'écrans par les enfants, et ce dès leur plus jeune âge, constitue un véritable danger pour leur développement visiomoteur (cf. <https://www.anses.fr/fr/content/technologies-3d-et-vision>).

À leur entrée à l'école, 40 % des enfants (dont 8 % de dyslexiques) souffrent de troubles

visiomoteurs nuisant à leur attention, à leur concentration et in fine à leur apprentissage scolaire.

On observe à ce titre que pour une même dictée proposée à des élèves de CM2, le nombre moyen d'erreurs qui était de 10,7 en 1987 s'élevait à 14,7 en 2007. Alors que le pourcentage d'élèves qui faisaient plus de 15 erreurs était de 26 % en 1987, ce taux était de 46 % en 2007.

Statistiquement, on compte en France deux millions d'enfants souffrant de troubles de



l'apprentissage scolaire. Ces troubles prennent des formes multiples : la dyslexie, la dysorthographe, la dyscalculie, la dysphasie ou encore les troubles d'attention.

S'il n'existe pas de traitement permettant de guérir complètement ces troubles, il existe des programmes d'éducation adaptés (avec un suivi orthophonique, psychologique, orthoptique, psychomoteur voire la prise de médicament dans certains cas, voir notamment <https://www.webmd.com/children/understanding-dyslexia-treatment#1>) permettant à ces enfants d'apprendre plus facilement.

## LA SOLUTION ORASIS-EAR

S'inscrivant dans ce processus, la start-up ORASIS-EAR fabrique et vend aux professionnels de santé travaillant au service de ces enfants un dispositif permettant de diagnostiquer leurs troubles visuo-moteurs binoculaires, jusqu'alors invisibles, et de les réhabiliter de manière efficace. Fruit de décennies de travail de recherche au sein du CNRS (effectué par le Laboratoire IRIS FRE 2022, Université de Paris F-75006), cette technologie permet en effet d'améliorer significativement les performances des enfants après quatre séances, alors qu'avec les traitements usuels, il en faut généralement 12 à 18. Il en résulte un gain de temps pour les professionnels et surtout pour les enfants concernés qui peuvent donc reprendre plus rapidement un apprentissage paisible.

Les technologies brevetées REMOBI & AIDEAL, sous-jacentes à la solution ORASIS-EAR, sont composées d'un dispositif embarqué visuel-acoustique (REMOBI, Réhabilitation de la Motricité Binoculaire) pour l'examen et la réhabilitation des mouvements des yeux (saccades et vergences),

de lunettes de vidéo-oculographie, et d'un logiciel (AIDEAL) d'Analyse Intelligente des mouvements des yeux, mais aussi la capture et l'analyse des mouvements des yeux pendant la lecture, ou l'exploration des images. Cela permet un diagnostic différentiel des troubles visio-moteurs versus langagiers. De nouveaux brevets applicatifs concernant la rééducation d'autres types de troubles (vertige notamment) sont en cours de dépôt.

L'intégration de l'intelligence artificielle dans l'analyse de la motricité binoculaire au cours des tests de REMOBI et de la lecture constitue un apport majeur de cette technologie car elle permet de procéder à un dépistage plus précoce chez l'enfant et d'établir un processus de rééducation personnalisé.

## ORASIS-EAR AUJOURD'HUI

La start-up soutenue par le programme Rise CNRS Innovation, et l'Incubateur Paris Tech Entrepreneurs, bénéficie d'un réseau international de connexions avec les meilleurs centres hospitalo-universitaires en neurologie et ophtalmologie qui jouent le rôle de bêta testeurs.

ORASIS-EAR a l'ambition d'offrir cette technologie aux professionnels de la santé neuro-visuelle dès 2021. Il s'agit de commencer par les 5000 orthoptistes et centres de réhabilitation spécialisés présents en France, puis ensuite poursuivre avec les professionnels de santé en Italie, au Japon et aux USA, le but étant de faire bénéficier le plus grand nombre d'enfants des apports de ce dispositif le plus rapidement possible.

La crise sanitaire en cours a retardé le lancement du premier produit, sans remettre en question la valeur de la technologie.

# Usages des tablettes tactiles

**et accompagnement des personnes âgées  
vivant avec la maladie d'Alzheimer ou  
une maladie apparentée**

Par

Cécilia Palmier,  
Jean-Bernard Mabire  
et Kevin Charras

**L**es tablettes tactiles sont de plus en plus utilisées auprès des personnes vivant avec la maladie d'Alzheimer ou une maladie apparentée au regard des activités et des applications proposées.



Malgré des idées reçues concernant l'acceptation et l'utilisation des technologies par les personnes âgées, elles s'intéressent aux outils numériques et à leur apprentissage ; et cela même dans un contexte de maladie d'Alzheimer ou d'une maladie apparentée. Ces maladies chroniques et progressives s'accompagnent de troubles cognitifs (désorientation spatio-temporelle, mémoire, langage, attention...), psychologiques (dépression, anxiété...) et comportementaux (agitation, déambulation...) impactant l'autonomie et la vie quotidienne des personnes malades et de leurs proches. L'attractivité des tablettes vis-à-vis des ordinateurs tient à leur moindre coût, à leur accessibilité cognitive, à leur intuitivité d'utilisation et à leur possibilité de personnalisation. Face à un marché en plein essor, certains fabricants ont développé des tablettes dites « seniors » avec des interfaces épurées et simplifiées censées faciliter leur accès et leur utilisation. Cependant, un rapport<sup>1</sup> de 2018 de l'Institut National de la Consommation avec le soutien de la Caisse Nationale de Solidarité pour l'Autonomie indique que, pour les personnes âgées, l'usage des tablettes simplifiées ne montre pas de meilleurs résultats que celui des tablettes classiques, ces dernières étant plus fiables et plus performantes techniquement. De plus, l'utilisation des tablettes classiques évite de stigmatiser les personnes sous-entendant qu'elles sont moins capables, et leur permet de rester connectées et intégrées dans la société tout en renforçant les liens sociaux et intergénérationnels.

### UNE DIVERSITÉ D'UTILISATION

Les utilisations des tablettes ciblent le cognitif, le psychologique, la vie quotidienne, l'inclusion sociale ainsi que les activités culturelles et de loisirs. Les activités les plus proposées sont des exercices de stimulation cognitive et des activités de reminiscence où tout le matériel nécessaire est disponible sur un même support. Au quotidien et à domicile, l'autonomie et la sécurité peuvent être maintenues et favorisées par des applications d'agenda, d'aide-mémoire ou de mise en relation entre les proches et les soignants. L'accès à l'e-santé est facilité avec des applications d'observance médicamenteuse, de consultations à distance ou de programmes de soutien destinés aux aidants. La tablette participe au maintien d'une vie sociale active par l'envoi de mails, le partage de photos, les appels vidéo et par des activités de groupes favorisant les interactions sociales. Les activités culturelles et de loisirs sont appréciées avec la possibilité de visites virtuelles, d'accès à l'information ou encore à une diversité de jeux, livres, magazines et journaux. Selon des études scientifiques, les activités réalisées via une tablette favoriseraient la communication, l'autonomie, la cognition, l'inclusion sociale, la qualité de vie et les émotions positives. Toutefois, la tablette ne doit ni être imposée ni être une charge supplémentaire pour l'aidant, le professionnel ou la personne elle-même.

### UN GUIDE POUR FACILITER L'UTILISATION DE LA TABLETTE TACTILE

Afin de faciliter une utilisation et une expérience utilisateur optimale, plusieurs niveaux d'actions peuvent être envisagés. Les concepteurs de ces dispositifs doivent prendre en compte les caractéristiques sensorielles, cognitives et physiques des personnes âgées atteintes de

## NOS CONSEILS PRATIQUES (à ajuster en fonction de)

#### Pour qui ?

Personnes âgées présentant des troubles neurocognitifs de stade léger à modéré.

#### Contributeurs

De manière autonome, avec des psychologues, des paramédicaux, des animateurs ou des proches.

#### Séance type

Présentation de l'activité - activité - retour d'expérience ;  
Séances individuelles ou en groupe ;  
Si les séances sont en groupe, prévoir une tablette par personne ;  
Possibilité de séance libre, en autonomie.

#### Durée

Une séance ou une activité ne doit pas excéder plus de 40 minutes.

Conseils pratiques dans l'utilisation des tablettes pour des personnes âgées atteintes de la maladie d'Alzheimer ou d'une maladie apparentée - Conseils issus des travaux du Living Lab de la Fondation Médéric Alzheimer

la maladie d'Alzheimer ou d'une maladie apparentée. En effet, l'équipe du Living Lab de la Fondation Médéric Alzheimer a observé lors de tests utilisateurs des difficultés pour se souvenir des actions à réaliser pour par exemple allumer l'iPad, naviguer sur internet, des difficultés avec le toucher tactile ou encore des difficultés à gérer les notifications qui apparaissent involontairement et qui génèrent des distractions attentionnelles sur l'activité en cours. Nous recommandons ainsi que la tablette soit configurée au préalable avec l'assistance d'un aidant ou d'un professionnel afin de créer une adresse mail ou un compte utilisateur, d'enclencher les mises à jour automatiques, de désactiver certaines notifications, d'ajuster la luminosité et le contraste et de télécharger des applications selon les envies et besoins de la personne. Cela permet de personnaliser l'interface et de favoriser une meilleure prise en main ainsi qu'une utilisation optimale de la tablette. Des séances de découverte et d'apprentissage sont nécessaires pour familiariser la personne avec cet outil, dont l'utilisation autonome permettrait de renforcer le sentiment d'indépendance. Dans cette optique, la Fondation Médéric Alzheimer a publié un guide pratique intitulé « Guide utilisateur pour iPad : comprendre et réaliser les actions de base » en libre accès



## UES (s activités proposées)

### Contre-indications

Personnes âgées présentant des troubles neurocognitifs et/ou comportementaux et/ou sensoriels sévères.

### Cadre

Salon, pièce d'activité calme avec des chaises et des tables.

### Bénéfices attendus

- cognition
- motricité
- physique
- psychologique
- comportement
- qualité de vie
- bien-être
- satisfaction

### Participation

La réticence d'un participant à assister aux séances doit demander d'adapter les activités aux difficultés rencontrées ; de vérifier l'accessibilité de la tablette ; voire de fournir une aide.

sur son site<sup>2</sup>. Ce guide, réalisé pour, par et à la demande de personnes âgées vivant avec la maladie d'Alzheimer ou une maladie apparentée d'un accueil de jour francilien, regroupe les applications les plus communes telles que surfer sur internet, regarder des vidéos, prendre des photos ou appeler ses proches en visioconférence. Dans une démarche pas à pas, il explicite l'utilité de l'application et décrit les différents gestes à faire pour accomplir l'action souhaitée.

## POUR CONCLURE

Les tablettes sont de plus en plus convoitées pour l'accompagnement des personnes âgées vivant avec la maladie d'Alzheimer ou une maladie apparentée en raison de son intuitivité et de ses nombreuses possibilités d'activités et de personnalisation. Les bénéfices apportés par leur utilisation sont multiples. Toutefois, les concepteurs de ces dispositifs doivent prendre en compte les caractéristiques et besoins des personnes âgées pour en faciliter une utilisation optimale.

### Références

<sup>1</sup>Institut National de la Consommation (INC), avec le soutien de la Caisse Nationale de Solidarité pour l'Autonomie (CNSA). (2018). Synthèse d'étude sur les tablettes tactiles dédiées aux personnes âgées; <https://www.inc-conso.fr/sites/default/files/pdf/INC-CNSA-Synthese-Etude-Tablettes-Seniors-2018.pdf>

<sup>2</sup> [www.fondation-mederic-alzheimer.org](http://www.fondation-mederic-alzheimer.org)



**Cécilia PALMIER**

Étudiante en master 2 de psychologie cognitive fondamentale et appliquée à l'Université de Paris et stagiaire au Living Lab de la Fondation Médéric Alzheimer



**Jean-Bernard MABIRE**

Psychologue, docteur en psychologie et responsable de l'ingénierie de recherche du Living Lab de la Fondation Médéric Alzheimer



**Kevin CHARRAS**

Psychologue, docteur en psychologie et responsable de Centre de formation et du Living Lab de la Fondation Médéric Alzheimer

### FONDATION MÉDÉRIC ALZHEIMER

La Fondation Médéric Alzheimer propose depuis 20 ans des actions et des solutions aux professionnels, prescripteurs et pouvoirs publics pour améliorer la qualité de vie des personnes malades et de leurs proches au quotidien. Depuis 1999, elle a soutenu 429 projets d'innovation de terrain, 56 études et recherches. Elle a remis 55 bourses doctorales et attribué 22 prix de thèses et 6 prix de master 2 recherche.

Contact

[living.lab@med-alz.org](mailto:living.lab@med-alz.org)

 @LivingLabFMA

Thierry Chevalier

# LE LIEN SOCIAL (numérique) au secours de nos aînés

## Le médicament naturel qui sauve de la dépression

**D**epuis des années, toutes les études montrent et démontrent que la première souffrance des personnes âgées est la solitude et l'isolement. À cause de cela, nos personnes âgées se sentent inutiles et dépérissent. La crise actuelle du COVID19 a rappelé à tous cette vérité.

