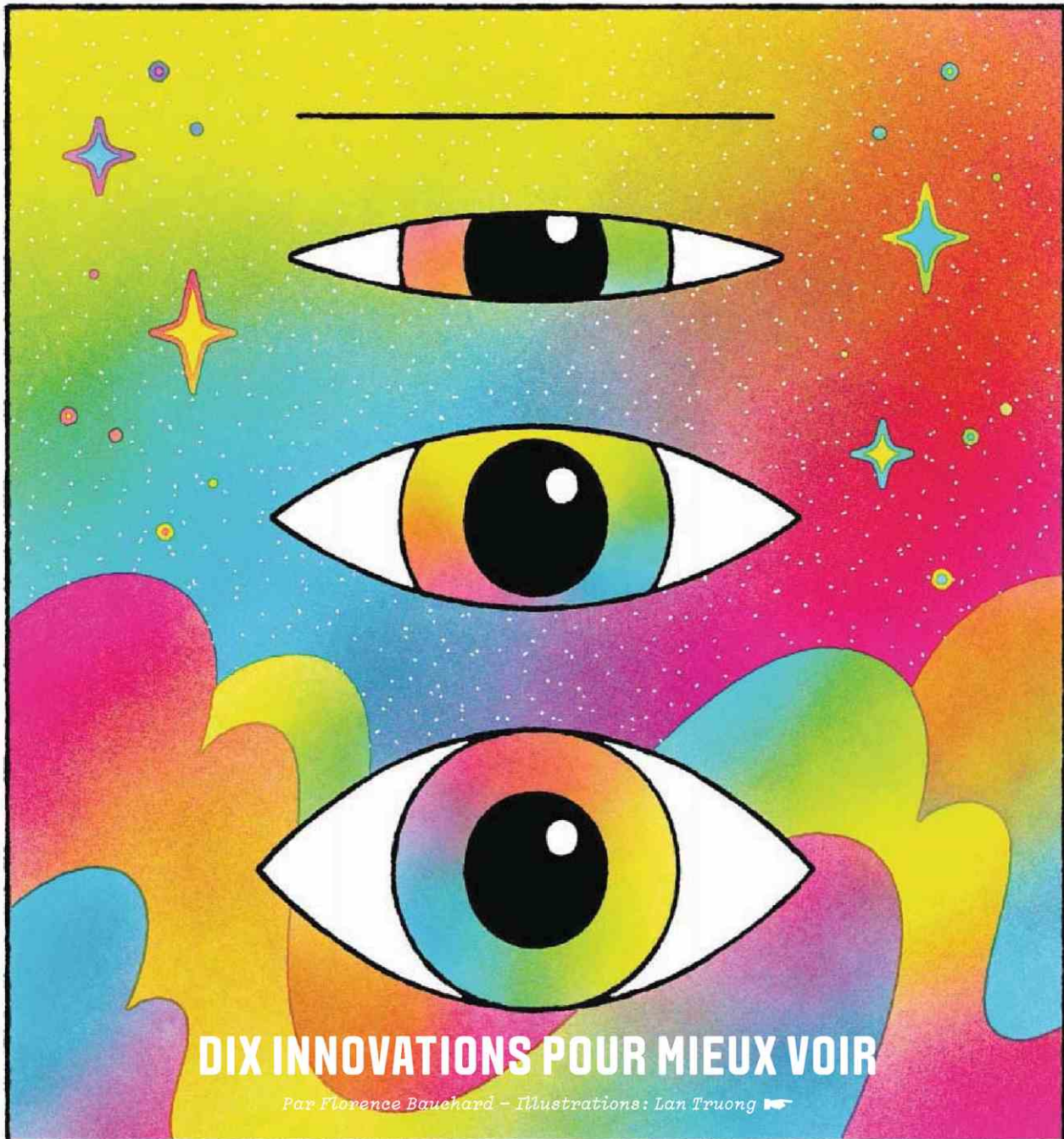
