

PARIS 2024



Des prothèses pour dépasser les handicaps

Dès le 28 août, certains athlètes vont concourir aux Jeux paralympiques équipés de bijoux high-tech. L'entreprise française Proteor travaille avec plusieurs sportifs de haut niveau pour concevoir des appareils qui faciliteront ensuite la vie de tous.

PAR MARINE BRUGERON, PHOTOS LUCILLE PELLERIN, À SEURRE (CÔTE-D'OR).

Sur un tapis de course, trois jambes bioniques avancent sans relâche. Chaussés de baskets rouges, les membres métalliques s'élèvent, puis se reposent en suivant le mouvement de la marche, dans un brouhaha mécanique continu et un entrelacs de câbles. Concentrée, Karla Brottet, ingénieure en mécanique et biomécanique, qui a conçu cette machine infernale, surveille aujourd'hui la pression autour du vérin hydraulique d'un genou. Grâce à ce système – un piston qui pousse de l'eau –, le mouvement de l'articulation a gagné en fluidité. « Toutes ces évolutions tendent à améliorer le confort des personnes à mobilité réduite », explique la chargée d'essais. Parmi les objectifs de cette manipulation : prouver que les prothèses peuvent tenir six ans, condition pour être homologuées comme matériel médical, et donc être remboursées

par l'Assurance maladie. Passionnée, la jeune femme travaille depuis un an et demi chez Proteor, spécialiste de l'appareillage sur mesure.

« Avant, je tombais dès que je descendais de vélo »

L'entreprise bourguignonne centenaire est le fer de lance du secteur en France. En plus de proposer un catalogue bien fourni de prothèses et d'orthèses – les premières remplacent un membre manquant, les secondes apportent un soutien à une partie du corps qui a perdu sa fonction, à l'instar des corsets ou des genouillères –, elle accueille, au sein de 70 centres d'orthopédie, des personnes amputées à la suite d'accidents de la route, du travail ou de maladies des artères. Ces dernières, fréquentes chez les patients diabétiques, sont la première cause d'ablation d'un membre en France. Au total dans le pays, 150 000 personnes environ sont amputées. Privé de sa jambe droite il y a



PHOTO © YANN DESGAGNY

Abel Aber, athlète vosgien de 38 ans amputé de la jambe droite, s'entraîne en vue des épreuves olympiques de para-canoë, qui se tiendront du 6 au 8 septembre.





Sur le site de Seurre (Côte-d'Or), les équipes de Proteor, entreprise spécialiste des prothèses et orthèses sur mesure, conçoivent des équipements qui durent dans le temps. Ici, des « jambes » équipées d'un vérin hydraulique au niveau du genou.

vingt ans à la suite d'un accident de la route, Abel Aber a été sélectionné pour participer au 200 mètres des épreuves olympiques de para-canoë, qui se dérouleront au Stade nautique de Vaires-sur-Marne (Seine-et-Marne), du 6 au 8 septembre. Cet athlète de 38 ans, originaire d'Épinal (Vosges), raconte en avoir « cassé, des pieds, et fait chauffer, des vérins hydrauliques ». C'est avec Claude Serry, son orthoprothésiste, qu'il a commencé à tester de nouveaux composants et à affiner les réglages afin d'adapter sa jambe bionique à une pratique sportive intensive.

Place aux Jeux paralympiques !

Organisés du 28 août au 8 septembre à Paris, les Jeux paralympiques mettront à l'honneur 22 sports, au fil de 549 épreuves. La délégation française sera composée de 237 sportifs, accompagnés de 20 guides, pilotes ou assistants. Parmi les athlètes, 27 concourront en para-athlétisme, 21 en para-tennis de table et autant en volley assis. Les deux porte-drapeaux tricolores seront la sprinteuse Nantenin Keita, médaillée d'or à Rio sur 400 mètres, et Alexis Hanquingquant, champion de para-triathlon à Tokyo.