Dans la pyramide de Maslow, le lien social fait partie des besoins quasi vitaux et donc d'un besoin à assouvir très tôt pour avoir l'envie et la possibilité d'accéder aux autres. C'est, en grande partie, ce qui explique par exemple la différence de succès entre l'iPod et l'iPhone : l'iPod est « smart » mais il a oublié d'être « phone » et ne fournit aucun service de lien social.

### QU'EST-CE QUE LE LIEN SOCIAL ?

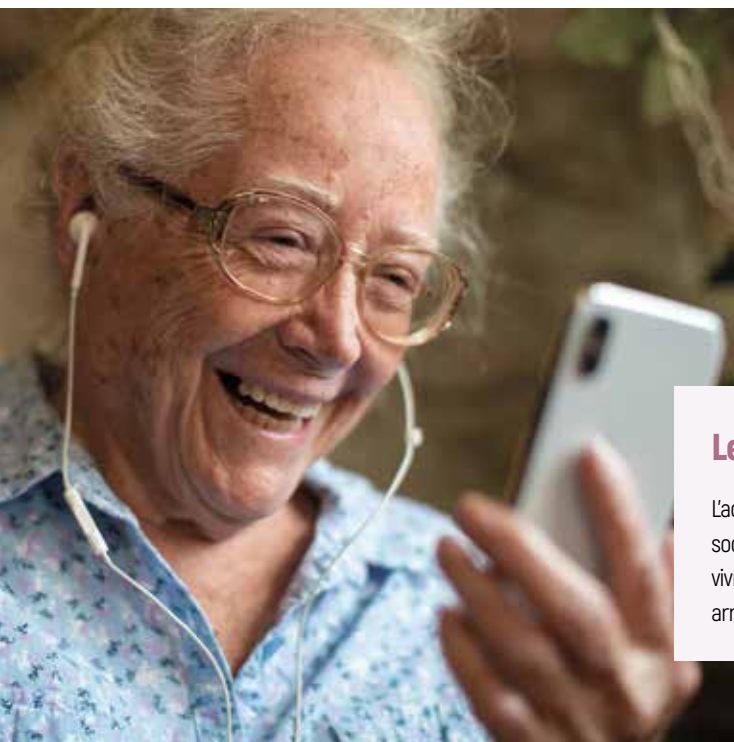
La communication, on le sait, ce sont les mots, le ton et le non-verbal. Le lien social peut-être direct ou indirect. Le lien social, c'est se sentir important pour les autres, sentir qu'on est utile, être rassuré sur la santé de l'autre, avoir des nouvelles de quelqu'un...<sup>1</sup>

La visiophonie est donc l'outil de prédilection pour maintenir le lien social. Le top par rapport à la téléphonie puisqu'il est possible de communiquer tout le non-verbal. Elle demande néanmoins de l'instantanéité et donc de la disponibilité au moment où l'autre en a besoin. En complément, un petit journal, agrégeant périodiquement photos et messages, offre l'avantage de pouvoir être lu et relu à bon escient.

### LE LIEN SOCIAL LE MEILLEUR AMI DU NUMÉRIQUE

Le lien social numérique ne remplace pas le lien social en présentiel, il l'enrichit. Bien sûr que le numérique ne remplacera jamais un câlin ou un bon verre entre amis. Il permet de garder le lien, de vaincre la distance géographique pour réduire la distance sociale. Le lien social numérique développe la relation construite en présentiel. Il peut aussi s'avérer LA seule solution comme en période de confinement.

Le lien social de par sa position dans la pyramide de Maslow nécessite d'être « assouvi » régulièrement. C'est aussi un gigantesque vecteur de bonheur et donc d'adhésion. Le lien social est donc un excellent moyen (et je pense le meilleur) pour faciliter l'apprentissage d'un nouvel outil (plaisir d'usage) et sa mémorisation (répétition quotidienne pour assimiler). C'est donc le meilleur ami des nouvelles technologies (numériques). Le lien social et le numérique se complètent : l'un enrichissant l'autre.



### Le syndrome de glissement

L'actualité en EHPAD illustre malheureusement l'importance capitale du lien social sur la santé des personnes fragilisées. Sans lui, pourquoi continuer de vivre. La personne âgée se laisse « glisser » doucement vers l'immobilisme. Elle arrête de se battre et rentre dans une spirale qui affecte sa santé.<sup>2</sup>

Grâce au numérique, il est possible de mesurer la quantité de lien social et de pouvoir générer des rappels pour inciter au lien social ou encore des alertes (baisse ou perte de lien social) pour prévenir la solitude et l'isolement. Les données des différents capteurs ou technologies viennent aussi dynamiser le lien social.

### CONCRÈTEMENT DU LIEN SOCIAL À LA TÉLÉMÉDECINE

Chez Technosens, nous avons compris que le lien social est le fondement de toute offre numérique et spécifiquement vis à vis des personnes âgées. Ceci est d'autant plus vrai que les utilisateurs sont âgés, puisque l'avancée en âge nous fait prendre conscience de l'importance de la relation. Ainsi, un nouvel outil numérique, pour être accepté par nos aînés, doit fournir en premier lieu du lien social. Cela aura aussi la vertu de favoriser un usage régulier qui invitera tout naturellement la personne âgée à se souvenir du « mode d'emploi »...

Nous avons aussi compris que, pour garantir ce lien social, il fallait le réfléchir de manière systémique: c'est-à-dire le bénéficiaire au cœur de son écosystème relationnel : la famille, les amis, le personnel (en EHPAD), les intervenants (au domicile)... Plus la personne âgée sera dépendante et plus les informations de l'écosystème seront importantes à la fois pour la personne âgée qui aura besoin de repères aimants mais aussi pour les proches qui auront besoin d'être rassurés.

Pour accroître le lien social, il faut que les interfaces, les moyens pour communiquer, soient ultra simples pour la personne âgée certes, mais surtout pour la famille et encore plus pour le personnel soignant déjà très occupé par ses tâches quotidiennes.

Dès l'origine, nous avons conçu e-lío à partir du lien social: e-lío est l'anagramme de « cœl » en lien avec la visiophonie et le « e » de e-lío représente un petit bonhomme, vu de dessus, qui enlace. Nous avons conçu e-lío pour relier des hommes, des données, quel que soit l'âge.



Une pyramide de Maslow inversée. Le lien social : pour démultiplier l'offre de services avec une approche systémique.

### TABLETTE OU TÉLÉVISEUR ?

Tandis que la famille ou les professionnels utilisent tablettes ou smartphone avec des interfaces dédiées, nos aînés se connectent à e-lío soit via une tablette, soit via leur téléviseur par l'intermédiaire d'une e-líoBox. La télévision reste la solution la plus simple et la plus complète mais ne s'oppose pas à la tablette. La tablette est l'outil mobile pour se divertir tandis que le téléviseur offre confort et fiabilité (pas de problème de batterie, pas de problème de Wifi, pas de problème de cadrage de la caméra, pas de problème d'égarment de l'équipement...). Ceci est vrai pour tous les services et surtout les services à forte valeur ajoutée (un boîtier fixe, actif et disponible en permanence permet de centraliser les remontées d'information pour l'analyse des habitudes de vie, pour les constantes médicales, etc.).

Pour coordonner tout cela, manager les services et relier les logiciels et technologies déjà présentes, e-líoManager.fr offre au *Care Manager* des outils de monitoring et de gestion. C'est le relieur indispensable.

### LE LIEN SOCIAL ET LE NUMÉRIQUE SONT INDISSOCIABLES ET S'ENRICHISSENT

Le lien social est le socle fondateur de l'Homme, et le numérique est là pour l'enrichir. Inversement, proposez de nouveaux services à nos aînés sans lien social et votre offre s'éteindra naturellement.

Plus on avance dans l'âge et plus le lien social contribue à notre santé. De même, le numérique nous donne accès à de nouveaux services de santé (téléconsultation, télémédecine...)... pour toujours plus de lien social.

La sagesse s'acquiert avec les années. Plus les années passent et plus on s'aperçoit que ce qui compte vraiment ce sont les relations que je nourris. Le numérique y contribue et nous offre plus de sagesse car plus de santé et donc d'années.

### Références

<sup>1</sup> <https://jimmybraun.org/relations-sociales-sante/3349>

<sup>2</sup> [https://www.rtf.be/info/societe/detail\\_la-solitude-des-personnes-agees-pourrait-les-tuer-bien-plus-que-le-coronavirus?id=10484124](https://www.rtf.be/info/societe/detail_la-solitude-des-personnes-agees-pourrait-les-tuer-bien-plus-que-le-coronavirus?id=10484124), <https://theconversation.com/confinement-des-personnes-agees-attention-au-syndrome-de-glissement-136934>



Thierry CHEVALIER

Ingénieur en électronique et traitement de l'information, complété d'un DEA en microélectronique à l'université américaine de Georgia Tech, puis diplômé Grande École de l'EM Lyon et d'un MBA à l'université espagnole de Deusto, il commence sa carrière au sein du groupe Schneider Electric avec de nombreux déplacements à l'international. Il crée la société Technosens en 2007 après avoir été Lauréat du Concours National du Ministère de la Recherche. Pionnier de la Silver Economie, il intervient régulièrement en tant que référent du secteur.



# PAINKILLAR

## la réalité virtuelle comme solution à la douleur chronique

Par **Guillaume Palacios**

**P**ainkillAR, entreprise MedTech du TELECOM Paris Novation Center, est à la pointe des start-up qui font progresser l'utilisation de la réalité virtuelle dans la gestion de la douleur. Avec le rôle croissant de la réalité virtuelle dans les soins de santé, cette technologie pourrait offrir de nouvelles options de thérapie à distance efficaces, voire même une solution à la crise des opiacés.

### LA DIFFICILE PRISE EN CHARGE DE LA DOULEUR CHRONIQUE

La douleur chronique touche plus d'un milliard d'êtres humains sur Terre. Elle est définie selon l'Organisation Mondiale de la Santé comme une douleur persistante qui perdure plus de 6 mois et parfois à vie. En France, 12 millions de personnes souffrent de douleurs chroniques. Ce sont des femmes et des hommes qui souffrent d'arthrose, de lombalgie, de migraines ou encore de maladies auto-immunes ou des séquelles d'un cancer. La prise en charge de la douleur chez ces patients chroniques est longue et complexe. Elle est pilotée par les CETD (Centres d'Évaluation et de Traitement de la Douleur), unités spécialisées rattachées à des hôpitaux universitaires. Les CETD sont des unités pluridisciplinaires regroupant des médecins algologues, des kinésithérapeutes, des psychologues, etc., d'une qualité remarquable. Mais, comme la crise de l'épidémie de Covid-19 que nous traversons le révèle, les hôpitaux sont saturés et sous-dotés.

J'ai moi-même été confronté au parcours du combattant du patient douloureux chronique : un an pour avoir une consultation. Puis, les neurologues m'ont prescrit des médicaments qui se sont avérés peu





efficaces et avec beaucoup d'effets secondaires très invalidants : nausée, perte de mémoire et troubles du comportement. On m'a rassuré en me disant que les médicaments ne marchaient que pour 55% des patients (à peine), en particulier dans le cas des douleurs neuropathiques.

De là, j'ai été orienté vers l'acupuncture et l'hypnose. A priori très sceptique quant à l'efficacité de l'hypnose thérapeutique, ma première séance a été comme une révélation, une sensation d'être comme dans du coton et, pendant quelques minutes, l'impression de ne plus avoir mal. Mais il est difficile de retrouver le même niveau d'immersion chez soi, en auto-hypnose. Dans leur ensemble, les thérapies non-médicamenteuses telles que les TCC (Thérapies Comportementales et Cognitives) ainsi que l'hypnose sont efficaces. Cependant, elles ne sont pas accessibles en dehors des zones urbaines et elles restent coûteuses : si l'on ne veut pas attendre 6 mois pour un rendez-vous en CETD, il faut prévoir 80 € pour une séance dans le privé, non remboursée.

### Genèse de PainkillAR

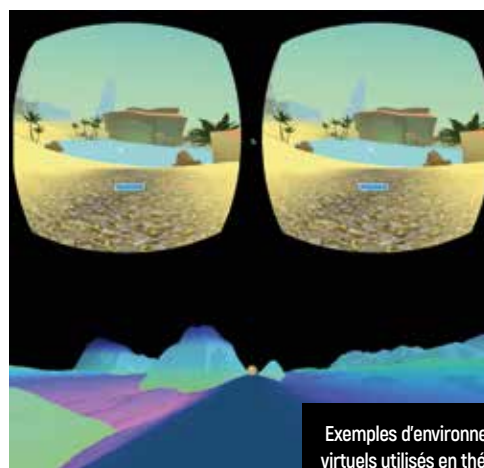
Ne serait-il pas génial de pouvoir simuler ces séances d'hypnose si bénéfiques et de pouvoir les faire à l'envi depuis son salon ? L'avènement des technologies immersives grand public - en particulier la réalité virtuelle mobile et la réalité augmentée - rend cela en théorie possible.

Quand nous avons créé la start-up avec Irshad, nous partagions la conviction que les technologies immersives allaient permettre de démocratiser l'hypnose analgésique et la méditation pleine conscience. Des techniques utilisées en hypnose telles que la visualisation et l'induction sont ainsi plus facilement accessibles.

