EPFL

GO.EPFL.CH/SPORT

LA TECHNOLOGIE AU SERVICE DU SPORT

SANTÉ – DIVERTISSEMENT – PERFORMANCE

VICE-PRÉSIDENCE POUR L'INNOVATION

LE SPORT À L'EPFL

SMART MOVE

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

thesmartmove.ch

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

Projets

QUANTIFICATION DE SOI

01 Techniques avancées de traitement des signaux
02 Un électroencéphalogramme portable pour des mesures sur le terrain
03 Respiration et prise de décision
04 Fabrication numérique de dispositifs portables intelligents et personnalisés
05 La prochaine génération de capteurs portables pour le sport
06 Des biocapteurs pour assurer un suivi continu des athlètes
07 Xsensio : pour des mesures physiologiques impossibles avec des capteurs traditionnels
08 Patches flexibles pour l'analyse de la transpiration
09 Qualification de la perception des professionnels du tennis
10 Comprendre les fonctions mitochondriales et leur impact sur la performance des athlètes
11 Inyu : un système d'analyse de l'état de santé globale portable
12 Un avatar permettant d'estimer la dépense énergétique de différents styles de marche
13 Objets connectés intelligents et autonomes pour des outils de médecine préventive
14 Evaluer les réponses individuelles aux facteurs de stress
15 Moduler notre motivation grâce à l'alimentation
16 DiMo : « digital motion », analyse du mouvement, fitness et bien-être
17 Informations objectives pour prévenir les blessures
18 STill: des expériences corporelles immersives qui favorisent le bien-être mental
19 La recherche en design innove en conjuguant pratiques ancestrales et technologies

ÉQUIPEMENTS

20 CompPair : des matériaux composites et polymères autoréparants pour le sport
21 Des matériaux composites et polymères optimisés pour le sport
22 Optimisation du dimensionnement de structures composites pour des équipements sportifs
23 L'utilisation des polymères renforcés de fibres pour remplacer le bois dans les skateboards
24 SP80: la technologie au service de l'exploit sportif
25 Utilisation des matériaux magnétiques dans le sport
26 Prévention des risques de blessures lors de courses de ski alpin
27 Contrôle adaptatif et rapide pour attraper et lancer des objets
28 Fibres et textiles intelligents
29 Twiice : l'utilisation de la robotique dans le sport donne accès à de nouveaux horizons
30 Wiite : l'exosquelette qui permet la randonnée à ski
31 Spriint : un exosquelette de course à pieds
32 Vêtements actifs pour mesurer le mouvement et fournir des données physiques
33 Gant haptique pour sentir les objets virtuels comme des objets réels
34 Voxcell : nouveaux matériaux pour réduire les commotions et les traumatismes crâniens
35 Equipement pour la prévention des commotions
36 Un casque intelligent qui mesure la sévérité des chocs à la tête
37 Neural concept : outil d'optimisation basé sur l'intelligence artificielle pour le design

MOUVEMENT ET POSITION

38 WattsUp : un compteur de puissance pour la course à pied
39 Athlétisme : détection du passage des haies dans un 400 mètres
40 SmartSwim : système d'analyse intelligent de la natation pour l'apprentissage et l'entraînement
41 Ski de fond et ski de randonnée : optimiser sa performance pour réduire la dépense énergétique
42 Suivi des joueurs lors des matchs de basketball
43 Estimation de posture humaine et du mouvement d'un joueur en 3D
44 DeepLabCut : estimation de la pose et analyse comportementale
45 Analse vidéo et prédiction de mouvement
46 Un avatar pour améliorer les mouvements
47 Bilan sportif automatisé et programme d'entraînement personnalisé
48 Modélisation numérique de la locomotion humaine
49 Illumove : analyse de mouvement précise et personnalisable

ANALYSES DE DONNÉES

50 Katapult : un catalyseur de performance pour les athlètes
51 LinkAlong analyse le web social
52 SecureRun : protection des données dans les services géo-localisés
53 Anemomind : un outil d'optimisation des performances nautiques
54 Food & you : l'étude pour optimiser sa nutrition
55 Motivations et barrières sociales pour des régimes sains et durables

EXPÉRIENCE SPECTATEUR

56 Conférer à l'audio-visuel un nouvel impact dans le sport
57 Infrastructures et aménagements urbains favorisant le bon déroulement d'événements sportifs
58 Nouvelles opportunités de broadcasting grâce à l'évolution des réseaux sans fil
59 Panoptic : une caméra 360 degrés en temps réel
60 Augmentation d'information lors des retransmissions
61 Kickoff.ai : une plateforme de prédictions de résultats de match de foot
62 Processeur audio « beamforming » pour microphones
63 RayShaper : solutions optiques numériques au service du multimedia live

Laboratoires

ASPG	Applied Signal Processing Group	01
BIOROB	Laboratoire de biorobotique	12, 48
CCLAB	Laboratoire de construction en composites	23
CNBI	Defitech Chair in Brain-Machine Interface	02
CSS	Centre sport et santé du Service des sports UNIL- EPFL	50
CVLAB	Laboratoire de vision par ordinateur	37, 42, 43, 53, 60
eM+	Laboratoire de muséologie expérimentale	47
EPFL+ECAL Lab	Centre de recherche en design de l'EPFL et de l'ECAL	19, 56
ESL	Laboratoire des systèmes embarqués	11, 13
FIMAP	Laboratoire des fibres et matériaux photoniques	28
HERUS	Laboratoire de relations humaines-environnementales dans les systèmes urbains	55
ICLAB	Laboratoire des circuits intégrés	06
IIG	Groupe de recherche en interaction immersive	46
INDY1	Laboratoire de la dynamique de l'information et des réseaux 1	61
LASA	Laboratoire d'algorithmes et systèmes d'apprentissage	27
LASUR	Laboratoire de sociologie urbaine	57
LBO	Laboratoire de biomécanique en orthopédie	35
LCAV	Laboratoire de communications audiovisuelles	62
LDS	Laboratoire pour la sécurité des données	52
LGC	Laboratoire de génétique comportementale	14, 15
LISP	Laboratoire de physiologie intégrative et systémique	10
LMAF	Laboratoire de mécanique appliquée et d'analyse de fiabilité	22
LMAM	Laboratoire de mesure et d'analyse des mouvements	16, 17, 26, 36, 38, 39, 40, 41
LMTS	Laboratoire des microsystèmes souples	04, 08, 33
LNCO	Laboratoire de neuroscience cognitive	03, 18
LPAC	Laboratoire de mise en œuvre de composites à haute performance	20, 21
LPSY	Laboratoire de psychophysique	09
LQM	Laboratoire de magnétisme quantique	25
LSBI	Laboratory of Soft Bioelectronic Interfaces	05
LSIR	Laboratoire de systèmes d'information répartis	51
LSM	Laboratoire de systèmes microélectroniques	59
LSMS	Laboratoire de simulation e mécanique des solides	23
LTS2	Laboratoire de traitement des signaux 2	59
MAKE	Projets interdisciplinaires soutenus par l'EPFL	24
MMSPG	Groupe de traitement du signale multimédia	63
NANOLAB	Laboratoire des dispositifs nanoélectroniques	07
REHAssist	Rehabilitation and Assistive Robotics	29, 30, 31
RRL	Laboratoire de robotique reconfigurable	32
SCI STI MM	Multimedia Group	58
TOPO	Laboratoire de topométrie	49
UPAMATHIS	Unité du Prof. Alexander Mathis	44
UPMWMATHIS	Mathis Lab	44
UPSALATHE	Salathé Lab | Digital Epidemiology Lab	54
VITA	Intelligence visuelle pour les transports	45

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 physique et sportive pour tous, contribuant à la santé au quotidien.

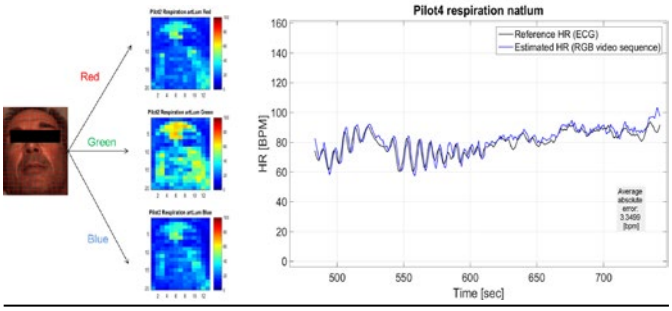
01
QUANTIFICATION DE SOI

Comment traiter de manière optimale des signaux bio-logiques mesurés, tels que le rythme cardiaque, pour obtenir des résultats qualitatifs et utiles ?

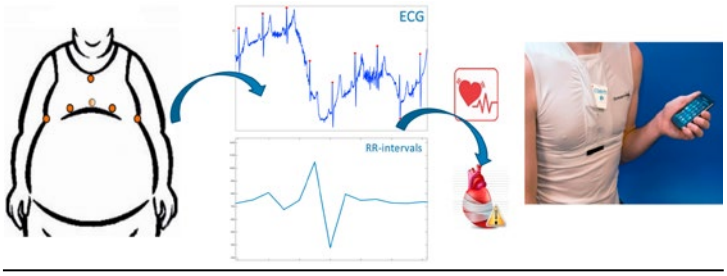
Techniques avancées de traitement des signaux

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 électrocar-diogramme, 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 compé-tences 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.



Extraction robuste du rythme cardiaque.

Prise de données sur un sportif dans un environnement contrôlé.

EPFL
Applied Signal Processing Group (ASPG)
Dr Jean-Marc Vesin – aspg.epfl.ch

En partenariat avec
UNIL | Université de Lausanne

Mesurer l'activité cérébrale pour étudier la perception et les capacités cognitives des athlètes en action

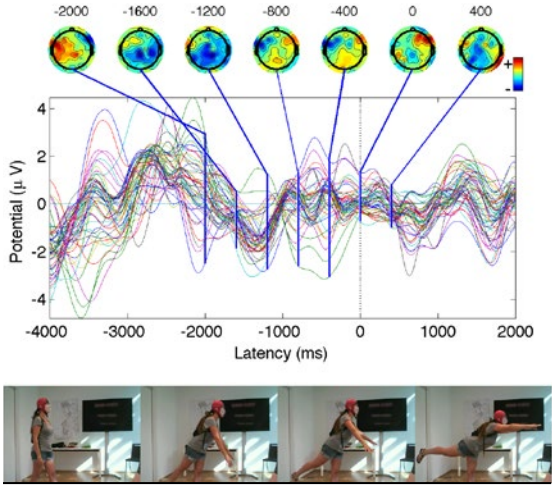
Un électroencéphalogramme portable pour des mesures sur le terrain

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.

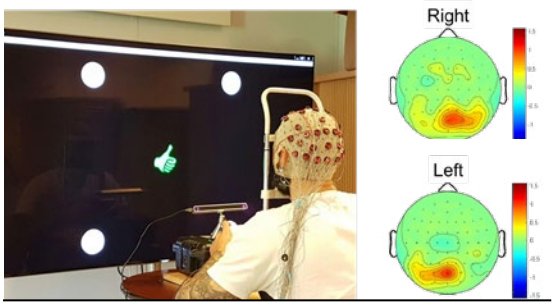
En collaboration avec le Laboratoire de psychologie du sport du Prof. Hauw de l'UNIL et le Prof. Staderini de la HEIG-VD, les chercheurs ont développé une perspective neuro-phénoménologique. Analyser les signatures cérébrales des athlètes en action dans différentes conditions, complétées par des appréciations 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, l'équipe de recherche étudie 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'un 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).

