

EPFL

EPFL.CH/INNOVATION

VICE-PRÉSIDENCE POUR L'INNOVATION

LE SPORT À L'EPFL

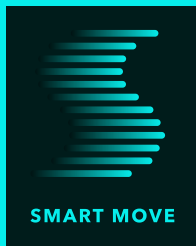
LA TECHNOLOGIE AU SERVICE DU SPORT

SEARCH

SCANNING

SEARCH





**ACADEMIC NETWORK
FOR SPORTS**
LAUSANNE REGION,
SWITZERLAND

Smart Move associe des institutions académiques en un réseau unique en son genre. De la recherche fondamentale aux tests en conditions réelles, le réseau Smart Move facilite l'accès à des expertises variées et complémentaires permettant d'amener une réponse interdisciplinaire aux défis des milieux du sport.

Humanités et sciences de la vie

UNIL - Université de Lausanne

Technologie

EPFL - Ecole polytechnique fédérale de Lausanne

HEIGVD - Haute école d'ingénierie et de gestion du canton de Vaud

Santé et médecine

CHUV - Centre hospitalier universitaire vaudois

HESAV - Haute école de santé Vaud

Gouvernance internationale du sport

UNIGE - Université de Genève

Education

HEPVD - Haute école pédagogique du canton de Vaud

Hospitalité

EHL - Ecole hôtelière de Lausanne

Design

ECAL - Ecole cantonale d'art de Lausanne



LA TECHNOLOGIE AU SERVICE DU SPORT

La région de Lausanne est bien connue dans le monde sportif pour la présence du Comité international Olympique et celle de nombreuses fédérations sportives. Mais cela cache une autre réalité - le nombre élevé d'institutions académiques (organisées dans le réseau académique pour le sport appelé Smart-Move), de startups et de sociétés établies actives dans le domaine du sport. Cette présence et les activités d'innovation menées dans la région en font une place de choix pour le développement de projets. Au-delà de la performance, le sport dans sa définition la plus large bé-

néficie des liens étroits avec l'industrie des soins et de la santé et les acteurs de la « Health Valley » existante de notre région.

L'EPFL est depuis longtemps impliquée dans des initiatives technologiques audacieuses faisant rayonner son expertise au niveau international. Dans le domaine du sport, notre école a fourni un soutien scientifique à plusieurs projets majeurs, notamment Alinghi, Hydros et Rivages, permettant de valider sur le terrain les derniers développements de la recherche. Ces projets de recherche ont montré toute l'étendue de ce que notre école pouvait offrir à la communauté sportive.

Ces dernières années, les laboratoires sont de plus en plus impliqués dans des projets de recherche et de développement en lien avec le sport. Cette brochure donne un aperçu de ces développements de pointe. La variété des projets présentés démontre également le potentiel considérable pour des collaborations interdisciplinaires.

LABORATOIRES

ASPG	Applied Signal Processing Group	01
BIROB	Laboratoire de biorobotique	08, 31
CNBI	Defitech Chair in Brain-Machine Interface	02
CSS	Centre sport et santé du Service des sports UNIL/EPFL	32
CVLAB	Laboratoire de vision par ordinateur	22, 27, 28, 35, 39
eM+	Laboratoire de muséologie expérimentale	30
ESL	Laboratoire des systèmes embarqués	07, 09
FIMAP	Laboratoire des fibres et matériaux photoniques	18
HERUS	Laboratoire de relations humaines-environnementales dans les systèmes urbains	36
IIG	Groupe de recherche en interaction immersive	29
INDY1	Laboratoire de la dynamique de l'information et des réseaux 1	40
LASA	Laboratoire d'algorithmes et systèmes d'apprentissage	17
LASUR	Laboratoire de sociologie urbaine	37
LCA1	Laboratoire pour les communications informatiques et leurs applications 1	34
LCAV	Laboratoire de communications audiovisuelles	41
LISP	Laboratoire de physiologie intégrative et systémique	06
LMAF	Laboratoire de mécanique appliquée et d'analyse de fiabilité	14
LMAM	Laboratoire de mesure et d'analyse des mouvements	10, 11, 16, 23, 24, 25, 26
LPAC	Laboratoire de mise en œuvre de composites à haute performance	12, 13
LPSY	Laboratoire de psychophysique	05
LQM	Laboratoire de magnétisme quantique	15
LSBI	Laboratory of Soft Bioelectronic Interfaces	03
LSIR	Laboratoire de systèmes d'information répartis	33
LSM	Laboratoire de systèmes microélectroniques	38
LTS2	Laboratoire de traitement des signaux 2	38
NANOLAB	Laboratoire des dispositifs nanoélectroniques	04
REHAssist	Rehabilitation and Assistive Robotics	19
RRL	Laboratoire de robotique reconfigurable	20

PROJETS

QUANTIFICATION DE SOI

- 01 Techniques avancées de traitement des signaux
- 02 Un électroencéphalogramme portable pour des mesures sur le terrain
- 03 La prochaine génération de capteurs portables pour le sport
- 04 Xsensio : pour des mesures physiologiques impossibles avec des capteurs traditionnels
- 05 Qualification de la perception des professionnels du tennis
- 06 Comprendre les fonctions mitochondriales et leur impact sur la performance des athlètes
- 07 Inyu : un système d'analyse de l'état de santé globale portable
- 08 Un avatar permettant d'estimer la dépense énergétique de différents styles de marche
- 09 Objets connectés intelligents et autonomes pour des outils de médecine préventive
- 10 DiMo : «digital motion», le mouvement numérique dans le sport, le fitness et le bien-être
- 11 Informations objectives pour prévenir les blessures

ÉQUIPEMENTS

- 12 CompPair : des matériaux composites et polymères autoréparant pour le sport
- 13 Des matériaux composites et polymères optimisés pour le sport
- 14 Optimisation du dimensionnement de structures composites pour des équipements sportifs
- 15 Utilisation des matériaux magnétiques dans le sport
- 16 Prévention des risques de blessures lors de courses de ski alpin
- 17 Contrôle adaptatif et rapide pour attraper et lancer des objets
- 18 Fibres et textiles intelligents
- 19 Twiice : l'utilisation de la robotique dans le sport donne accès à de nouveaux horizons
- 20 Vêtements actifs pour mesurer le mouvement et fournir des données physiques
- 21 Voxcell : nouveaux matériaux pour réduire les commotions et les traumatismes crâniens
- 22 Neural concept : outil d'optimisation basé sur l'intelligence artificielle pour le design

MOUVEMENT ET POSITION

- 23 Wattsup : un compteur de puissance pour la course à pied
- 24 Athlétisme : détection du passage des haies dans un 400 mètres
- 25 SmartSwim : système d'analyse intelligent de la natation pour l'apprentissage et l'entraînement
- 26 Ski de fond et ski de randonnée : optimiser sa performance pour réduire la dépense énergétique
- 27 Suivi des joueurs lors des matches de basketball
- 28 Estimation de posture humaine et du mouvement d'un joueur en 3D
- 29 Un avatar pour améliorer les mouvements
- 30 Bilan sportif automatisé et programme d'entraînement personnalisé
- 31 Modélisation numérique de la locomotion humaine

ANALYSES DE DONNÉES

- 32 Katapult : un catalyseur de performance pour les athlètes
- 33 LinkAlong analyse les réseaux sociaux et le web social
- 34 SecureRun : protection des données dans les services géo-localisés
- 35 Anemomind : un outil d'optimisation des performances nautiques
- 36 Motivations et barrières sociales pour des régimes sains et durables

EXPÉRIENCE SPECTATEUR

- 37 Infrastructures et aménagements urbains favorisant le bon déroulement d'événements sportifs
- 38 Panoptic : une caméra 360 degrés en temps réel
- 39 Augmentation d'information lors des retransmissions
- 40 Kickoff.ai : une plateforme de prédictions de résultats de match de foot
- 41 Processeur audio «beamforming» pour microphones

QUANTIFICATION DE SOI

L'athlète est au cœur de la performance sportive.

Les derniers développements technologiques permettent de mesurer des paramètres physiologiques, de mieux disséquer la performance et d'optimiser l'entraînement. Ces approches déployées pour les performances sportives des athlètes peuvent être appliquées à l'activité sportive pour tous, contribuant à la santé au quotidien.

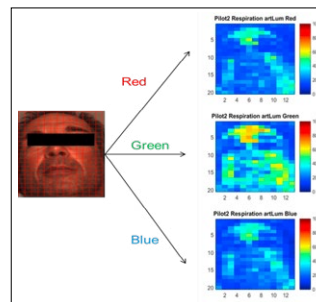


COMMENT TRAITER DE MANIÈRE OPTIMALE DES SIGNAUX BIOLOGIQUES MESURÉS, TELS QUE LE RYTHME CARDIAQUE, POUR OBTENIR DES RÉSULTATS QUALITATIFS ET UTILES ?

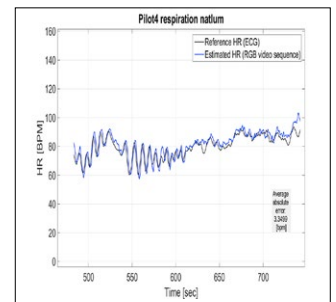
TECHNIQUES AVANCÉES DE TRAITEMENT DES SIGNAUX

Dans le sport, la surveillance de signaux biologiques comme le rythme cardiaque ou la qualité du sommeil est de plus en plus utilisée. Le groupe de recherche de traitement des signaux appliqués (ASPG) s'est spécialisé dans le développement de techniques avancées de traitement des signaux, principalement pour le domaine biomédical et sportif. Ainsi, le Dr Jean-Marc Vesin et son équipe ont participé au projet ObeSense du Laboratoire des systèmes embarqués (ESL). Le groupe ASPG a développé des compétences dans l'analyse des activités enregistrées par électrocardiogramme, l'analyse de la variabilité du rythme cardiaque, l'extraction de l'activité respiratoire sans capteur direct.

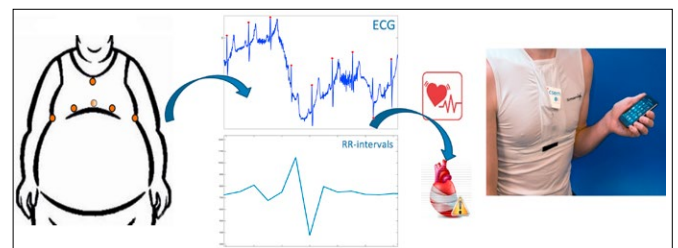
Plus récemment, l'ASPG a proposé un projet en collaboration avec l'Institut des sciences du sport de l'UNIL (ISSUL) pour l'étude de l'effet de l'âge sur les paramètres cardio-vasculaires et la qualité du sommeil. En matière de traitement des signaux, d'autres applications liées au sport sont aussi possibles. L'ASPG développe des compétences dans l'estimation du rythme cardiaque avec un minimum de désagrément pour l'athlète. Mais aussi des compétences pour estimer la qualité du sommeil et contrôler les performances. Les développements de nouveaux systèmes de capteurs embarqués comme les textiles intelligents ouvrent de nouveaux horizons pour le sport. Mais la qualité moyenne des signaux récoltés par ces systèmes ainsi que le manque de techniques analytiques complexes donnent aux outils avancés de traitement de signaux tout leur sens.



Estimation du rythme cardiaque à partir de la vidéo.



Estimation du rythme cardiaque à partir de la vidéo.



Extraction robuste du rythme cardiaque.



Prise de données sur un sportif dans un environnement contrôlé.

MESURER L'ACTIVITÉ CÉRÉBRALE POUR ÉTUDIER LA PERCEPTION ET LES CAPACITÉS COGNITIVES DES ATHLÈTES EN ACTION

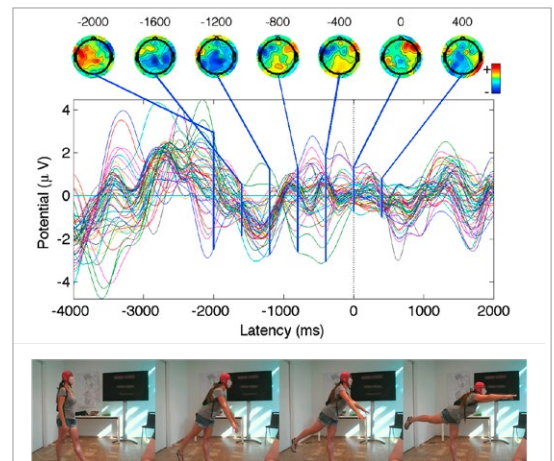
UN ÉLECTROENCÉPHALOGRAMME PORTABLE POUR DES MESURES SUR LE TERRAIN

Comment le cerveau d'un athlète perçoit-il et répond-il à son environnement pendant l'activité sportive? A quel point les athlètes prennent-ils conscience de leur activité, et comment cette perception affecte-t-elle la performance sportive? Ces questions sont centrales pour aborder la performance sportive. La chaire de l'EPFL en interfaces cerveau-machine, dirigée par le Prof. Millán, s'emploie à mieux les comprendre.

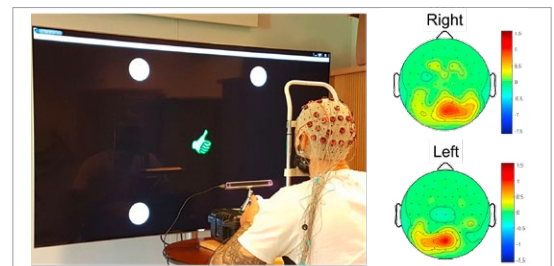
En collaboration avec le Laboratoire de psychologie du sport du Prof. Hauw de l'UNIL et le Prof. Staderini de la HEIG-VD, nous avons développé une perspective neuro-phénoménologique. Analyser les signatures cérébrales des athlètes en action dans différentes conditions, complétées par des appréciations personnelles sous forme d'interviews, permet d'établir une vision de la manière dont le cerveau de l'athlète contribue à élaborer l'expérience d'une performance de haut niveau.

De plus, en collaboration avec A. Lecuyer de l'INRIA de Rennes, et R. Kulpa et B. Bideau de l'Université de Rennes 2, nous étudions comment le contrôle cognitif et l'attention visuo-spatiale affectent la performance. Ces études utilisent la réalité virtuelle et l'analyse neurophysiologique pour développer des stratégies de neurofeedback visant à améliorer les aptitudes cognitives nécessaires aux activités sportives.

Ces efforts apporteront une meilleure compréhension des processus cérébraux destinés à induire et promouvoir la haute performance dans le sport. Ils montrent la voie vers de nouveaux outils visant à suivre la condition de l'athlète et à développer des méthodes d'entraînement novatrices.



Enregistrement synchronisé de l'activité EEG et vidéo lors de la préparation et exécution d'une activité de gymnastique (Collaboration EPFL, UNIL, HEIG-VD).



(gauche) Test neuropsychologique d'attention visuelle chez les gardiens de but. (droite) Schémas d'activité EEG montrent une activité latéralisée corrélée avec l'emplacement du focus d'attention visuelle (Collaboration EPFL, INRIA, U. Rennes).