## RÉALITÉ VIRTUELLE ET DOULEUR

L'idée d'utiliser la réalité virtuelle (VR ou *Virtual Reality*) pour traiter la douleur n'est pas nouvelle. Au début des années 2000, Hunter Hoffmann (Université de Washington) met au point « *Snow World* », un monde virtuel enneigé dans lequel on plonge des grands brûlés. Cette immersion dans un environnement glacial soulage les patients qui ressentent moins leurs brûlures et voient leurs douleurs baisser de moitié<sup>2</sup>. En 2017, l'équipe de Brennan Spiegel (Cedars-Sinai Los Angeles) teste la réalité virtuelle sur des patients en soins hospitaliers souffrant de tous types de douleurs. Au-delà de la baisse de la douleur ressentie, les résultats de cette étude<sup>3</sup> montrent une diminution de la consommation d'antalgiques. En pleine crise des opiacés, ces travaux sont largement relayés par les médias américains qui mettent en lumière l'utilisation de la réalité virtuelle dans la prise en charge de la douleur. D'autres études (Canada, Europe) viennent confirmer ces résultats très prometteurs et ouvrent la voie vers une nouvelle thérapie non médicamenteuse pour le

Femme testant une expérience de réalité virtuelle thérapeutique avec un casque ©Oculus Go. ©PainkillAR



Exemples d'environnements virtuels utilisés en thérapie et relaxation.

traitement de la douleur. Les principaux intérêts de la réalité virtuelle sont son accessibilité - tant au niveau du prix que de l'usage - et l'absence d'effets secondaires.

## LA SOLUTION PAINKILLAR

La mission de PainkillAR est de développer une solution non médicamenteuse de gestion de la douleur chronique qui s'appuie sur la technologie de VR mobile. Notre but est de transposer les recherches et les expériences de VR thérapeutiques aujourd'hui cantonnées dans les laboratoires et les grands centres hospitaliers universitaires et de les traduire dans des produits accessibles aux patients chez eux. Car la douleur arrive n'importe où et n'importe quand.

Conçue pour un usage quotidien, notre dernière création, *Lindra*, est une application dite de « marche méditative »<sup>4</sup>. Elle propose des exercices évolutifs et s'adapte à l'évolution de chaque utilisateur. Cela permettra de réduire la consommation de médicaments, d'offrir une autonomie aux patients et ainsi désengorger le système de santé.

### Business Model

PainkillAR a commencé son développement en commercialisant un système de réalité virtuelle pour l'aide aux soins douloureux en pédiatrie (prise de sang, ponctions lombaires, etc.) à des établissements de santé et des laboratoires d'analyse biomédicales. Aujourd'hui, PainkillAR se consacre presque à 100% au déploiement de *Lindra*, application B2C disponible sur Android et iPhone avec un système d'abonnement mensuel. Notre ambition est d'adresser le marché de la douleur chronique en France et en Europe et d'atteindre le millier d'utilisateurs d'ici la fin de l'année.

### Comment ça marche ?

Une séance de réalité virtuelle thérapeutique avec *Lindra* se déroule ainsi : l'utilisateur lance son application sur son smartphone et glisse son téléphone dans un casque de VR mobile pour smartphone (Google Cardboard) ou standalone, c'est-à-dire qui fonctionne sans smartphone (Oculus Go) [voir figure ci-contre]. L'utilisateur confortablement assis ou semi-allongé ajuste le casque de réalité virtuelle sur sa tête et apprécie pendant 10 à 15 mn un voyage dans un paysage calme et relaxant parfois agrémenté d'exercices psychomoteurs ou cognitifs [voir figure ci-dessus].

Les études que nous menons, en partenariat avec le CETD de la Pitié-Salpêtrière à Paris, montrent que, si une personne utilise la réalité virtuelle pour faire des séances d'hypnose ou de marche méditative, il est fort probable que les douleurs et leur retentissement dans la vie quotidienne se voient diminués.

### Pourquoi ça marche ?

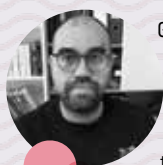
En réalité virtuelle, on submerge le cerveau d'informations visuelles, sonores et spatiales qui mobilisent une partie de ses ressources. Comme dans un ordinateur, les sensations de douleurs sont reléguées en « tâches d'arrière-plan ».

En ce qui concerne les douleurs chroniques, dont les mécanismes sont plus complexes et encore mal compris, il est suggéré que d'autres mécanismes pourraient être impliqués dans les douleurs persistantes, notamment en modifiant la connectivité cérébrale<sup>5</sup> qui est souvent altérée chez les patients douloureux chroniques<sup>6</sup>. On sait notamment, depuis les travaux sur les neurones miroirs de Rizzolatti<sup>7</sup>

et Ramachandran<sup>8</sup>, qu'il suffit de voir ou de simuler une action pour produire des effets sur l'interprétation que le cerveau fait du signal douloureux. L'exemple emblématique est le traitement de la douleur du membre fantôme (douleur persistante d'un membre amputé) : le simple fait de voir le membre sain bouger dans le miroir, dans un reflet qui se superpose au membre amputé, soulage quasi immédiatement la douleur dans le membre amputé, alors même que le sujet est parfaitement conscient de son amputation ! Probablement se passe-t-il quelque chose de similaire quand un patient se met en scène dans un environnement en réalité virtuelle lui proposant d'apaiser ses douleurs.

## TAKE-HOME MESSAGE (À RETENIR)

Les thérapies antidouleur utilisant des expériences de réalité virtuelle sont aujourd'hui crédibles sur le plan scientifique et médical. Leur efficacité repose sur une modulation de l'attention et potentiellement sur d'autres mécanismes cérébraux complexes. Ces expériences de réalité virtuelle analgésiques conçues conjointement avec médecins, neuroscientifiques, ingénieurs et patients pourraient compléter l'éventail de thérapies non médicamenteuses déjà existant. Cela peut permettre d'améliorer la prise en charge des patients douloureux chroniques, en particulier celles et ceux souffrant de maladies chroniques et inflammatoires telles que la polyarthrite rhumatoïde, la fibromyalgie ou la maladie de Crohn. Des solutions comme celles développées par PainkillAR pourraient être à terme des thérapies puissantes, simples d'utilisation et efficaces, aussi utiles en soins hospitaliers et cliniques qu'en soins à domicile.



**Guillaume PALACIOS**

CEO de PainkillAR

DEA Physique Quantique à l'ENS Paris et PhD en Physique Théorique à l'Université Leibniz à Hanovre  
Après une carrière dans le domaine de la physique théorique aux USA, aux Pays-Bas et en France,

Guillaume a travaillé comme ingénieur R&D dans les nouvelles technologies, notamment chez Criteo, avant de se lancer dans l'entrepreneuriat technologique. Sa conviction est que la technologie doit tirer l'humanité vers le haut et aider à régler les grands enjeux du XXI<sup>e</sup> siècle que sont la transition énergétique et la santé notamment.

### Les autres membres de PainkillAR



**Irshad ABIBOURAGUIMANE**

CTO de PainkillAR

Ingénieur Centrale Nantes et spécialiste de la réalité virtuelle, Irshad a rejoint PainkillAR après une expérience de recherche au Japon à l'Université de Keio durant laquelle il a travaillé sur des Interfaces

Homme-Machine et la vision par ordinateur appliquées à la formation des chirurgiens.

### Comité Scientifique

**Dr. Florian Bailly**, rhumatologue et médecin de la douleur à la Pitié-Salpêtrière à Paris

**Dr. Damien du Perron**, médecin gériatre et hypnothérapeute à la Pitié-Salpêtrière à Paris

**Pr. Eric Serra**, professeur Associé en Médecine de la Douleur Université Picardie Jules Verne à Amiens



[www.painkillar.com](http://www.painkillar.com)  
[www.lindra.co](http://www.lindra.co)

### Références

<sup>1</sup> Source : Société Française d'Etude et de Traitement de la Douleur (SFETD).

<sup>2</sup> Hoffman HG, Chambers GT, Meyer WJ 3rd, et al. Virtual reality as an adjunctive non-pharmacologic analgesic for acute burn pain during medical procedures. *Ann Behav Med.* 2011;41(2):183-191.

<sup>3</sup> Tashjian VC, Mosadeghi S, Howard AR, Lopez M, Dupuy T, Reid M, Martinez B, Ahmed S, Dailey F, Robbins K, Rosen B, Fuller G, Danovitch I, IsHak W, Spiegel B. Virtual Reality for Management of Pain in Hospitalized Patients: Results of a Controlled Trial. *JMIR Ment Health* 2017;4(1):e9.

<sup>4</sup> Diane Gromala, Xin Tong, Amber Choo, Mehdi Karamnejad, Christopher D Shaw, The Virtual Meditative Walk: Virtual Reality Therapy for Chronic Pain Management, *CHI '15: Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*.

<sup>5</sup> Valet M, Sprenger T, Boecker H, Wiloche F, Rummeny E, Conrad B, et al. Distraction modulates connectivity of the cingulo-frontal cortex and the midbrain during pain - an fMRI analysis. *Pain* 2004;109:399-408.

<sup>6</sup> Tanasescu R, Cottam WJ, Condon L, Tench CR, Auer DP. Functional reorganisation in chronic pain and neural correlates of pain sensitisation: A coordinate based meta-analysis of 266 cutaneous pain fMRI studies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 2016;68:120-33.

<sup>7</sup> V. Caggiano, L. Fogassi, G. Rizzolatti et coll, « Mirror neurons differentially encode the peripersonal and extrapersonal space of monkeys », *Science*, n°324, 2009, p. 403-406.

<sup>8</sup> V. S. Ramachandran, Eric L. Altschuler, The use of visual feedback, in particular mirror visual feedback, in restoring brain function, *Brain*, Volume 132, Issue 7, July 2009, Pages 1693-1710.

# Joka Jobs

## une innovation sociale et solidaire pour la recherche d'emploi

Par Dana Diminescu



**J**oka Jobs est un *serious game* géolocalisé sur *Smartphone* développé à Telecom Paris. Il s'agit d'une application d'e-inclusion qui vise les jeunes de 18-25 ans à bas niveau de qualification et qui sont en recherche d'un emploi, d'un stage, d'une formation, d'un service civique ou désireux d'accroître leur mobilité professionnelle. Le design et le scénario simple de Joka Jobs ont pour objectif de rendre la recherche d'emploi incitative, ludique et facilement accessible.

### LE CONTEXTE SCIENTIFIQUE ET SOCIÉTAL DU PROJET

Joka Jobs est l'aboutissement de plusieurs années de recherche. Depuis dix ans, des recherches du département SES de Télécom Paris ont permis de disposer de connaissances solides sur les questions d'accès à l'emploi et de mobilité. Deux champs de recherche se rencontrent dans Joka Jobs :

D'abord, il y a les questions de précarité et de mobilité. Les projets « *WhereNet* » (Diminescu D., Licoppe C.), *BridgelT*, *Mig@Net* et « Téléphonie solidaire » (Diminescu D.) nous ont permis de comprendre que la sortie de la précarité est corrélée à la mise en mobilité des individus et à la multiplication de « liens faibles »<sup>1</sup>. Plus les personnes sont mobiles et créent des liens faibles, plus elles multiplient leurs opportunités de trouver un travail et de sortir de la précarité.

Ensuite, les analyses des médias et jeux géolocalisés *Foursquare*, « *MOGI* » (Licoppe C. et Inada Y.) et « *Ingress* » (Morel J.) ont révélé les dynamiques de groupes d'individus trouvant dans les jeux et l'information sociale géolocalisés des ressources pour leur immersion dans les environnements réels. Une autre étude du réseau social « *Grindr* » nous a

permis de comprendre les stratégies interactionnelles d'individus participant au même dispositif géolocalisé.

Toutes ces connaissances sont combinées dans Joka Jobs, comme « *serious game* » géolocalisé aux fins socialement utiles pour le joueur et la collectivité.

Des enquêtes menées auprès de jeunes demandeurs d'emploi ont montré que la grande majorité des jeunes est équipée de smartphone. Leurs usages des technologies digitales pour la recherche d'emploi sont quotidiens. Néanmoins les niveaux d'équipement sont variables et instables et les jeunes ciblés par Joka Jobs sont confrontés aux problèmes de littéracie numérique : compréhension, lisibilité, adéquation et fiabilité des offres proposées par les sites internet et applications mobiles.