Aujourd'hui, son genou Quattro, qui s'adapte à différentes activités grâce à ses 20 modes de fonctionnement, lui permet notamment de passer sans souci du cyclisme à la marche. « Combien de fois suis-je tombé en descendant de vélo car ma prothèse ne me soutenait plus ? Maintenant, elle se remet automatiquement en mode "marche". » Idem dans le métro. Son genou enclenche de manière autonome une fonction de stabilisation, le poids du corps pouvant alors être réparti sur les deux jambes au lieu de reposer uniquement sur celle valide. « Des atouts qui, au quotidien, permettent d'oublier un peu ce corps mécanique », apprécie l'athlète, heureux testeur qui n'hésite pas à pousser toujours plus loin les expérimentations. Musculation, session effrénée de corde à sauter, jeu de jambes sur le ring, pompes... Ses attentes ? Bénéficier d'un matériel léger, résistant et supportant d'être immergé. Des critères qui ne concernent d'ailleurs pas seulement les sportifs de haut niveau. « Mettre les pieds dans l'eau sans retirer sa prothèse quand on est pêcheur ou que l'on vit près de la mer, ça change tout, confirme Nico-

las Piponnier, directeur technique en charge du secteur recherche et développement chez Proteor. La constante, c'est l'envie d'une solution qui s'adapte au plus grand nombre de situations possibles, pour ne pas être limité dans ses activités. »

De la jambe de bois aux algorithmes

Depuis 1913, l'entreprise conçoit et façonne jambes, pieds, bras ou genoux à Seurre (Côte-d'Or), à 40 kilomètres de Dijon. C'est là que, au début du XX^e siècle, trois artisans imaginent un atelier de fabrication de prothèses utilisant les ressources locales : les matériaux des forges bourguignonnes et le bois des aulnes poussant en bord de Saône, qui se sculpte facilement. La première guerre mondiale frappe la France un an plus tard. Elle précipite le développement de la société qui appareille des milliers de soldats amputés. Aujourd'hui, la jambe de bois a laissé la place à des prothèses composées de capteurs et de microprocesseurs qui s'actionnent automatiquement grâce à des algorithmes. Ce saut technologique, qui s'est opéré en une dizaine



d'années seulement, a été boosté par les progrès réalisés dans la high-tech, et par la course à l'innovation dans laquelle se sont lancées les entreprises du secteur.

Pour concevoir des appareillages de plus en plus sophistiqués pouvant bénéficier à tous, sportifs ou non, Proteor a développé une « chaîne numérique, allant d'un logiciel de scan, qui permet aux orthoprothésistes de créer les prothèses sur ordinateur, jusqu'à l'impression 3D, détaille Philippe Signoret, directeur de l'usine de Seurre. Nous avons aussi intégré de nouveaux matériaux, comme la fibre de verre, grâce au rachat d'entreprises aux États-Unis, où nous nous implantons ».

Une quête de confort, de légèreté et de souplesse

Autre nouveauté : le silicone calandré. Utilisé depuis cinq ans dans la conception des emboîtures qui accueillent les moignons, ce matériau apporte un nouveau confort aux amputés. « Auparavant, les prothèses fémorales, qui montent jusqu'en haut de la cuisse, empêchaient la position assise car elles étaient trop rigides, souligne Matthieu Noël, coordinateur méthodes et développement. Aujourd'hui, il y a une partie solide, là où les soutiens sont nécessaires, mais le reste est souple et s'écrase sous le poids du corps lorsque la personne s'assoit »,

détaille cet amateur de défis. L'expertise de Matthieu Noël, ancien spécialiste des prototypes dans le milieu de la Formule 1, est également précieuse pour travailler un matériau bien connu des constructeurs automobiles, la fibre de carbone imprégnée. Ce composite est réputé pour sa légèreté et sa solidité. Mélangé à de la résine, il sert à créer des orthèses pour soutenir une partie du corps affaibli.