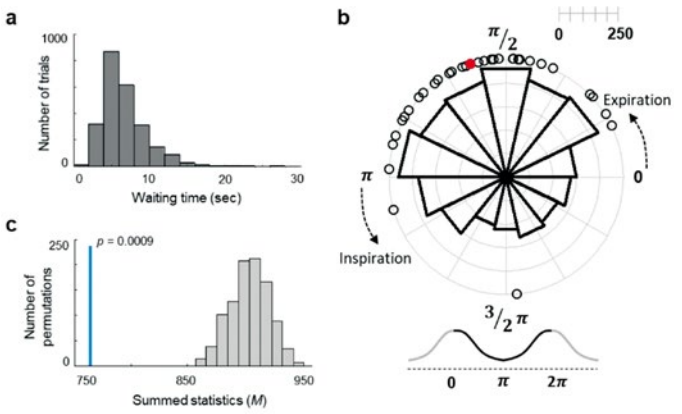
Compréhension des interactions entre signaux corporels et décision, ou quand notre respiration influence nos prises de décision

Respiration et prise de décision

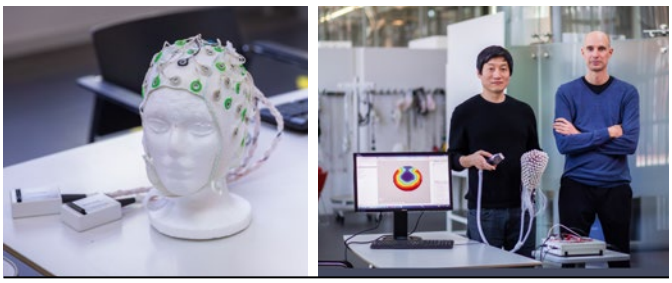
Un cerveau au complet rassemble plus de cent milliards de neurones. Chacune de ces cellules nerveuses transmet des signaux électriques. On ne comprend pas encore complètement comment les cellules nerveuses travaillent ensemble pour aboutir à une décision. C'est un des champs de recherche du Laboratoire de neuroscience cognitives (LNCO) dont les applications potentielles dans le domaine du sport sont multiples.

Le LNCO est expert dans l'analyse des mécanismes cérébraux et leur relation à la perception corporelle. Une nouvelle découverte du laboratoire révèle que les signaux internes influencent les actes volontaires. Quand le cerveau traite des signaux corporels internes, et en particulier ceux en lien avec la respiration, cela affecte notre capacité à agir librement et prendre des décisions. On est ainsi plus susceptibles de prendre une décision volontaire au moment où l'on expire.

Si ces recherches sont encore à un stade fondamental, elles ouvrent néanmoins de nouvelles perspectives. Elles suggèrent que l'on pourrait utiliser le rythme de la respiration pour prédire quand on lance une action volontaire et par conséquent travailler sur son rythme respiratoire pour se conditionner dans des moments spécifiques. Dans le domaine sportif, une compréhension précise des mécanismes en jeu dans la respiration permettrait de développer des méthodologies plus efficaces permettant de gagner en performance.



Couplage entre action volontaire et phase respiratoire lors de la tâche Libet.
(a) Répartition des temps d'attente. **(b)** Répartition des phases de respiration par rapport au moment du début de l'action volontaire. **(c)** Les statistiques de test calculées à l'aide des données originales (indiquées par la ligne verticale bleue) étaient nettement plus petites que les statistiques de niveau de chance obtenues à partir des données de respiration de substitution déphasées (indiquées par l'histogramme ; permutation $p = 0.0009$), montrant le moment des pressions sur les boutons est couplé avec phase de respiration.



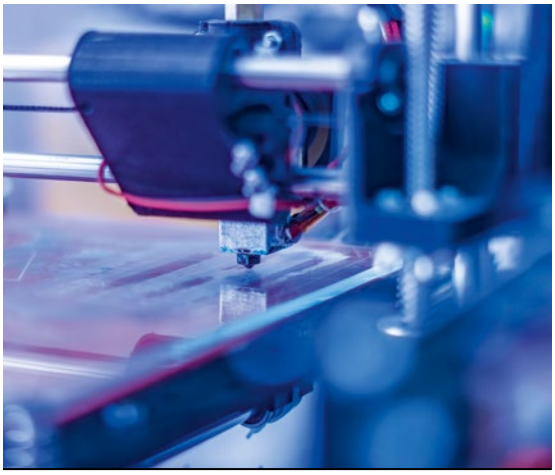
Casque de mesure de l'activité cérébrale et signal du potentiel de préparation motrice (RP, pour *readiness potential*).

L'impression 3D pour permettre d'intégrer des composants électroniques sur-mesure dans nos équipements

Fabrication numérique de dispositifs portables intelligents et personnalisés

Les chercheurs du Laboratoire des micro-systèmes souples (LMTS) ont développé une nouvelle méthode pour le design et la production de dispositifs portables par impression numérique 2D et 3D. Des capteurs et systèmes électroniques complexes peuvent être fabriqués numériquement en empilant plusieurs couches fonctionnelles lors de l'impression 3D. Cette nouvelle approche de fabrication permet une personnalisation facile des systèmes intelligents et une intégration invisible de fonctionnalités dans des produits préexistants. Grâce à cette technologie utilisant des élastomères flexibles, biocompatibles et respirant, des dispositifs portables intelligents peuvent être fabriqués de manière personnalisée – forme, propriété mécanique, fonctions intégrées et applications – pour un utilisateur spécifique en partant par exemple d'un scan d'une partie du corps.

L'équipe du LMTS développe des design et méthodes pour positionner localement les fonctionnalités dans la structure réalisée par impression 3D selon la fonctionnalité souhaitée et pour s'adapter parfaitement à la personne. Différents types de capteurs peuvent être intégrés avec des composants, tels qu'une source d'alimentation ou des puces électroniques pour la lecture, le traitement des données et leur communication sans fil. Des appareils portables entièrement intégrés et opérationnels peuvent être produits pour des utilisations dans la pratique sportive ou des utilisations en lien avec le bien-être. Les premières démonstrations ont consisté en l'intégration dans des dispositifs portables de capteurs mécaniques pour surveiller les mouvements du corps, des articulations et la démarche.



Des dispositifs portables entièrement intégrés et opérationnels peuvent être produits pour des utilisations dans la pratique sportive ou des utilisations en lien avec le bien-être.

EPFL **Laboratoire des microsystèmes souples (LMTS)**
Dr Danick Briand – lmts.epfl.ch

05
QUANTIFICATION DE SOI

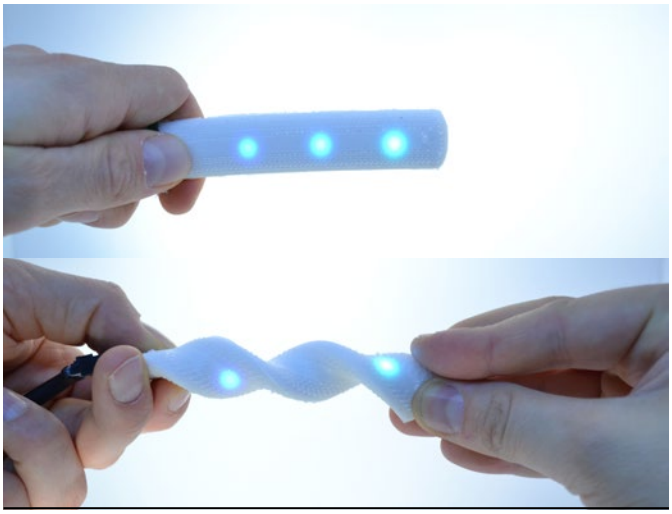
Comment permettre la mesure de paramètres physiologiques lors de la pratique sportive en tout confort pour l'utilisateur

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 précèdent. Des modules électroniques standard sont distribués, interconnectés et intégrés dans des élastomères pour construire la nouvelle génération de bracelets, bandeaux ou patchs 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.

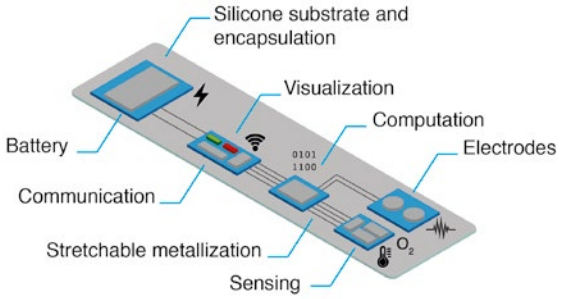
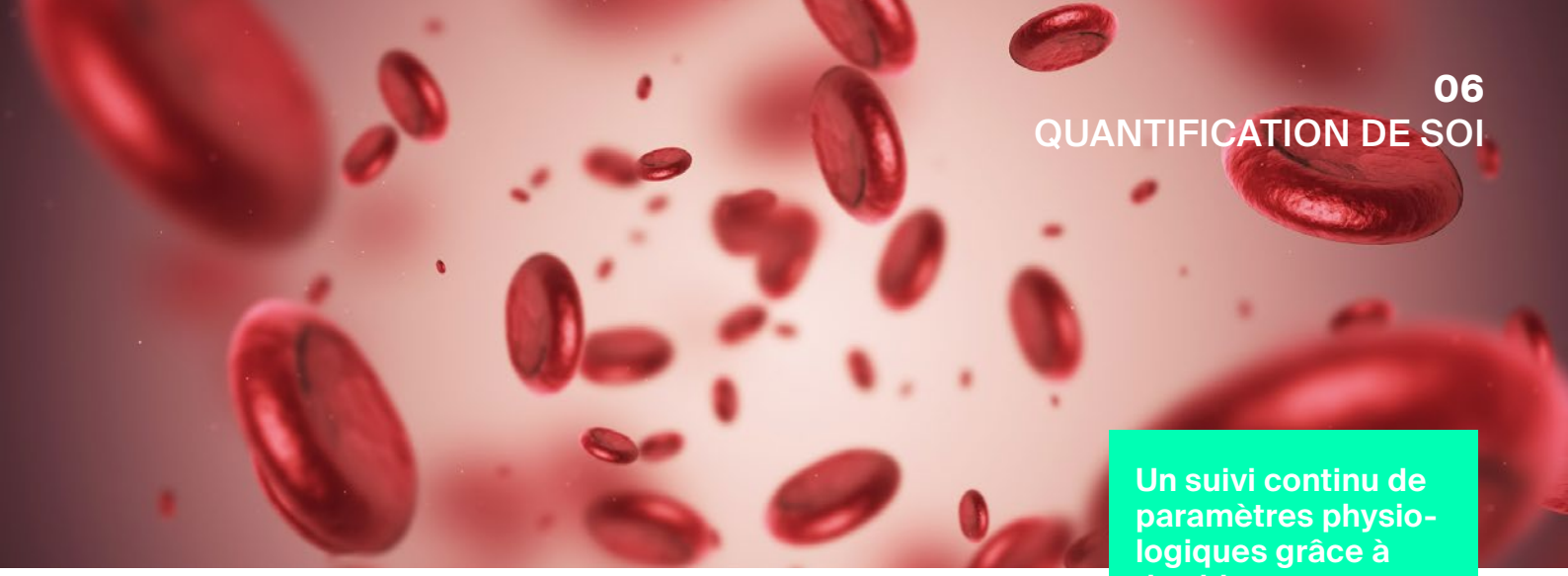


Schéma de connectique représentatif des composants pouvant être intégrés.