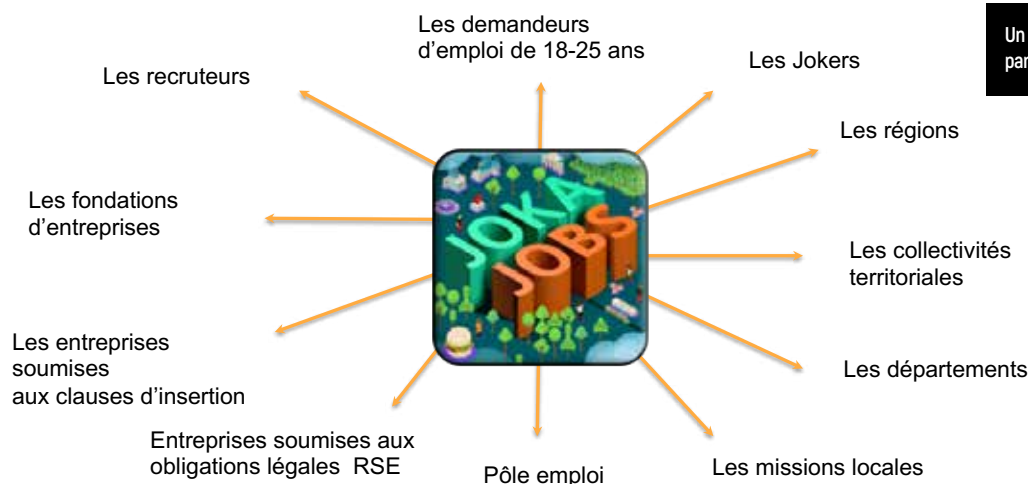
Joka Jobs est un outil simple et original, « *user-centred* », pour aider les jeunes à renouer avec le marché du travail en leur donnant accès aux ressources nécessaires et en démystifiant le parcours du demandeur d'emploi. Ces ressources sont multiples : la visibilité des offres sur le territoire, la facilité d'accéder au lieu de l'emploi, la possibilité d'être coaché par un bénévole, l'ouverture de son réseau d'interconnaissance, l'apprentissage de la mobilité, etc.



Dana DIMINESCU

Fondatrice de JokaJobs. Sociologue, enseignant chercheur à Télécom Paris. Son travail empirique et ses publications portent sur la mobilité et la communication à distance, sur les stratégies d'intégration en relation avec l'usage des TIC, sur l'archivage et la cartographie du web. Connue pour son manifeste épistémologique dédié au « migrant connecté », elle a développé une série de méthodes « quali-quantitative » innovantes qui ont permis d'analyser comment les TIC sont utilisées par des migrants et par les populations en précarité dans une variété de situations d'usage. Elle a notamment coordonné et conçu l'atlas des e-Diasporas primé en 2012 aux Digital Humanities Awards et conçu sur smartphone l'application JokaJobs pour les demandeurs d'emploi génération Y





Un écosystème complexe de parties prenantes

## DESCRIPTION DE L'APPLICATION

Joka Jobs s'articule autour de trois idées :

**L'incitation à la mobilité et à la découverte de la ville.** L'objectif de Joka Jobs est de décroïsonner la recherche d'emploi en rendant l'espace accessible, en donnant l'envie aux jeunes de se déplacer dans leur ville pour y découvrir les diverses ressources (les offres d'emploi, l'offre culturelle, les structures d'aide et d'accompagnement, etc.). Le « terrain de jeu » est une carte où sont géolocalisés des points de repère utiles et ludiques.

**L'incitation à la création d'un réseau de connaissance (appelé « liens faibles ») entre les jeunes, les recruteurs et des « jokers » qui permet d'améliorer l'accès à l'emploi.** Il s'agit d'équiper une démarche de recherche d'emploi basée sur « l'échange de tuyaux » par le bouche-à-oreille et la construction de réseaux sociaux informels adaptés à des contextes de grande précarité. Ces qualités sont largement sous-exploitées dans les démarches de retour à l'emploi qui ont jusqu'ici été proposées à ces jeunes. Il y a trois parties prenantes dans le jeu : les jeunes demandeurs d'emploi, les recruteurs et les « parrains », appelés « jokers » qui aident les demandeurs d'emploi dans leurs démarches. Tous sont visibles sur la carte sous la forme d'avatars. Ils peuvent entrer en contact les uns avec les autres en un clic.

**La mise à jour du marché de l'emploi local et notamment du marché caché avec géolocalisation** en permettant d'une part à des recruteurs (petits commerces, restauration et autres) de poster facilement leurs offres d'emploi sur l'application et d'autre part de donner la possibilité à des joueurs (demandeurs d'emploi, Jokers et recruteurs) de photographier des annonces et de les faire figurer sur l'application en les géolocalisant. Les offres d'emploi et annonces sont géolocalisées et filtrées selon le profil de chaque demandeur d'emploi. Elles sont consultables et le demandeur d'emploi peut y répondre via l'application, ou bien se rendre directement au lieu de travail en prenant contact avec le recruteur.

En se déplaçant, en entrant en contact avec les autres participants et en répondant aux offres d'emploi, les joueurs gagnent des points et des récompenses. C'est un élément clés de motivation et d'implication dans le jeu et par conséquent dans la recherche d'emploi. La mobilité et la

prise de contacts au sein du jeu sont intégrées au CV de chaque joueur. Le CV des demandeurs d'emploi est évolutif. De fait, l'application génère des questions dont les réponses sont intégrées automatiquement au CV.

Pour se développer, le jeu associe des entreprises, des structures d'insertion locales, des communes, des collectivités territoriales et des associations.

## LE CARACTÈRE INNOVANT DU PROJET

Joka Jobs est le seul *serious game* géolocalisé pour l'emploi. La majorité des *serious game* simule seulement un entretien d'embauche. L'originalité de Joka Jobs repose sur son scénario et l'utilisation de la géolocalisation. Le jeu sérieux vise de plus les offres d'emploi flexibles. Le modèle stratégique de JokaJobs possède quatre grands atouts :

- Il accompagne la phase d'évaluation du candidat par une aide à l'orientation professionnelle que dispensent les jokers bénévoles, motivés et issus du monde du travail ;
- Il diversifie le panel d'offres d'emploi issu de plusieurs entreprises, pour maximiser les chances de recrutement des jeunes peu qualifiés ;
- Il ancre le joueur dans des actions réelles non simulées, car il investit l'espace public grâce à la géolocalisation pour tester à la fois la capacité du candidat à s'informer sur les entreprises, mais aussi à mettre en œuvre des compétences liées à l'aptitude à se déplacer en milieu urbain inconnu, à « faire du réseau » par soi-même et à travailler en équipe.
- Il facilite les rencontres avec les recruteurs en permettant aux demandeurs d'emploi de se rendre directement chez un employeur.



Univers graphique du *serious game*



Le téléphone est un outil d'intégration  
Plus de mobilité et plus de liens faibles = meilleur retour à l'emploi



#### 2004-2008

Recherches :  
"Wherenet", Cellulaires et précarité,  
"Téléphonie Solidaire"  
et Bridge IT

La communauté autour d'un jeu géolocalisé  
Mobilité connectée et rencontre face-to-face



#### 2014

Recherche:  
Ingress

2006 : Création du premier scénario Joka Jobs

2014-2015 : Premiers financements



- Enquête de terrain à Saint-Denis
- Développement du POC, en partenariat avec les Editions Volumiques et la mission locale de Saint-Denis
- Début de la thèse sur les mobilités digitales des jeunes demandeurs d'emploi

**Validation du POC :**  
Expérimentation pendant un mois avec un groupe de 10 demandeurs d'emploi de la mission locale de Saint-Denis



**Fin 2015 :**  
Expérimentation à Saint-Denis

**Reprise de la prématurité :**  
- Nouvelle stratégie technique : la Web App.  
- Ajout de fonctionnalités  
- Enquêtes et préparation pour une expérimentation à l'échelle Paris

2016-2017 :  
Deuxième financement

2018-2020 :  
Prototype en maturation



- Finalisation et validation du prototype B à l'échelle de l'Île de France
- Validation du couple produit / marché
- Calibration et validation des business models en relation avec la valeur créée
- Mise en place de la structure porteuse du projet

Joka jobs est le résultat de dix années de recherche approfondies et innovantes

## L'ÉTAT D'AVANCEMENT :

Un POC (*Proof Of Concept*) a été réalisé en 2015 permettant d'itérer et maturer le concept pour arriver à un prototype aujourd'hui en cours de stabilisation autour d'une application en plein processus de maturation.

Accélérée par la Satt Saclay elle s'appuie dans le processus de déploiement sur le soutien de différents institutions publiques et privées. Nous sommes en phase de signature de convention avec plusieurs partenaires clés en vue d'un démarrage de déploiement en France sur le terrain.

Les développeurs de Joka Jobs ont mis au point un outil permettant de reproduire le jeu dans n'importe quel contexte territorial. Joka Jobs pourrait techniquement être étendu à l'échelle nationale voire internationale.

## Références

<sup>1</sup> Concept forgé par le sociologue américain Mark Granovetter, voir : [https://fr.wikiversity.org/wiki/Recherche:Liens\\_faibles](https://fr.wikiversity.org/wiki/Recherche:Liens_faibles)

# Pour réduire les inégalités sociales

## C'EST AU NUMÉRIQUE DE S'ADAPTER AUX USAGERS

Par Adeline Braescu-Kerlan

**L**a promesse d'inclusion sociale du numérique ne peut se résoudre qu'au travers de la création d'outils numériques faciles à utiliser par les publics les plus éloignés du digital



**Adeline BRAESCU-KERLAN**  
Directrice du Groupe SOS Tech. Le Groupe SOS TECH promeut les innovations technologiques et sociales mises au service de l'impact sur le Bien Commun. Il accompagne la croissance de start-up « Tech for Good » ainsi que le développement de nouveaux services numériques pour les bénéficiaires du Groupe SOS.

### LE NUMÉRIQUE, UNE PROMESSE D'INCLUSION SOCIALE NON RÉALISÉE

Le numérique porte une formidable promesse de transformation de nos vies, pour le meilleur. Ces dernières années, nous avons vécu l'émergence d'outils numériques qui facilitent notre accès à l'emploi, aux soins et à la santé, aux droits (RSA, aide au logement, chômage, etc.).

Pourtant, en 2019, 15 % de Français ne se sont **pas connectés à Internet une seule fois**<sup>1</sup>. 37 % de Français disent qu'Internet **complexifie leurs relations avec l'administration**<sup>2</sup>. Ces Français sont : les plus de 75 ans, les personnes les moins diplômées, les ménages aux revenus modestes ; soit des personnes pour qui le risque est de voir les inégalités sociales se creuser au lieu de se résoudre par le numérique.

Plusieurs pistes d'amélioration peuvent être explorées : celle d'un meilleur accès aux infrastructures et outils numériques, celle d'un usage facilité des outils numériques existants, et celle, enfin, **d'outils numériques conçus spécialement pour les usagers les plus éloignés du numérique.**

### PASSONS D'UN NUMÉRIQUE COMPLEXE AUXQUELS LES USAGERS DOIVENT S'ADAPTER...

Encore trop souvent, les usages numériques qui conditionnent l'accès aux droits, au marché de l'emploi, etc. **sont conditionnés par une maîtrise préalable d'outils numériques complexes** : utiliser un logiciel de traitement de texte, maîtriser l'ajout d'une pièce jointe, par exemple. De tels prérequis peuvent générer



de la honte ou de la culpabilité pour celles et ceux qui ne les maîtrisent, voire un rejet des outils numériques, jugés trop complexes. Alors qu'on constate aussi régulièrement que les mêmes usagers, à la peine sur bien des sites institutionnels, ont des **pratiques numériques courantes parfaitement maîtrisées** autour d'outils grand public conçus dans la perspective de favoriser l'appropriation par l'utilisateur.

## ...À UN NUMÉRIQUE SIMPLE, ADAPTÉ AUX USAGERS

Nous devons nous inspirer des pratiques à l'écoute de l'utilisateur développées par les entreprises Tech dans les services numériques que nous développons pour les publics les plus fragiles. C'est ce qu'a fait par exemple l'association Reconnect<sup>3</sup>, qui propose un **Cloud Solidaire à destination des personnes en situation de grande précarité**. Cette initiative est née d'observations de terrain auprès de ces publics qui, faute de logement stable, perdaient régulièrement leurs papiers d'identité, ce qui les freinait dans leurs démarches administratives menées avec les travailleurs sociaux. Reconnect a donc créé un service facile : un coffre-fort numérique simple d'accès qui ne requière pas d'adresse mail préalable car beaucoup de bénéficiaires n'en ont pas. Un service adapté aux usages des bénéficiaires qui peuvent par exemple scanner leur document au travers de l'appareil photo de leur smartphone ou dans les centres d'accueil.

Reconnect ne se contente pas de créer un produit adapté aux besoins des usagers. L'association le fait également évoluer en permanence, selon les retours apportés par ces derniers. Ainsi, un échange permanent et instantané avec l'utilisateur est à l'origine de l'évolution des fonctionnalités. L'association collecte en moyenne 2500 retours par an et peut ainsi faire améliorer le produit au rythme des nouveaux besoins. La facilité d'usage, corrélée à l'analyse fine du besoin de l'utilisateur et la prise en compte de ses demandes et suggestions, a été clé dans l'adoption de ce service numérique qui sécurise aujourd'hui quinze mille dossiers.

Le numérique est une formidable promesse d'inclusion sociale. Pour faire vivre cette promesse, **adaptions les outils numériques aux personnes les plus éloignées du digital et cessons de leur demander de s'adapter**.

---

### Références

<sup>1</sup> <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4241397>

<sup>2</sup> <https://www.banquedesterritoires.fr/ladministration-numerique-face-aux-injonctions-contradictoires-des-internautes>

<sup>3</sup> <https://www.reconnect.fr/>



# LE NUMÉRIQUE en temps de crise



# Le digital hominum

Alain Gérardin, directeur de Conjonction Numérique

Cette triste période de confinement aura été égaillée par une bonne nouvelle : le développement des pratiques à distance. Télétravail, téléenseignement, téléconsultation, visioconférences d'entreprises ou privées... les français ont enfin massivement adopté les pratiques numériques. Et les réseaux ont tenu !