03 QUANTIFICATION DE SOI



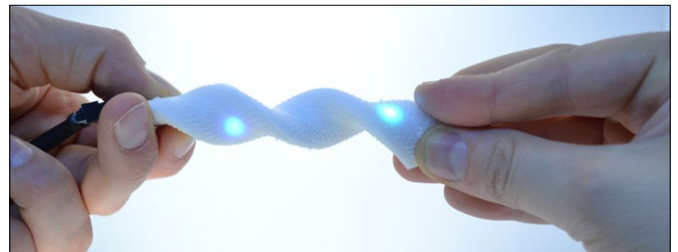
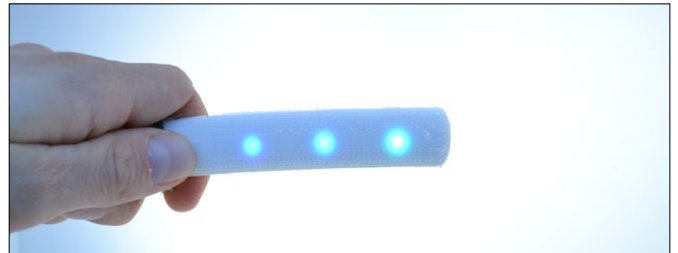
COMMENT PERMETTRE LA MESURE DE PARAMÈTRES PHYSIOLOGIQUES LORS DE LA PRATIQUE SPORTIVE EN TOUT CONFORT POUR L'UTILISATEUR

LA PROCHAINE GÉNÉRATION DE CAPTEURS PORTABLES POUR LE SPORT

Les athlètes et entraîneurs professionnels utilisent quotidiennement des systèmes de capteurs électroniques portables, par exemple pour mesurer la position, le rythme cardiaque ou le niveau d'activité.

Ces dispositifs prennent la forme de boîtes en plastique rigides attachées au corps de l'athlète au moyen d'un harnais ou un bracelet, ce qui limite leur utilisation à certaines parties du corps. Cela peut également entraîner un inconfort pour l'athlète lors d'une utilisation prolongée ou encore rendre les données collectées imprécises à cause du mouvement relatif des dispositifs de mesure par rapport à la peau ou au squelette. Afin de dépasser ces limites, il est nécessaire de proposer des systèmes portables qui imitent la peau et se conforment au corps et aux mouvements des athlètes.

La solution inventée au LSBI permet de concevoir et de fabriquer des dispositifs portables avec une robustesse et une souplesse mécanique sans précédent. Des modules électroniques standard sont distribués, interconnectés et intégrés dans des élastomères pour construire la nouvelle génération de bracelets, bandeaux ou patches intelligents. Des jauges de contrainte épidermiques permettant de capter le mouvement des doigts ont été fabriquées et testées avec succès dans le laboratoire. Les futurs développements consisteront à construire des systèmes embarqués disposants de capteurs digitaux - mouvement et température par exemple - et de fonctions de communication sans fil.



Electronique intégrée à un bracelet souple.

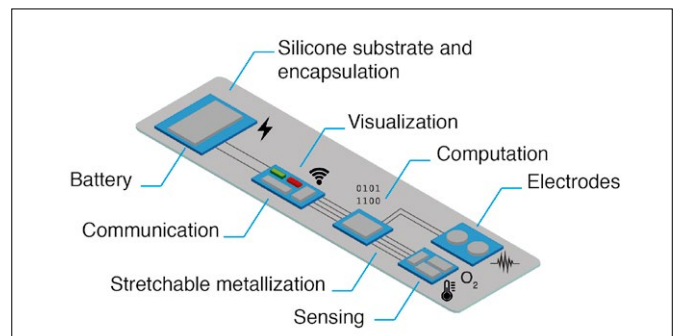


Schéma de connectique représentatif des composants pouvant être intégrés.

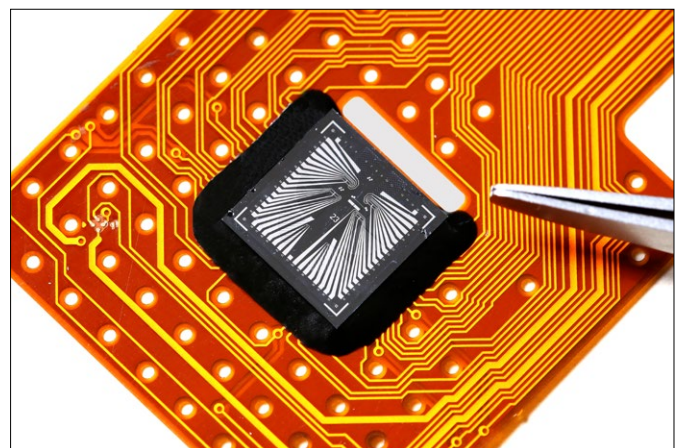
UN LABORATOIRE MINIATURISÉ POUR DES MESURES À MÊME LA PEAU PERMETTANT LE SUIVI DE SANTÉ ET DE PERFORMANCE SANS ENTRAVER L'ACTIVITÉ

XSENSIO : POUR DES MESURES PHYSIOLOGIQUES IMPOSSIBLES AVEC DES CAPTEURS TRADITIONNELS

Les technologies wearable n'offrent aujourd'hui qu'un aperçu de l'état physique d'une personne, avec des informations limitées et souvent inexactes collectées sur le corps, essentiellement avec le suivi de l'activité et du sommeil et la surveillance de la fréquence cardiaque. Pour obtenir une image plus précise de la santé et du bien-être d'un individu, l'information biochimique doit être prise en compte. Ceci est généralement fait avec un test sanguin, un processus précis, mais invasif et certainement pas continu: il donne seulement un instantané à un moment donné. Très souvent cependant, ce qui est intéressant est ce qui se passe entre ces instantanés, pour capturer des changements subtils dès le début. La sueur offre une alternative non invasive très prometteuse aux tests sanguins: elle est produite en continu par le corps, disponible de manière non intrusive pour les tests et, plus important encore, elle est riche en biomarqueurs. De plus, la communauté médicale évalue régulièrement la sueur pour la détection de la mucoviscidose, l'abus de drogues et l'optimisation de la performance sportive en milieu hospitalier.

Xsensio étend considérablement le potentiel des produits wearable avec le développement d'une puce portable unique Lab-on-Skin™ qui analyse en continu les biomarqueurs à la surface de la peau pour four-

nir des informations de santé en temps réel. La puce de 1 x 1 cm peut contenir des milliers de capteurs miniatures de Xsensio, chacun modulé pour cibler un biomarqueur spécifique d'intérêt, par ex. électrolytes, protéines, molécules, hormones - pour surveiller un état de santé spécifique. La puce portable Lab-on-Skin™ a été développée en collaboration avec l'EPFL Nanolab.



Puce Lab-on-Skin™.



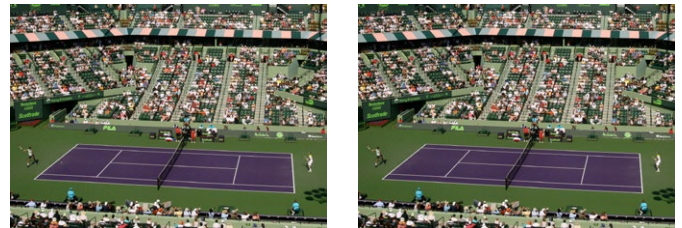
QUEL EST L'EFFET DE LA COMPÉTENCE VISUELLE SUR LA PERFORMANCE SPORTIVE ?

QUALIFICATION DE LA PERCEPTION DES PROFESSIONNELS DU TENNIS

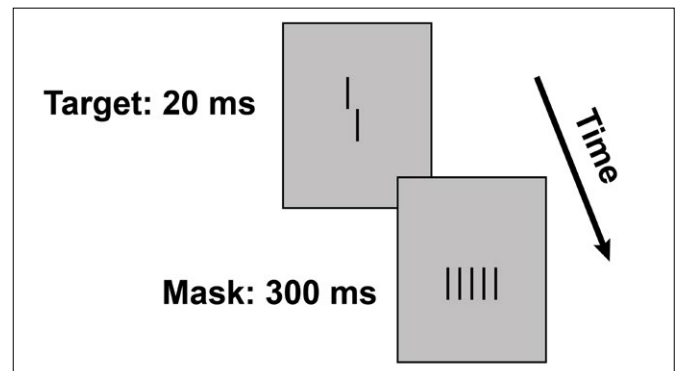
Est-ce que les professionnels du tennis ont de meilleures compétences visuelles que la moyenne des gens? Quel est le rôle de la perception visuelle des athlètes?

Dans le tennis, comme dans beaucoup d'autres sports, une excellente échelle spatio-temporelle en termes de vision est nécessaire pour atteindre des performances optimales. Jusqu'à présent, les études se sont concentrées sur les capacités d'anticipation ou de prise de décision. Le Laboratoire de psychophysique (LPSY) s'est penché lui sur le lien entre capacité de perception visuelle et capacité d'anticipation et de prise de décision. Dans ce projet, une série de sept tests visuels ont été menés pour déterminer quelle partie du traitement de l'information visuelle est meilleure chez les joueurs de tennis que chez des triathlètes ou des personnes non sportives.

Les résultats du projet ont montré que certaines compétences relatives à la temporalité comme par exemple la capacité à percevoir la vitesse d'un objet, sont meilleures chez les joueurs de tennis que chez les non sportifs et les triathlètes. De telles données permettent d'optimiser les performances des joueurs de tennis dans le futur, sachant quels sont leurs points forts et les compétences visuelles qu'ils développent à la pratique de leur sport. De telles approches pourront être déclinées dans d'autres sports.



Exemple d'images, en relation avec le tennis avec (à gauche) ou sans (à droite) balle de tennis, présentées aux participants de cette expérience. Le test avait pour but de comparer la correcte détection de la balle par les joueurs de tennis comparé aux participants triathlètes et non sportifs lorsque les images sont présentées durant un laps de temps très court (13 ms). (Image d'origine : Alex Lee).



Exemple de stimulus utilisé pour étudier le traitement temporel des informations visuelles. Deux segments verticaux, dont celui du bas peut être à la droite ou à la gauche de celui du haut, est présenté durant une très courte période, suivit rapidement d'un masque (une série de segments verticaux alignés). Le participant doit déterminer si le premier segment du bas était à la droite ou à la gauche du segment supérieur.

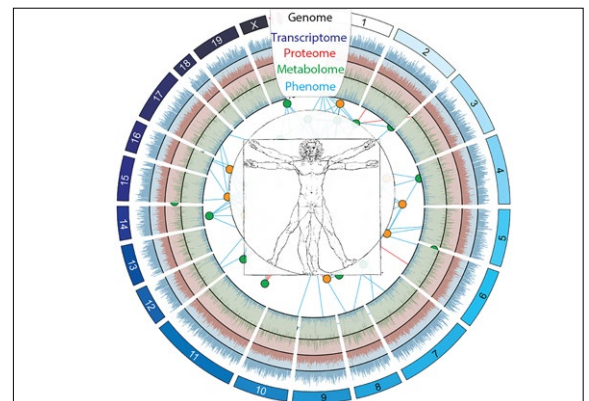
QUEL EST L'IMPACT DES FONCTIONS MITOCHONDRIALES SUR LES PERFORMANCES, SACHANT QU'ELLES SONT RESPONSABLES DE LA GÉNÉRATION DE L'ÉNERGIE DANS LES CELLULES ?

COMPRENDRE LES FONCTIONS MITOCHONDRIALES ET LEUR IMPACT SUR LA PERFORMANCE DES ATHLÈTES

Comment le régime alimentaire et la pratique d'exercices physiques impactent l'énergie produite dans les cellules ? Comment combiner alimentation et exercices au mieux ?

Le Laboratoire de physiologie intégrative et systémique (LISP), dirigée par le professeur Auwerx, se penche sur l'étude des fonctions mitochondriales par une approche qui permet de cartographier les réseaux de signaux gouvernant ces fonctions et régulant le métabolisme de l'organisme par rapport à la santé, l'âge ou la maladie. Les mitochondries sont des organites internes aux cellules dont la fonction principale est de fournir à ces dernières l'énergie dont elles ont besoin pour survivre et pour effectuer les fonctions qu'elles sont censées remplir. Les outils biologiques sont utilisés par le LISP pour étudier une variété de modèles de systèmes vivants allant des plantes et des vers aux souris et aux humains. Dans le cas de l'humain, les fonctions mitochondriales ont une influence directe sur la performance sportive puisqu'elles impactent l'énergie distribuée aux cellules. Leur compréhension permet une optimisation des entraînements et des régimes pour perfectionner la pratique d'un sport.

Le LISP s'est penché sur les variations de fonctions mitochondriales chez les vers et les souris pour mesurer les effets sur la performance des animaux. Ces études ont permis de mettre à jour des fonctionnements particuliers applicables aux performances humaines, et donc aux performances sportives.



Complexité de l'activité mitochondriale démontrée par une approche systémique.



Structure d'une cellule.



UN APPAREIL PORTABLE POUR MESURER L'ÉLECTROCARDIOGRAMME, L'ACTIVITÉ PHYSIQUE ET LA TENSION ARTÉRIELLE ET ÉVALUER LES BIENFAITS DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE

INYU: UN SYSTÈME D'ANALYSE DE L'ÉTAT DE SANTÉ GLOBALE PORTABLE



Prototype de laboratoire avec électrodes séparées.



Produit développé par SmartCardia.

Comment les activités physiques peuvent-elles, en complément d'une nutrition saine, permettre aux individus d'être en meilleure forme physique possible? Pour le savoir, le Laboratoire de systèmes embarqués de l'EPFL (ESL) a développé avec la startup SmartCardia SA un système d'électrocardiogramme portable et des algorithmes d'analyse qui mesurent le signal cardiovasculaire (ECG délinéation et filtre anti-bruit), le niveau d'activité et le niveau de stress.

Au moyen d'une surveillance quotidienne des activités physiques de personnes aux profils différents, le projet a permis de lier le niveau de santé global à l'activité physique, la nutrition et au niveau de stress engendré par l'activité. Il a ainsi été possible de :

- Chez les athlètes - quantifier le niveau d'activité physique et définir le stress généré lorsqu'ils n'atteignent pas leurs objectifs de performance.
- Chez les personnes au niveau d'activité moyen - montrer une réduction claire du stress lors de la pratique régulière d'une activité physique.
- Pour une population obèse - démontrer que si une activité physique régulière est nécessaire pour réduire le surpoids, elle peut aussi être une cause de stress.

UN MODÈLE NUMÉRIQUE DE SIMULATION DE LA MARCHÉ POUR PRÉDIRE LA DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE ET DÉFINIR DES EXERCICES DE MARCHÉ PERSONNALISÉS

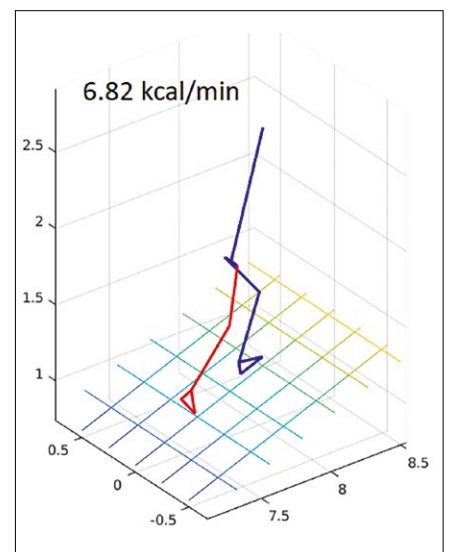
UN AVATAR PERMETTANT D'ESTIMER LA DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE DE DIFFÉRENTS STYLES DE MARCHÉ

Les exercices de courses stimulent différents muscles des jambes et nécessitent une consommation d'énergie plus élevée. Cependant, beaucoup de personnes âgées ou obèses préfèrent marcher au bord d'un lac ou dans un parc pour s'aérer. Serait-il possible de trouver un moyen d'augmenter le travail des muscles et de brûler plus de calories durant ces marches ?

Les chercheurs du Laboratoire de biorobotique de l'EPFL (BIROB) ont développé un modèle numérique complexe de simulation de marche permettant de prédire la dépense énergétique de la marche humaine. Cet avatar peut reproduire différents types de morphologies (masse et taille) et simuler des masses attachées au corps de la personne (par exemple sac à dos ou chaussures).