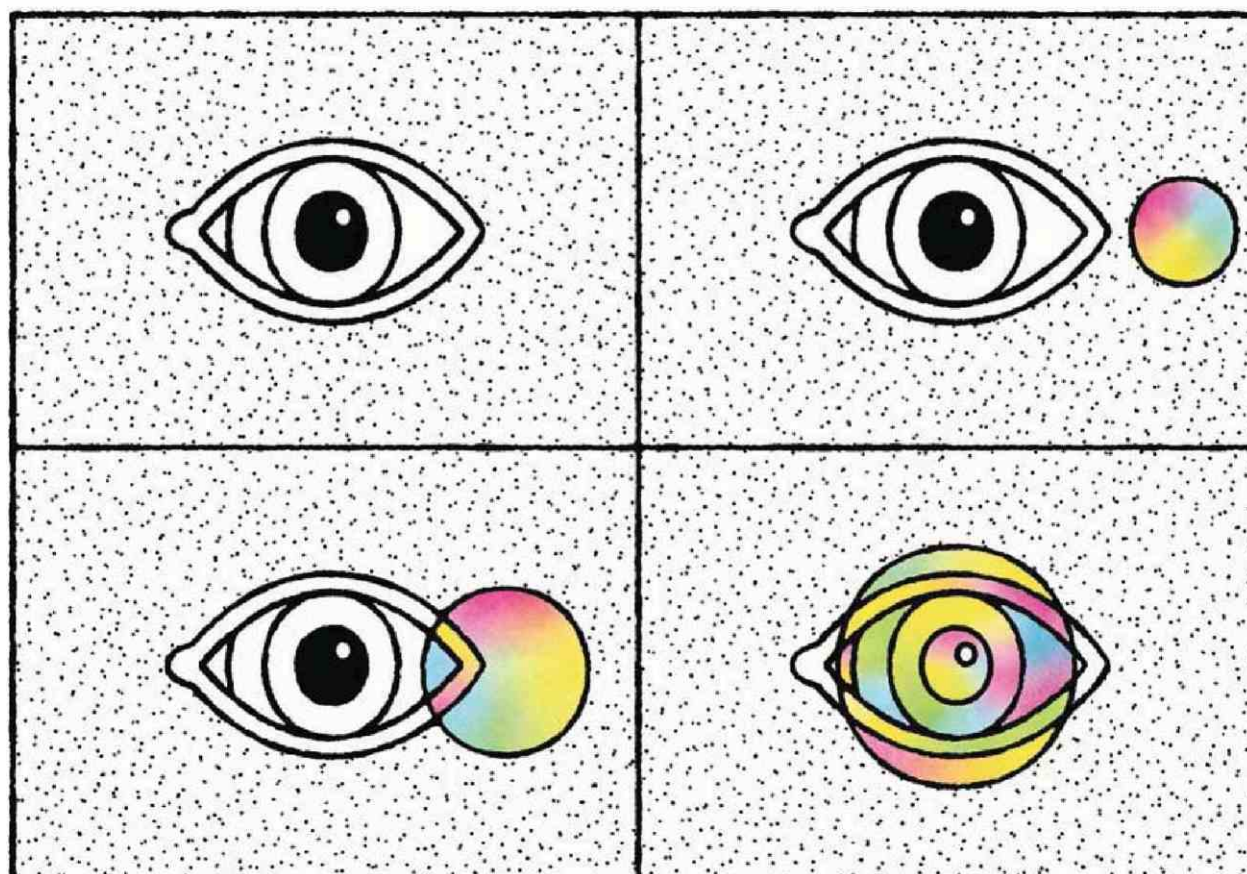