Le « digital hominum » est devenu réalité. Mais est-ce le cas de tous ? qui sont les laissés pour compte ? Cette expérience en grandeur nature d'une nouvelle société, aura également été l'occasion d'étudier les limites de notre transformation numérique.

Il est traditionnel de dire qu'en France 12% de la population est éloignée du numérique. Pour moitié pour des raisons culturelles, d'âges, de volontés, de capacités financières ... l'autre moitié pour des raisons techniques. Notre propos concerne ici cette seconde population, bien qu'il y aurait également beaucoup à dire sur le premier groupe. Alors comment qualifier l'accès aux outils numériques ?

Il y a ceux qui habitent dans des zones d'ombres dûment répertoriées, souvent en secteur rural, mais également parfois en plein centre de grandes villes. La situation est simple : aucun signal, si ce n'est qu'un hypothétique signal satellite ou le bon vieux téléphone analogique tant qu'il fonctionne encore. Les populations rurales ont l'habitude des promesses non tenues : routes, électricité, services publics, Internet ... Tout est l'avenant.

À l'autre extrémité du spectre de la satisfaction numérique, il y a les « nantis du numérique », ceux qui souvent en zone urbaine se voient proposés pléthore de solutions : FttH, FttB, ADSL de bonne qualité, 4G, ... Ces « nantis du numérique »

perturbent les statistiques, car les différents modes de connexions étant comptabilisés indépendamment, leur foyer pèse pour deux ou trois dans les statistiques. Ce qui permet des affichages glorieux dans les comparaisons internationales.

Entre ces deux cas extrêmes vit une large population, couvrant tous les types d'habitats. Celle où l'Internet n'est pas « que parfois » suffisant pour répondre aux besoins du « digital hominum ». Sur les sites d'éligibilité : une couverture fixe et/ou mobile assurée, mais dans la réalité de la pixellisation, des ralentissements, des visio qui décrochent, un *triple play* privé de télévision, ... Le consommateur se sent alors floué. L'écart est parfois grand entre le débit théorique et la pratique notamment en Internet mobile ou en ADSL, et la fibre se fait attendre. Ainsi, les cartes de couvertures mobiles sont pourtant encourageantes mais elles ne prennent pas en compte la traversée des murs, et les performances des réseaux fixes n'anticipent pas les ralentissements ponctuels liés à des surconsommations de streaming... Les raisons de ces insuffisances ne sont pas que du côté des opérateurs, le Wifi domestique ou de mauvais paramétrages des terminaux sont également parfois fautifs. Combien de personnes sont concernées ?

Il est temps de passer de la couverture théorique à la qualité ressentie. Passer des cartes de prévision de performances, conçues par les opérateurs ou le régulateur, à la mesure de la qualité de l'expérience utilisateur. L'idéal serait certainement de rendre contractuel le niveau de service, mais la chose semble encore trop complexe. Des outils peuvent exister sur les box pour analyser la qualité de la connexion, mais le consommateur en sera-t-il le bénéficiaire ? Pour les mobiles, les sites de simulation devraient se doter de filtres adaptant la couverture en fonction de la nature de l'environnement de réception : extérieur, habitat traditionnel, habitat moderne (avec structure métallique) ...

Les télécommunications sont certainement l'un des derniers secteurs, où le consommateur découvre la qualité du service après l'achat. Incompatible avec le « digital hominum ».

# Confinement et numérique

David Fayon (1993)

Le confinement brutal a constitué un choc supplémentaire pour les personnes atteintes d'« illectronisme » qui subissent la fracture numérique.

De nombreuses personnes ont du jour au lendemain été contraintes de télétravailler. Ceci suppose d'avoir un PC, un accès Internet et les compétences pour utiliser des outils de travail collaboratif ou de visioconférence de type Zoom, Teams de Microsoft, etc. Et de garantir l'accès aux intranets des entreprises, la sécurité des données manipulées, etc.

Toutes les entreprises n'étaient pas préparées de la même façon et la crise du Covid19 a été pour certaines un accélérateur de leur transformation digitale avec un impératif de trouver rapidement des solutions pour assurer une continuité de leur activité.

Le choc a été également important pour les élèves malgré la mise en ligne de ressources pédagogiques. Des décrocheurs ont été à déplorer, plus nombreux encore parmi les CSP-. Suivre les leçons et faire des devoirs en ligne demande par ailleurs une grande discipline. Et ce n'est pas simple pour les familles où cohabitent des parents qui télétravaillent, des enfants qui télé-étudient, le tout dans un espace limité et avec une connexion affaiblie par les accès simultanés et la vidéo qui consomme beaucoup de bande passante.

Les impacts ont été les achats d'imprimantes dont les prix ont augmenté, de PC et de tablettes alors que le marché était en légère décroissance jusqu'alors et même d'amplificateurs Wi-Fi, de casques audio et de cartouches d'imprimantes. Certaines personnes confinées ont partagé la connexion 3G ou 4G de leur smartphone pour pouvoir utiliser leur PC.

Parmi les effets, en avril Zoom qui a fait parler de lui pour des questions de sécurité a été l'App. la plus téléchargée alors que jusqu'alors c'étaient WhatsApp et TikTok.

Les parents obligés de jongler entre leur travail à distance, la surveillance des devoirs de leurs enfants, ont eu une charge mentale importante de 8 h à 18 h avec les dossiers de fond traités en dehors. Le télétravail amène à être efficace et multitâche.

Les personnes âgées et isolées, peu au fait de l'utilisation du numérique, que ce soit au niveau de l'équipement, de la formation ou des usages ont été les premières victimes. Pour autant certains geeks chez les seniors ont pu

garder le contact avec leurs enfants et petits-enfants (via Skype, WhatsApp), ce qui constitue un palliatif aux rencontres. La cybercriminalité a augmenté du fait de la crise avec des ventes de produits contrefaits (masques, tests), des faux appels aux dons, des tentatives d'hameçonnage avec des pièces jointes et des liens étranges, etc.

En tout état de cause et même si le télétravail va progresser ce qui nécessitera par ailleurs un autre contrat social à inventer entre le salarié et l'entreprise (des m<sup>2</sup> économisés pour l'entreprise ne se retrouvent pas forcément au domicile), le confinement laissera des traces comme le juste équilibre à rechercher dans un monde phygital entre les deux faces complémentaires, le numérique et le physique. En effet, l'animal social que nous sommes a toujours besoin d'interagir dans la « vraie vie » !





# Le confinement, accélérateur de numérisation de l'enseignement ?

Louis-Aimé de Fouquière (1982)

## Les huit semaines de confinement ont provoqué la numérisation éclair de l'enseignement grand public

Comme quelques centaines de milliers d'écoliers de son âge depuis le 19 mars, Lorène demande à son papa de lui donner le travail scolaire de la journée. Papa, en télétravail, récupère les instructions données par la maîtresse de Lorène. Très abruptement, la maîtresse et ses élèves ont dû passer du mode « présentiel » au mode « virtuel », ou plus précisément le mode « en ligne ». Et les enquêtes semblent indiquer que seulement 4 % des élèves se sont retrouvés dans le noir absolu, soit parce qu'il n'y avait pas d'équipement informatique dans leur famille, soit parce que le raccordement internet de leur lieu de confinement était déficient voire inexistant.

Cette rapide conversion est d'autant plus remarquable qu'elle a été brusque. Elle a fait l'économie de semaines de « conduite du changement » que pilotent les professionnels des projets d'entreprise, à grand renfort d'actions de formation et de communication. Alors que de très nombreuses entreprises sont déjà équipées de solutions bureautiques de base permettant le partage de fichiers, le travail collaboratif et les réunions virtuelles, le monde de l'éducation des jeunes n'avait aucune pratique de l'éducation en ligne. Quelques établissements ont pu préparer les enseignants pendant la semaine qui a précédé le confinement. Tous les professeurs d'école, de collège et de lycée ont plongé dans le mode en ligne d'un coup, sans opération pilote et quasiment sans formation.

Ils ont dû se débrouiller avec les moyens du bord. À part peut-être dans l'enseignement supérieur, les outils informatiques étaient inexistantes ou inadaptés. Avec sa solution École Directe, le groupe Aplim revendique d'avoir assuré la continuité pédagogique d'un million et demi d'élèves. La réalité est hélas bien plus simple. Dès le 17 mars, la plate-forme s'est écroulée sous la demande de trafic. Parents et professeurs, déjà lassés de la lenteur et l'ergonomie déficiente de la plate-forme en temps ordinaire, se sont rabattus sur le courrier électronique de base.

Les professeurs d'école ont semble-t-il envoyé des courriers électroniques quotidiens à leurs élèves. Ils leur donnaient des instructions de lecture des livres de classe, et portaient en pièces jointes leurs propres éléments pédagogiques, patiemment transcrits à l'aide d'un scanner grand public. Ceux qui avaient eu une petite formation informatique parvenaient à produire des fichiers PDF de plusieurs pages, sinon il fallait se contenter d'un lot de documents d'une page chacun. Ça et là, la diffusion était assurée par un parent délégué un peu dévoué, afin de garder confidentielle l'adresse électronique du professeur. On ne m'a pas rapporté d'exemples de mise à disposition d'un espace documentaire simple à consulter. Les documents audiovisuels étaient transmis par le même moyen, sauf parfois certaines vidéos grand public via des grandes plates-formes.

La plate-forme Zoom a connu une forte accélération dans les entreprises et même dans les administrations, révélant ainsi sa facilité d'utilisation mais aussi ses failles de sécurité, dues en grande partie à la mauvaise compréhension de certains utilisateurs. Cette plate-forme a pu convaincre des collèges et des lycées. Mais d'autres ont porté leur choix sur Discord, une solution à l'ergonomie très performante, conçue initialement pour les adeptes de jeux sur informatique et en ligne. La solution facilite les échanges entre chaque élève et son professeur, en sorte que l'interaction est très proche du mode présentiel.

Les esprits chagrins reprocheront à l'Éducation nationale et à ses grands fournisseurs de n'avoir pas offert de solution d'enseignement à distance en prévision d'une telle crise. Rappelons que le paradigme de référence pour l'enseignement primaire et secondaire, c'est le cours en présentiel. Les outils numériques sont un appui à ce mode d'enseignement, non pas un canal de remplacement. Espérons toutefois que cette expérience largement partagée dans la population augmentera sa compétence et ses exigences sur les outils de partage documentaire, d'enseignement et d'évaluation pédagogique en ligne.

# La France est assise sur un tas d'or

**Xavier Dalloz**, analyste chez Xavier Dalloz Consulting, conseil stratégique sur l'utilisation des nouvelles technologies dans les entreprises et les organisations.

**David Menga**, ingénieur chercheur chez EDF R&D David Menga.

**Avec ses start-up, la France a tout pour lutter efficacement contre le COVID-19 en misant sur les innovations digitales et éliminer le COVID 19.**

Quatre mots clés résument la lutte contre le COVID 19 : tester, tracer, isoler et servir. Pour répondre à ces enjeux, il faut miser sur les innovations digitales.

Les technologies de l'après Covid 19 vont, en effet, mettre en œuvre la résilience et l'augmentation des capacités des individus, dans la logique IAM (*Internet of Augmented Me*) et IAV (*Internet of Augmented Value*). Les technologies numériques de collaboration et de compagnonnage en sont le ferment et s'appuient sur une maîtrise des biotechs et du quantique. Les êtres humains vont pouvoir Interagir à distance en temps réel grâce à des technologies réseau très haut débit et à faible latence permettant la téléconférence, le téléenseignement, la télémedecine, la télé opération.

Il en résulte une logique de communication entre pairs, entre égaux, opposée à l'organisation centralisée, pyramidale, qui est celle de la majorité des entreprises et des administrations.

L'objectif est d'améliorer le PEC (Productivité des Echanges Collaboratifs). L'intelligence collaborative constitue le moteur de IAV.