Lorsqu'ils marchent, les humains optimisent leur démarche pour atteindre les niveaux de dépense énergétique les plus bas. Cependant, la modification intentionnelle des paramètres de la démarche peut augmenter le niveau d'énergie. L'avatar peut immédiatement estimer le surcoût énergétique et ainsi définir des exercices de marche personnalisés et maîtrisés dans des niveaux de dépense énergétique et de fréquence cardiaque raisonnables. Ces exercices incluent des marches en terrain incliné, des changements de fréquence de pas, de lever plus les pieds, d'augmenter l'inclinaison du torse en avant, d'augmenter la longueur des pas ou la vitesse de marche. Le logiciel peut être intégré à des dispositifs de mesure de la marche physique pour créer une application mobile interactive. Il fournit également diverses fonctionnalités pour l'analyse clinique de la marche.

Cet outil de simulation ouvre aussi de nouvelles opportunités pour l'analyse des entraînements et l'optimisation énergétique. Il permettrait aux athlètes et aux entraîneurs de modifier leurs mouvements pour économiser de l'énergie et améliorer leurs performances.



L'avatar marchant sur des terrains inclinés et fournissant une énergie estimée.

COMMENT SURVEILLER SON ÉTAT DE BIEN-ÊTRE ET DISPOSER DE MESURES FIABLES POUR ESTIMER SI NOUS AVONS L'ÉNERGIE REQUISE POUR NOS ACTIVITÉS QUOTIDIENNES SANS S'ÉPUISER

OBJETS CONNECTÉS INTELLIGENTS ET AUTONOMES POUR DES OUTILS DE MÉDECINE PRÉVENTIVE

Plus nos besoins physiologiques sont grands, plus nos besoins en oxygène augmentent ce qui implique une adaptation de notre système cardio-vasculaire. Que l'on soit dans le cas d'étudiants peu entraînés par manque de temps ou d'une population plus active avec des entraînements beaucoup plus conséquents, les activités sont toutes gérées par des adaptations de notre métabolisme et de notre système cardiovasculaire contrôlées par le système nerveux. En effet, notre système nerveux central reçoit des informations de tout notre corps et module le cœur et toute activité physiologique afin de répondre aux demandes dynamiques de notre activité quotidienne. En conséquence, la variabilité de la fréquence cardiaque est une méthode établie pour détecter la fatigue et une des mesures clés pour mesurer le niveau de stress.

Les dernières technologies portables, telles que les smartwatches ou les smartbands, permettent une surveillance précise et en temps réel de la fréquence cardiaque et de sa variabilité, ainsi que la mesure des variations de la fréquence respiratoire au cours de la journée. Grâce à l'expertise du Laboratoire des systèmes embarqués de l'EPFL (ESL), ces paramètres sont d'abord prétraités et analysés dans des dispositifs portables intelligents. Les résultats validés sont ensuite transmis à l'infrastructure de santé dans le Cloud où des algorithmes avancés d'apprentissage automatique développés par BeCare évaluent la fatigue (ou stress physique) pour chaque personne en fonction de son activité physique quotidienne et de ses antécédents



Prototype de laboratoire avec capteurs séparés.

physiologiques. Enfin, à l'aide de cette estimation et sur la base de l'expertise de l'UNIL, certaines recommandations peuvent être envoyées à l'utilisateur (ainsi qu'aux entraîneurs physiques) afin d'améliorer le processus de récupération ou de modifier les habitudes quotidiennes.

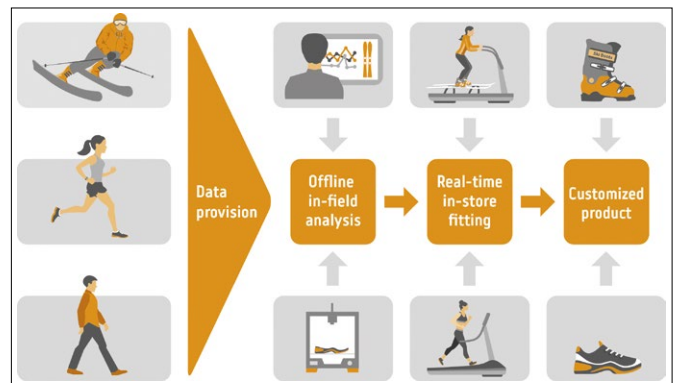
Ce système complet intégrant des technologies intelligentes portables à du machine learning hébergé dans le cloud permet des programmes d'entraînement personnalisés, à la fois pour optimiser l'entraînement des athlètes et pour offrir un style de vie plus sain (et plus actif) aux personnes sédentaires. En outre, il peut être utilisé comme outil de prévention pour réduire le risque de pathologies physiologiques à long terme. Les premiers essais ont déjà été réalisés en collaboration avec le centre sportif UNIL-EPFL.

COMMENT MESURER UNE EXPÉRIENCE SPORTIVE AGRÉABLE POUR AUGMENTER LA MOTIVATION ET LA PERFORMANCE ?

DIMO: «DIGITAL MOTION», ANALYSE DU MOUVEMENT, FITNESS ET BIEN-ÊTRE

Nous pensons que ce n'est plus le « combien de temps » ou le « combien de fois » qui sont important mais le « est-ce que c'est plaisant », « est-ce que c'est efficace » ou le « comment je me sens » qui sont aujourd'hui les préoccupations fondamentales des gens. Dans un contexte de « Digital Motion, analyse du mouvement, fitness et bien-être » (DiMo), de multiples capteurs intégrés à des produits seront utilisés pour obtenir des données biomécaniques et psychologiques, afin d'aider les consommateurs via de nouveaux concepts intuitifs d'interaction homme-machine à vivre une expérience agréable dans divers sports. Plus encore, DiMo vise à fournir des informations et recommandations pertinentes en temps réel et/ou hors ligne sur le mouvement et les émotions. L'objectif étant d'augmenter la motivation, d'améliorer les performances ainsi qu'une meilleure connaissance de soi et une augmentation du bien-être.

Dans un premier temps, le Laboratoire de mesure et d'analyse des mouvements (LMAM) de l'EPFL va utiliser des caractéristiques biomécaniques issues de capteurs inertiels (IMU), des paramètres physiologiques issus d'un électrocardiogramme (ECG) et des informations psychologiques issues de questionnaires sur l'effort perçu, afin d'évaluer la fatigue pendant la pratique de la course à pieds et du ski. Les algorithmes développés sur ces données aideront à mieux comprendre les données biomécaniques et psychophysiologiques dans des conditions de course réelles, conçues pour minimiser les risques de blessures, améliorer les performances et la motivation.



Personnalisation des équipements en laboratoire (avant et après le pratique)



Skieur équipé de capteurs inertiels.



PRÉVENTION DES BLESSURES DANS LE SPORT : ÉVALUATION OBJECTIVE DE LA CHARGE D'ENTRAÎNEMENT ET DU SURENTRAÎNEMENT À L'AIDE DE CAPTEURS PORTABLES

INFORMATIONS OBJECTIVES POUR PRÉVENIR LES BLESSURES



Unités de mesure inertielles portées au pied (Physilog 5).

Le surentraînement, en raison d'une charge d'entraînement excessive avec une récupération insuffisante, augmente le risque de blessures chez les athlètes et constitue donc un problème important dans le sport. En particulier dans les sports individuels tels que la natation, la course à pied, le triathlon et le cyclisme, des charges d'entraînement excessives sont la principale cause de blessures de fatigue et d'usure. En conséquence, il est important de mesurer les charges d'entraînement pour éviter le surentraînement.



Unité de mesure inertielle, capteur ECG et GPS (Fieldwiz) portés dans le dos.

L'objectif principal du projet est de remédier à ce problème grâce à une surveillance précise et objective de la charge d'entraînement et à la conception de systèmes permettant de prévoir les charges d'entraînement optimales et d'empêcher le surentraînement. Ce projet vise à développer des algorithmes, basés sur une configuration de capteur portable, permettant d'estimer la charge d'entraînement interne et externe de l'athlète au cours de ses séances d'entraînement. Les informations sur la charge d'entraînement seront complétées par l'évaluation de la réponse à la fatigue pendant l'entraînement, ce qui permettra de créer un profil d'entraînement personnalisé pour l'athlète.

Le Laboratoire de mesure et d'analyse des mouvements (LMAM) de l'EPFL utilisera son expertise en mesure et ses connaissances en biomécanique pour faire évoluer la surveillance des charges d'entraînement au-delà des méthodes heuristiques couramment utilisées, basées sur l'expérience personnelle et tenant compte de l'individualité de l'athlète. Le système produira des informations objectives et fiables dans des conditions d'entraînement réelles, interprétées directement par les athlètes ou leurs entraîneurs afin de concevoir une charge d'entraînement optimale et de réduire les risques de blessures.

ÉQUIPEMENTS

L'équipement est la prolongation de l'athlète. Son développement doit favoriser les performances de haut niveau tout en répondant aux contraintes de sécurité et d'intégrité de l'athlète.

L'équipement est nécessaire à tous les sports pour optimiser les performances de haut niveau et peut se révéler crucial lorsqu'il s'agit de rester compétitif. Mais sa composante la plus importante est la garantie de sécurité et d'intégrité physique qu'il apporte à l'athlète. Les derniers développements technologiques en matière d'équipement sont aussi profitables aux sportifs de loisir qui ont ainsi le plaisir de pratiquer leur sport avec tout le confort nécessaire.

COMMENT AUGMENTER LA DURÉE DE VIE DES ÉQUIPEMENTS POUR UNE MEILLEURE DURABILITÉ

COMPAIR : DES MATÉRIAUX COMPOSITES ET POLYMÈRES AUTORÉPARANT POUR LE SPORT

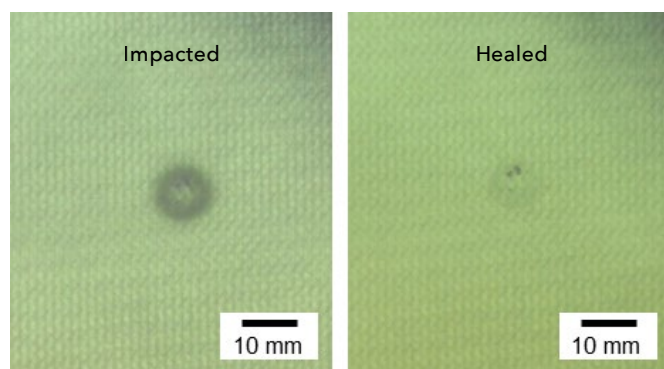
Un matériau composite bio-inspiré permettant de réparer très facilement des endommagements et de mieux gérer le recyclage en fin de vie des pièces.

Le développement des matériaux est souvent basé sur le principe de prévention de l'endommagement qui implique un surdimensionnement à la conception. Cependant, les mécanismes naturels reposent sur une philosophie inverse où l'endommagement est défini comme inévitable et différents mécanismes de réparation interviennent pour contrer sa présence et/ou le réparer. Le concept d'autoréparation des matériaux est basé sur cette observation et s'appuie sur la gestion de l'endommagement plutôt que sa prévention. L'intégration d'une fonctionnalité d'autoréparation dans les composites a suscité beaucoup d'intérêt de recherche ces dernières années. Le défi consistant à intégrer fonctionnalité tout en gardant des propriétés mécaniques similaires aux systèmes commerciaux.

Le Laboratoire de mise en œuvre de composites à haute performance (LPAC) a développé de tels matériaux qui sont désormais commercialisés au travers de sa spin-off CompPair. Le concept a été validé à taille réelle en fabricant une pièce typique de l'industrie aérospatiale. L'utilisation de tels matériaux dans des applications sportives où les équipements subissent des chocs (surf, hockey ou kayak) semble particulièrement indiquée.



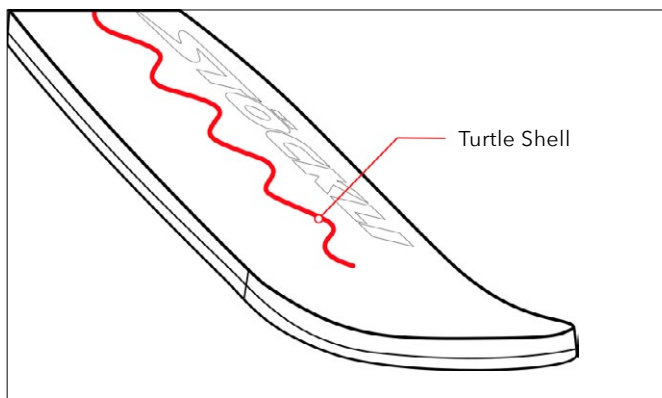
Pièce aéronautique autoréparante.



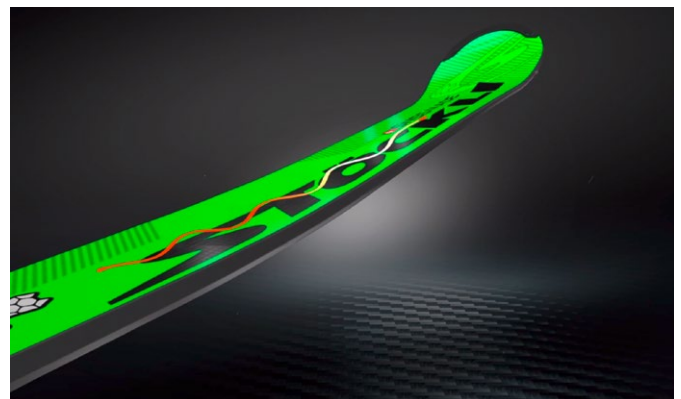
Démonstration d'un défaut avant et après réparation.

COMMENT OPTIMISER LES MATÉRIAUX COMPOSITES POUR CONSTRUIRE DES ÉQUIPEMENTS QUI RÉPONDENT PARFAITEMENT AUX ATTENTES DES SPORTIFS

DES MATÉRIAUX COMPOSITES ET POLYMÈRES OPTIMISÉS POUR LE SPORT



Structure inspirée des carapaces de tortue.



Nouvelle génération de ski ommercialisée par Stöckli.

Quel matériau utiliser pour quelle application et quelles seront les propriétés obtenues? Comment fabriquer ce matériau pour en retirer la meilleure performance? Comment gérer sa durée de vie lors de son utilisation? Ces questions sont importantes pour bon nombre de sports, particulièrement aujourd'hui où de plus en plus de matériaux composites et polymères sont utilisés.

Le Laboratoire de mise en œuvre de composites à haute performance (LPAC) est spécialisé dans la fabrication et l'analyse de matériaux composites et polymères. Les compétences de mise en œuvre des matériaux permettent d'optimiser les propriétés des structures en fonction de l'utilisation. Les derniers développements cherchent à rendre le matériau intelligent, que ce soit en intégrant des fibres optiques pour mesurer les déformations de la

structure en utilisation, des actuateurs permettant de modifier le comportement dynamique de la structure, l'ajout de fonctionnalités permettant la réparation de défauts et le recyclage ou en effectuant des dimensionnements permettant de contrôler la déformation de la pièce sous charge.

Ce dernier point, qui permet d'avoir une pièce dont la rigidité varie en fonction de la déformation à laquelle il est soumis, a été appliqué dans un premier projet sportif de développement au LPAC. Ce projet a permis de développer un ski qui est souple lorsqu'il est soumis à peu de pression et se rigidifie lorsque la déformation s'accroît sous la poussée, la vitesse ou la pression. Ce comportement permet d'avoir un meilleur confort ainsi qu'un meilleur contrôle de la trajectoire.



DESIGN DE STRUCTURES COMPOSITES POUR OPTIMISER LA PERFORMANCE

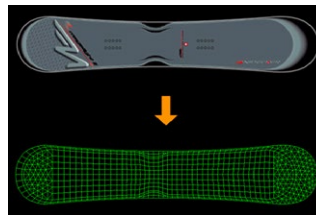
OPTIMISATION DU DIMENSIONNEMENT DE STRUCTURES COMPOSITES POUR DES ÉQUIPEMENTS SPORTIFS

Pour gagner en performance, les équipements sportifs doivent être toujours plus légers et plus rigides. La question est alors : comment les dimensionner de façon optimale pour obtenir les performances escomptées ?