# ET MOI...





**Myopie, maladies génétiques, DMLA, daltonisme... : l'œil, **miroir de la santé**, suscite l'intérêt croissant de la recherche et de l'industrie. Zoom sur **dix innovations** à l'occasion de la prochaine tenue à Paris du **Silmo**, la grand-messe mondiale de l'optique.**







« L'œil, cet inconnu. » C'est ainsi qu'Yves Pouliquen, ancien chef du service d'ophtalmologie de l'Hôtel-Dieu de Paris et chirurgien réputé, évoquait volontiers ce déterminant organe des sens. L'œil, en effet, est loin d'avoir livré tous ses secrets et, dans l'affaire, rien n'est simple! « Ce n'est pas l'œil qui voit, mais le cerveau et on n'en est qu'aux bribes de la compréhension du lien entre les deux. Si l'on considère alors que 80% des informations traitées par le cerveau proviennent de la vision, la santé de l'œil est primordiale », rappelle Bertrand Roy, le président de l'Association nationale pour l'amélioration de la vue (Asnav), qui regroupe les différents acteurs de la filière. « L'œil est aussi une fenêtre sur le corps humain et un certain nombre de ses pathologies », renchérit Serge Picaut, directeur de l'Institut de la vision, ce centre de recherche unique au monde créé en 2008 par le professeur José-Alain Sahel. Profitant des avancées de la chimie, de la microélectronique, des neurosciences ou encore de la génétique, l'ophtalmologie progresse régulièrement. À l'occasion du Silmo, le salon mondial de l'optique, voici une sélection de dix innovations, de la recherche fondamentale aux applications tout juste commercialisées.

### LA THÉRAPIE GÉNÉTIQUE POUR SAUVER LA RÉTINE

Rory Dewar doit une fière chandelle à GenSight Biologics. Atteint à 22 ans d'une neuropathie optique héréditaire de Leber, une maladie rare de la rétine, ce joueur de rugby écossais a recouvré la vue en 2019 grâce à un traitement de thérapie génique, mis au point par la biotech cofondée par José-Alain Sahel, Bernard Gilly et Botond Roska. Une alternative très efficace aux thérapies disponibles, y compris des vitamines et des stéroïdes. En attendant son homologation en Europe et aux États-Unis, Lumevoq dispose d'une autorisation temporaire d'utilisation (ATU) – au prix de 700 000 euros l'injection! – compte tenu du besoin médical non satisfait de cette maladie dégénérative qui affecte une personne sur 30 000, essentiellement des hommes de 25 à 35 ans et des femmes ménopausées. Le tabagisme, l'excès d'alcool, les médicaments sur ordonnance ou les blessures sportives sont aussi des facteurs déclenchant potentiels. « Entre les essais cliniques et les tests compassionnels, plus de 200 patients ont été traités à ce jour », détaille le directeur général Bernard Gilly. Christophe Orssaud, neuro-ophtalmologiste à l'Hôpital européen Georges Pompidou, est plus mesuré: « C'est une première étape, mais on ne traite qu'une des trois principales mutations responsables de la maladie, et nous n'avons pas encore déterminé le meilleur moment pour effectuer cette thérapie génique, sans compter qu'il faut peut-être y associer d'autres traitements », explique ce spécialiste expérimenté des maladies rares du nerf optique.

### LES PROMESSES DE L'OPTOGÉNÉTIQUE

Quinquagénaire aveugle depuis plusieurs années – conséquence d'une maladie

dégénérative de la rétine (rétinopathie pigmentaire) qui touche 30 000 personnes en France –, Jean-Claude (prénom modifié) peut à nouveau distinguer, localiser, toucher et compter des objets posés devant lui et distinguer les bandes des passages piéton. Il est l'un des neuf patients de l'étude clinique menée par GenSight Biologics avec un traitement dit d'optogénétique. « Une douzaine d'autres devrait en bénéficier », explique Bernard Gilly. Cofondateur, Botond Roska a été le premier à conceptualiser l'association thérapie génique et optique il y a quinze ans à l'Institut Friedrich Miescher de Bâle. GenSight, qui a travaillé huit ans sur le développement de cette approche thérapeutique, est « la seule sur cette technologie avec l'américain Bionic Eye », affirme Bernard Gilly, qui « espère un passage en phase III du produit dès la fin 2022, voire début 2023 ». Son principe: injecter un gène qui rend photosensibles les cellules ganglionnaires de la rétine. Après quelques semaines, le patient est équipé d'un dispositif optronique qui stimule ces cellules et redonne la capacité de distinguer des objets. Cette approche pourrait s'appliquer aux patients atteints d'une forme terminale de la dégénérescence

maculaire liée à l'âge (DMLA) en les aidant à restaurer leur vision centrale.

### DES VERRES POUR FREINER LA MYOPIE

Génétiques, comportementaux ou environnementaux: les facteurs responsables de cette pathologie, qui touche un adulte sur trois en France, sont multiples. « Et 10% sont des formes fortes, à l'origine de problèmes de santé potentiellement invalidants avec l'âge », souligne Barbara Ameline, présidente du Syndicat des ophtalmologistes. En cas de forte myopie, le risque de cataracte, de décollement de rétine ou de maculopathie myopique (affectant la partie centrale de la rétine) est multiplié respectivement par 5, 20, voire 40. « Réduire son impact offre un levier colossal à la santé publique », ajoute cette spécialiste de la chirurgie laser. Un marché qui intéresse les géants du secteur, le japonais Hoya et le franco-italien EssilorLuxottica.