Un suivi continu de paramètres physiologiques grâce à des biocapteurs et leurs électroniques de traitement de données

Des biocapteurs pour assurer un suivi continu des athlètes

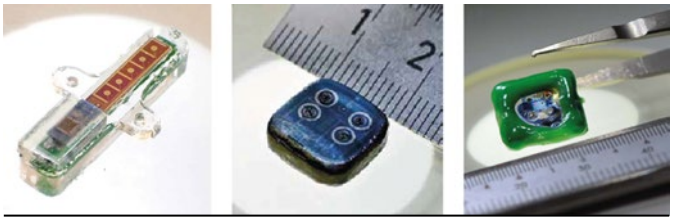
Le groupe de recherche Bio / CMO interfaces, une unité du Laboratoire des systèmes intégrés (ICLAB), étudie les technologies de conception de circuits et de systèmes électroniques pour des applications biomédicales. Leur expertise spécifique se situe dans le domaine de la bioélectronique et de la biophysique des nano interfaces pour des applications en diagnostic humain, médecine translationnelle et biotechnologie.

Le groupe Bio / CMO interfaces développe des systèmes électroniques portables combinant des capteurs électrochimiques, tels que des capteurs ioniques, ainsi que des plateformes intégrées pour les mesures parallèles d'analytes et le traitement des données générées. Le Groupe a développé des biocapteurs très peu invasifs détectant les protéines et les ions.

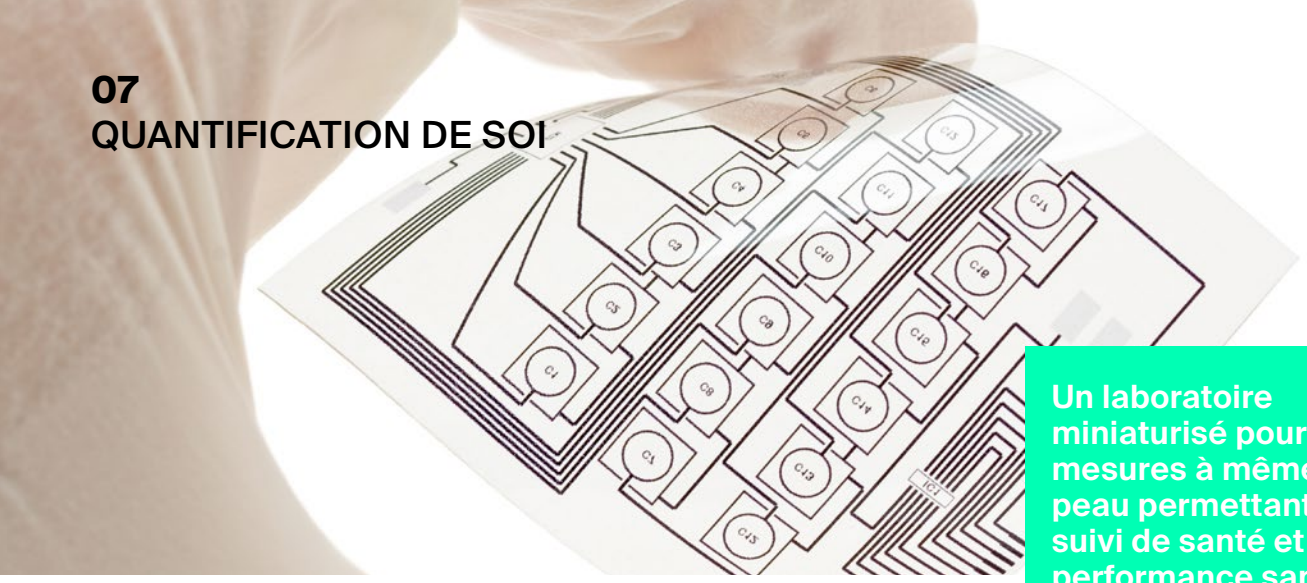
Un exemple de développement est une puce capable de mesurer non seulement le pH et la température, mais également des molécules liées au métabolisme comme le glucose, le lactate et le cholestérol, ainsi que la présence de médicaments.

Un deuxième exemple est un petit boîtier imprimé en 3D contenant des biocapteurs, pour mesurer plusieurs substances dans le sang, couplé à une électronique transmettant les résultats en temps réel à une tablette via Bluetooth. Capable d'être connecté à un tube de drainage déjà en place, ce nouveau système est beaucoup moins invasif que les nombreux dispositifs de surveillance. Il permet le suivi en continu des taux sanguins de cinq substances: les métabolites (glucose, lactate et bilirubine) et les ions (calcium et potassium). Avec un tel dispositif, jusqu'à sept molécules peuvent être surveillées en temps réel.

Ces biocapteurs pourraient être utilisés dans un proche avenir pour assurer un suivi continu des athlètes et augmenter leurs performances en améliorant leur nutrition ou en optimisant leur temps d'entraînement.



Trois versions de dispositifs implantables.

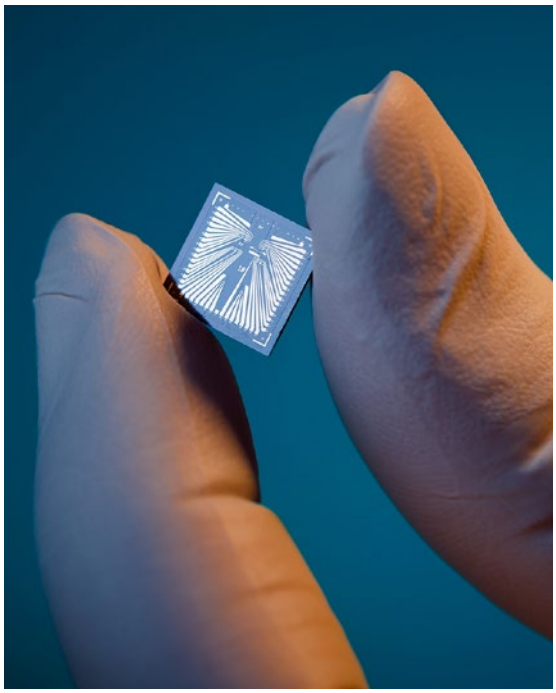


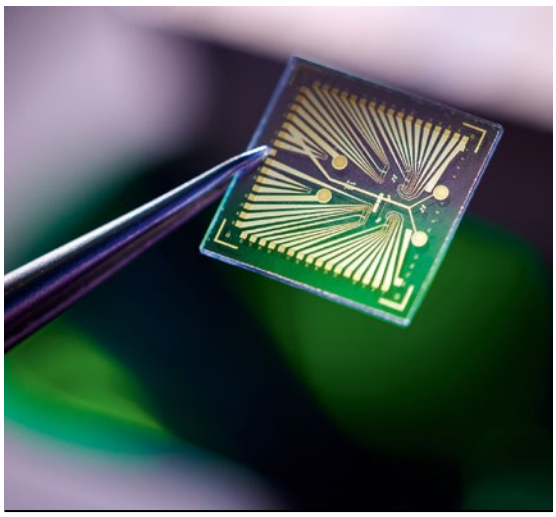
Un laboratoire miniaturisé pour des mesures à même la peau permettant le suivi de santé et de performance sans entraver l'activité

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 fournir des informations de santé en temps réel. La puce de 5 x 5 mm 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™.

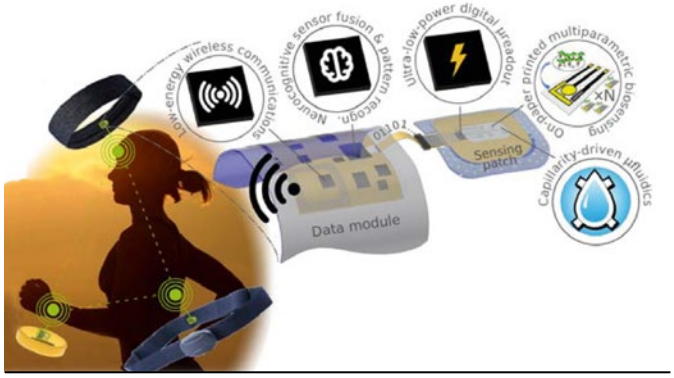
EPFL
Laboratoire des dispositifs nanoélectroniques (Nanolab)
Prof. Mihai Adrian Ionescu – nanolab.epfl.ch

xsensio
Start-up issue du laboratoire

Plateforme intelligente portable de biosurveillance par la sueur pour des tests physiologiques et de santé personnalisées

Patches flexibles pour l'analyse de la transpiration

La sueur est un fluide biologique très intéressant en tant qu'échantillon analytique pour des applications biomédicales car il permet d'obtenir des informations en continu de manière non intrusive et qu'il contient une grande variété d'indicateurs. Les chercheurs du Laboratoire des microsystèmes souples (LMTS) en collaboration avec le CHUV créent une nouvelle génération de patchs flexibles intelligents et économiques qui peuvent être fixés sur la peau pour l'analyse de la transpiration. Le patch intègre des capteurs conçus pour détecter les différents analytes présents dans la sueur, tels que les ions, les métabolites, les hormones, les protéines, etc. Le système comprend un module électronique portable pour la lecture, le traitement et la transmission sans fil des données vers le cloud permettant leur visualisation sur un smartphone par les utilisateurs.



WeCare, plateforme portable d'analyse de la transpiration.

Le patch de détection configurable se compose de :

- un collecteur de sueur en contact avec la peau qui permet un prélèvement en continu de la sueur par effet capillaire ;
- un substrat souple qui contient un canal et un réservoir microfluidiques pour recueillir la sueur et la conduire vers les capteurs ;
- des capteurs électrochimiques potentiométriques, ampérométriques et à effet de champ réalisés par impression (jet d'encre et sérigraphie) avec une fonctionnalisation (bio)chimique spécifique pour la détection d'électrolytes, de métabolites et de divers autres biomarqueurs de la sueur ;
- des capteurs de température, pH et taux de transpiration, pour une analyse précise de la sueur en temps réel et des corrections de données.

La physiologie du sport étant l'une des applications de détection biochimique en temps réel les plus exigeantes, elle représente un champ de développement de choix pour l'équipe de recherche.

EPFL
Laboratoire des microsystèmes souples (LMTS)
Dr Danick Briand – epfl.ch/labs/lmts/lmts-research/enviromems

En partenariat avec
CHUV

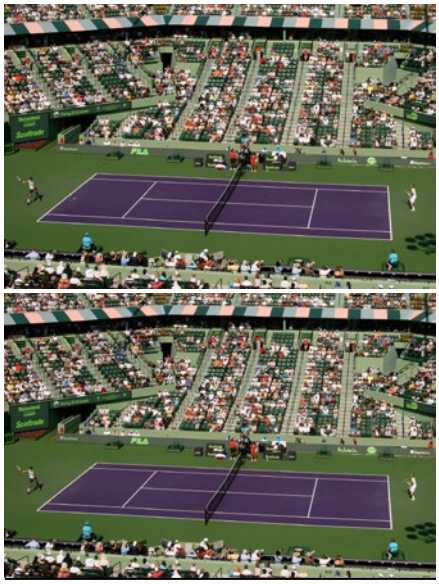
Quel est l'effet de la compétence visuelle sur la performance sportive ?

Qualification de la perception des professionnels du tennis

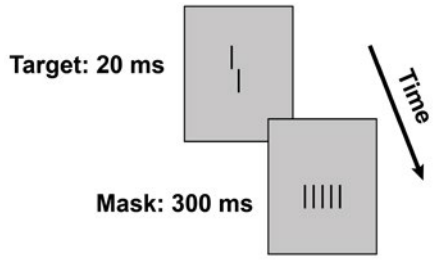
Est-ce que les professionnels du tennis ont de meilleures compétences visuelles que la moyenne des gens ? Quel est le rôle de la perception visuelle des athlètes ?

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 (haut) avec ou (bas) sans 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 lapse 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.