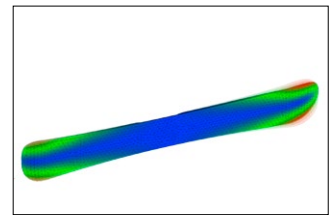
Les équipements sportifs font de plus en plus appel à des matériaux composites pour atteindre les performances de légèreté et de rigidité. Le choix des composants, de la nature des fibres de renfort et de leur orientation permet de contrôler les propriétés de la pièce finale. Une simulation numérique donnant des informations sur les sollicitations mécaniques de la pièce et des propriétés des matériaux mesurées en laboratoires permet d'optimiser le design. Une instrumentation de la pièce - grâce à l'intégration de fibres optiques mesurant les déformations et les efforts dans la structure - permet de vérifier le comportement dynamique de la pièce en situation et ainsi de valider les dimensionnements. Cette démarche a été appliquée par le Laboratoire de mécanique appliquée et d'analyse de fiabilité lors de nombreux projets. En particulier pour le développement de snowboards ou de foils de bateaux.



Simulation des contraintes et des déformations sur l'Hydroptère.



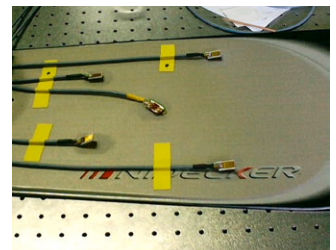
Modélisation d'un snowboard par éléments finis.



Simulation d'un snowboard.



Banc d'essai du snowboard instrumenté.



Instrumentation d'un snowboard.

FIXATION RAPIDE, MOYEURS SANS FROTTEMENTS, CAPTEURS DE MOUVEMENT... QU'EST CE QUE LE MAGNÉTISME PEUT APPORTER AU SPORT ?

UTILISATION DES MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES DANS LE SPORT

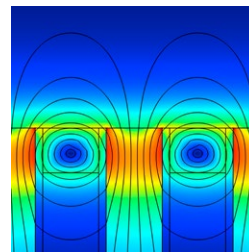
Les matériaux magnétiques et leurs forces à distance peuvent offrir de nouvelles solutions pour les équipements sportifs. Comment rendre magnétique un matériau, un objet, pour le fixer sur un autre en contrôlant la force de la fixation ainsi que la suppression du champ magnétique par voie électronique, permettant de libérer l'assemblage quand c'est nécessaire ?

Le Laboratoire de magnétisme quantique (LQM) se penche sur les possibilités de fixation pour les équipements sportifs. Le laboratoire a développé de solides compétences dans la maîtrise des phénomènes magnétiques. Cette expertise peut être utilisée pour dimensionner et développer des matériaux et en optimiser les propriétés magnétiques en fonction des usages prévus. Il est dès lors possible de contrôler les forces d'adhésion. Cette expertise a été utilisée en collaboration avec le Laboratoire de mise en œuvre de composites à haute performance (LPAC) et l'entreprise POMOCA dans le développement d'une nouvelle génération de peaux de phoque.

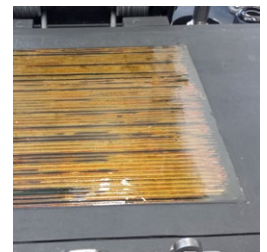
En couplant ces développements avec des aimants actifs dont le champ peut être interrompu par contrôle électronique, on peut maîtriser la fixation et sa libération. Dans le domaine du sport, une telle compétence peut s'appliquer à de nombreuses situations. On peut imaginer des chaussures fixées par magnétisme sur les skis. Une puce électronique mesurant les efforts permettrait de mieux contrôler la libération de la fixation en cas de chute. De même, l'attache des chaussures de vélo aux pédales pourrait être magnétique. De telles applications ouvrent de nouvelles perspectives en matière d'équipement et permettront d'optimiser des systèmes de fixation dans divers sports.

En plus des applications du magnétisme pour les équipements sportifs, le LQM met à disposition ses diverses expertises dans

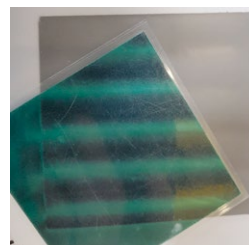
les techniques de mesure et l'analyse de données lors de diverses études, allant du soutien au UCI pour le combat de la fraude technologique dans le cyclisme jusqu'à des analyses d'efficacité biomécanique du pédalage.



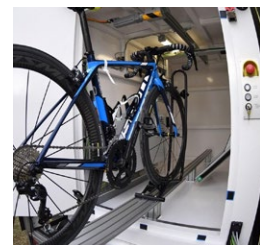
Simulation par élément fini de champs magnétiques autour du dispositif d'aimantation.



Dispositif d'aimantation qui permet de produire des feuilles à haute force d'adhésion.



Large feuille aimantée flexible. Le champ magnétique peut être visualisé par une poudre de ferrite enfermée entre deux feuilles plastiques, ici en vert.



Appareil d'imagerie à rayons X utilisé par UCI pour combattre la fraude technologique en vérifiant l'absence de moteurs cachés.



COMMENT MESURER LES MOUVEMENTS D'UN ATHLÈTE LORS DES COURSES DE SKI ALPIN ET PRÉVENIR LES RISQUES DE BLESSURES EN ANALYSANT CES MOUVEMENTS ?



Système Physilog utilisé pour les mesures.



Skieur équipé du système en phase de test.

PRÉVENTION DES RISQUES DE BLESSURES LORS DE COURSES DE SKI ALPIN

Lors des courses de ski alpin, les skieurs doivent atteindre des vitesses phénoménales tout en étant capables de contrôler chaque courbe. Les forces et vibrations ressenties lors des entraînements et des courses augmentent particulièrement le risque de blessures et de douleurs du bas du dos. Le Laboratoire de mesure d'analyse des mouvements (LMAM) cherche à mesurer les mouvements des skieurs dans le but de lier ces mouvements aux autres facteurs de risque tels que l'équipement, le tracé de la course et les conditions d'enneigement. L'algorithme et l'outil de mesure développés permettent d'extraire la posture précise du skieur et d'obtenir une meilleure compréhension biomécanique des risques encourus par l'athlète. Le défi de ce projet réside dans la difficulté à faire des mesures précises au vu de la vitesse que les athlètes atteignent sur les pistes.

Pour ce projet, le laboratoire utilise les informations issues de différentes sources telles que des capteurs inertiels et le système de navigation globale par satellite (GNSS). L'algorithme permet de reconstruire les angles des articulations, la position précise du corps, la trajectoire et la vitesse de l'athlète sur toute la course. L'utilisation de l'outil et de l'algorithme sur un grand nombre d'athlètes et dans différentes courses et différentes conditions d'enneigement permet une meilleure compréhension des facteurs de risque de blessures.



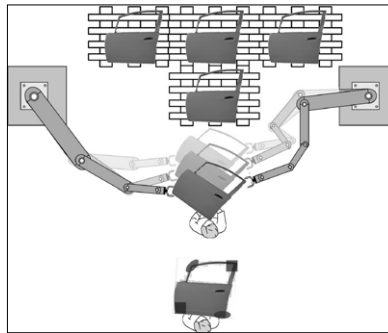
UN ROBOT COMME PARTENAIRE DE JEU ? LE LASA PROPOSE DE RELEVER LE DÉFI POUR UNE INTÉGRATION DE LA ROBOTIQUE DANS LE SPORT

CONTRÔLE ADAPTATIF ET RAPIDE POUR ATTRAPER ET LANCER DES OBJETS

L'utilisation d'un robot comme partenaire de jeu pour le tennis ou le base-ball pourrait bien devenir une réalité très prochainement. Grâce à des algorithmes complexes, le robot est aujourd'hui capable d'attraper des objets en vol avec des mouvements fluides et rapides.

Le Laboratoire d'algorithmes et systèmes d'apprentissage (LASA) est spécialisé dans le développement d'outils pour apprendre à des robots à effectuer des tâches avec une dextérité équivalente à celle d'un être humain. Le projet consiste à apprendre à un robot à attraper un objet au vol et à lancer un objet. Par la démonstration, le robot est capable d'apprendre différentes compétences de locomotion et de mouvements rapides. Le défi est non seulement dans la capacité du robot à attraper avec des mouvements fluides, mais aussi dans l'adaptation à des trajectoires de vol non déterminées.

Dans le futur, ce projet cherchera à optimiser les mouvements et les compétences des robots afin que ces derniers puissent être utilisés comme partenaires, par exemple pour le tennis ou le base-ball. Les joueurs et les athlètes pourraient ainsi s'entraîner seuls tout en ayant une qualité de jeu optimisée par rapport à l'utilisation d'un mur dont les trajectoires sont prévisibles.



Bras robotique du laboratoire programmé pour capturer des objets en vol.



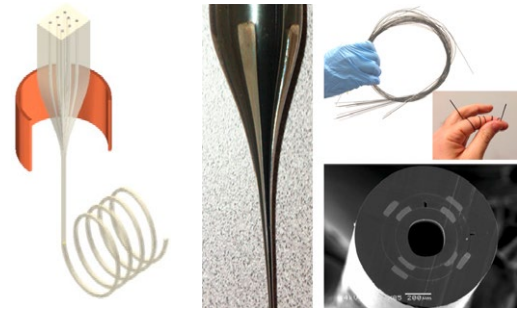
DES FIBRES TEXTILES INCORPORANT DES FONCTIONS POUR LA PERFORMANCE ET LE CONFORT DES SPORTIFS

FIBRES ET TEXTILES INTELLIGENTS

Comment développer des équipements sportifs intelligents intégrant de nouvelles fonctions pour améliorer les performances ?

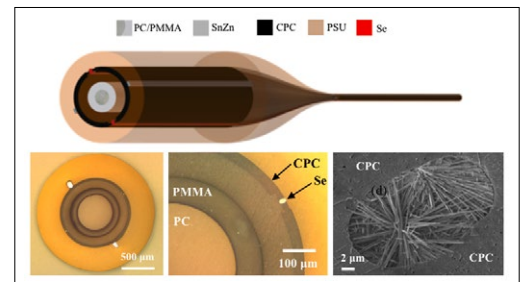
Le Laboratoire des fibres et matériaux photoniques (FIMAP) est spécialisé dans la science des matériaux pour de la nano-fabrication à large échelle. Le FIMAP est spécialisé en particulier dans l'étirage à chaud et à haute viscosité de fibres multi-matériaux et multi-fonctionnelles. Ces fils perfectionnés permettent l'inclusion de fibre optique et de capteurs dans le fibrage lui-même, qui facilitent la confection de textiles intelligents. Ces textiles peuvent aider le sportif dans ses performances, en détectant par exemple certains paramètres physiologiques comme le pouls ou la température. Ces textiles présentent de nombreux avantages. Le confort est notamment augmenté du fait que les textiles comportent eux-mêmes les capteurs qui récoltent les données au contact de l'épiderme. Mieux répartie, la distribution des senseurs permet plus de précision et simplifie la récolte des données. Finalement, la fabrication de grandes quantités de fibres permettra de réduire les coûts et donc d'équiper les sportifs à large échelle.

Le but à terme sera non seulement la récolte de données physiologiques mais aussi la possibilité de diffuser activement des substances, telles que des vitamines. Plusieurs pistes sont explorées par le laboratoire pour cette diffusion active, par des voies qui peuvent être optiques, électriques ou même chimiques. La question de l'énergie est également au cœur de la problématique. Le FIMAP cherche à rendre les fibres autonomes en imaginant un textile qui permette de générer le courant pour alimenter le système en utilisant l'énergie produite par le sportif.

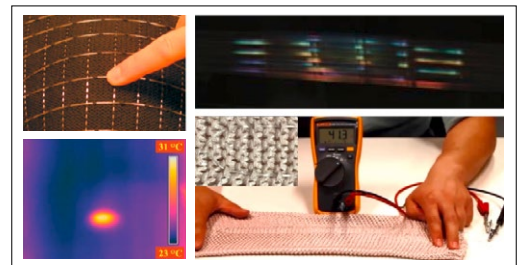


Procédé de tirage à chaud.

Fibre multi-matériaux après tirage.



Fibre optoélectronique multi-fonctionnelle.



Fibres et textiles avancés pour la mesure de température, de déformation ou pour effets optiques.



LA ROBOTIQUE PORTABLE : COMMENT INTERFACER L'HUMAIN AVEC UN ÉQUIPEMENT ACTIF ET CONNECTÉ

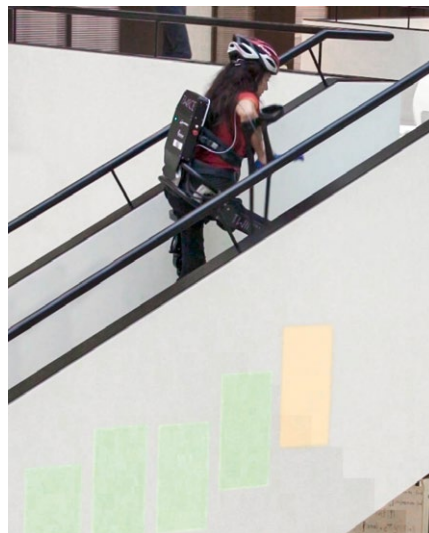
TWICE : L'UTILISATION DE LA ROBOTIQUE DANS LE SPORT DONNE ACCÈS À DE NOUVEAUX HORIZONS

La robotique portable permet une interaction physique entre le sportif et les systèmes connectés. Les moteurs et capteurs en contact proche avec le corps humain offrent une amélioration et un suivi précis de la performance.

Le groupe REHAssist et sa spin-off Twice ont développé les technologies permettant à ces systèmes appelés exosquelettes d'être portables, légers, performants et adaptés à chaque cas d'application. Que ce soit pour une utilisation médicale ou sportive, ces appareils se déclinent en fonction des besoins d'assistance de chaque utilisateur.

La compréhension des facteurs humains et de la biomécanique permet une conception d'un produit en symbiose avec l'athlète. L'intégration des éléments mécaniques, électroniques, des algorithmes de contrôle et des stratégies d'assistance en concert avec l'utilisateur est au cœur du savoir-faire de Twice.

L'utilisation de la robotique dans le sport donne accès à de nouveaux horizons, que ce soit pour la compensation du handicap, un entraînement plus efficace, une pratique plus sûre, ou même l'émergence de nouvelles disciplines.



En combinaison avec la réalité augmentée, la performance peut être mesurée et affichée en live pour un monitoring clair, quantitatif et répétable. Ici, la force d'assistance de l'exosquelette est affichée en direct durant la montée des escaliers.



L'exosquelette Twiice One permet à une personne atteinte de paraplégié complète de retrouver le monde vertical et la capacité de marcher, grâce à des moteurs aux articulations.

DES ROBOTS MOBILES, PRÊT-À-PORTER ET RECONFIGURABLES OUVRENT LA VOIE À UNE INTERFACE HOMME-MACHINE

VÊTEMENTS ACTIFS POUR MESURER LE MOUVEMENT ET FOURNIR DES DONNÉES PHYSIQUES

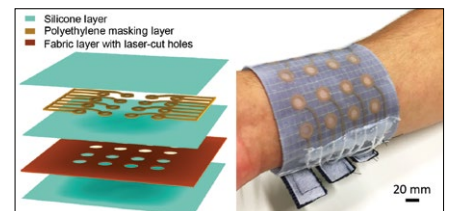
Au fur et à mesure que la science sportive progresse, il devient nécessaire de rassembler des informations substantielles sur l'état des mouvements des athlètes. Il s'agit d'une étape cruciale pour établir un diagnostic correct et identifier les techniques appropriées permettant à ceux-ci d'améliorer leurs performances. En outre, les équipements sportifs devraient être conçus pour devenir une extension du corps de l'athlète, avec un maximum de confort et la capacité de s'adapter aux besoins de chacun d'eux. Un moyen d'y parvenir consiste à utiliser des technologies robotiques portables intégrant une reconfiguration active ou passive.