Pour limiter l'allongement axial de l'œil incriminé dans la dégradation de la qualité de la vision, le premier a incorporé en périphérie de ses verres de minuscules triangles qui génèrent deux flux d'images distincts: l'un arrive sur la rétine, l'autre en avant. Mais le cerveau traite les images comme une seule, ce qui bloque le signal d'allongement de l'œil. « Pour être le plus efficace, il faut viser la tranche d'âge où la baisse de l'acuité visuelle de loin s'accélère, habituellement entre 7 et 12 ans, indique Jean-Michel Lambert, directeur général de la filiale française de Hoya Vision Care, une tranche d'âge où 2,5 millions d'enfants en France auraient intérêt à porter ce verre. » Des études cliniques sont en cours à l'hôpital Necker-Enfants malades. Introduite depuis cinq ans en Chine, champion mondial de la myopie (81% des 18 ans), cette innovation de rupture développée avec l'université polytechnique de Hong Kong a convaincu en France 17 000 porteurs en dix mois. « Un temps suffisant pour observer chez certains des premiers porteurs une stabilisation de la dioptrie », insiste Jean-Michel Lambert. MiyoSmart a obtenu le prix de Genève, considéré comme la médaille d'or des inventions.

Dans l'équipement concurrent d'Essilor, c'est une constellation de 1021 microlentilles invisibles qui crée un volume de signal lumineux devant la rétine pour freiner l'allongement de l'œil. L'aboutissement de trente ans de travaux et d'une coopération avec l'université de Wenzhou. Lancé en 2020 en Chine, qui a mis en œuvre un plan national de lutte contre la myopie, Stelvest vient d'être introduit en France et en Italie.

### S'EXPOSER À LA LUMIÈRE NATURELLE

L'évolution de la compréhension du rôle des facteurs comportementaux et environnementaux dans la myopie suscite également des approches très pratico-pratiques, consistant à exposer davantage l'œil à la lumière naturelle. À Taiwan, les classes sont dotées de plafonds de verre pour que les élèves puissent profiter davantage des effets bénéfiques de la lumière du jour.

### CHIFFRES CLÉS

**4****Français sur 10**

éprouvent des problèmes de vision en 2021 (+2 points par rapport à 2019).

**8****Français sur 10**

portent des lunettes, dont 55% de façon permanente.

**+6****points:**

l'augmentation de la myopie chez les 16-24 ans entre 2019 et 2021, alors que les chiffres de la population générale sont stables.

SOURCE : SONDAGE OPINIONWAY POUR L'ASNAV, RÉALISÉ AU PRINTEMPS 2021.





## CONTRÔLES : DÈS LE PLUS JEUNE ÂGE

**Avant 9 mois,** surtout en cas d'antécédents familiaux, une visite permettra de détecter d'éventuelles pathologies, les strabismes et/ou asymétries de

développement. Si l'enfant n'attrape pas les objets après 5 mois, s'il chute ou se cogne tout le temps, tout cela doit inciter à un dépistage visuel.

**L'entrée à l'école** est l'occasion d'un nouveau contrôle, de même que la survenue de toute difficulté d'apprentissage. En cas d'antécédents familiaux de myopie ou

l'apparition de symptômes, il faut consulter de 9 à 16 ans.

**De 18 à 40 ans,** toute anomalie visuelle doit faire l'objet d'un suivi régulier fixé par le médecin. Le permis de conduire est une bonne occasion de faire un bilan. L'apparition des premiers signes de presbytie nécessite un contrôle annuel.

**Au-delà de 65 ans,** cette régularité annuelle doit être conservée avec une vigilance accrue sur l'aptitude visuelle à la conduite. Parmi les signes qui doivent alerter : l'apparition de halos autour des lumières, ou d'une tache noire au centre de la vision, une baisse de la vision nocturne...

informaticien de formation Philippe Le Borgne, RunBlind est en contact avec des marques comme Decathlon et Adidas avec l'idée d'élargir son utilisation.