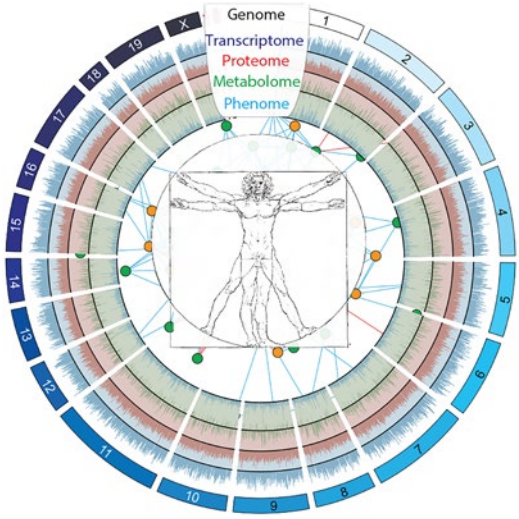
Quel est l'impact des fonctions mitochondriales sur les performances, sachant qu'elles sont responsables de la génération de l'énergie dans les cellules ?

Comprendre les fonctions mitochodriales 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), dirigé 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.

11
QUANTIFICATION DE SOI

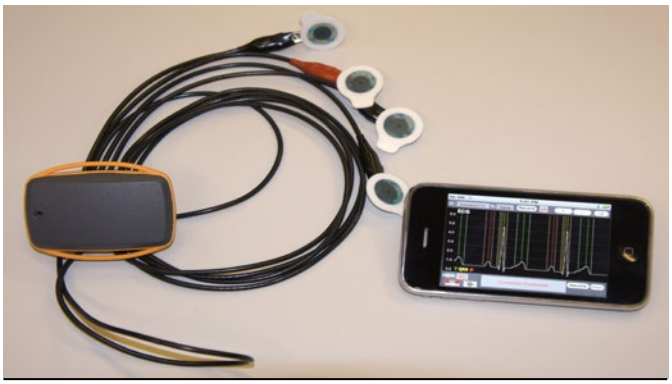
Un appareil portable pour mesurer l'électrocardiogramme, l'activité physique et la tension artérielle et évaluer les bienfaits de l'activité physique

Inyu : un système d'analyse de l'état de santé globale portable

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 (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.



Prototype de laboratoire avec électrodes séparées.

Produit développé par SmartCardia.

EPFL
Laboratoire de systèmes embarqués (ESL)
Prof. David Atienza Alonso – esl.epfl.ch

SmartCardia
Start-up issue du laboratoire

En partenariat avec
CHUV
Unil
UNIL | Université de Lausanne

Un modèle numérique de simulation de la marche pour prédire la dépense énergétique et définir des exercices de marche personnalisés

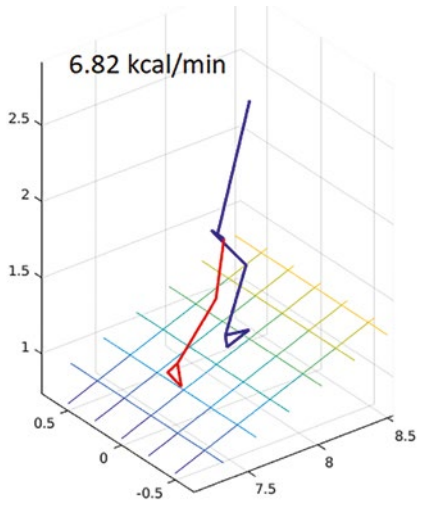
Un avatar permettant d'estimer la dépense énergétique de différents styles de marche

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 (BIOROB) 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 (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 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.

Prototype de laboratoire avec capteurs séparés.

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.

EPFL
Laboratoire de systèmes embarqués (ESL)
Prof. David Atienza Alonso – esl.epfl.ch

En partenariat avec

UNIL | Université de Lausanne

be.care Smart & Predictive Connected Health

Quantifier les réponses au stress et les différences comportementales et physiologiques individuelles face aux défis à l'aide de la réalité virtuelle

Evaluer les réponses individuelles aux facteurs de stress

Les chercheurs du Laboratoire de génétique comportementale (LGC) ont développé des scénarios immersifs de réalité virtuelle qui permettent de quantifier les réponses comportementales et physiologiques des individus à différents niveaux de défi, des risques neutres et excitants aux menaces persistantes.

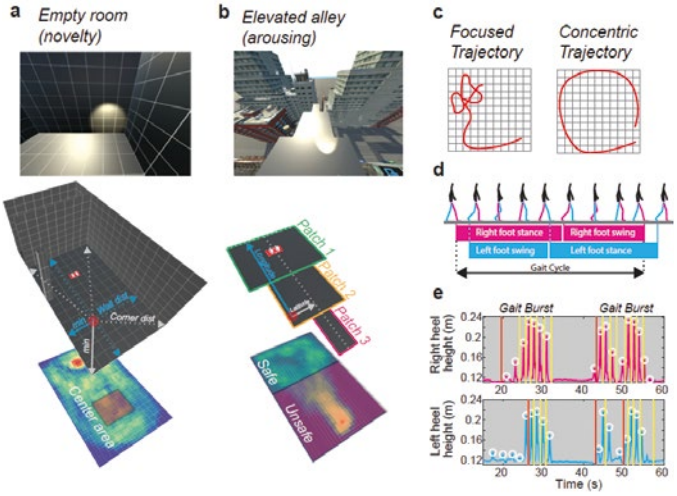
En exposant les participants à des scénarios immersifs, les chercheurs obtiennent de grande quantité de données comportementales, des réponses automatiques (réflexes) ainsi que des réponses hormonales (cortisol salivaire, alpha-amylase, testostérone). L'activité cérébrale peut être surveillée simultanément (électroencéphalogramme EEG). En utilisant des outils d'apprentissage automatique (machine learning), les chercheurs ont développé un modèle qui permet de prédire les changements de variabilité de la fréquence cardiaque en fonction du comportement locomoteur observé lors de l'exposition à des environnements immersifs de réalité virtuelle neutres et émotionnellement excitants.

Les chercheurs ont également développé un scénario de réalité virtuelle stressant qui déclenche une augmentation des niveaux de cortisol ainsi que des changements dans la fréquence cardiaque et sa variabilité.

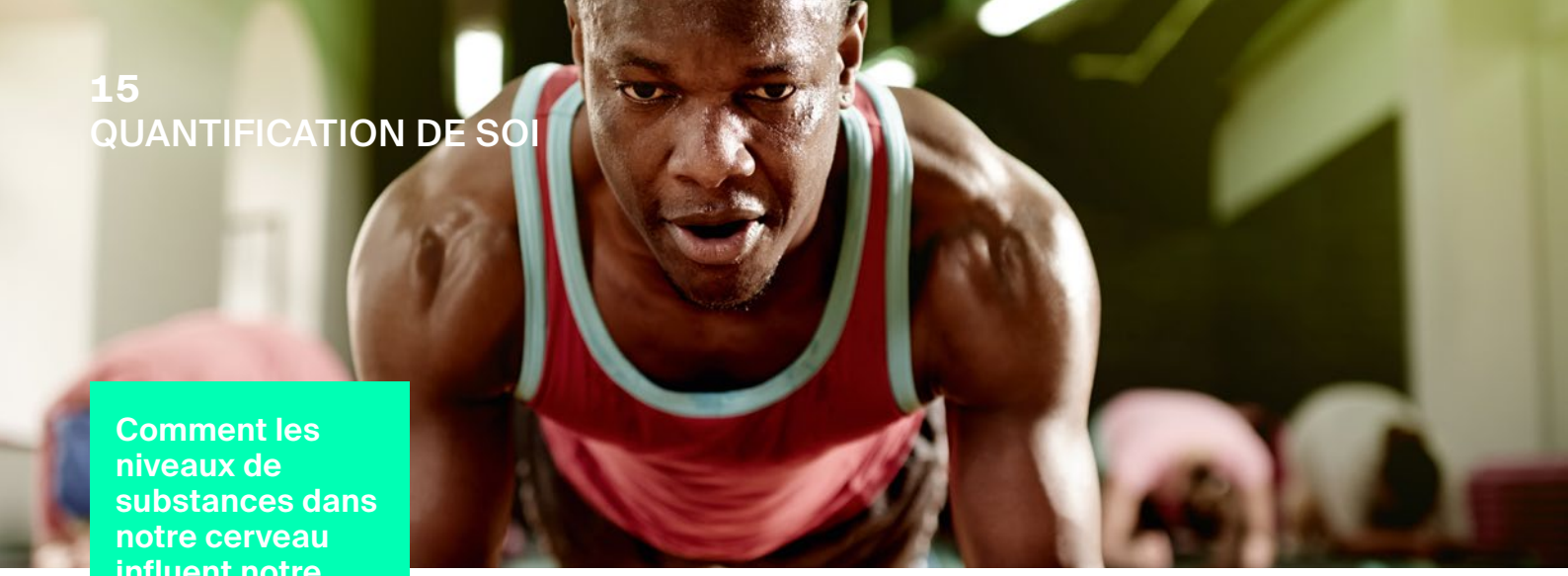
Ce scénario peut être utilisé pour évaluer les réponses individuelles aux facteurs de stress ainsi que pour valider l'efficacité des traitements de relaxation, d'entraînement physique ou de régime nutritionnel utilisés pour moduler les réponses physiologiques au stress.

Un autre scénario de réalité virtuelle développé dans le laboratoire permet de quantifier les réponses agressives – réactives (en réponse à une provocation) et proactives (non provoquées) – dans des conditions normales, après une exposition au stress et après une exposition à des environnements relaxants.

Le laboratoire couple ces études à une caractérisation exhaustive de la personnalité et des états psychologiques réalisée à travers un certain nombre de questionnaires. Parmi les tests non basés sur la réalité virtuelle, le laboratoire utilise des tests d'empathie couplés au suivi oculaire, au conditionnement et à l'extinction de la peur, ainsi qu'à la mémoire spatiale et de travail.



Scénarios de réalité virtuelle conçus pour révéler la variance comportementale des réponses locomotrices des participants dans des conditions non menaçantes.

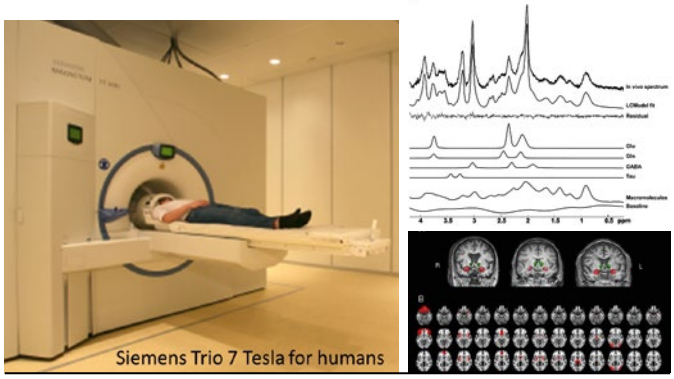


Comment les niveaux de substances dans notre cerveau influent notre comportement ?

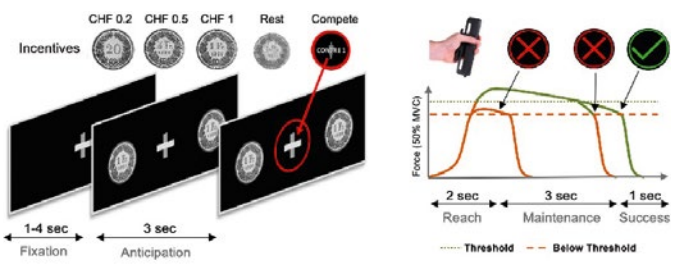
Moduler notre motivation grâce à l'alimentation

L'approche développée par les chercheurs du Laboratoire de génétique comportementale (LGC) consiste à mesurer les niveaux d'environ vingt métabolites et neurochimiques (tels que la créatine, la glutamine et le glutamate) dans des régions spécifiques du cerveau en utilisant la spectroscopie par résonance magnétique *high field* pour étudier les liens avec des capacités comportementales données et leurs variabilité entre individus.