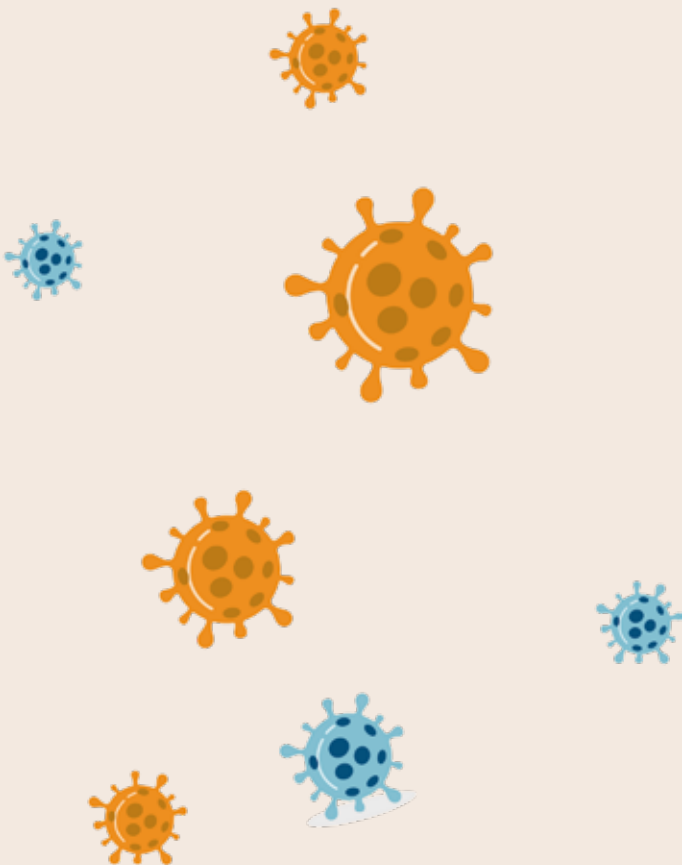
Les mots clés des innovations qui vont s'imposer dans notre vie quotidienne post COVID 19 sont les suivants : IAM, résilience, chasse au gaspillage, valorisation du bien commun, décentralisation, implication des citoyens/consommateurs, intelligence prévisionnelle, personnalisation anonyme, tokenisation, double informationnelle, wallets, destruction/réinvention des tiers de confiance, amélioration du PEC (Productivité des Echanges Collaboratifs). Le citoyen/consommateur décide lui-même ce qu'il veut faire partout où il est, à chaque instant. C'est l'idée de la mobilité.

Une autre innovation majeure est celle qui permet au laboratoire de venir vers moi. Par exemple, l'imprimante 3D permet de fabriquer n'importe quel objet à la demande et s'avère fort utile en cas de pénurie. À Paris, près de l'hôpital Cochin, soixante imprimantes 3D fabriquent des visières pour les soignants et des valves pour les respirateurs. Le DIY (*Do It Yourself*) va prendre de plus en plus d'importance.



Les technologies additives vont s'imposer aussi dans d'autres secteurs de la santé, comme la fabrication des vaccins à base d'ARN messenger grâce à la biologie synthétique. Par exemple, le *lab on chip* permet de diagnostiquer des maladies à partir d'une goutte de sang. Au CES 2020, la société Xrapid a proposé le bilan sanguin à domicile avec son appareil intégré xRblood. De même, la société PAOTSCAN a conçu le premier capteur de biomolécules, détecteur non-invasif de maladie dues au stress antioxydant.

Mais l'innovation la plus importante est le *Everything-on-Chip*, c'est-à-dire l'utilisation des technologies matures et bon marché de l'électronique grand public, favorise le transfert de la complexité du hardware vers le software et offre la possibilité de créer de nouveaux services. L'OS métier, c'est-à-dire un ensemble de services de base autour d'un système donné (un robot, un bâtiment, une ville) est indispensable pour mutualiser un socle logiciel interopérable. On parle alors de ROS, de BOS et de CityOS. Au-dessus de ces OS liés à un domaine particulier, on trouve des IAs qui assurent une gestion adaptative en continu des systèmes cyberphysiques et qui apportent des services personnalisés aux clients humains. Le cycle de vie du logiciel concerne aussi le vivant, la société US Moderna Therapeutics a créé une plateforme technologique s'appuyant sur l'ARN messenger qui fonctionne comme un OS sur un ordinateur.




## La crise : An 1 pour la santé numérique ?

Michel Barth (1984)

La crise du Covid-19 a frappé les systèmes de santé et l'économie mondiale de plein fouet, sans que personne ne l'ait anticipée, malgré des alertes comme celle de Bill Gates sur TED en 2015 lorsqu'il prophétisait que la prochaine grande catastrophe planétaire proviendrait d'un ... virus. Cette crise qui peut encore durer et la perspective de futures répliques dans les années à venir ainsi que la crainte rendue plausible d'autres désastres environnementaux ou sanitaires mondiaux vont probablement amener de forts changements politiques, sociétaux et économiques. Le secteur de la santé et du médico-social sera très certainement placé au cœur des politiques publiques avec notamment une accélération du virage numérique. En un mois, la crise a forcé l'usage généralisé de la TéléConsultation (TC), en raccourcissant drastiquement ce qui, autrement, aurait mis des années à se construire : l'on recensait par exemple près de 500 000 TC sur la dernière semaine de mars et plus d'un million la première semaine d'avril. Les habitudes prises perdureront, et ceci va tirer tout un ensemble d'autres usages prévus dans le plan Ma santé 2022, qui connaîtront probablement une accélération : téléexpertise, télésoins, télésurveillance médicale, e-parcours, DMP (Dossier Médical Partagé) ou MSSanté (Messageries Sécurisées de Santé). Plus globalement, c'est tout le secteur de la e-santé, du Medtech, du Biotech ainsi que de l'Intelligence Artificielle (IA) santé qui devraient bénéficier de ce boom. Par exemple, l'IA pourrait se développer autour de services de prédiction avancée d'épidémiologie ou de chatbots pour une information éclairée de la population. Tout ceci pourrait générer de nouvelles opportunités en particulier pour les start-up et les entrepreneurs.

[www.enoving.com](http://www.enoving.com)

 michel-barth



# **les actualités DU RÉSEAU**

ASSO • ÉCOLE • VIE ÉTUDIANTE • FONDATION  
INSTITUT POLYTECHNIQUE DE PARIS • LIVRES



# LA RAISON D'ÊTRE de Télécom paris

*Télécom Paris, au sein de l'Institut Mines-Télécom, grande école publique des ministères de l'industrie et des communications électroniques, a redéfini sa raison d'être.*

Notre Raison d'Être est de former, imaginer et entreprendre pour concevoir des modèles, des technologies et des solutions numériques au service d'une société et d'une économie respectueuses de l'humain et de son environnement.

La redéfinition de cette raison d'être résulte d'un processus inclusif et collégial qui a débuté en février 2020, dans une logique de co-construction d'inclure la majorité des étudiants et personnels de Télécom Paris. Cette proposition a été présentée en avant-première le 19 mai avant d'être votée en Conseil d'École le 11 juin.

Nos formations sont sélectives et de qualité, interdisciplinaires et adossées à une recherche rigoureuse. L'expérimentation est au cœur de notre démarche et notre école est un laboratoire, développant l'imagination et l'esprit entrepreneurial, et qui permet de tester des idées, des projets et des solutions dans une logique ouverte. Nos talents sont des spécialistes du numérique, et développent la recherche et l'innovation, selon une approche héritée du modèle « d'ingénieurs à la française » : couvrant à la fois les technologies, les aspects de modélisation et théoriques, jusqu'aux solutions pratiques, aux usages et à leur impact sur la société. Nous nous inscrivons dans une double logique : généraliste en étant interdisciplinaires et spécialiste sur le sujet du numérique. Cette approche interdisciplinaire du numérique est notre contribution spécifique au sein de l'Institut Polytechnique de Paris et de tout notre écosystème. Nous créons et développons des relations fortes avec nos partenaires académiques, les entreprises et le monde socio-économique en général, en nous mettant au service d'une société et d'une économie respectueuses de l'humain et de son environnement et en cherchant à répondre aux enjeux sociaux et écologiques.

Notre Raison d'Être se compose donc de trois types d'éléments. Une première partie sur ce qui est typique d'un établissement d'éducation supérieure comme le nôtre, avec des éléments de coloration qui nous sont propres : nous formons, imaginons



et entreprenons. Ensuite, une deuxième partie sur notre spécificité : nous concevons des modèles, des technologies et des solutions numériques, et donc nous ré-affirmons notre expertise qui nous distingue sur « toute la verticale du numérique ». Une dernière partie enfin, plus aspirationnelle, mettant notre action au service d'une société et d'une économie respectueuse de l'humain et de son environnement.

Nicolas Gladys - Directeur de Télécom Paris

## Sources

<https://www.telecom-paris.fr/raison-d-etre-telecom-paris?cn-reloaded=1>



# ORDINATEUR QUANTIQUE ET CRYPTOGRAPHIE POST-QUANTIQUE

## Quand l'ingénierie prendra-t-elle la place de la recherche ?

*Compte-rendu du Télécom ParisTalks du 21 janvier 2020*

Par Linda Heurtebize (2018), co-présidente du groupe Cybersécurité

*La 19<sup>e</sup> conférence Télécom ParisTalks ayant pour thème « Ordinateur quantique et cryptographie post-quantique : quand l'ingénierie prendra-t-elle la place de la recherche ? » a réuni le 21 janvier 2020 à la maison des élèves des Mines et des Ponts et Chaussées, des acteurs représentant le domaine de l'informatique quantique et des participants d'horizon divers souhaitant comprendre les principes, l'écosystème et les applications de l'informatique quantique.*

*La conférence était animée par Linda Heurtebize, co-présidente du groupe Cybersécurité de Télécom Paris alumni qui a organisé cette conférence en partenariat avec Télécom Evolution.*

### INTRODUCTION

L'informatique quantique -ou ordinateur quantique- se trouve placée au cœur de l'actualité par les récentes annonces et polémiques autour de percées technologiques, par les budgets énormes désormais mobilisés au niveau mondial, mais aussi par la publication le 9 Janvier 2020 du plan d'action national conçu et lancé par les pouvoirs publics français. Or au-delà de ces annonces d'accélération, que savons-nous véritablement et que pouvons-nous à propos de cette nouvelle technologie dite de rupture ? Quelles initiatives seront ou devront-elles être prises, par les secteurs publics comme privés, mais aussi par les écoles d'ingénieurs ?

Organisée quelques jours après l'officialisation du plan d'action français et des moyens consacrés, notre soirée d'information et de débat s'adresse à tous les publics, y compris non scientifiques. À partir d'un

rappel de l'état de l'art technique et des défis restant à relever, elle aborde la question de l'industrialisation ainsi que les perspectives de déploiement dans notre quotidien, avec ses échéances, ses contraintes, ses opportunités, ses acteurs, avec également ses enjeux de suprématie ou inversement d'indépendance, et la prime ou non au premier arrivé. Le plateau d'orateurs, réunissant les diverses parties prenantes -chercheurs, industriels, utilisateurs, investisseurs spécialisés sur le quantique, pouvoirs publics...- apporte un éclairage multi-facette : quand, combien, par qui, au détriment de quoi ou de qui ?

L'industrie informatique telle que nous la connaissons, confrontée à la fin de la loi de Moore, construit désormais une partie de ses espoirs -... ou de ses craintes- autour des technologies quantiques, avec ses promesses de performances dépassant notre imagination.

Ceci engendre un changement de paradigme !

L'informatique quantique est un « deeptech » très complexe qui vise à utiliser les propriétés de la physique quantique tels que le principe de la superposition et la théorie de l'intrication pour calculer avec un gain de puissance exponentiel par rapport aux supercalculateurs actuels.

Aujourd'hui, parle-t-on de simulateurs quantiques de quelques dizaines de bits quantiques (qubits) logiques (ou qubits parfaits) avec des qubits logiques de correcteurs d'erreur. Cependant, il faudrait un ordinateur avec quelques milliers de bits quantiques parfaits pour s'attaquer à des problèmes complexes, comme le décryptement du RSA.

L'informatique quantique est fascinante mais également porteuses de risques. En matière

de cybersécurité, nous ne sommes pas à l'abri de l'arrivée de cet ordinateur aux qubits parfaits et de ses attaques quantiques contre nos standards actuels. Sommes-nous prêts à y faire face ? où les orateurs exposent leur point de vue et leurs champs d'action dans leurs domaines d'expertise respectifs.

Ce mardi 21 janvier, plus de 198 participants ont assisté à une présentation et une table-ronde rassemblant des experts représentatifs du monde de l'informatique quantique.

Chaque intervenant a exposé les points forts de ses activités au sein de son entreprise ou dans un cadre de la recherche en abordant les champs suivants :

- L'état de l'art de l'informatique quantique, avec ses perspectives pour les prochaines années ;
- Les applications et usages de l'informatique quantique pour traiter des problèmes d'optimisation et de simulation ;
- Les cas d'usages identifiés ;
- Les menaces sur les dispositifs de sécurité existants : La cryptographie quantique et post-quantique, les différences entre les deux et pourquoi elles sont stratégiques pour protéger les communications d'aujourd'hui et de demain.
- Et les enjeux stratégiques des écoles auprès de leurs ingénieurs ou leurs élèves à se projeter dans ce domaine d'avenir.

### L'ÉTAT DE L'ART DE L'INFORMATIQUE QUANTIQUE AVEC SES PERSPECTIVES POUR LES PROCHAINES ANNÉES

Abordé par **Olivier Tonneau**, l'un des associés fondateurs du fonds d'investissement Quantonation, membre du Comité d'Investissement de la société de gestion Audacia, et membre du conseil de différentes sociétés, parmi lesquelles Greenerwave, Qnami et CryptoNext Security introduisant l'informatique quantique comme étant une « deep physique ».

Avant de nous lancer dans l'analyse de cette révolution à venir, il est essentiel de mettre en évidence la caractéristique fondamentale d'un ordinateur quantique : sa capacité à traiter certains types de calcul en parallèle, massivement et simultanément.

L'ordinateur quantique est un nouveau modèle d'ordinateur, basé sur des principes assez éloignés de l'ordinateur classique s'appuyant sur des propriétés computationnelles.