Le jeune champion de para-tennis de table Edgar Empis, 21 ans, hémiplégique du côté gauche depuis un AVC à la naissance, a longuement travaillé avec Matthieu Noël, et avec son orthésiste, pour imaginer la botte de maintien qu'il utilise. Elle se compose d'une tige derrière la jambe, et se prolonge en un talon et une semelle qu'il glisse dans sa chaussure. L'athlète normand, non qualifié à Paris et qui a désormais les yeux tournés vers les jeux paralympiques de Los Angeles, en 2028, raconte : « L'idée a été de s'inspirer de la lame conçue pour l'athlétisme afin de gagner en rebondi. La tige ne colle pas la jambe, elle prend un effet courbé qui me donne du ressort. Ça me permet de repartir vers l'avant. » Pour mettre au point ce modèle, une des orthésistes du centre orthopédique Proteor de Rouen (Seine-Maritime), Camille Cordier, a suivi le sportif lors de ses entraînements, observant mouvements et zones

Si la fabrication des appareils nécessite une maîtrise poussée des technologies, elle requiert aussi un savoir-faire manuel, notamment lors de la réalisation des moulages (à g.). Le résultat ? Des innovations qui « s'adaptent aux plus de situations possibles », résume Nicolas Piponniau, directeur technique chez Proteor (ci-dessous).



d'impact. La conception de l'orthèse s'est faite « millimètre par millimètre », sur ordinateur, à partir du scan de la jambe du pongiste. Place ensuite au savoir-faire manuel de l'opératrice chargée d'appliquer la fibre de carbone sur un moulage en plâtre du membre. Les couches sont plus ou moins épaisses, selon que l'on recherche un soutien rigide ou, au contraire, de la souplesse. Résultat ? Un appareil hyper-personnalisé « qui n'a pas cassé en un an et demi d'utilisation, alors que le premier prototype n'avait pas tenu quinze minutes », et qui permet au jeune athlète d'améliorer ses performances sportives. Il pourrait inspirer d'autres orthèses, pour les patients de Camille Cordier ou ceux de ses confrères. « Notre métier consiste à nous triturer l'esprit pour trouver



Edgar Empis (1, à dr.) travaille avec l'orthésiste Camille Cordier (1, à g.) et le coordinateur méthodes et développement Matthieu Noël (1, au centre) afin de perfectionner l'orthèse qu'il utilise pour soutenir sa jambe gauche dans sa pratique intensive du tennis de table (2).

des solutions et leur permettre d'être actifs comme ils l'entendent », complète l'orthésiste, qui « brainstorme » maintenant sur un bout de la semelle d'Edgar Empis, qu'elle cherche à améliorer grâce à l'impression 3D. Dans l'usine de Seurre, onze machines coulent ainsi méthodiquement des corsets et des emboîtures d'essai. Grâce à elles, la fabrication est plus rapide, et produit moins de déchets.

Encore plus high-tech, la nouvelle fierté de la société s'appelle Synsys, une prothèse de jambe coordonnant les mouvements du genou et de la cheville. Les deux articulations biomécaniques communiquent entre elles, offrant une fluidité de marche presque naturelle. L'accomplissement de dix ans de recherches, de millions d'euros d'investissement, et de deux bre-

vets – l'un pour l'unité hydraulique, l'autre pour la gestion de la batterie embarquée, qui permet une autonomie de quinze jours, contre deux pour la plupart des prothèses. Cette première mondiale vient de recevoir le feu vert de l'Assurance maladie, et les discussions sont en cours pour définir le montant du remboursement, une condition essentielle pour espérer la mettre à disposition du plus grand nombre de patients.

Il faut compter 5 000 euros minimum pour une lame

Les prothèses de sport, elles, sont exclues du remboursement, au grand dam des différents acteurs du secteur qui sont exaspérés de voir que les incitations à l'activité physique sont si peu inclusives, alors même que le sport a été promu

« grande cause nationale » en 2024. En attendant, des initiatives fleurissent, partout dans le monde, autour des lames de course, pour faciliter la pratique du running. Ces modèles « guépard », imaginés par l'Américain Van Phillips dans les années 1980 et popularisés par le sprinteur sud-africain Oscar Pistorius, sont en forme de L ou de C, s'inspirant de la patte arrière de l'animal le plus rapide du monde. La fibre de carbone qui les compose se plie sous le poids du coureur, puis lui restitue l'énergie en se détendant, permettant la propulsion vers l'avant. Pour rendre abordable cet équipement d'un coût minimum de 5 000 euros, la start-up française Hopper utilise les chutes de carbone mises à disposition par le constructeur aéronautique Airbus. Une innovation aujourd'hui soutenue financièrement par Proteor.