Les scientifiques du Laboratoire de robotique reconfigurable (RRL) de l'EPFL étudient la conception, l'activation, la fabrication et le contrôle de ces nouveaux mécanismes de détection et d'activation repoussant les limites des systèmes robotiques traditionnels. En explorant des méthodes de fabrication multicouches uniques, les scientifiques ont mis au point des plateformes robotiques modulaires pouvant être utilisées pour créer des robots souples, reconfigurables et interactifs, parfaitement conscients de l'environnement et utilisables dans les technologies portables. Les derniers développements au sein du RRL impliquent deux types de robots principaux : l'un inspiré de l'origami, Robogamis et l'autre à matériaux souples.

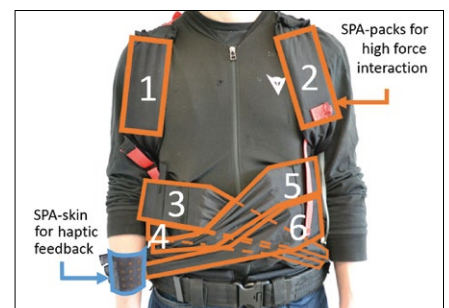
Les Robogamis multicouches et multi-matériaux peuvent être utilisés pour produire rapidement des systèmes à profil bas. Leur conception modulaire permet des technologies portables hautement adaptables et personnalisables. Les matériaux souples tels que les élastomères et les tissus permettent des interactions sûres avec l'athlète. Les propriétés de ces matériaux permettent de mieux s'ajuster au corps humain et peuvent être utilisées pour développer de façon interactive des interfaces homme-machine plus naturelles.

Des systèmes d'actionneurs et de capteurs portables en matériel souple ont été développés pour les applications nécessitant un retour de force

kinesthésique et haptique. Ces techniques peuvent également être utilisées pour mesurer avec précision et corriger activement la posture et les mouvements des sportifs sans entraver leurs mouvements.



Exemple de réseau de peaux ultraplats avec des motifs reconfigurables. Chaque actionneur peut produire une force de 1 N et un actionnement de 0 à 100 Hz.



Un exocostume robotique complètement flexible avec deux types d'actionnement pour un retour tactile et un maintien de la posture avec une force de sortie pouvant atteindre 100 N par élément (orange).



L'IMPRESSION 3D POUR DÉVELOPPER DES ÉQUIPEMENTS DE SÉCURITÉ DE PREMIER ORDRE POUR LES ATHLÈTES

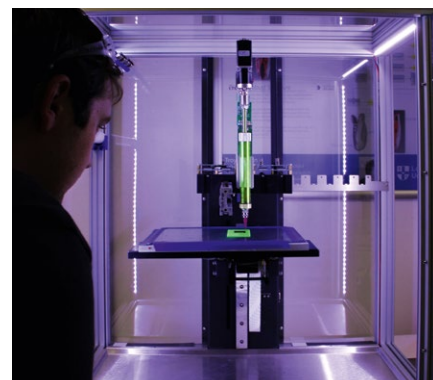
VOXCELL : NOUVEAUX MATÉRIEAUX POUR RÉDUIRE LES COMMOTIONS ET LES TRAUMATISMES CRÂNIENS

Le design et la performance des casques actuels font qu'il existe encore un risque élevé de contraction de commotions cérébrales et autres traumatismes crâniens lors d'un accident. En effet, s'ils offrent généralement une protection efficace contre les blessures primaires causées par l'impact - coupures ou fractures du crâne - les casques présentent une efficacité limitée pour les blessures secondaires causées par l'énergie et la décélération subies par le cerveau au moment de l'impact.

Un groupe interdisciplinaire d'étudiants de l'EPFL propose d'améliorer les qualités des casques actuels en combinant un nouveau matériau à une méthode de fabrication additive, l'impression 3D. Issus des domaines de l'ingénierie mécanique, des sciences des matériaux, de l'électrotechnique et de l'informatique, trois étudiants de l'EPFL ont collaboré avec un chercheur en science des matériaux de l'université de Harvard aux Etats-Unis pour proposer une technologie combinant un nouveau matériau et les techniques d'impression 3D. Le projet fut initié en parallèle de leurs études et combine plusieurs compétences acquises en cours, l'objectif étant d'aboutir à une solution industrielle. Cette solution permet une distribution spatiale optimale du matériau dans l'espace et est utilisée dans la fabrication d'inserts protectrices permettant non seulement d'augmenter la quantité d'énergie absorbée, mais aussi de réduire l'accélération de la tête durant un impact.

La manufacture du produit s'opère grâce aux techniques d'impression 3D, permettant la libre distribution du matériau dans l'espace. Le matériau est placé à l'emplacement requis pour optimiser l'absorption d'énergie en cas de choc, réduisant ainsi la décélération du cerveau et donc les traumatismes causés par l'impact. Cette approche améliore les performances globales et permet une pratique plus sûre pour tous dans un large éventail de sports.

Le projet est en cours de brevet et une start-up sera lancée afin de commercialiser le développement.

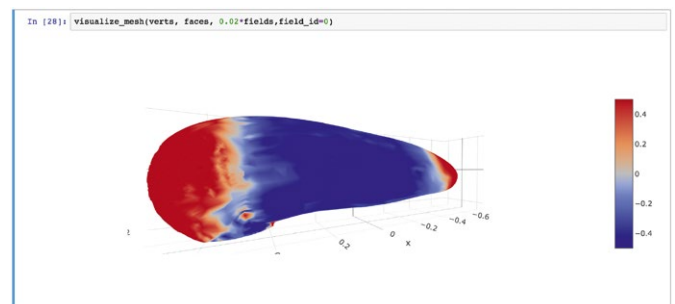
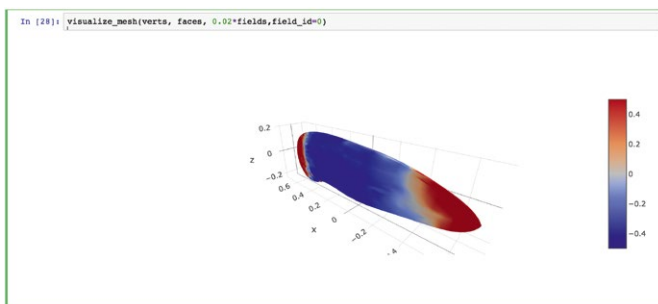


Imprimante 3D en cours de dépose.



UTILISATION DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE POUR OPTIMISER LES SYSTÈMES MULTICRITÈRES ET EXPLORER DES DESIGNS INÉDITS

NEURAL CONCEPT: OUTIL D'OPTIMISATION BASÉ SUR L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE POUR LE DESIGN



Résultats de simulation.

Lors du développement d'un nouvel équipement, ingénieurs et concepteurs imaginent différentes formes. Les plus prometteuses sont testées dans un deuxième temps en utilisant des outils de simulation par ordinateur qui nécessitent une énorme puissance de calcul. Dans les systèmes complexes, où le nombre de variables est élevé, cette approche limite les différents scénarios à un sous-ensemble de géométries. En raison de la nature humaine conservatrice, les formes retenues restent généralement assez similaires à celles existantes.

L'approche de l'intelligence artificielle consiste à donner une forme initiale à un logiciel et à laisser la machine explorer les variations de la géométrie en comparant les résultats aux critères de performance attendus. Pour développer la technologie à l'origine du logiciel, les chercheurs du Laboratoire de vision par ordinateur de l'EPFL (CVLAB) ont entraîné un réseau de neurones

à convolution au calcul des propriétés de différentes formes. Chaque forme est représentée par des mailles génériques de polygones, qui sont des ensembles de points utilisés pour générer des géométries en 3D. Le programme trie l'ensemble des formes générées en les comparant rapidement afin de trouver la meilleure. En l'absence de tout préjugé humain, la démarche aboutit parfois à des formes totalement inattendues qu'une approche traditionnelle n'aurait pas permis d'envisager.

Le logiciel a été utilisé avec succès en collaboration avec l'équipe de l'IUT d'Annecy participant au World Human Powered Speed Challenge. Ce concours implique des étudiants universitaires et consiste à développer le vélo le plus rapide possible. L'équipe de l'IUT a atteint les 130.072 km/h, établissant un nouveau record français et se rapprochant du record du monde actuel de 133.78 km/h.

MOUVEMENT ET POSITION

Les mouvements et le positionnement sont des enjeux cruciaux dans le sport. Les mesures précises, au moyen d'instruments divers, permettent d'améliorer les performances d'un athlète ou d'une équipe.

La position au sein d'une équipe, l'emplacement dans un environnement précis ou le mouvement de chaque membre sont des données essentielles pour l'analyse de performance et l'amélioration des athlètes. Pour effectuer des mesures précises, plusieurs éléments entrent en jeu : des caméras, des capteurs, des drones et des algorithmes de calcul. Les informations récoltées permettent également une meilleure compréhension des phases de jeu pour les spectateurs qui peuvent ainsi suivre une partie sous plusieurs angles ou avoir accès aux performances d'un athlète en particulier.

UN DISPOSITIF POUR MESURER LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE PENDANT LA COURSE

WATTSUP : UN COMPTEUR DE PUISSANCE POUR LA COURSE À PIED



Mesures de laboratoire permettant d'obtenir les valeurs nécessaires au développement de l'algorithme.

La course à pied est devenue l'un des sports les plus populaires dans le monde avec de nombreux coureurs amateurs participant maintenant à des courses de longue distance. L'amélioration des performances en course à pied nécessite des ressources qui peuvent ne pas être accessibles au grand public. Les capteurs portés peuvent-ils être une solution fiable pour recevoir des conseils personnalisés et ainsi fournir un effort correct ?

Le projet Wattsup a pour but de développer un algorithme permettant aux dispositifs portés intelligents de donner des conseils personnalisés sur la puissance délivrée pendant la course. Contrairement au cyclisme, il n'existe aucun moyen direct de mesurer la puissance de course en dehors d'un laboratoire. Le défi consiste à estimer la puissance avec précision à partir des signaux bruts de capteurs inertiels. Le Laboratoire de mesure et d'analyse des mouvements (LMAM) de l'EPFL utilise son expertise en matière de mesure et de biomécanique pour obtenir des valeurs précises, corrigeant les inévitables erreurs de capteur grâce à la modélisation du mouvement de la course. Les algorithmes produisent des informations fiables et objectives pouvant être interprétées directement par les coureurs. Le système permet d'effectuer des mesures en conditions réelles de course et de fournir des informations équivalentes à celles obtenues dans un laboratoire de recherche.



DÉTECTER LE TIMING DU FRANCHISSEMENT DES HAIES AU MOYEN DE CAPTEURS INERTES PORTÉS AU PIED POUR AMÉLIORER LES PERFORMANCES ET LA STRATÉGIE DE COURSE

ATHLÉTISME : DÉTECTION DU PASSAGE DES HAIES DANS UN 400 MÈTRES

Le 400 mètres-haies est l'une des disciplines les plus éprouvantes en athlétisme. C'est une combinaison de vitesse et d'endurance dans laquelle la stratégie de course joue un rôle important. Le nombre de pas et la vitesse de course entre les haies sont des concepts-clé utilisés par les athlètes pour évaluer la course. Des capteurs inertes placés sur les pieds peuvent-ils fournir une analyse rapide et précise d'une course de 400 mètres-haies ?

Ce projet vise à détecter le moment de franchissement d'une haie au moyen d'une unité de mesure inerte légère (Physiolog 5, Gait Up, Switzerland) placée sur les deux pieds. Différentes techniques ont été étudiées, mais la méthode la plus prometteuse combine la métrologie et l'expérience en biomécanique du Laboratoire de mesure et d'analyse du mouvement de l'EPFL (LMAM). Le système estime les caractéristiques spatio-temporelles des allures des coureurs et peut ainsi fournir une analyse complète de la course. Des paramètres tels que le timing sur chaque haie, la vitesse entre chaque intervalle, et le nombre de pas dans chaque intervalle, sont mesurés automatiquement et transcrits dans un rapport. Ce système unique aidera les athlètes et leurs entraîneurs à améliorer leurs performances, leur stratégie et leur technique de course.



Unités de mesure inertes portées au pieds (Physiolog 5).



Test du système lors d'un 400 mètres-haies (Tarare, France).



DES CAPTEURS ÉTANCHES POUR L'ANALYSE ET LA COORDINATION DU MOUVEMENT

SMARTSWIM : NOUVEAU SYSTÈME D'ANALYSE INTELLIGENT DE LA NATATION POUR L'APPRENTISSAGE ET L'ENTRAÎNEMENT

Reconnu comme l'un des meilleurs moyens pour rester en bonne santé et en forme, la natation devient un sujet d'étude de plus en plus intéressant. En raison de difficultés techniques liées à l'utilisation d'instruments de mesure dans l'eau, la natation a été peu étudiée et de nombreux paramètres inconnus restent à découvrir pour améliorer et mettre en valeur la performance des nageurs.

L'objectif principal de ce projet développé par le Laboratoire de mesure et d'analyse des mouvements (LMAM) de l'EPFL, le CHUV et la société Gait Up est la conception et la mise en œuvre d'un système portable d'évaluation

objective permettant d'analyser la natation, aidant ainsi les entraîneurs et les nageurs à réaliser plus rapidement et plus efficacement des progrès. L'unité de mesure inertielle portable (UMI) est un outil puissant pour mesurer et analyser les performances d'un athlète lorsqu'il pratique un sport. À l'aide de ces capteurs, le système final de mesures de ce projet sera portable, étanche et peu encombrant. Le système portable sera capable de détecter différentes phases de natation dans tous les styles de nage et d'importants paramètres cinématiques pour chaque phase, servant d'assistant pour les entraîneurs en fournissant des observations et informations utiles.



Capteur de mesure inertielle fixé sur la tête.



Capteur de mesure inertielle fixé sur le poignet.

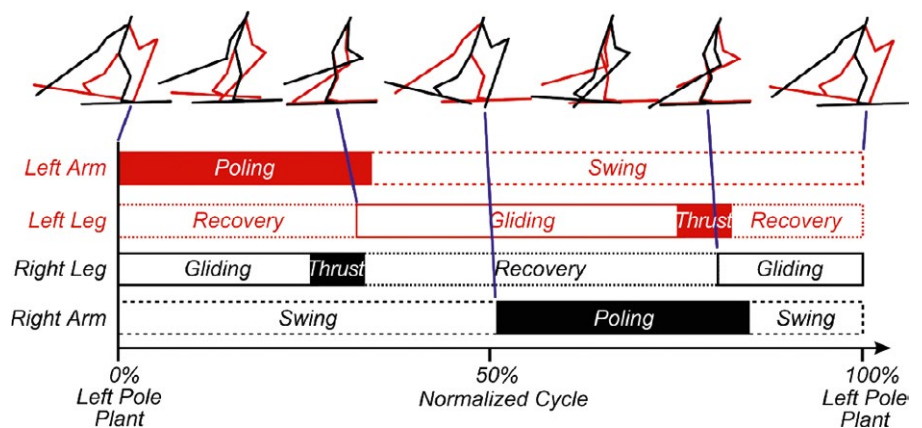


Piscine où les tests de SmartSwim sont effectués.