Une récente découverte majeure du laboratoire a révélé un lien entre les niveaux de métabolites spécifiques dans le noyau accumbens (une zone spécifique du cerveau) et le comportement motivé. Les chercheurs mesurent la motivation avec une tâche incitative nécessitant un effort physique (test de force de préhension) pour obtenir différents niveaux de récompense. Étant donné que la motivation est un processus complexe, les chercheurs utilisent un modèle computationnel pour en discerner les différents composants. Cette approche leur a permis d'étudier la relation entre le niveau de métabolites spécifiques et la différence en niveau d'incitation, en coût de l'effort, ou en lien avec l'apparition de fatigue au cours du temps.



Le métabolisme cérébral est étudié à l'aide de la spectroscopie par résonance magnétique 1H (1H-MRS) dans un aimant à champ élevé (7T).



Tâche incitative basée sur l'effort.

En particulier, les chercheurs ont constaté que la glutamine et le rapport glutamine – glutamate dans le noyau accumbens prédit la performance d'effort et, inversement, la perception subjective de l'effort. Ils ont identifié l'endurance (ou la capacité à maintenir le même niveau de performance dans le temps sans ressentir de fatigue) comme une fonction critique liée au rapport glutamine – glutamate.

Dans ces études, le LBG élabore et pratique des tests comportementaux et métaboliques pour évaluer l'effort physique et cognitif. Ils peuvent être couplés à des mesures physiologiques, de l'activité cérébrale par neuroimagerie, et de caractérisation de la personnalité et de l'état psychologique au travers de questionnaires.

Comment mesurer une expérience sportive agréable pour augmenter la motivation et la performance ?

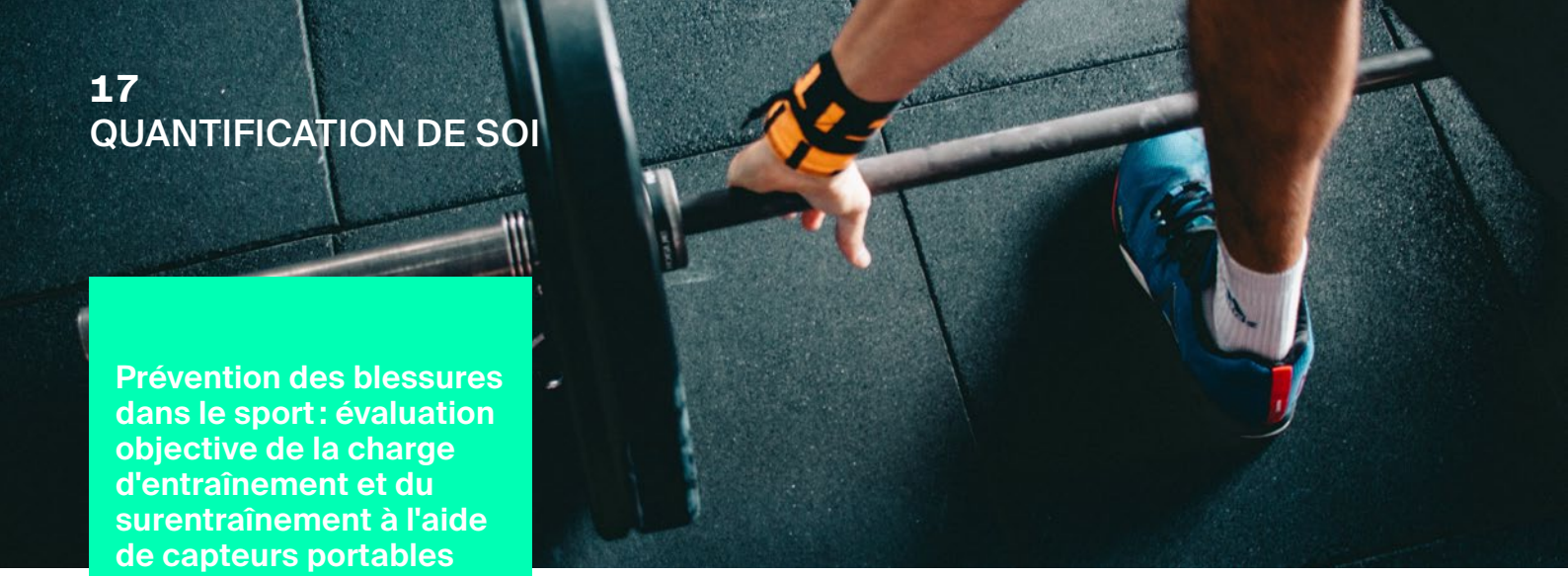
DiMo : « digital motion », analyse du mouvement, fitness et bien-être

En matière de sport, ce qui compte ce n'est pas « combien de temps » ou « à quelle fréquence », mais « quelle qualité », « quelle efficacité » ou « comment je me sens ». Pour quantifier ces critères subjectifs, les chercheurs du Laboratoire de mesure et d'analyse des mouvements (LMAM) ont développé un système de plusieurs capteurs intégrés pour obtenir des données biomécaniques, contextuelles et psychologiques. S'appuyant sur ces données, ils peuvent concevoir de nouveaux systèmes d'interaction homme-machine intuitifs pour rendre divers sports plus agréable. Ils ont développé un appareil appelé DiMo – abréviation de Digital Motion in Sports, Fitness and Well-being – qui fournit des commentaires en temps réel et/ou hors ligne sur les mouvements et les émotions des joueurs. Cela permet d'augmenter la motivation, les performances, le bien-être et d'acquérir une meilleure connaissance de soi.

Dans un premier temps, les chercheurs ont utilisé les caractéristiques biomécaniques des capteurs inertiels (IMU), des données physiologiques issues d'électrocardiogrammes (ECG) et de données psychologiques provenant de questionnaires de perception d'effort pour évaluer le niveau de fatigue pendant la pratique de la course à pieds et du ski. Ils ont ensuite développé des algorithmes pour mieux comprendre les propriétés biomécaniques et psychophysiologiques des athlètes dans des conditions de course réelles, afin de minimiser le risque de blessure et d'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

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.

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) 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.

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

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

EPFL
Laboratoire de mesure et d'analyse des mouvements (LMAM)
Prof. Kamiar Aminian – lmam.epfl.ch

Gaitup
make sense of motion
Start-up issue du laboratoire

En partenariat avec
CHUV

Comment réduire le stress, l'anxiété et les troubles du sommeil qui nuisent à notre bien-être et nos performances?

STill: des expériences corporelles immersives qui favorisent le bien-être mental

Le stress lié à la compétition, au travail ou tout stress déclenché par les défis quotidiens de la vie peuvent causer de l'anxiété, une dépression, des maux de tête et des troubles du sommeil. Le stress altère le fonctionnement cognitif et les performances quotidiennes, et il a un impact sur l'humeur. Les chercheurs de l'EPFL ont créé une nouvelle technologie de réalité virtuelle qui simule aussi le toucher et la sensation de température. Cette nouvelle technologie permet de produire des expériences multi-sensorielles immersives pour le bien-être mental. Cette technologie est déjà en test dans le monde réel sur de vraies personnes.

Fondé en 2019, Metaphysiks Engineering est née d'une collaboration entre le Laboratoire de neurosciences cognitives (LNCO) et le Laboratoire de systèmes robotiques (LSRO). La start-up a développé un produit unique et performant, STill, une première mondiale, qui permet l'intégration complète du toucher et de la température dans des expériences immersives.

En imitant la façon dont le cerveau intègre le toucher, la température et le son, STill vous donne la sensation d'être au bord d'un océan, d'un lac ou d'une rivière; vous entendez les vagues et ressentez l'eau sur votre peau. En même temps, un expert en méditation vous guide à travers les sensations corporelles que STill vous fait vivre, vous aidant ainsi à vous endormir, vous détendre ou à méditer. Ce faisant, STill allie bien-être physique et mental.

Les chercheurs de Metaphysiks ont testé l'expérience utilisateur de STill, en collaboration avec le EPFL+ECAL Lab, et ont également testé et optimisé ses nombreux effets positifs (subjectifs, physiologiques, cérébraux) sur le ressenti de bien-être en laboratoire, au bureau ou dans les hôtels. Metaphysiks poursuit actuellement des tests de routines d'entraînement dans le sport pour les athlètes élite et de loisir.

STill permet l'intégration complète du toucher et de la température dans des expériences immersives (photo © Calypso Mahieu / EPFL+ECAL Lab).

EPFL

Laboratoire de neurosciences cognitives (LNCO) |
Chaire Fondation Bertarelli de neuroprosthétique cognitive
Prof. Olaf Blanke – lnco.epfl.ch

METAPHYSIKS
Start-up issue du laboratoire

Comment le design augmente l'immersion en soi

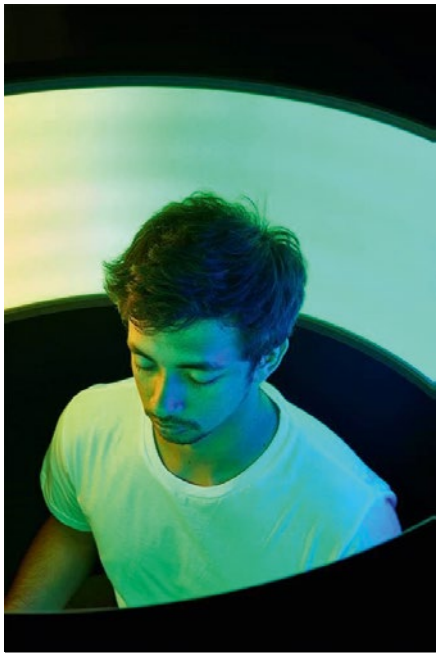
La recherche en design innove en conjuguant pratiques ancestrales et technologies

Les techniques de relaxations et de bien-être font l'objet de nombreuses études dans le cadre du sport, où les athlètes sont souvent confrontés à un stress élevé et des besoins de récupération.

Le centre de recherche en design EPFL+ECAL Lab développe plusieurs projets sur la méditation. Il crée notamment de nouveaux dispositifs pour Ming Shan Digital Experience : un travail expérimental visant à favoriser la méditation dans le cadre de Ming Shan, le plus grand centre taoïste laïc hors de Chine. Ce centre, développé avec le soutien de l'Etat de Vaud, aborde les pratiques avec une grande ouverture sur l'innovation et l'échange entre les disciplines. Dans le cadre d'un travail de recherche, l'EPFL+ECAL Lab conçoit des dispositifs immersifs qui visent à apporter un soutien individuel aux pratiquants basé sur la lumière. Mais ces dispositifs ont une ambition plus grande encore : induire un effet collectif fondé, lui, sur l'émission de vibrations sonores. L'installation globale génère une trace visuelle de l'expérience qui enrichit la perception d'un lieu.

L'EPFL+ECAL Lab aborde également dans le cadre d'un autre projet, en collaboration avec le Laboratoire des neurosciences cognitives (LNCO), la question délicate des interfaces pour les dispositifs dédiés à la méditation. En d'autres termes, comment faciliter les interactions, alors que le sujet est entièrement focalisé sur son corps et son mental.

Le projet a suscité l'intérêt de plusieurs partenaires qui apportent désormais leur contribution, en particulier l'Applied Signal Processing Group (ASPG) de l'EPFL, le Signal Processing & Control Sector du Centre suisse d'électronique et de microtechnique (CSEM) et le Département de psychologie de l'Université de Fribourg.



Dispositifs immersifs apportant un soutien individuel aux pratiquants basé sur la lumière.