Un ordinateur quantique est l'équivalent des ordinateurs classiques mais qui effectuerait ses calculs en utilisant directement les lois de la physique quantique et, à la base, celle

dite de superposition des états quantiques. Et de la propriété de la physique quantique tel que l'intrication quantique, soit le fait qu'une particule puisse avoir deux états quantiques simultanément.

Comme pour toute technologie en cours de maturation, le problème de la standardisation se pose.

Par ailleurs, nous l'avons vu, l'ordinateur quantique n'exprime toute sa puissance que sur certaines catégories de problèmes.

Comme l'essentiel des technologies récentes, l'informatique quantique nécessite la mobilisation d'un écosystème riche et divers : recherche, financement, commercialisation, tous les acteurs doivent être mobilisés pour faire émerger des solutions opérationnelles, avec un véritable impact global.

Les fonds d'investissement sont des alliés incontournables.

Les investissements actuels sont réalisés en majorité par des fonds spécialisés en deeptech ou spécifiques à une ou à Les États stratégiques et leurs programmes de financement.

## #TelecomParisTalks

### Les intervenants



**Romain ALLÉAUME**  
Enseignant-Chercheur  
Télécom Paris



**Philippe DELUC**  
CTO Big data & sécurité  
Atos



**Henri CALENDRA**  
Projet calcul quantique  
Total



**Iordanis KERENIDIS**  
Directeur de recherche  
CNRS



**Philippe CAMPAGNE-IBARCQ**  
Chercheur  
Inria



**Olivier TONNEAU**  
Partner  
Quantonation

### L'OPTIMISATION DE GRANDS SYSTÈMES

#### Les applications et usages de l'informatique quantique pour traiter des problèmes d'optimisation et de simulation

Philippe Duluc, Directeur technique Big Data et sécurité du groupe Atos, diplômé de l'école Polytechnique a exposé l'optimisation de grands systèmes.

Traditionnellement, les applications d'optimisation reposent sur les méthodes de force brute et la puissance informatique des ordinateurs classiques. Cependant, les ordinateurs quantiques sont capables de **déterminer rapidement toutes les solutions possibles** et donc de proposer une solution optimale plus rapidement.

En France, Atos est l'acteur français de pointe sur le développement de l'informatique quantique.

À titre d'exemple, Atos a lancé le programme « Atos Quantum » en 2016, réunissant plusieurs dizaines de chercheurs et d'ingénieurs et se composant de sous-programmes comme :

- **Atos QLM, Atos Quantum Learning Machine** : le premier système industrialisé et prêt à l'emploi capable d'émuler jusqu'à 41 qubits physiques en intégrant le « bruit quantique » sur des processeurs Intel classiques, propulsé par un nouveau supercalculateur ultra compact exaflopique (un milliard de milliards d'opérations par seconde), BullSequana.
- **Atos Quantum Accelerator**, Programme R&D avec des partenaires hardware : livraison en 2023 d'un accélérateur NISQ (50 à 100 qubits physiques) pour le supercalculateur hybride et piloté par Atos QLM.
- **Atos Quantum- safe security**, aligné avec l'appel du NIST pour les normes post-quantiques : préparation des cryptographies et des modules de sécurité matérielle, résistants aux attaques quantiques.

Ses possibles applications sont majeures, et touchent tous les secteurs : création de nouvelles molécules permettant de traiter encore plus de maladies, simulation de systèmes complexes...

### LA SIMULATION DE SYSTÈMES COMPLEXES

#### Les cas d'usages identifiés

Inventer de nouvelles batteries électriques, des matériaux, optimiser le pilotage des installations de raffinage... Les applications du quantique ne manquent pas pour Total.

Henri Calandra, Expert en méthodes numériques et calcul haute performance, mise en place du projet de calcul quantique chez TOTAL, docteur en mathématiques appliquées de l'UPPA, expose plusieurs cas d'usage de l'informatique quantique, plus précisément l'utilisation du calcul quantique avec le lancement d'un programme de recherche dédié sous la direction de la R&D de l'énergéticien.

L'un des cas d'usages identifiés concerne la chimie quantique, soit le calcul des niveaux d'énergie des molécules et de leurs interactions. Avec des applications dans le raffinage et la chimie des batteries. » Les problèmes d'optimisation et le couplage au machine learning constituent le deuxième thème, avec des applications dans la gestion des réseaux de distribution d'énergie par exemple. *« Sur ces sujets de moyen terme, nous voulons travailler sur des applications industrielles, en testant sur des problèmes simplifiés comment utiliser des algorithmes quantiques et ce qu'ils peuvent apporter ».*

*« Comment utiliser un véritable ordinateur quantique, dans toute sa complexité, pour la simulation et la modélisation, notamment en sismique. »* Enfin, des travaux transverses entre l'algorithmie et le hardware seront menés. Le but est de travailler en co-design avec les constructeurs de machines.

C'est le cas d'un partenariat entre Total et Atos pour fournir un environnement Atos QLM afin d'optimiser les codes quantiques pour des hardwares quantique, pour utiliser des « quantum programming libraries », pour que les utilisateurs puissent développer leurs algorithmes, compiler, simuler...

#### LE RAPPORT « QUANTIQUE : LE VIRAGE TECHNOLOGIQUE QUE LA FRANCE NE RATERA PAS ». Ce rapport tant attendu par toute la communauté française du quantique.

Le rapport de la députée Paula Forteza « Quantique : le virage technologique que la France ne ratera pas » exposé par la présence de deux co-rapporteurs du rapport, **Iordanis Kerenidis**, Directeur de recherche CNRS et **Neil Abroug**, HPC, Quantum Technologies and Simulation Programme Manage.

Quelques jours après la sortie du rapport, notre conférence a eu lieu. C'est dans ce cadre que Iordanis Kerenidis et Neil Abroug nous ont émis les grandes lignes directrices et les principaux objectifs du rapport.

L'un des principaux objectifs est de définir une politique nationale sur la question, afin de garantir la souveraineté technologique de la France.

Entre financement de la recherche, formation et partenariats industrie-recherche, il comporte 37 propositions pour définir une « stratégie nationale ambitieuse » comme sur le calcul quantique, la cybersécurité quantique et post-quantique, et les capteurs quantiques.

Ils nous ont également annoncé la **création** de trois « **Hubs Quantiques** » comme étant un levier déterminant du brassage interdisciplinaire. L'un à Paris, à Saclay ainsi qu'à Grenoble.



## LA CYBERSÉCURITÉ

**Les menaces sur les dispositifs de sécurité existants : La cryptographie quantique et post-quantique, les différences entre les deux et pourquoi elles sont stratégiques pour protéger les communications d'aujourd'hui et de demain.**

Nous avons pu bénéficier des explications et des retours d'expériences de **Romain Alléaume**, enseignant-chercheur à Télécom Paris, cofondateur de la startup SeQureNet, diplômé de l'ENS et de Télécom Paris, pour la partie concernant la cryptographie quantique et la cryptographie. Et ceux de **Philippe Campagne-Ibarcq**, chercheur à l'INRIA sur la correction d'erreur quantique, pour aborder les notions fondamentales sur les bits quantiques avec contrôleurs d'erreur et les bits quantiques dits « parfait » dans le but de protéger nos communications.

**Cependant nous ne sommes pas à l'abri de l'arrivée de l'ordinateur quantique.**

L'une des premières applications de l'ordinateur quantique est le décryptage de clés utilisées pour chiffrer les informations : ce faisant, il met en risque les communications, les systèmes de paiements, la validation des transactions financières...

Ces clés sont en effet basées sur la difficulté à factoriser en nombres premiers des très grands nombres, problème qui est justement l'une des capacités fondamentales de l'ordinateur quantique : l'algorithme de Shor (1994) a été spécifiquement conçu à cet effet. Il n'est toutefois pas encore temps de paniquer, cette application ne devrait pas être envisageable avant une bonne dizaine d'années compte tenu de la complexité des clés actuelles. Il est en revanche temps de trouver des solutions qui résisteront à ce type d'attaque devenue triviale. Les recherches pour définir cette cryptographie post-quantique sont en cours et comme souvent, le passage de la théorie à la pratique avec un bon niveau de standardisation sera probablement compliqué.

Durant le cocktail qui a suivi la conférence, de nombreux et riches échanges ont permis d'approfondir certains points et de mettre en relation les intervenants et les participants dans une ambiance chaleureuse.

Le Télécom ParisTalks « Ordinateur quantique et cryptographie post-quantique : quand l'ingénierie prendra-t-elle la place de la recherche ? » a été un véritable succès.

## En forme de synthèse

- L'informatique quantique **va être source de progrès dans tous les secteurs** : la finance et les industries, puis elle sera un catalyseur de découvertes pour la recherche.
- Elle fait peser *un risque majeur sur la cybersécurité*, en menaçant de rendre inopérants les systèmes de chiffrement actuels. Elle est également source de solutions pour la sécurisation de nos communications.
- L'Europe a tout intérêt à maîtriser la technologie quantique pour rester dans la course, garder sa souveraineté et ainsi se préserver de certains risques (transfert des activités de R&D vers les USA ou la Chine, perte de productivité, incapacité à protéger ses communications sensibles telles que le renseignement ou l'intelligence économique...).
- L'Europe a besoin d'une **impulsion majeure de la part des États** pour devenir un acteur de premier plan à l'échelle mondiale : il est nécessaire de déclencher un plan massif pour stimuler les investissements, poursuivre les efforts de formation, en coordonnant encore mieux l'ensemble des parties prenantes.
- La France occupe aujourd'hui une **place de choix au sein de l'écosystème quantique européen** : les start-up et industriels français doivent transformer la technologie quantique en usages et en saisir immédiatement les opportunités ; **les fonds d'investissement ont quant à eux un rôle clé dans le décollage des technologies émergentes.**



# CYBER-SÉCURITÉ

FONDATION

## L'IMPACT DES DONS EN 2019

**671 k€**  
collectés en 2019  
auprès de  
**349 alumni**  
parents et amis de  
**Télécom Paris**

### LES ACTIONS FINANCÉES GRÂCE AUX DONS ILLUSTRENT LES QUATRE PRIORITÉS DE L'ÉCOLE

- la diversité sociale (aides financières versées aux étudiants en difficultés et développement d'un programme de mentorat).
- l'international (financement de bourses internationales à des étudiants étrangers...).
- l'entrepreneuriat (7<sup>e</sup> journée de l'innovation et soutien apporté à l'incubateur Télécom Paris Novation Center et à l'accélérateur SME Builder).
- l'excellence scientifique & l'innovation (financement de projets de recherche et équipements) écoles françaises d'ingénieurs (classement Le Figaro).

### POUR EN SAVOIR PLUS

vous pouvez consulter le rapport d'activité 2019 sur le site de la Fondation Mines-Télécom :

**[www.fondation-mines-telecom.org](http://www.fondation-mines-telecom.org)**

### EN 2020, NOUS AVONS BESOIN DE VOUS !

Cette année encore, vous pouvez soutenir Télécom Paris, prendre part au développement de l'École et accompagner les étudiants.

Dès à présent, faites un don :

En ligne sur :

**[www.telecom-paris.fr/DonEnLigne](http://www.telecom-paris.fr/DonEnLigne)**

puis faire un don

Par virement bancaire :

**IBAN : FR76 3000 4002 7400 0113 2156 858**

**BIC : BNPAFRPPXXX**



### PAROLE DE DONATEUR

**Franck Bouétard,**  
PDG France d'Ericsson  
et Alumni de Télécom Paris

#### Q : Vous êtes diplômé de Télécom Paris, pouvez-vous nous parler de votre attachement à votre école ?

J'ai été diplômé de Télécom Paris en 1990. L'attachement à mon école est assez fort. C'est elle qui m'a donné cette formation pour un coût finalement assez réduit puisqu'elle est (toujours) en grande partie, financée par l'État. Il me semble qu'un retour de ma part est logique. Je m'engage sur les différentes activités que peut avoir Télécom Paris. C'est aussi une très bonne école de formation dans le domaine des Télécoms et donc un vivier important pour nous qui recrutons régulièrement des jeunes diplômés.

#### Q : Vous soutenez personnellement votre École et votre entreprise. Ericsson est également partenaire. Pourquoi ces engagements ?

Comme je le disais, après avoir été formé par cette école presque gratuitement, j'estime qu'un retour financier de ma part est juste pour accompagner les élèves actuels et le développement de l'école. Je participais déjà au dîner de collecte de la Fondation Mines-Télécom et lorsque le déménagement de l'école à Palaiseau a été annoncé, j'ai fait en sorte que mon entreprise participe également financièrement pour pouvoir aider la mise en place de ce nouveau site.

C'est un investissement financier mais aussi humain : il m'arrive également d'intervenir ou d'envoyer des collaborateurs de mon équipe afin de témoigner de notre expérience auprès des étudiants. C'est une façon de renvoyer la balle à l'école qui m'a formé.



**Q : Ericsson vient d'installer un centre de recherche à Palaiseau à quelques km du nouveau bâtiment de Télécom Paris, est-ce que cela va renforcer les liens de collaboration des deux entités ?**

Nous avons annoncé la mise en place d'un centre de recherche et développement de 300 personnes à échéance 2022. Le démarrage a pris un peu de retard avec la situation que nous vivons actuellement. Dans un premier temps, ce centre de R&D est installé sur notre site de Massy-Palaiseau. Nous étudions diverses solutions pour la phase suivante, mais Massy-Palaiseau est bien évidemment un site privilégié.