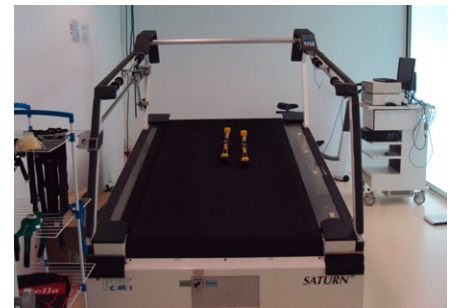
COMMENT MESURER LE MOUVEMENT, LES PHASES DE POUSSÉE ET DE GLISSE POUR PERMETTRE UNE ANALYSE PRÉCISE DE LA PRATIQUE DU SKI NORDIQUE

SKI DE FOND ET SKI DE RANDONNÉE : OPTIMISER SA PERFORMANCE POUR RÉDUIRE LA DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE

Des systèmes portables utilisant des unités de mesure inertielle (IMU) ont été proposées pour de nombreuses disciplines sportives, mais leur application au ski, et particulièrement au ski nordique, comme le ski de fond ou le ski de randonnée, est nouvelle. De nouvelles méthodes basées sur des IMU fixées sur les skis, les bâtons et des parties du corps sont étudiées pour évaluer les paramètres spatio-temporels et les angles des membres inférieurs pour le ski de fond en style classique. Une détection précise et exacte a pu être obtenue pour chaque cycle, pour les phases de poussée et de glisse des bâtons, de même que pour évaluer la vitesse des cycles, leur longueur et les angles des cuisses. Le système a également été sensible aux changements de vitesse et d'inclinaison, et propose une mise en route très facile pour fournir un volume illimité de saisies et de mesures sur la neige. L'algorithme a été adapté au ski de randonnée et utilisé pour déterminer une pente et une vitesse optimales, qui permet de réduire au maximum la dépense d'énergie.



Les phases du mouvement pendant un «Diagonal Stride».



Set-ups d'expérimentation en laboratoire.

27

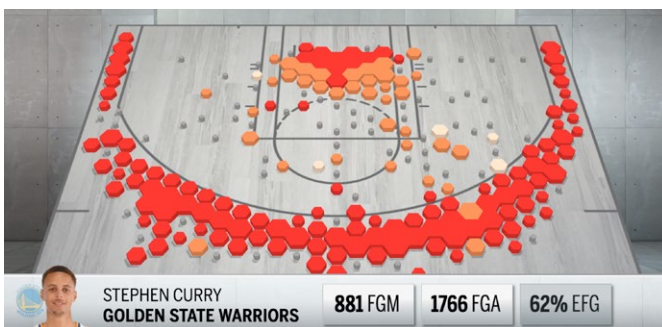
MOUVEMENT ET POSITION



SUIVI PAR IMAGERIE VIDÉO DES JOUEURS ET DE LA BALLE LORS D'UN MATCH POUR DÉTERMINER LEURS POSITIONS EXACTES, PRESQUE EN TEMPS RÉEL, À DES FINS DE STATISTIQUES ET DE COACHING



Analyse de chance de réussite en fonction des positions.



Résultats d'un joueur sur la saison.

SUIVI DES JOUEURS LORS DES MATCHES DE BASKETBALL

Quelles sont les stratégies mises en place lors d'un match? Quels sont les points forts et faibles des joueurs d'une équipe? Comment récolter toutes les informations d'une rencontre de manière efficace? Des compétences développées par le Laboratoire de vision par ordinateur (CVLAB) est née une start-up, PlayfulVision, active dans le suivi vidéo de joueurs. Depuis peu rattachée à Second Spectrum, elle s'est spécialisée dans le suivi des matchs de basketball. En utilisant un réseau de caméras propriétaire, Second Spectrum est capable de déterminer la position des joueurs et de la balle tout au long du match, ce qui permet d'enrichir les statistiques utilisées lors des retransmissions télévisées et d'améliorer les performances des équipes. En récoltant les données lors de tous les matchs d'une saison, le projet aide les entraîneurs à avoir une vision de chaque athlète sur le long terme, ce qui sert à optimiser les entraînements. Cela offre également la possibilité de définir la composition de son équipe en fonction du profil de jeu de ses joueurs et des adversaires. Second Spectrum et le CVLAB sont capables de traiter les images vidéo à large échelle et d'avoir une excellente compréhension du jeu en matière d'apprentissage automatique des machines et d'analyse de données. Cette approche pourra s'étendre dans le futur à de multiples sports d'équipe.



COMMENT ESTIMER LA POSTURE ET LES MOUVEMENTS DES ATHLÈTES POUR AMÉLIORER LES PERFORMANCES OU ANIMER LES POINTS FORTS D'UN MATCH À LA TÉLÉVISION ?

ESTIMATION DE POSTURE HUMAINE ET DU MOUVEMENT D'UN JOUEUR EN 3D

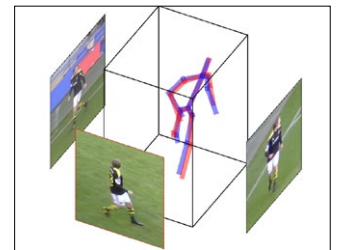
Comment mesurer précisément et simplement la posture d'un joueur ? Comment suivre le geste d'un athlète pour améliorer sa performance ? Le projet mené par le Laboratoire de vision par ordinateur (CVLAB) cherche à estimer les positions et les mouvements d'un humain en 3D en utilisant une seule caméra. Le but est d'utiliser ces positions 3D pour optimiser les postures des joueurs. Dans le cadre du golf par exemple, cette technique permet de visionner le mouvement et d'améliorer les swings et les performances. Jusqu'à récemment, les techniques d'estimation 3D étaient principalement utilisées en laboratoire et pour de l'animation. Le projet du CVLAB cherche à développer ces techniques dans un cadre extérieur et dans des environnements complexes.

Le CVLAB se sert de plusieurs images consécutives de vidéos pour mieux prévoir les positions des athlètes. Pour obtenir une visualisation 3D du mouvement, le geste du joueur est découpé en séquences à partir des images vidéo. Ce travail sur les images commence par la stabilisation des caméras pour davantage de netteté puis par un recentrage du joueur. En utilisant la chronologie des images et des techniques d'apprentissage automatique des machines (machine learning), le CVLAB offre une visualisation optimale de la posture 3D.

Ces données sur les joueurs ont aussi des applications dans la diffusion d'événements sportifs. Le projet est actuellement financé par une compagnie suédoise spécialisée dans la retransmission d'événements sportifs. L'idée dans ce cadre est d'animer les points forts du match et d'augmenter l'expérience du spectateur. Le projet est en cours et les développements futurs doivent permettre de capturer les gestes de plusieurs joueurs simultanément dans des environnements et des positions plus complexes.



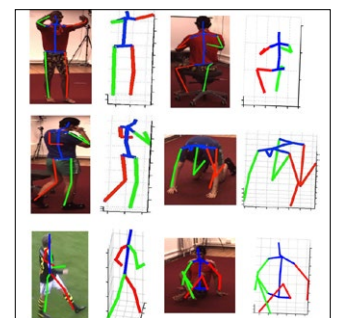
La méthode utilisée par le CVLAB permet de recomposer de façon fiable la posture du joueur en 3D avec une seule caméra.



Collecte simultanée des informations d'apparition et de mouvement d'un joueur à partir d'images vidéo consécutives, permettant d'estimer la posture 3D.



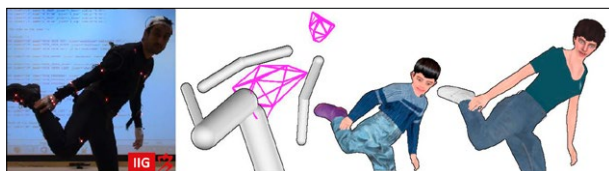
La stabilisation de la caméra et l'alignement du corps du joueur sur les différentes images utilisées permet d'améliorer les performances de l'approche utilisée par le laboratoire.



Que ce soit en extérieur ou en intérieur, l'approche du CVLAB est la plus performante à l'heure actuelle.



COMMENT, GRÂCE À LA RÉALITÉ VIRTUELLE, AMÉLIORER VOIRE PERFECTIONNER UN MOUVEMENT PARTICULIER ?



Posture mapping.



Interaction avec des lunettes stéréo dans un système multi-écrans.



Ce dispositif expérimental sert à quantifier la sensibilité humaine à des distorsions de notre posture lorsqu'elle est représentée dans le casque de réalité virtuelle.

UN AVATAR POUR AMÉLIORER LES MOUVEMENTS

Comment reproduire le mouvement de l'individu avec exactitude sur un avatar et ainsi ouvrir un nouvel espace d'interaction dans lequel nous pourrions agir dans la peau d'un personnage imaginaire aussi bien qu'au travers de son propre corps? Quelles sont les possibilités d'entraînement et de perfectionnement des mouvements par le truchement d'un avatar? Comment, en plongeant une personne dans un monde virtuel, lui permettre de refaire à nouveau un mouvement rendu impossible suite à un accident?

Le Laboratoire d'interaction immersive (IIG) développe des techniques avec un avatar dont les mouvements sont au plus proche de ceux effectués par la personne qui le contrôle. En plongeant une personne dans un univers virtuel, elle peut ainsi optimiser son mouvement en se visualisant à travers l'avatar. Le défi de cette compétence est la reproduction fidèle du mouvement en temps-réel tout en préservant la cohérence des éventuels contacts entre différentes parties du corps. La capture du mouvement exploite actuellement un système à base de marqueurs optiques mais vise à terme une approche non-invasive. Le laboratoire a développé une fine connaissance des postures humaines permettant une transposition de notre posture sur un personnage imaginaire différent en taille et proportions tout en garantissant la cohérence des contacts. Une autre direction de recherche est l'introduction de distorsions du mouvement avec l'objectif d'identifier la sensibilité humaine à de telles distorsions.

Ces techniques permettent de répondre à des questions comme: est-il possible d'améliorer un mouvement précis en produisant moins d'effort (réhabilitation)? Comment perfectionner un mouvement pour le rendre plus précis?

COMMENT AUTOMATISER LA MESURE DE PARAMÈTRES POSTURAUX ET DE MOUVEMENT POUR PROPOSER DES PROGRAMMES D'ENTRAÎNEMENT PERSONNALISÉS

BILAN SPORTIF AUTOMATISÉ ET PROGRAMME D'ENTRAÎNEMENT PERSONNALISÉ

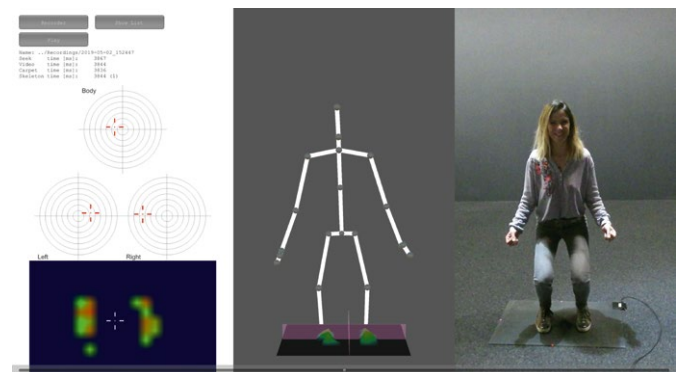
La mesure de notre posture et de notre capacité à se mouvoir donne une série d'informations importantes pour faire un bilan de santé ou un bilan sportif et permettre l'établissement d'un programme d'entraînement personnalisé. Les procédures actuelles sont contraignantes et nécessitent une longue analyse des mesures ce qui réduit le nombre de personnes pouvant profiter d'un tel service, aujourd'hui cher et exclusif.

Le dispositif actuellement développé conjointement par le laboratoire EPFL eM+, la startup Technis et le Centre sport et santé du Service des sports UNIL/EPFL a pour objectif de démocratiser ces bilans. Constitué d'un espace de projection de plein pied, un système de capture de mouvement par imagerie vidéo et un tapis sensible, le système proposera une série d'expériences immersives. Les images projetées invitent le participant à effectuer une série de mouvements, des environnements ludiques l'amènent dans une gradation d'exercices de difficulté variable et les dispositifs de mesure permettent de caractériser le fonctionnement global de l'individu (appuis et mouvements du corps). La compilation de ces informations permettra d'identifier le profil de motricité du participant, les déséquilibres ainsi que les habitudes gestuelles, pouvant être liées à des risques de troubles musculosquelettiques.

A la fin de l'expérience, le dispositif établira un rapport d'expérience. Sur cette base, une série d'exercices spécifiques seront proposés au participant. L'automat

tisation des mesures et le caractère ludique de l'expérience permettront d'ouvrir ces bilans à une large population et contribuera à répondre à la fois à des problématiques de population sédentaire mais aussi aux besoins d'amélioration des sportifs. Le dispositif sera intégré à l'extension du Centre sport et santé du Service des sports UNIL/EPFL permettant de compléter les solutions mises à disposition. L'architecture ouverte du dispositif permettra de faire évoluer les expériences en fonction des retours utilisateurs.

Cette application anticipe également de nouveaux développements en matière de suivi de mouvement sans marqueur, qui continueront à réduire les coûts de capture de mouvement et à augmenter la fidélité de l'analyse musculo-squelettique grâce aux technologies d'imagerie vidéo.



Écran de contrôle et informations fournies par le dispositif.



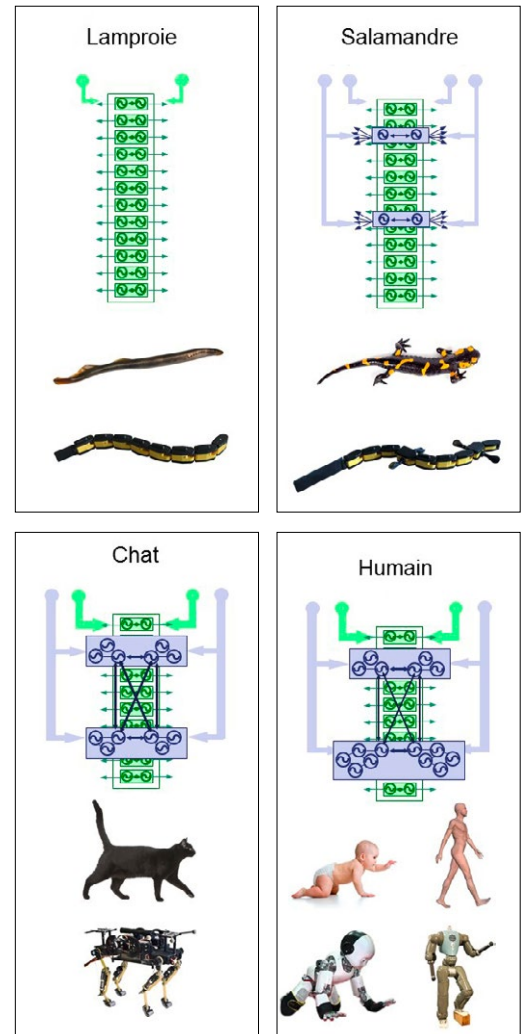
LA COMPRÉHENSION DU SYSTÈME LOCOMOTEUR HUMAIN EST UN ÉLÉMENT CLÉ POUR L'OPTIMISATION DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE OU DE LA VITESSE DES ATHLÈTES

MODÉLISATION NUMÉRIQUE DE LA LOCOMOTION HUMAINE

Comment optimiser l'efficacité énergétique ou la vitesse d'un sportif? Comment avoir une meilleure compréhension des mécanismes de contrôle liés au mouvement humain et de la distribution des forces dans le système musculosquelettique?

Le Laboratoire de biorobotique (BIROB) est spécialisé dans les aspects computationnels des contrôles locomoteurs, la coordination sensorimotrice et la recherche animale et robotique. Plus particulièrement, le laboratoire se penche sur la compréhension de la locomotion humaine et l'interaction entre les muscles et la moelle épinière qui est à l'origine du mouvement. Grâce à l'utilisation de modèles dérivés des petits vertébrés, le BIROB teste des hypothèses sur les liens existants entre moelle épinière, système musculosquelettique et environnement qui permettent à l'humain de marcher et de se mouvoir. Le laboratoire interroge les interactions entre réseau locomoteur spinal, réflexes et modulation des parties supérieures du cerveau dans la génération de la locomotion humaine.