Sarah Legrand, 29 ans, a découvert cette prothèse de sport lors d'un challenge avec l'équipementier Salomon, qui a travaillé sur la semelle. Ainsi équipée, elle a réussi l'ascension d'un sommet de 3 000 mètres dans les Alpes, en 2021. Une revanche pour cette jeune femme dont la vie a basculé un soir de juin 2020, après un accident sur l'autoroute. Sa jambe droite est fauchée par une voiture, alors qu'elle tente de se réfugier derrière la glissière de sécurité. « Le sport m'a aidé à retrouver confiance en moi et en mon corps, témoigne celle qui n'était pas particulièrement sportive avant son amputation. Après des mois de rééducation, courir m'a redonné des sensations fortes, un vrai sentiment de liberté. » Aujourd'hui, Sarah Legrand utilise la lame Hopper pour le running, et un pied multisport pour le trail. Elle essaye des prototypes pour snowboard et ski de randonnée que Salomon est en train de développer. À l'instar des professionnels du secteur, la jeune femme espère que les Jeux paralympiques de Paris agiront comme un déclencheur pour aider toutes les personnes souffrant d'un handicap à se reconstruire grâce au sport. ■

En fauteuil de compétition!

Plus légers, plus maniables, plus stables... Les fauteuils roulants ne cessent d'évoluer pour s'adapter aux pratiques des para-athlètes.

PAR MARINE BRUGERON.

Juillet 1948. Devant l'hôpital de Stoke Mandeville, près de Londres, seize personnes en fauteuil roulant s'affrontent afin de décrocher la victoire lors d'une compétition de tir à l'arc. Sir Ludwig Guttmann, un neurologue britannique d'origine allemande, en est l'organisateur. Il a fait du sport un pilier de la rééducation des mutilés de guerre qu'il accueille dans cet établissement. Ces « Jeux mondiaux des chaises roulantes et des amputés » sont orchestrés en parallèle des JO, qui se tiennent à Londres cet été-là. À Rome, en 1960, ils deviendront officiellement les Jeux paralympiques. « Dès les Olympiades suivantes, on commence à voir des évolutions sur les fauteuils, retrace Arnaud Faupin, maître de conférence à l'université de Toulon et référent scientifique de la Fédération française handisport. Ils pèsent moins lourd, puis de nombreux réglages sont effectués pour les adapter aux différentes disciplines. » Compris initialement entre 20 et 25 kilos,

leur poids est depuis tombé en deçà des 10 kilos. Le carrossage des grandes roues, c'est-à-dire leur inclinaison, apparaît quant à lui dans les années 1970. « Tous les fauteuils pensés pour les sports collectifs ont aujourd'hui les roues inclinées à 18 degrés minimum, ce qui assure maniabilité et stabilité latérale, voire au-delà de 20 degrés pour le tennis fauteuil », détaille l'expert. Au basket fauteuil, les joueurs parviennent même à se maintenir en équilibre latéral – c'est ce qu'on appelle le *tilting*.

Personnalisés, ils améliorent la performance

À chaque discipline, son modèle. « Les châssis courts sont utilisés pour les sports collectifs où il faut

atteindre une forte accélération sur quelques mètres, les châssis en longueur, pour l'athlétisme. En rugby fauteuil, les structures renforcées absorbent les nombreux chocs. En para-badminton, une roulette antibascule facilite les mouvements avant-arrière. Et il faut une extrême stabilité pour les sports de précision comme l'escrime ou le tir à l'arc », cite Arnaud Faupin, qui a étudié les innovations technologiques au service des athlètes paralympiques. Ces évolutions, associées à de la personnalisation, permettent de développer la performance des sportifs, mais pas uniquement. Les fauteuils de ville en bénéficient aussi, perdant eux aussi en poids et adoptant un léger carrossage pour gagner en maniabilité. ■



Pauline Déroulède, triple championne de France de tennis fauteuil, ici, en 2023, participera aux Jeux paralympiques avec un siège aux roues fortement inclinées.