Je pense que cela va en effet permettre de renforcer la collaboration entre Ericsson et Télécom Paris sur deux axes. Tout d'abord sur le recrutement, nous espérons attirer des nouveaux talents de l'école dans notre entreprise. Nous avons également commencé à explorer les possibilités de collaboration dans le domaine de la recherche et du développement. Nous sommes en train d'essayer de le formaliser concrètement et de voir ce que l'on peut faire ensemble.

Pour retrouver l'interview complète, rendez-vous sur le site de la Fondation Mines-Télécom  
[www.fondation-mines-telecom.org](http://www.fondation-mines-telecom.org)

## 5<sup>E</sup> ÉDITION DU DÎNER PRESTIGE de Télécom Paris *version numérique !*

Le 14 mai 2020, une trentaine de diplômés de Télécom Paris se sont connectés pour se joindre, autour de Nicolas Glady, au Dîner Prestige de l'école. Une édition particulière car à distance, 100% digitale, mais très conviviale et solidaire.

Durant le live d'1h30, 3 enseignants-chercheurs de Télécom Paris ont présenté leurs projets :

- Pietro Gori – « L'IA au service de l'imagerie médicale pour identifier les caractéristiques anatomiques propres à chaque pathologie. »
- Nicolas Rollet – « Langage naturel et développement de l'IA. »
- Filippo Miatto – « Concevoir des appareils quantiques avec l'IA. »

Les alumni, intéressés par ces projets innovants et prometteurs, ont soutenu l'un ou plusieurs d'entre eux par des promesses de don. 65 k€ de promesses ont été comptabilisés, notamment grâce à la générosité de Serge Schoen (Alumni TP90) qui a proposé d'égaliser toutes les promesses réalisées lors de la soirée.

Les fonds collectés lors du dîner sont directement reversés aux enseignants-chercheurs afin qu'ils puissent développer et faire rayonner leurs recherches.



IP PARIS

# L'Institut Polytechnique de Paris

Par L'Institut Polytechnique de Paris

Le 30 mai 2019, l'Institut Polytechnique de Paris était officiellement créé par décret. IP Paris rassemble cinq écoles françaises prestigieuses (École polytechnique, ENSTA Paris, ENSAE Paris, Télécom Paris, Télécom SudParis) qui constituent désormais un Institut de sciences et technologies de rang mondial et qui promeuvent l'excellence et le savoir-faire à la française. En ces temps singuliers, l'Institut Polytechnique de Paris fête ses un an et poursuit son développement en mode digital.

## IP PARIS CONTINUE À METTRE EN ŒUVRE SES PRIORITÉS

Les établissements d'IP Paris ont fermé leurs portes le 16 mars pour assurer la protection de leurs élèves et étudiants, enseignants-chercheurs, et personnels face à la pandémie de Covid-19. Les Ecoles ont basculé en mode digital pour continuer leurs missions de formation, de recherche et d'innovation. IP Paris a poursuivi son développement dans ce cadre inédit autour de plusieurs priorités : recrutement des masters et doctorants, mise en place des communautés d'enseignement et de recherche, structuration des centres de recherche interdisciplinaires, soutien de l'innovation, développement d'un cadre commun, notamment.

## IP PARIS PRÉPARE SA RENTRÉE 2020-2021

Une des priorités de l'année 2020 est la mise en œuvre en septembre de sa nouvelle offre de masters et de PhD tracks, pour laquelle l'Institut a été accrédité au cours de l'été 2019. La Graduate School de l'Institut Polytechnique de Paris est à l'œuvre pour préparer cette première rentrée.

## IP PARIS DÉPLOIE UNE RECHERCHE INNOVANTE EN SE FONDANT SUR LES FORCES DE SES CINQ ÉCOLES

IP Paris a développé plusieurs axes pour sa stratégie de recherche. L'Institut a mis en place depuis septembre des communautés d'enseignement et de recherche qui visent à garantir un lien intrinsèque entre ses deux missions essentielles, offrant ainsi aux étudiants des cursus de formations intégrant une forte dimension « recherche ». Par ailleurs, il est en train de mettre en place des centres de recherche interdisciplinaires visant à apporter des solutions concrètes aux enjeux sociétaux et économiques actuels (énergie et climat, l'IA et sciences des données, ingénierie biomédicale, défense et cybersécurité). Pour finir, il favorise le développement de projets sur des disciplines ayant de multiples applications telle que la science des plasmas.

## IP PARIS VALORISE SA RECHERCHE POUR INNOVER

En matière d'innovation et d'entrepreneuriat, les douze lauréats de l'appel à projets IP Paris doté de 700.000 euros et destiné à financer la prématuration de technologies en vue de leur transfert vers le monde socioéconomique ont été dévoilés début février. Cinq lauréats sont issus de l'École polytechnique, quatre de Télécom Paris, deux de l'ENSTA Paris et un de Télécom SudParis.

## IP PARIS CRÉE UN CADRE COMMUN SUR LE CAMPUS

Le projet de développement d'un campus IP Paris commun a continué de prendre forme avec à court terme la mise en œuvre de solutions pour faciliter la connexion entre les étudiants et les personnels des différents établissements. Une application IP Paris campus, téléchargeable par tous depuis Android ou iOS, a été lancée. Elle permet à tous les étudiants d'accéder aux informations pertinentes pour leur vie sur le campus et procure à tous les informations pratiques sur les cinq écoles, notamment, informations de transports et de restauration.

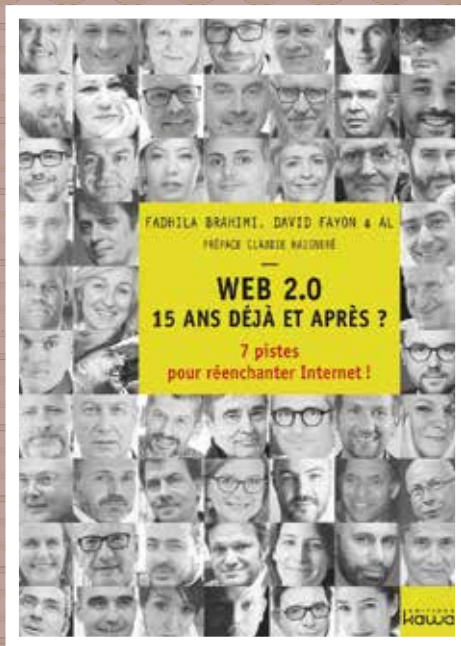
## LES INSTANCES D'IP PARIS SONT À L'ŒUVRE POUR FAIRE AVANCER LE PROJET

Les différentes instances de gouvernance se sont réunies ses trois derniers mois et ont permis de poser les fondations nécessaires pour l'atteinte des objectifs d'IP Paris. Un troisième Conseil d'administration d'IP Paris s'est réuni en mars pour discuter de la rentrée 2020/2021 des masters, de la stratégie de doublement des doctorants ainsi que des collaborations stratégiques avec l'écosystème du hub Paris Saclay. Le conseil scientifique international (International Scientific Advisory Board – ISAB) d'IP Paris, qui réunit des personnalités scientifiques du monde entier, s'est réuni en février pour conseiller IP Paris sur la stratégie d'enseignement et de recherche. Le Conseil académique d'IP Paris a quant à lui tenu en Mars sa toute première réunion.



LIVRE

# Le Web 2.0, quinze ans déjà et après !



Quinze années après l'apparition du concept du « Web 2.0 », David Fayon réussit la prouesse de coordonner avec Fadhila Brahimi 54 rédacteurs de l'écosystème du numérique pour publier ce nouveau récit\* (collectif) « Web 2.0, 15 ans déjà et Après ! ».

Préfacé par Claudie Haigneré, posfacé par Henri Kaufman et en quelque sorte l'encyclopédie moderne d'Internet, cet ouvrage\* à travers quinze thèmes (hasard !), nous brosse un tableau complet de l'historique du Web, de ses pionniers et conquérants avant de nous présenter la

palette la plus exhaustive possible des révolutions apportées par Internet (le Web et sa dimension 2.0 ou collaborative notamment) dans les secteurs d'activité tels que l'économie, la politique, le juridique, le culturel, les usages, les relations entre humains,

les relations au travail, les relations avec l'information, avec les marques, les relations avec les mondes réels et virtuels.

Enfin, une tentative osée mais raisonnée d'essayer d'envisager les évolutions/révolutions principalement d'ici 15 ans est proposée (préparant fort certainement une troisième édition de cette encyclopédie du Web ; 30 ans après et ensuite ! À moins qu'elle se profile plus tôt étant donné la rapidité des changements auxquels nous assistons tous, acteurs, utilisateurs et spectateurs du « net »).

En tentative de conclusion, et c'est le sous-titre de ce récit\* collectif, sept pistes pour

réenchanter Internet sont préconisées par les auteurs. C'est le « Après » que nous laissons au lecteur le loisir et surtout le plaisir de découvrir et parmi lesquelles se trouvent :

- Revenir aux fondamentaux des relations humaines : « aimer » n'est pas « liker »,
- Réinventer le contrat social entre l'entreprise et le salarié pour concilier les intérêts des parties prenantes,
- Rechercher de nouveaux modèles pour concilier « protection de la vie privée », « efficacité économique » et « moindre impact écologique ».

*In Fine*, tout ouvrage\*, et surtout dans ce domaine, se doit de vivre : c'est le but du blog : [www.reenchanter-internet.com](http://www.reenchanter-internet.com) qui lui est dédié où chacun peut dès à présent apporter ses commentaires.

\*ouvrage collaboratif, l'intégralité des droits d'auteur sera versée à deux associations combattant l'illectronisme : Emmaüs Connect et Start-up for Kids

## David Fayon (1993)

est directeur de projets innovation à La Poste, conférencier. Il partage sa passion du numérique sur le site éponyme [www.davidfayon.fr](http://www.davidfayon.fr)



# PRIX DES TECHNOLOGIES NUMÉRIQUES

9 NOVEMBRE 2020  
BPI FRANCE

## LE NUMÉRIQUE ET L'ENVIRONNEMENT



TELECOM  
Paris



TELECOM  
Paris



IP PARIS

[www.prixtechnologiesnumeriques.org](http://www.prixtechnologiesnumeriques.org)

# COMMANDER TELECOM

## LA REVUE



**Bulletin à compléter et à nous retourner, accompagné de votre règlement à :**

La Revue TELECOM · Télécom Paris alumni

2 villa Thoréton, 75015 Paris ou [contact@telecom-paris-alumni.fr](mailto:contact@telecom-paris-alumni.fr)

Aucune commande ne sera prise en compte sans règlement joint.

### VOS COORDONNÉES

Nom, Prénom .....

Société .....

Adresse .....

Code postal ..... Ville .....

E-mail .....

Tél. ....

### ADRESSE DE FACTURATION

(si différente de l'adresse de livraison)

Nom, Prénom .....

Société .....

Adresse .....

Code postal ..... Ville .....

E-mail .....

Tél. ....

### VOTRE ABONNEMENT

☐ Je m'abonne à la Revue TELECOM pour une année civile (4 numéros 2020) 60€

☐ Numéro(s) paru(s) depuis moins d'un an : 192, 193, 194, 195 25€

☐ Numéro(s) paru(s) depuis plus d'un an : à partir du n° 1 au n° 188 15€

### MODE DE RÈGLEMENT

(facture sur demande)

☐ Par virement (merci de nous contacter pour obtenir notre RIB)

Date du virement : ..... / ..... / ..... Référence du virement : .....

☐ Par chèque : à l'ordre de l'AIST

☐ En espèce ou par carte bancaire au bureau de l'association : 2 villa Thoreton, 75015 Paris

### COMMENT AVEZ-VOUS CONNU LA REVUE TELECOM ?

☐ Dans votre entreprise

☐ Suite à un événement. Lequel ? .....

.....

☐ Par le site Internet de Télécom Paris alumni

☐ Pendant votre scolarité à Télécom Paris

☐ Autres ? .....

**Important** Les diplômés de Télécom Paris cotisants peuvent souscrire un abonnement à la Revue TELECOM à un tarif préférentiel. Pour plus d'informations : contactez-nous ! [contact@telecom-paris-alumni.fr](mailto:contact@telecom-paris-alumni.fr)



+ Technologie  
de pointe

+ Environnement  
stimulant

+ Evolution  
de carrière



MON MÉTIER N'EST PAS  
SEULEMENT **EXIGEANT**,  
IL EST AUSSI **PASSIONNANT**.

## MBDA, AU CŒUR DE NOTRE DÉFENSE

Nos 10 000 collaborateurs en Europe travaillent dans un esprit de coopération et d'excellence. Ils unissent leurs compétences techniques et leurs qualités humaines pour développer des solutions de défense afin de répondre aux besoins opérationnels de nos clients.

**Avec plus de 100 métiers et de belles perspectives de carrière, MBDA le leader Européen de l'industrie missilière, vous propose bien plus qu'un travail.**

**[www.mbda-systems.com](http://www.mbda-systems.com)**

MBDA est une filiale commune de Airbus (37,5 %), BAE Systems (37,5 %) et Leonardo (25 %)

**MBDA**  
MISSILE SYSTEMS