Ces recherches ont des applications dans le domaine du sport de performance mais peuvent aussi s'appliquer pour des questions de rééducation par exemple, permettant ainsi de contrôler des prothèses performantes pour des personnes paralysées.



Modélisation du circuit de la moelle épinière pour différents animaux.

ANALYSES DE DONNÉES

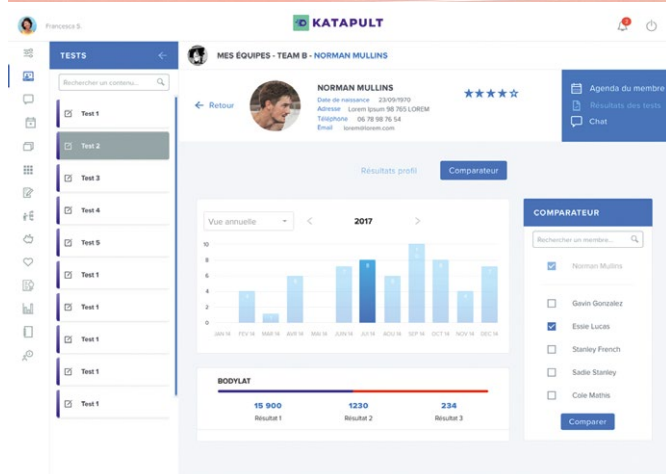
De nombreuses données sont récoltées pendant et pour le sport. L'analyse informatique de ces données permet de les trier et d'offrir des résultats conduisant à une amélioration des performances.

De la quantification de soi aux mesures de mouvement en passant par l'usage massif de capteurs, les données récoltées sur les athlètes et pendant les événements sportifs sont nombreuses. Les outils informatiques permettent non seulement de stocker un grand nombre de ces données, mais aussi de les analyser pour les trier et leur donner un sens. Les résultats obtenus favorisent l'amélioration des performances des athlètes mais aussi l'expérience des spectateurs et fans. Ces derniers ont ainsi accès à des informations sur leur sport ou leur matchs préférés.



L'AVATAR : UN DOUBLE DIGITAL AU SERVICE DE LA PERFORMANCE DES ATHLÈTES

KATAPULT : UN CATALYSEUR DE PERFORMANCE POUR LES ATHLÈTES



Application de gestion des données personnelles et de suivi des entraînements individualisés.

Comment récolter les données d'athlètes, les centraliser et en faire bénéficier l'ensemble des personnes impliquées dans l'optimisation de leurs performances? Quels sont les risques de dysfonctionnement corporel les plus courants par discipline?

Katapult, une application développée en partenariat avec le Centre sport et santé du Service des sports UNIL/EPFL, permet de répondre à l'ensemble de ces questions. Son interface permet aux coaches et autres spécialistes de faire passer des tests aux athlètes et de récolter automatiquement les données qui y sont liées. Ces données sont ensuite stockées dans l'avatar de l'athlète, un double digital accessible à l'ensemble du personnel d'entraînement et de soins. Les données provenant d'objets connectés tels que les montres, les capteurs cardiaques ou autres trackers sont également intégrées à cet avatar, facilitant ainsi grandement le travail de monitoring des coaches. Sur cette base, l'application utilise de l'intelligence augmentée afin de générer des programmes d'entraînement individualisés en fonction des caractéristiques spécifiques de chaque athlète. Le tout, avec les plus grands standards de sécurité et l'entièreté des données hébergées en Suisse.

À titre d'exemple, l'application a été utilisée pour tester près de 1800 athlètes lors des Jeux olympiques de la jeunesse (JOJ) à Buenos Aires en 2018. La technologie Bodylat, a permis de révéler les latéralités des athlètes avec entre autres les tendances par sport, sexe et catégorie d'âge. Katapult a ensuite généré automatiquement un bilan sportif complet ainsi qu'un ensemble d'exercices adaptés aux problématiques de latéralités respectives. L'application sera également utilisée aux JOJ de Lausanne en 2020.

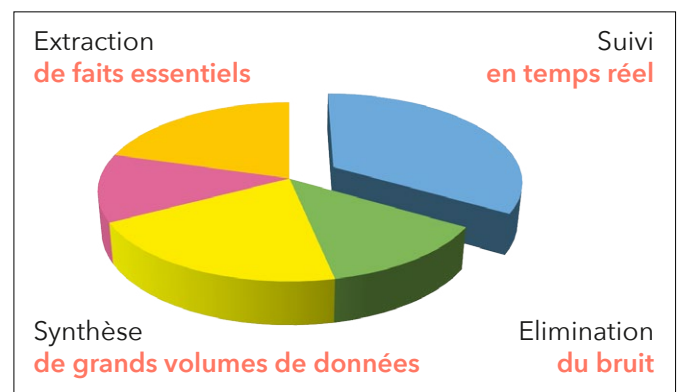
**S'IL Y A DES INFORMATIONS, NOUS LES TROUVERONS.
SI NOUS NE LES TROUVONS PAS, IL N'Y A RIEN.**

LINKALONG ANALYSE LES RÉSEAUX SOCIAUX ET LE WEB SOCIAL

Le sport est l'un des générateurs de contenu dans les médias sociaux et les conversations sur le Web. Clubs sportifs, célébrités, amateurs, industrie, sponsors et fans: tous communiquent, font de la publicité, discutent et influencent de nombreux thèmes. Les derniers résultats, les événements sportifs, les nouveaux produits, les méthodes de formation, la nutrition et la santé sont tous commentés sur le Web social.

Le Laboratoire de systèmes d'information répartis (LSIR) de l'EPFL est spécialisé dans les algorithmes et les infrastructures de gestion de l'information distribuée. Sa spin-off LinkAlong a développé une plateforme pour capturer, organiser et analyser les médias sociaux et les conversations Web. La solution utilise les dernières avancées en intelligence artificielle pour le texte, les réseaux sociaux et les images. Elle permet aussi d'explorer les données suivantes grâce à des interfaces visuelles :

- Sources d'influence sur des thèmes spécifiques
- Opinions sur les acteurs sportifs, les produits
- Impact des événements et des campagnes
- Tendances dans le sport, l'entraînement, la nutrition et la santé
- Innovation sur les technologies du sport



Ces différentes approches fournissent des informations uniques pour le marketing, la planification stratégique, la recherche et le développement de produits, la surveillance de la réputation, le suivi des fans, ou la perception de marque. Elles s'adressent, entre autre, aux équipes et aux organisations sportives, aux industries du sport, à l'industrie alimentaire ou à l'administration publique.

DES SERVICES MOBILES GÉO-LOCALISÉS GARANTISSANT ET PRÉSERVANT LA SÉCURITÉ DES DONNÉES

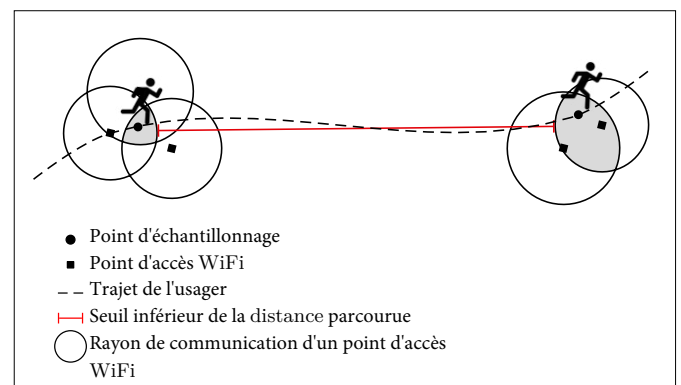
SECURERUN : PROTECTION DES DONNÉES DANS LES SERVICES GÉO-LOCALISÉS

Les applications de suivi d'activité, dans lesquelles les utilisateurs enregistrent et renseignent des informations au sujet de leurs activités géo-localisées sont de plus en plus populaires. De telles applications permettent aux utilisateurs de partager leurs données, de faire des concours avec leurs amis sur les réseaux sociaux ou d'obtenir des rabais sur leur prime d'assurance en prouvant qu'ils pratiquent régulièrement des activités physiques. Cependant, ces applications posent des problèmes de confidentialité et de sécurité des données. Les utilisateurs peuvent tenter de biaiser leur performance afin d'obtenir des avantages, en usurpant par exemple les signaux GPS des téléphones. Les fournisseurs de services peuvent déduire des informations sensibles sur les utilisateurs en ayant accès à la fois à un emplacement précis et à une identité. Au-delà du problème de protection de la vie privée, cela peut également entraîner des risques de sécurité nationale. En 2018, Strava, une application de suivi d'activité sportive très populaire, a publié une carte thermique des activités téléchargées par ses utilisateurs qui était suffisamment détaillée pour identifier l'emplacement des bases militaires secrètes.

SecureRun est un système sécurisé permettant la création de rapports d'activité géo-localisée tout en préservant la confidentialité. Ce système est basé sur la combinaison de techniques de cryptographie et d'algorithmes géométriques. Les utilisateurs obtiennent des preuves de localisation sécurisées en s'appuyant sur un protocole d'échange de messages

entre leur appareil mobile et les points d'accès Wi-Fi. Sur cette base, le prestataire de service peut fournir un résumé précis de l'activité de l'utilisateur, sans accéder à des informations supplémentaires sur son emplacement réel.

L'évaluation de SecureRun sur un grand ensemble de données de localisation réelles mises à disposition par les utilisateurs du site Web Garmin Connect montre que SecureRun permet d'obtenir des résultats fiables de la distance parcourue et du dénivelé (précision médiane de plus de 80%), tout en protégeant efficacement la confidentialité de la localisation des utilisateurs.



Calcul des preuves de distance et de dénivelé. Les zones ombrées correspondent aux preuves d'emplacement obtenues simultanément à l'échantillonnage. Les tracés 3D correspondent aux profils d'altitude des zones ombrées, en fonction desquels la valeur inférieure des gains d'altitude est calculée.

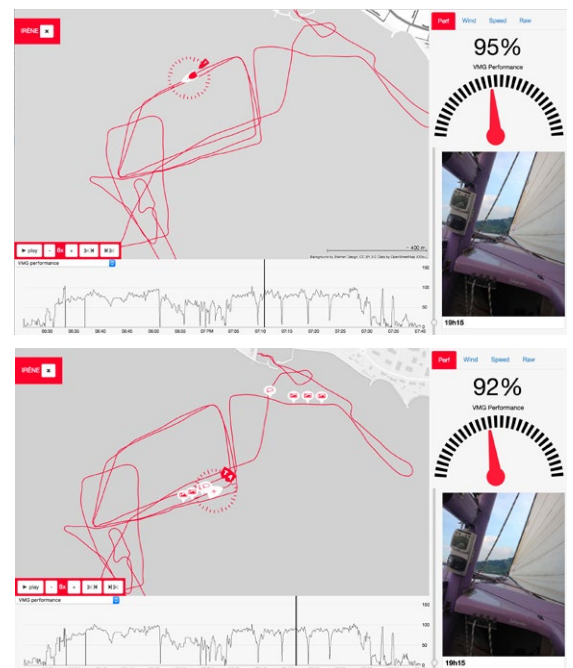
UN OUTIL DE NAVIGATION PERMETTANT D'OPTIMISER LES PERFORMANCES D'UN BATEAU EN TEMPS RÉEL ET SUR LE LONG TERME GRÂCE À L'ENREGISTREMENT DES DONNÉES DE CHAQUE COURSE

ANEMOMIND : UN OUTIL D'OPTIMISATION DES PERFORMANCES NAUTIQUES

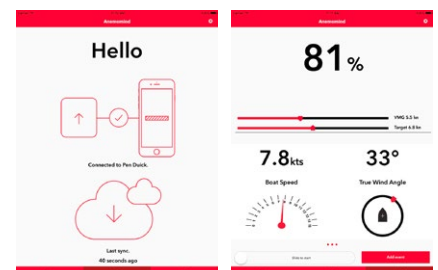
Quelles sont les performances d'un bateau par rapport aux conditions externes et en lien avec ses performances précédentes? Comment savoir si la course du bateau est optimale? Anemomind, une startup du Laboratoire de vision par ordinateur (CVLAB), propose un outil pour mesurer les performances en temps réel et selon différents paramètres de conditions extérieures. Les données utiles sont aussi enregistrées pour optimiser les performances sur le long terme.

Se basant sur des mesures de GPS, d'anémomètre, d'accéléromètre, de magnétomètre et de gyroscope, l'application calcule la position du bateau dans l'espace et le temps afin d'identifier sa performance par rapport aux conditions externes. Les vents et les courants sont ainsi pris en compte dans l'algorithme qui, à l'avenir, devrait aussi mesurer les vagues. Le logiciel permet de faire des photos des voiles et de corrélérer performance et réglages. Les approches d'analyse de données développées au CVLAB pour les traitements d'image trouvent ici une application pour des capteurs d'un autre genre. A terme, l'expertise d'imagerie vidéo du laboratoire pourrait apporter un plus au produit grâce à l'intégration d'une reconnaissance et une analyse de la forme des voiles.

Dans la pratique, la startup propose un boîtier mesurant les différents paramètres externes, une automatisation de la localisation et du stockage des données, ainsi qu'une application qui analyse ces paramètres pour donner un pourcentage de performance. Cette interface facile d'utilisation s'adresse à des amateurs qui peuvent améliorer progressivement leurs performances mais également à des professionnels qui peuvent ainsi gagner un temps précieux. Ce projet a été soutenu dans le cadre d'un InnoGrant, bourse de soutien à l'entrepreneuriat de l'EPFL.



Exemple de tracés relevés lors d'une navigation.



Interfaces permettant de visualiser la performance à tout moment.



COMMENT POUVONS-NOUS COMPRENDRE LES IMPACTS DES CHOIX DE RÉGIME SUR LA SANTÉ ET L'ENVIRONNEMENT

MOTIVATIONS ET BARRIÈRES SOCIALES POUR DES RÉGIMES SAINS ET DURABLES

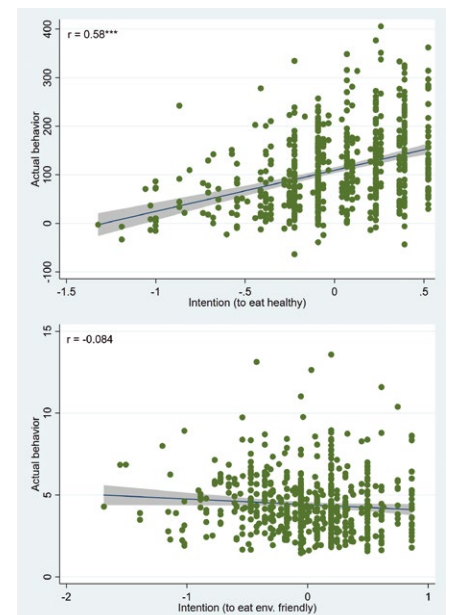
En Suisse, la consommation alimentaire est l'activité qui présente l'impact environnemental le plus important (28%) et une contribution importante au coût de la santé (CHF 27 milliards par an). La promotion de régimes alimentaires plus sains et plus durables est donc un enjeu sociétal fort.

Le Laboratoire de relations humaines-environnementales dans les systèmes urbains (HERUS) développe des concepts et des outils innovants pour intégrer les connaissances des sciences sociales et naturelles afin de mesurer, analyser, interpréter et optimiser les interactions homme-environnement dans les zones urbaines. L'activité humaine « nourrir » est un des domaines de recherche clés. Dans le cadre d'un projet de recherche mené en collaboration avec l'UNIL et Quantis, un des objectifs consistait à mettre à jour des « points de basculement » pour faciliter la transition vers une alimentation saine et durable dans le contexte national suisse.