## DES LUNETTES CONTRE LE DALTONISME

Révélee souvent dans l'enfance, cette anomalie héréditaire touche 8% des hommes et seulement 0,45% des femmes. En attendant les progrès de la thérapie génique, les patients peuvent s'équiper de lunettes filtrantes pour augmenter l'éventail des couleurs visibles. La start-up californienne EnChroma développe de tels verres qui filtrent sélectivement les longueurs d'onde à la frontière entre le rouge et le vert, là où se produit la confusion de la sensibilité des couleurs. Le porteur perçoit alors une gamme de couleurs plus précise. VINO Optics, fondée par des chercheurs de Princeton et de CalTech, propose également sa propre solution. Si l'impact réel de tels équipements à long terme fait controverse dans la communauté scientifique, les résultats d'une évaluation publiés en août 2020 dans *Current Biology* par l'Inserm et des chercheurs du UC Davis Health Eye Center en Californie sont plutôt encourageants. Les volontaires, testés pendant quinze jours, ont confirmé l'impact positif de ces verres sur la perception des couleurs et, assure l'étude, le cerveau lui-même a appris à distinguer de très faibles variations chromatiques comme des couleurs différentes.

## UNE CORNÉE SYNTHÉTIQUE CONTRE LA CÉCITÉ

En janvier 2021, Irit Bahar, la directrice du département d'ophtalmologie du réputé centre médical Rabin d'Israël, a réalisé une première mondiale : implanter une cornée artificielle chez un homme de 78 ans atteint de cécité bilatérale. Une fois les bandages ôtés, le patient a pu lire un texte et reconnaître des membres de sa famille. CorNeat KPro est constituée d'un matériau poreux 100% synthétique non dégradable imitant la microstructure de la matrice extracellulaire qui fournit un soutien structurel et biochimique aux cellules environnantes. Une fois en place, elle stimule la prolifération cellulaire pour faciliter l'intégration progressive des tissus. Une première étape dans une étude internationale de CorNeat Vision visant à obtenir à la fois le marquage CE, le feu vert de la FDA américaine et de la NMPA chinoise. Au vu des résultats de la première étude, une deuxième avec indications plus larges est prévue à terme.

**BARDÉES DE CAPTEURS  
ET MUNIES DE VERRES HIGH-  
TECH, LES LUNETTES VONT  
DÉSORMAIS AU-DELÀ  
DE LA SIMPLE CORRECTION.**

Dans la même veine, depuis 2020, dans le cadre de campagnes régulières de prévention et de contrôle de la myopie organisées en Chine chaque année en mars et en septembre, une circulaire du ministère de l'Éducation recommande davantage d'activités en plein air pour les élèves de la maternelle au secondaire. «*Idéalement, il faut que les enfants soient dehors deux heures par jour*», précise Barbara Ameline.

## DES MONTURES ANTICHUTE

Truffées d'une quinzaine de capteurs répartis entre les branches et la face, les lunettes d'Elcie Healthy mesurent toutes les 50 ms le clignement des paupières et les microchutes de tête du porteur. Un moyen très efficace de lutter contre l'endormissement au volant, mais également de détecter, voire de prévenir, les chutes, selon son président fondateur Philippe Peyrard, très fier d'avoir conçu «*le seul objet connecté qui permet de capturer autant d'informations physiques, physiologiques et environnementales sans fil à la patte*». Un voyage dans la Silicon Valley lors de la sortie des premières Google Glass décide l'ex-directeur général d'Atoll à quitter Paris direction Sophia Antipolis et son réservoir d'ingénieurs pour lancer sa start-up de lunettes connectées en 2016. «*Deuxième étape, la prévention des chutes depuis cet été, une première mondiale*», insiste ce sexagénaire dynamique. En créant un indice de stabilité testé auprès de 105 patients au CHU de Nice, Philippe Peyrard compte substituer ses lunettes aux bracelets connectés utilisés aujourd'hui. «*Nous prenons en compte différents composants de l'activité physique du quotidien comme aller ouvrir la porte ou se lever de sa chaise pour aller dans sa cuisine ou sa salle de bains...*»