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

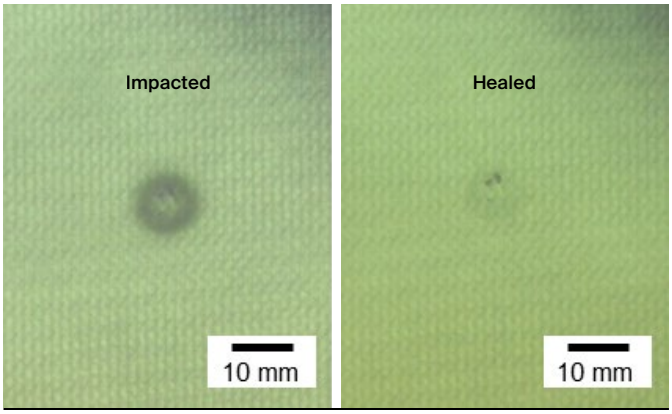
CompPair : des matériaux composites et polymères autoréparants pour le sport

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

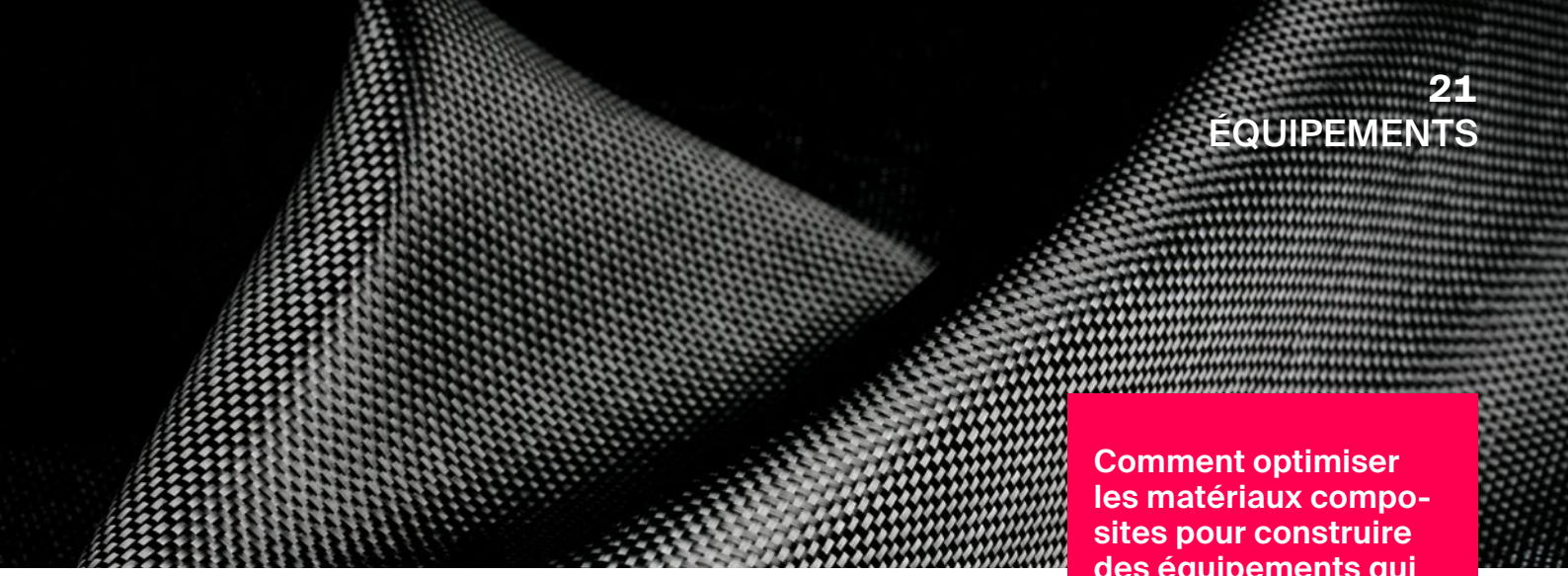
Le développement des matériaux est souvent basé sur le principe de prévention de l'endommagement qui implique un surdimensionnement à la conception. Cependant, les mécanismes naturels reposent sur une philosophie inverse où l'endommagement est défini comme inévitable et différents mécanismes de réparation 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 cette 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.



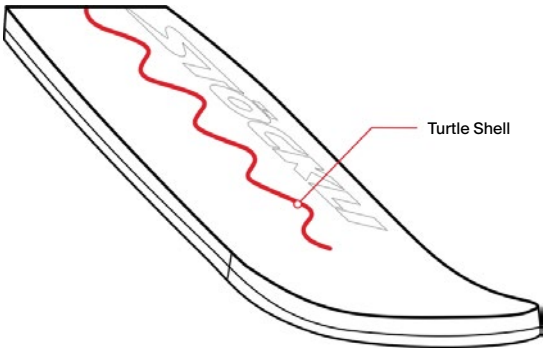
Comment optimiser les matériaux composites pour construire des équipements qui répondent parfaitement aux attentes des sportifs

Des matériaux composites et polymères optimisés pour le sport

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'accentue sous la poussée, la vitesse ou la pression. Ce comportement permet d'avoir un meilleur confort ainsi qu'un meilleur contrôle de la trajectoire.



Structure inspirée des carapaces de tortue.

Nouvelle génération de ski commercialisée par Stöckli.

EPFL

Laboratoire de mise en oeuvre de composites à haute performance (LPAC)
Prof. Véronique Michaud – lpac.epfl.ch

En partenariat avec

SLF

Institut pour l'étude de la neige et des avalanches (SLF)

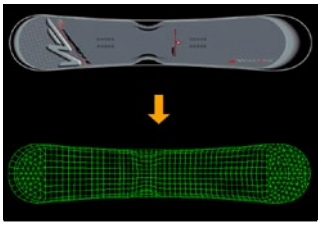
Design de structures composites pour optimiser la performance

Optimisation du dimensionnement de structures composites pour des équipements sportifs

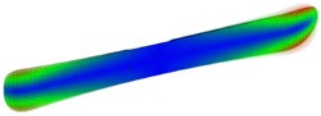
Pour gagner en performance, les équipements sportifs doivent être toujours plus légers et plus rigides. La question est alors : comment les dimensionner de façon optimale pour obtenir les performances escomptées ?

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.

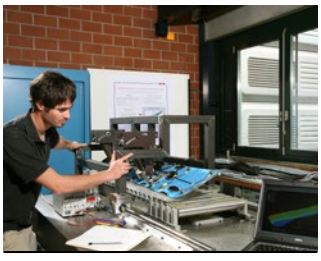
Simulation des contraintes et des déformations sur l'Hydroptère.



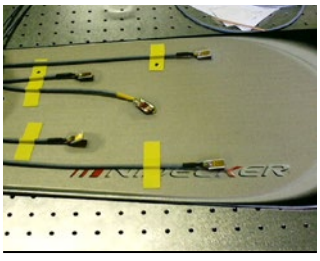
Modélisation d'un snowbard par éléments finis.



Simulation d'un snowboard.



Banc d'essai du snowboard instrumenté.



Instrumentation d'un snowboard.

Comment l'utilisation de polymères peut augmenter la durée de vie d'équipement traditionnellement fait en bois ?

L'utilisation des polymères renforcés de fibres pour remplacer le bois dans les skateboards : nouveau design et durabilité

Actuellement, les matériaux composites tels que les polymères renforcés de fibres de verre (GFRP) ou de carbone (CFRP) ne sont utilisés que partiellement dans le monde du skateboard, pour renforcer par exemple la structure de base en bois. Ils représentent par contre souvent 100% des matériaux de skis, de snowboards ou de vélos, leur offrant des propriétés mécaniques uniques et complexes.

Le projet développé conjointement par le Laboratoire de construction en composites (CCLab) et le Laboratoire de simulation en mécanique des solides (LSMS) était d'utiliser les FRP, imperméable et plus résistant que le bois, pour créer un skateboard et ouvrir la voie à un nouveau design. Les chercheurs du laboratoire ont dimensionné l'objet selon les mêmes méthodes que pour la fabrication d'autres structures d'ingénierie à base de matériaux composites et selon les proportions et exigences liées au skateboard. À des fins pédagogiques, ces éléments structurels relativement simples permettent de comprendre les bases de la conception, de la sélection des matériaux, des processus de fabrication et du développement des produits, sans avoir à subir de procédures compliquées. L'équipe s'est tournée vers le Groupe d'ingénierie des structures (GIS) et le Laboratoire de mécanique appliquée et d'analyse de fiabilité (LMAF) de l'EPFL pour construire et évaluer les prototypes, tout en bénéficiant de l'expertise de l'ingénieur et normalisateur de la qualité Anthony Bert.

Les prototypes en FRP fabriqués à partir d'une multitude de fibres composites (verre / carbone / lin) semblent avoir une durée de vie plus longue que les skateboards traditionnels en bois, alors qu'il a été démontré que leur comportement peut être beaucoup plus facilement personnalisé. Les FRP offre de nouvelles sensations au skateur, notamment au moment d'atterrir après un trick. La planche se courbe sous les pieds alors que celle en bois traditionnel se brise normalement à ce stade. A terme, le temps de fabrication du skateboard, son épaisseur et son coût, pourraient aussi être revus à la baisse.

Skate réalisé en fibre de verre pour une rigidité modulable et une durée de vie augmentée.

Laboratoire de construction en composites (CCLab)
Anastasios Vassilopoulos – cclab.epfl.ch

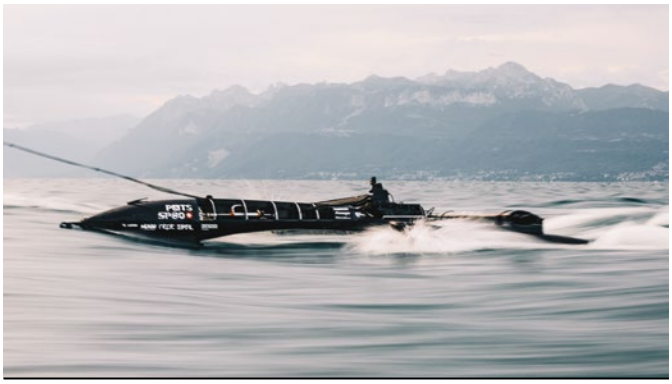
Laboratoire de simulation en mécanique des solides (LSMS)
Prof. Jean-François Molinari – lsms.epfl.ch

Innovations et technologies pour battre le record du monde de vitesse à la voile en 2022

SP80 : la technologie au service de l'exploit sportif

Battre le record du monde de vitesse à la voile en 2022 : tel est le challenge que se sont fixés trois étudiants et ingénieurs de l'EPFL. Le défi est de taille car le record du monde (65.45 noeuds soit 121.1 km/h), actuellement détenue par l'Australien Paul Larsen et son projet Vestas Sailrocket 2, n'a pas été égalé ni même approché depuis 2012 !

Pour atteindre les 80 nœuds visés (environ 150 km/h), l'équipe de SP80 doit innover et repenser les technologies actuelles, en collaboration avec plusieurs laboratoires de l'EPFL, sur les traces de l'Hydroptère et d'Alinghi. Le Laboratoire des machines hydrauliques (LMH), spécialisé dans la validation des performances, l'hydrodynamique, la cavitation, l'hydro acoustique, les simulations numériques et les techniques de mesure avancées permet de tester différentes formes d'ailerons, de les caractériser et d'étudier leurs performances. Le Laboratoire de mise en œuvre de composites à haute performance (LPAC) met à disposition ses infrastructures et son expertise pour produire des ailerons en carbone et réaliser des essais structuraux sur les composites qui seront présents sur le bateau. Le laboratoire de vision par ordinateur (CVLAB) et sa spin-off Neural Concept permettent, par leur expertise en intelligence artificielle et simulation numérique, de définir le design optimal du bateau. De nombreux autres laboratoires offrent leur conseil : le Laboratoire de conception mécanique appliquée (LAMD), le Laboratoire de métallurgie thermo-mécanique (LMTM), le Laboratoire d'automatique (LA), le Advanced Nanoelectromechanical Systems Laboratory (NEMS) et le Laboratoire de sciences et technologiques hydro & aero (HEPIA).