Une question centrale abordée était de savoir si les gens souhaitent manger sainement et dans le respect de l'environnement et, dans l'affirmative, s'ils y parviennent effectivement. Les résultats de l'enquête menée montrent que si les gens parviennent à manger sainement lorsqu'ils le souhaitent, l'intention de réduire l'impact environnemental lié à son alimentation ne se traduit pas par un comportement réel.

Ces résultats suggèrent que le choix d'une alimentation saine entre dans le champ des décisions du consommateur, tandis que l'impact sur l'environnement sort de son contrôle, ou du moins qu'il est difficile à appréhender. Il a également été constaté que les changements d'habitudes alimentaires se produisent principalement en même temps que des événements de vie (déménagement, nouvel emploi, relation amoureuse) et que la qualité de l'événement détermine si une personne modifie ses habitudes pour le meilleur ou pour le pire. Ces événements constituent des points d'entrée importants pour des interventions.

Les résultats de ce projet de recherche offrent une valeur ajoutée pour les groupes de consommateurs une pour les politiques publiques et le secteur privé, car ils permettent de concevoir des mesures et des politiques sur la base de données empiriques.



Graphiques montrant la relation entre l'intention et la réalisation d'une alimentation saine (haut) et d'une alimentation respectant l'environnement (bas).

EXPÉRIENCE SPECTATEUR

Le sport est aussi un spectacle et l'expérience du public a toute son importance.

Au stade ou à la télévision, les technologies offrent de nouvelles expériences pour (re) découvrir les matchs. Les technologies et les appareils personnels de plus en plus performants et connectés permettent déjà l'inclusion de nouvelles applications et l'accès à de nouvelles données sur les sites des événements sportifs ou chez soi. Ces développements sont en augmentation et ouvriront, ces prochaines années, d'autres perspectives aux fans et spectateurs qui pourront ainsi vivre un événement sportif différemment.



COMMENT LES STADES ET LES AMÉNAGEMENTS URBAINS IMPACTENT LE COMPORTEMENT DE LA FOULE ET PARTICIPENT AU SUCCÈS D'UN ÉVÉNEMENT SPORTIF ?

INFRASTRUCTURES ET AMÉNAGEMENTS URBAINS FAVORISANT LE BON DÉROULEMENT D'ÉVÉNEMENTS SPORTIFS

Comment accueillir une foule éphémère dans un environnement construit, lui permettre d'exprimer sa passion, ses émotions, tout en évitant les dépassements et les nuisances excessives pour les résidents ? Comment trouver des solutions durables qui soient viables lors de manifestations mais également en dehors ?

Lors d'un regroupement sportif, l'individu s'efface au profit du groupe et devient, grâce à l'événement partagé, un public qui vibre et s'engage. La magie du stade opère et participe au succès de la manifestation. Pour que la fête soit belle, la liesse doit s'intégrer harmonieusement aux activités de la ville hôte. Une bonne compréhension de la psychologie des foules et des supporters est nécessaire pour identifier la manière dont les aménagements des stades, mais également l'urbanisation, les transports et le mobilier urbain aux alentours des stades doivent être pensés. Un manquement peut être source de tension, occasionnant des débordements aux conséquences parfois catastrophiques. Le Laboratoire de sociologie urbaine (LASUR) de l'EPFL dispose des méthodologies et des expertises pour étudier de telles situations et faire des recommandations aux différents acteurs.



Intégration urbaine des stades - Londres 2012.



Supporters fêtant la victoire de leur équipe.



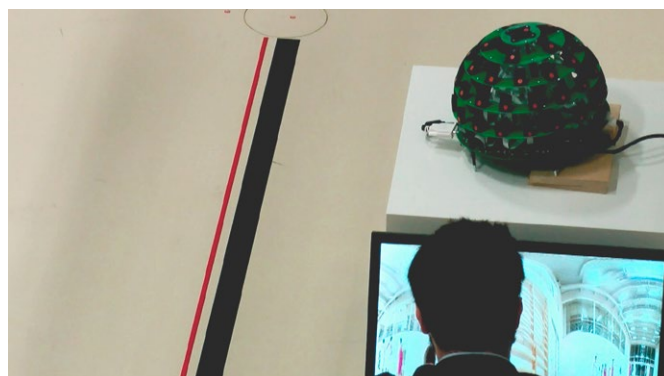
UNE CAMÉRA 360 DEGRÉS PERMETTANT À CHAQUE TÉLÉSPECTATEUR DE CHOISIR SON PROPRE POINT DE VUE

PANOPTIC : UNE CAMÉRA 360 DEGRÉS EN TEMPS RÉEL

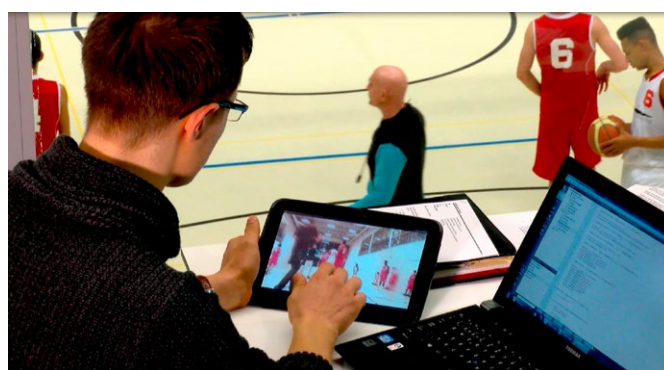
Et si chaque téléspectateur était libre de choisir son propre point de vue? Quel que soit l'audience, de manière individuelle et en temps réel. Et si on pouvait immerger le spectateur au cœur de l'action de façon convaincante et naturelle? Cette prouesse est à portée de main grâce aux développements communs du Laboratoire de systèmes microélectroniques (LSM) et du Laboratoire de traitement des signaux 2 (LTS2).

Les laboratoires ont développé une caméra inspirée des yeux de mouches. Composé de multiples objectifs répartis sur une sphère, le dispositif permet de capturer tout son environnement en une multitude d'images liées. Un système hardware permet de synchroniser la capture des multiples caméras et des algorithmes lient entre elles les images provenant des différentes sources. La prouesse consiste à compiler toute l'information pour permettre une transmission en temps réel. La navigation dans l'image recréée est assurée par une interface qui permet à chaque utilisateur de choisir un point de vue différent.

Appliquée au domaine du sport, cette technologie laisse entrevoir de multiples développements. Que ce soit pour offrir une nouvelle expérience pour le spectateur ou donner des informations complémentaires aux entraîneurs. L'individualisation du choix de point de vue sur des images live ou dans des images d'archive offre de nouvelles perspectives de suivi des manifestations sportives.



Capture des images sur le terrain.

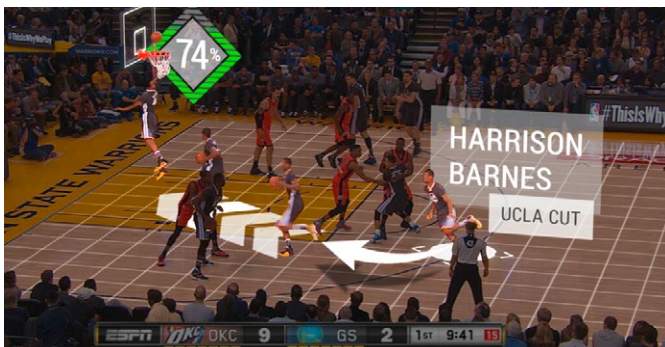


Visualisation à distance à l'aide d'une tablette.



UNE AIDE AUX COMMENTATEURS PERMETTANT D'IDENTIFIER ET DE DOCUMENTER LES ÉVÉNEMENTS INTÉRESSANTS À PRÉSENTER LORS D'UN MATCH

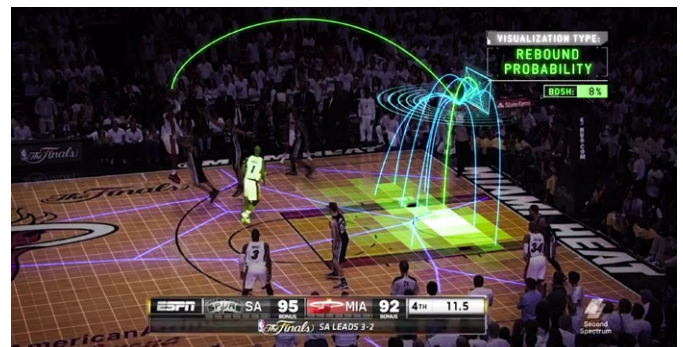
AUGMENTATION D'INFORMATION LORS DES RETRANSMISSIONS



Visualisation d'un mouvement d'attaque.

Comment donner accès, de manière simple et ludique, à des informations statistiques concernant les joueurs d'un match? Comment simplifier le travail des commentateurs en leur offrant un outil performant identifiant les faits d'un jeu et les informations intéressantes à commenter?

La start-up Second Spectrum et le Laboratoire de vision par ordinateur (CVLAB) ont démarré un projet d'analyse des matches basée sur des outils d'imagerie vidéo. Des données brutes récoltées par les caméras sont extraites les positions exactes de chaque joueur et de la balle à tout moment. Ces informations sont analysées par des programmes informatiques qui permettent de déceler les faits de jeu inhabituels et d'intégrer pour chaque



Visualisation des résultats de tir au panier.

joueur des statistiques historiques. Une interface facilite la représentation de cette masse d'information et offre, de manière intuitive, la possibilité au commentateur de naviguer dans le contenu qu'il peut utiliser pour enrichir ses commentaires lors des interruptions de jeu ou à la fin de la compétition. Le système nécessite encore aujourd'hui un réseau de caméras propriétaire mis en place par Second Spectrum pour capturer l'information du match. Ces données sont ensuite corrélées aux images filmées à des fins de diffusion. Dans le futur, les développements permettront d'utiliser directement les images de diffusion pour faire les analyses ce qui permettra de simplifier le déploiement du système.

VISUALISATION INTUITIVE DE CARACTÉRISTIQUES ET PRÉDICTION DE RÉSULTATS DE MATCH À PARTIR DE DONNÉES DE COMPARAISON PAR PAIRES

KICKOFF.AI : UNE PLATEFORME DE PRÉDICTIONS DE RÉSULTATS DE MATCH DE FOOT

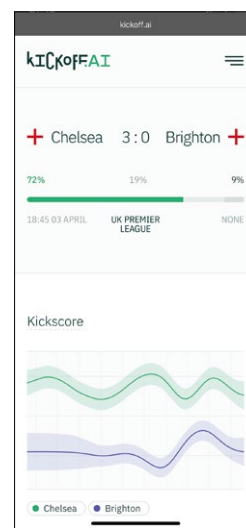
Qui va gagner le championnat d'Angleterre de football cette année? Pour répondre à cette question, et bien d'autres, Kickoff.ai analyse les historiques de résultats de matchs de football et calcule les prédictions de score des matchs à venir. En plus de la prédiction actualisée des scores de plusieurs championnats de football, la plateforme Kickoff.ai donne aussi accès à l'évolution au cours du temps des caractéristiques et compétences des équipes au travers de représentations graphiques très intuitives.

Derrière cette plateforme se trouve un algorithme développé par le Laboratoire de la dynamique de l'information et des réseaux (INDY). Cet algorithme permet d'entraîner un modèle statistique puissant produisant des prédictions probabilistes précises et bien calibrées. L'idée est simple : chaque match est une comparaison entre deux équipes et en règle générale, la meilleure équipe gagne. L'algorithme développé par INDY est construit sur cette observation de base mais il permet aussi de prendre en compte des paramètres très diversifiés de façon flexible tels que les joueurs sélectionnés, le lieu du match, etc.

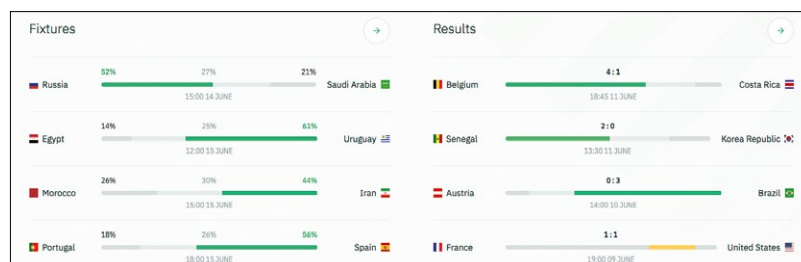
Les applications vont au-delà des simples prédictions et du divertissement pour amateurs de sport. En associant ce modèle de prédictions de score aux mouvements des marchés de paris, il devient possible d'identifier les potentiels cas de triches et de manipulation de match.

Cette application pourrait aider les fédérations nationales et internationales à lutter contre ce risque de plus en plus présent.

Une autre application possible est l'identification de futurs talents. En intégrant la composition des équipes à la base de données, il devient possible d'identifier automatiquement les jeunes joueurs talentueux, aidant les recruteurs à trouver les stars de demain à travers de nombreuses ligues.



Evolution au cours du temps des caractéristiques et compétences d'une équipe.



Prédictions des scores pour une série de matches.

COMMENT ENREGISTRER UN SON DE BONNE QUALITÉ DANS DES CONDITIONS DIFFICILES ET OFFRIR UNE RETRANSMISSION IDÉALE AUX SPECTATEURS ?

PROCESSEUR AUDIO « BEAMFORMING » POUR MICROPHONES

Lors de matchs sportifs ou dans des conditions en extérieur, il est difficile d'enregistrer un son de bonne qualité. Et pourtant, le son a toute son importance lors de la retransmission d'événements sportifs afin que les spectateurs s'immergent dans l'action sportive. Comment enregistrer, avec une qualité optimale, le son d'une action sportive en direct en même temps que l'image et avec des équipements modestes ?

Illusonic, une startup du Laboratoire de communications audiovisuelles (LCAV), a produit un processeur permettant d'obtenir un son de grande qualité en direct, dans des conditions difficiles et qui permet une excellente restitution sonore. Christof Faller, le fondateur d'Illusonic, s'est appuyé sur les compétences du LCAV dans le traitement de signaux acoustiques pour concevoir ce processeur qui est appliqué, par exemple sur le microphone SuperCMIT produit par la société Schoeps. Le fonctionnement du processeur se base sur la technologie dite « beamforming » et intègre deux éléments de micro, un à l'avant et un à l'arrière. Ces derniers permettent un enregistrement optimal de toutes les fréquences, y compris les basses fréquences. La prise de son est très directive et le micro, placé directement sur les caméras, permet d'enregistrer en même temps que l'image un son de grande qualité. On peut ainsi entendre le son d'une frappe de ballon en même temps que l'on voit le joueur faire l'action.

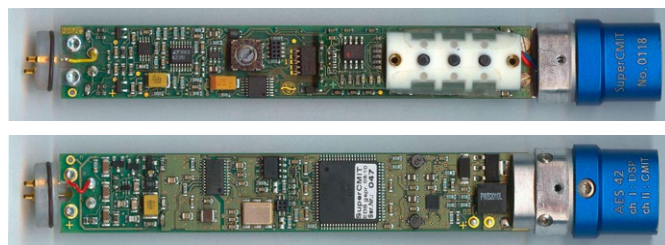
Le micro et son processeur ont été utilisés pour la première fois lors d'un événement sportif de grande envergure en Afrique du Sud. Le micro est aujourd'hui beaucoup utilisé pour la retransmission télévisuelle et pour plusieurs sports comme le football et le tennis mais aussi par l'industrie du film.



Les deux microphones du SuperCMIT.



Microphone SuperCMIT de Schoeps dans sa boîte.



Carte à circuits imprimés du SuperCMIT dont le DSP (processeur du signal numérique) est programmé par Illusonic.

Pour plus d'informations

Pascal Vuillomenet
Vice-présidence pour l'innovation (VPI)

EPFL Innovation Park
Bâtiment J
1015 Lausanne, Suisse

+41 21 693 88 13
pascal.vuillomenet@epfl.ch

epfl.ch/innovation/domains/sport