Les quelque 15 000 montures commercialisées dans le réseau Optic 2000 à fin 2020 sont équipées de capteurs couvrant l'ensemble des fonctions. À l'usager de faire jouer celle qui l'intéresse, voire plusieurs, selon l'abonnement de téléassistance choisi (21 à 29 euros), l'équipement de base étant vendu moins de 400 euros. Les entreprises Colas, Vinci, Sanef ou Veolia s'y intéressent pour leur

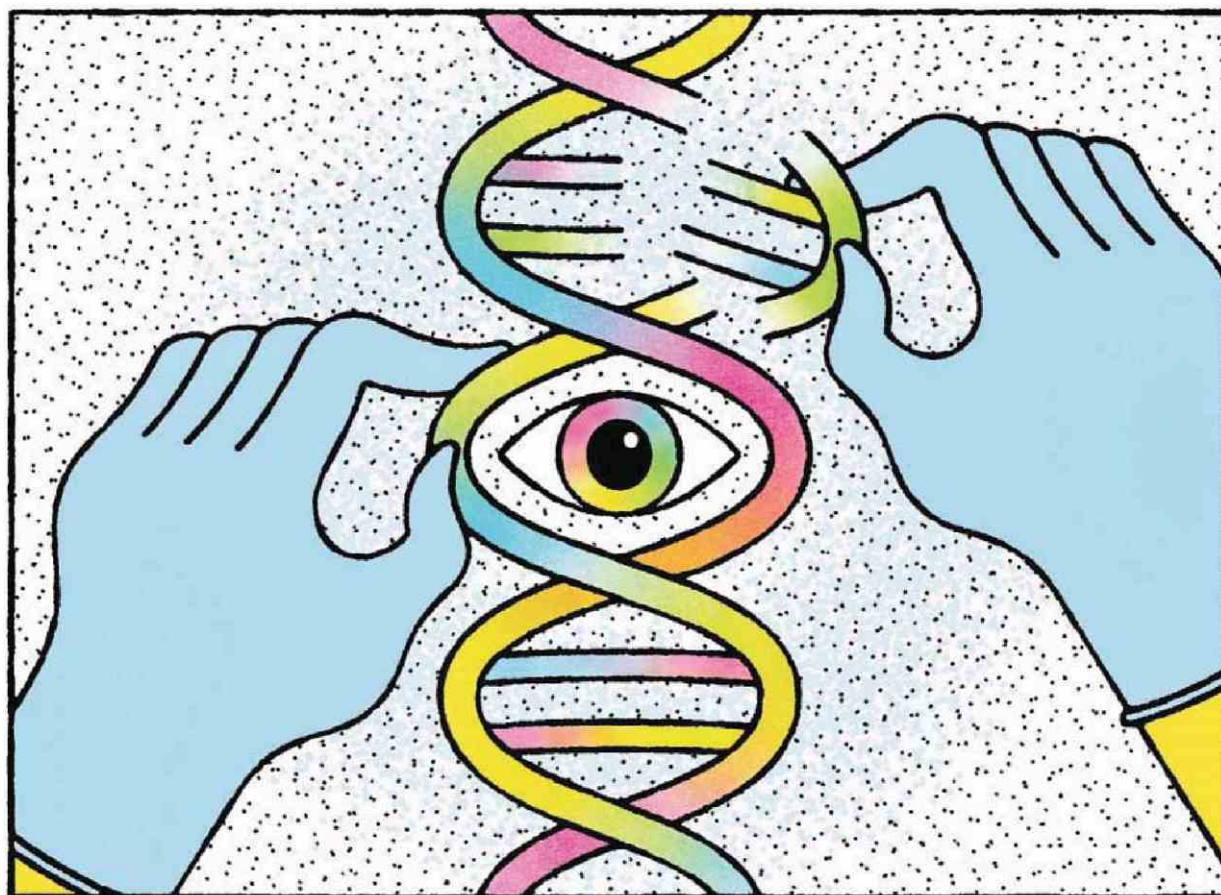
personnel de nuit isolé. Les compagnies d'assurances comme Groupama sont également sur le coup.