Test du prototype en conditions réelles (photo © Guillaume Fischer).

Essais d'ailerons au tunnel de cavitation du LMH (photo © Adrien Ninin).

Fixation rapide, moyeux sans frottements, capteurs de mouvement… Qu'est ce que le magnétisme peut apporter au sport ?

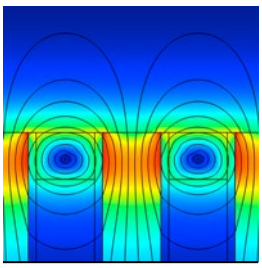
Utilisation des matériaux magnétiques dans le sport

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 ?

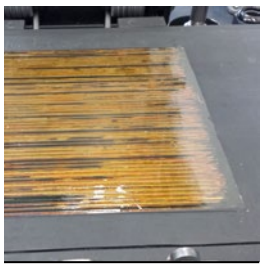
Le Laboratoire de magnétisme quantique (LQM) se penche sur les possibilités de fixation pour les équipements sportifs. Le laboratoire a développé de solides compétences dans la maîtrise des phénomènes magnétiques. Cette expertise peut être utilisée pour dimensionner et développer des matériaux et en 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.

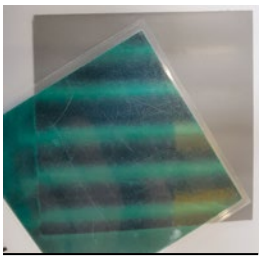
En plus des applications du magnétisme pour les équipements sportifs, le LQM met à disposition ses diverses expertises dans les techniques de mesure et l'analyse de données lors de diverses études, allant du soutien au UCI pour le combat de la fraude technologique dans le cyclisme jusqu'à des analyses 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.

EPFL
Laboratoire de mesure et d'analyse des mouvements (LMAM)
Prof. Kamiar Aminian – lmam.epfl.ch

Archinisis
Start-up issue du laboratoire

En partenariat avec
CUV
UNIVERSITÄT SALZBURG

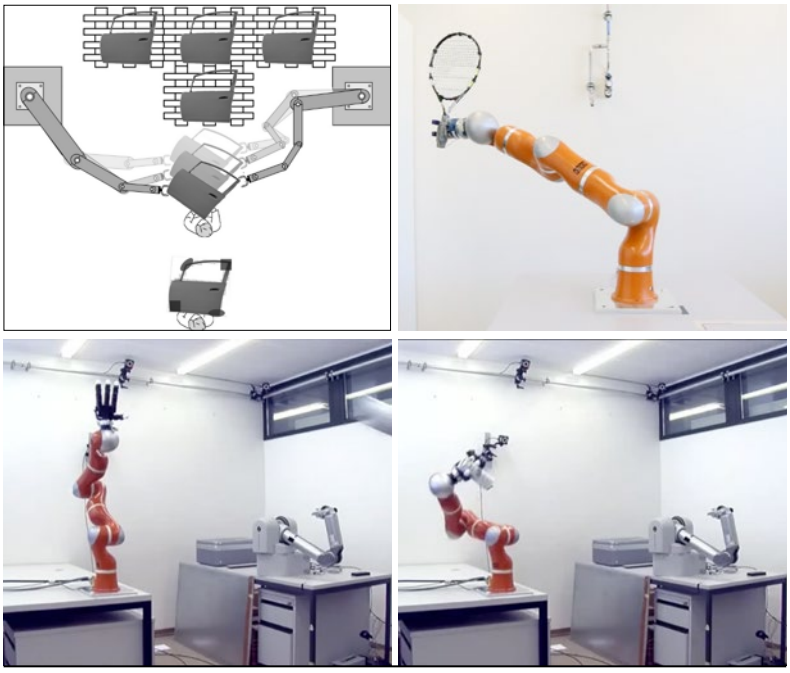
Un robot comme partenaire de jeu ? Le LASA propose de relever le défi pour une intégration de la robotique dans le sport

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

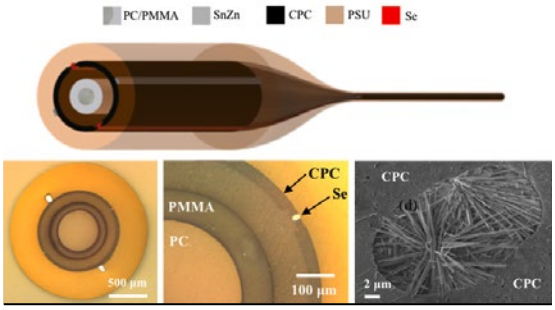
Comment développer des équipements sportifs intelligents intégrant de nouvelles fonctions pour améliorer les performances ?

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.

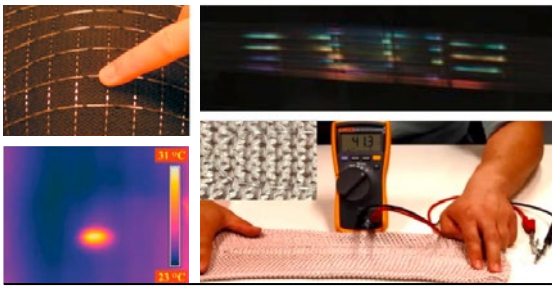
Le but à terme sera non seulement la récolte de données physiologiques mais aussi la possibilité de diffuser activement des substances, telles que des vitamines. Plusieurs pistes sont explorées par le laboratoire pour cette diffusion active, par des voix qui peuvent être optiques, électriques ou même 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.

EPFL
Laboratoire des fibres et matériaux photoniques (FIMAP)
Prof. Fabien Sorin – fimap.epfl.ch

En partenariat avec
Empa
Materials Science and Technology

Comment interfacer l'humain avec un équipement actif et connecté

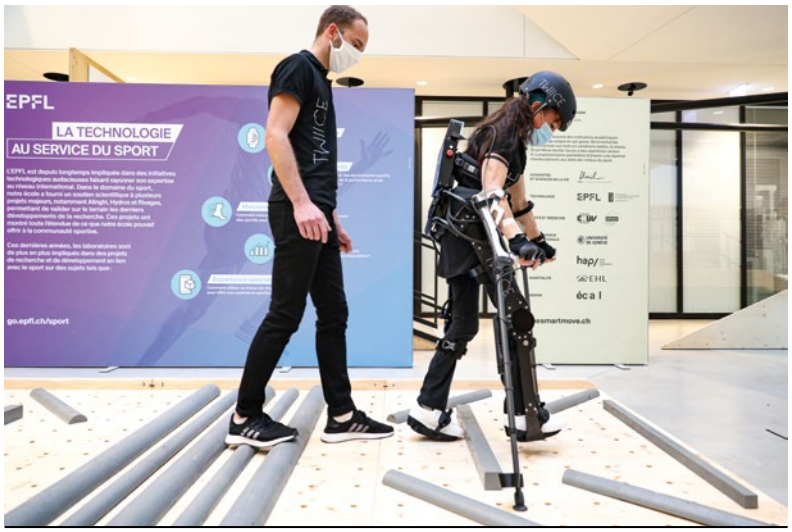
Twiice : l'utilisation de la robotique dans le sport donne accès à de nouveaux horizons

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 de recherche de réhabilitation et d'assistance robotique (REHAssist) et sa spin-off Twiice 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 Twiice.

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.



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

Comment la robotique s'adapte à toutes les pratiques

Wiite : l'exosquelette qui permet la randonnée à ski

Le groupe REHAssist et sa spin-off Twiice ont développé les technologies permettant aux 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.

Wiite est une variante de l'exosquelette Twiice, permettant à une personne atteinte d'une lésion complète de la moelle épinière de se relever, marcher, et surtout de faire de la randonnée à ski. Grâce à sa compatibilité avec des chaussures de ski de randonnée standard, il peut être habillé par son porteur et utilisé en conjonction avec des skis d'alpinisme. Il permet ensuite à son utilisateur, malgré une incapacité motrice et sensorielle complète, de pratiquer la randonnée à ski.

Les mouvements actuels sont adaptés pour des pentes jusqu'à 40%. L'exosquelette ne permet que l'ascension, la descente étant prévue en handi-ski par exemple.

L'idée du projet Wiite pour le ski de randonnée est venue d'un passionné de montagne pour qui tracer à nouveau en ski de randonnée et retourner dans ce cadre sauvage était devenu inaccessible en fauteuil-roulant. Actuellement sous la forme d'un prototype, développé avec des partenaires industriels de la région, leaders dans leur domaine (Sonceboz, Fischer Connectors) l'objectif est de créer un produit accessible pour tous.

L'exosquelette Wiite permet à une personne atteinte d'une lésion complète de la moelle épinière de faire de la randonnée à ski de manière autonome.

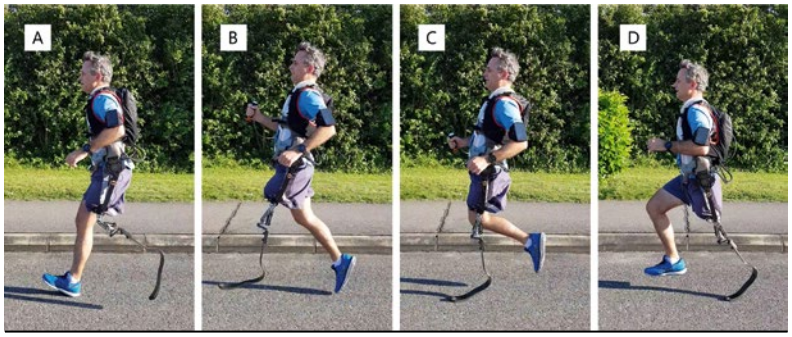
Comment la robotique repousse les limites

Spriint : un exosquelette de course à pieds

Le groupe REHAssist et sa spin-off Twiice ont développé les technologies permettant aux 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.

L'idée du projet Spriint est venue d'un athlète amputé pratiquant la course à pieds et le triathlon et ayant été qualifié quatre fois pour les jeux paralympiques pour les épreuves de ski alpin.

Spriint est une variante de l'exosquelette Twiice avec pour but de permettre à une personne ayant subi une amputation transfémorale de retrouver sa vitesse de course avant son amputation et même de l'améliorer. De plus, l'exosquelette permet de corriger des mouvements de compensation développés avec l'utilisation des prothèses classiques de course et pouvant engendrer des pathologies à long terme.



Exécution des phases de course pendant les tests avec Spriint : (A) appui de talon droit, (B) phase de vol, (C) appui du talon gauche, et (D) appui pointe de pied gauche.

Suite aux premiers essais avec l'exosquelette, l'athlète a déjà pu courir plus vite qu'à l'aide d'une prothèse uniquement. Sur un sujet non-amputé, l'utilisation de l'exosquelette a permis au coureur amateur d'atteindre la vitesse d'athlètes d'endurance de haut niveau.

Les technologies développées par Twiice ont permis de réaliser ce projet en cinq semaines. Le prototype, développé avec des partenaires industriels de la région, leaders dans leur domaine (Sonceboz, Fischer Connectors), va maintenant être l'objet de la création d'un produit accessible pour tous.

Des robots mobiles, prêts à porter et reconfigurables ouvrent la voie à une interface homme-machine

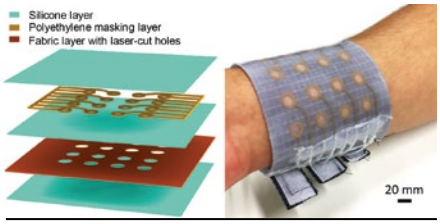
Vêtements actifs pour mesurer le mouvement et fournir des données physiques

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) 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 plates-formes 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 utilisés pour mesurer avec précision et corriger activement la posture et les mouvements des sportifs sans entraver leurs mouvements.