Mais la start-up a bien l'intention d'aller plus loin en enrichissant son portefeuille d'applications. Le «*suiti du regard*» mis au point à l'occasion d'un contrat avec la Direction générale de l'armement, lui permet de proposer des applications pour le civil, comme le suivi de certaines pathologies neurodégénératives ou psychiatriques. À l'hôpital de Dresde, des chercheurs explorent son potentiel pour intervenir plus rapidement dans le traitement des crises des malades de Parkinson et, à Étampes, l'EPS Barthélemy Durand l'utilise déjà pour le suivi des malades en psychiatrie. Des fédérations de sports de contact l'ont sollicitée pour évaluer la nature des chocs subis lors d'un match, en analysant les mouvements oculaires avant et après l'épreuve. En incorporant la prise de température et le rythme cardiaque du porteur de façon non intrusive, la prochaine génération aspire à la certification de dispositif médical de classe 2A.

## COURIR LES YEUX FERMÉS

Être malvoyant ne devrait pas empêcher de faire du sport. Si la spatialisation du son est une notion connue depuis une centaine d'années, la capacité à le reproduire de façon virtuelle en temps réel est récente. Le prototype développé par RunBlind, un spin-off du Centre de mathématiques appliquées de Polytechnique (CMAP), repose sur l'usage du son 3D pour guider le sportif déficient visuel en fonction de sa position repérée par GPS sur un parcours prédéterminé. Coiffé d'un casque à conduction osseuse, le coureur se cale sur le son virtuel généré toutes les 50 ms à 5 mètres devant lui dans la direction à emprunter. Développé en coopération avec une association de l'Essonne de promotion du sport des handicapés (MCV), ce dispositif a été testé en conditions réelles par plusieurs déficients visuels. Fondée par Sylvain Ferrand, ingénieur système du CMAP, François Alouges, professeur de mathématiques appliquées à Polytechnique, et l'entrepreneur





Objectif d'Almog Aley-Raz, cofondateur et PDG de CorNeat Vision : remplacer l'utilisation de tissus de donneurs dans les transplantations cornéennes de pleine épaisseur.

#### LA VISION NOCTURNE POUR TOUS

De simples lunettes pourraient bientôt remplacer les équipements actuels de vision de nuit, comme ceux couramment utilisés par la police et les militaires. Des chercheurs de l'université nationale australienne ont en effet développé un film spécial – à base de nanocristaux d'arséniure de gallium cent fois plus fins qu'un cheveu – capable de convertir la lumière infrarouge (IR) en spectre visible grâce à un minuscule laser. Produite à grande échelle, cette solution aurait l'avantage d'être à la fois plus légère et moins coûteuse que les équipements qui convertissent l'IR en signal électrique affiché sur un écran. À terme, elle pourrait être aussi utile pour la conduite de nuit du grand public.

#### UN SITE PÉDAGOGIQUE

L'Asnav propose un site très pédagogique et complet sur tous les aspects de la vision : [cmavue.org](http://cmavue.org)

Fondée en 1954, cette association regroupe les différents acteurs de la filière, depuis les ophtalmologistes jusqu'aux opticiens, en passant par les fabricants de verres correcteurs.

#### AMÉLIORER LE SOMMEIL, SOULAGER LA MIGRAINE

L'œil agit sur la qualité de la vision et sur bien d'autres aspects de la santé. « Ces fonctions non visuelles intéressent de plus en plus les scientifiques. Nous ne sommes qu'au tout début des recherches », révèle Norbert Gorny, le directeur de l'innovation d'EssilorLuxottica.

Son rôle dans le sommeil, la migraine et l'obésité font partie des pistes explorées par le géant mondial de l'optique. Dans son laboratoire du sommeil, il étudie ainsi diverses technologies de filtrage de la lumière susceptibles de faciliter la génération de mélatonine. En effet, la multiplication des sources de lumière artificielle en fin de journée impacte la capacité naturelle du cerveau à sécréter cette hormone du sommeil. De même, EssilorLuxottica explore le développement de filtres pour soulager les migraines. Les essais cliniques en cours devraient confirmer si un tel équipement relève de la réglementation sur les dispositifs médicaux de classe 2. Et Norbert Gorny de poursuivre : « Dans les deux ans, un produit de ce type pourrait voir le jour en fonction de la sensibilité de la communauté médicale sur le sujet et de la réglementation locale. » ●

Plus d'infos sur [lesechos.fr/weekend](http://lesechos.fr/weekend)