Exemple de réseau de peaux ultraplat 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).

Le retour de force pour donner des sensations de toucher aux applications virtuelles

Gant haptique pour sentir les objets virtuels comme des objets réels

Les chercheurs du Laboratoire des microsystèmes souples (LMTS) développent des technologies portables donnant une impression de solidité et de texture aux objets virtuels.

Une des technologies développées consiste en des embrayages ou freins électrostatiques à haute force en textiles minces qui peuvent bloquer le mouvement. Les freins électrostatiques sont compacts et légers, ce qui les rend particulièrement bien adaptés aux dispositifs portables. En appliquant une tension, deux bandes coulissantes peuvent être tirées ensemble, résistant au mouvement. Jusqu'à 20 kg peuvent être bloqués avec seulement 10 cm². Les nombreuses applications incluent :

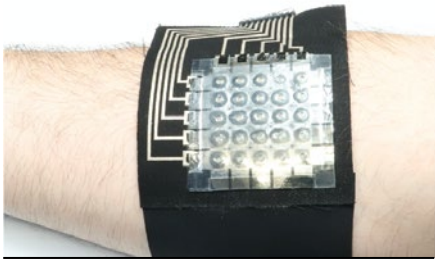
- des vêtements haptiques, par exemple, bloquant le mouvement des doigts pour fournir un retour haptique kinesthésique lors de la saisie d'objets virtuels dans la réalité virtuelle ;
- des robots textiles et exosquelettes souples ;
- du matériel de rééducation.

L'inclusion textile permet de créer des embrayages ultralégers et très flexibles. Ceux-ci augmentent le confort des dispositifs et facilitent l'intégration sur le corps et les vêtements.

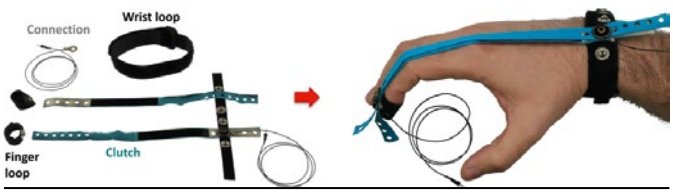
Pour compléter cette technologie et ajouter à la richesse de la réalité virtuelle, le Prof. Shea et son équipe ont développé des actionneurs souples qui peuvent simuler la sensation de toucher un objet virtuel avec vos doigts. Ces actionneurs sont des capsules de taille millimétrique, appelées Haxels, qui utilisent l'énergie électrostatique pour se déplacer de haut en bas et également d'un côté à l'autre et autour d'un cercle.

L'équipe du Prof. Shea travaille déjà à l'intégration d'une dizaine de ces capsules dans un gant fin couplant les deux technologies: les capsules et les embrayages. Cela créera non seulement la sensation de tenir un objet solide, mais permettra également la sensation de différents matériaux: vous serez en mesure de dire si l'objet que vous tenez est en bois, en plastique ou en céramique.

Cela augmentera l'immersion dans les jeux vidéo mais sera aussi très utile pour la rééducation physique et pour les simulateurs d'entraînement sportif.

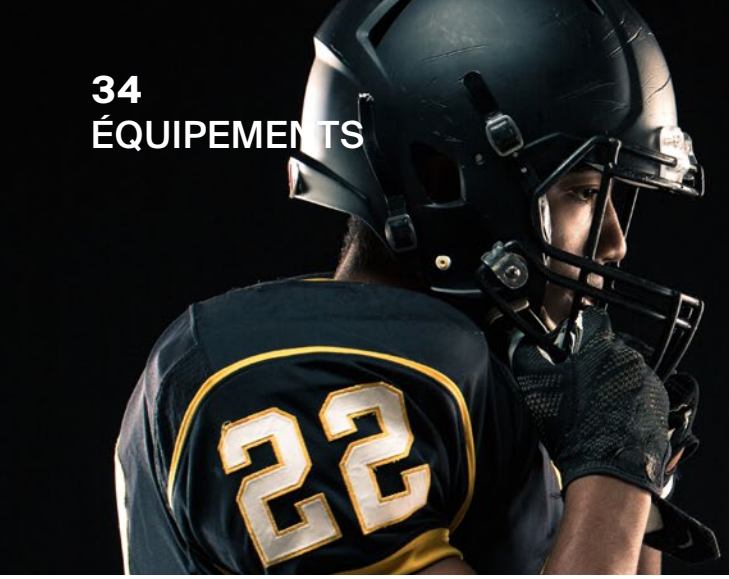


Réseau de capsules Haxel avec manchon de circuit imprimé textile.



Embrayages ou freins électrostatiques à haute force en textiles minces.

Actionneurs souples (capsules Haxel).



L’impression 3D pour développer des équipements de sécurité de premier ordre pour les athlètes

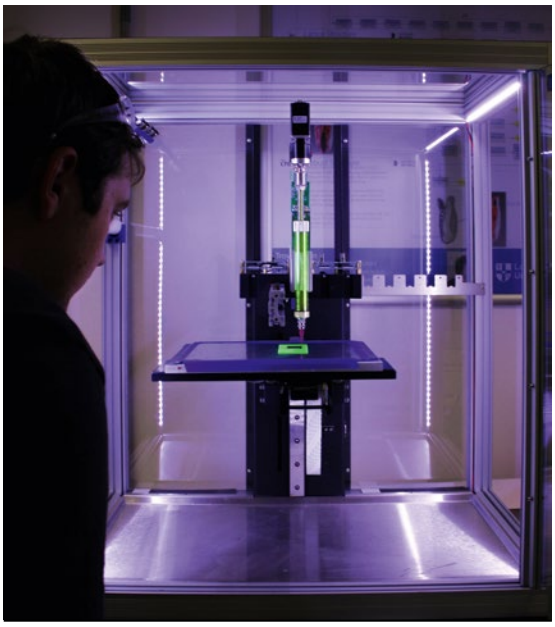
Voxcell : nouveaux matériaux pour réduire les commotions et les traumatismes crâniens

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.

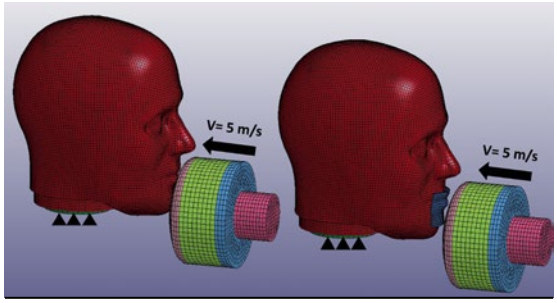


Imprimante 3D en cours de dépose.

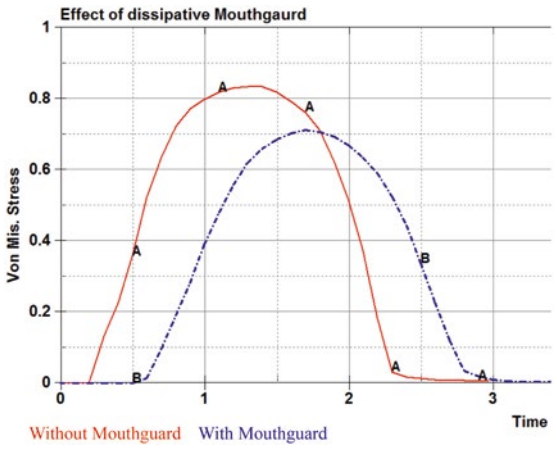
Le protège-dents utilisé au hockey sur glace pourrait-il aider à prévenir les commotions cérébrales ?

Equipement pour la prévention des commotions

Les commotions cérébrales ou les lésions cérébrales traumatiques légères sont courantes dans les sports de contact. Aux États-Unis seulement, la prévalence est estimée entre 1.6 et 3.8 millions chaque année. La neuropathologie persistante et même progressive et les dysfonctionnements neurologiques déclenchés par cette lésion mécanique représentent un défi majeur chez les sportifs où les impacts à haute vitesse sont fréquents et répétés.



Simulation d'un choc avec et sans protège-dents.



Mesure de l'impact du choc **(bleu)** avec protège-dents et **(rouge)** sans protège-dents.

Malheureusement, malgré plusieurs rapports de traitements qui ont montré leur efficacité dans des modèles animaux de commotions cérébrales, aucun ne s'est traduit par une utilisation en clinique, donc les moyens de réduire les impacts des commotions cérébrales dans les sports de contact sont d'une grande importance pour les athlètes.

Les objectifs de la recherche menée en collaboration entre le Prof. Martin Broome chef de la division de chirurgie buccale et maxillo-faciale au CHUV et le Prof. Dominique Pioletti directeur du laboratoire d'orthopédie biomécanique à l'EPFL sont :

- Définir les paramètres biomécaniques / cliniques clés impliqués dans une commotion cérébrale due à un choc lors de la pratique d'un sport de contact.
- Développer un modèle biomécanique permettant de simuler la manière dont l'énergie mécanique survenant lors d'un choc à la mandibule est transmise au cerveau sous forme d'onde de choc.
- Évaluer biomécaniquement si le protège-dents peut réduire la survenue d'une commotion cérébrale en modifiant les conditions aux limites pour la transmission de l'énergie mécanique de la mandibule au cerveau sur la base des modèles développés.
- Concevoir et produire des protège-dents avec des propriétés mécaniques et dissipatives optimales basées sur les résultats de l'analyse biomécanique.

Mesurer l'impact des chocs a la tête dans les sports de contact et réduire les risques de commotions cérébrales

Un casque intelligent pour mesurer la sévérité des impacts crâniens

Il a été démontré que les chocs répétitifs à la tête, fréquents dans les sports de contact, avaient des conséquences à long terme sur le cerveau, conduisant potentiellement au développement d'une maladie cérébrale dégénérative connue sous le nom d'encéphalopathie traumatique chronique (CTE).

La CTE a été cliniquement associée à des symptômes d'irritabilité, d'impulsivité, de dépression, de perte de mémoire à court terme et de risque de suicide accru, débutant généralement huit à dix ans après avoir subi des lésions cérébrales traumatiques légères et répétitives. La CTE peut se développer à partir d'un coup puissant ou de la répétition d'impacts de plus faible intensité au fil du temps. L'intensité de chaque coup influence la vitesse à laquelle le cerveau commence à se détériorer.

Comment un casque instrumenté pourrait-il contribuer à réduire les risques de lésions cérébrales à long terme?

Bien que les casques réduisent les risques de blessures à la tête, il existe aujourd'hui peu de mesures de la quantité et la gravité des chocs à la tête encaissés par les athlètes pendant les matchs et à l'entraînement, faisant des commotions cérébrales le seul indicateur d'un cerveau déjà endommagé par trop de chocs reçus.

Les chercheurs du LMAM travaillent sur un nouveau système composé d'un casque comportant des capteurs, d'algorithmes de traitement des données de pointe et d'une plate-forme d'analyse en ligne pour fournir une étude des impacts à la tête. Le casque enregistre le mouvement de la tête à l'aide de capteurs inertiels (accéléromètres, gyroscope, etc.) ainsi que la localisation et la gravité de l'impact grâce à des capteurs de pression intégrés à la mousse de rembourrage du casque. Cette recherche va donner naissance à une startup.

Une telle technologie aidera les coachs d'équipe et les cliniciens à prendre des décisions éclairées sur la santé des joueurs dans des sports tels que le football américain, le hockey sur glace, le rugby, la boxe, le ski et le cyclisme. Les joueurs ayant subi plusieurs impacts pourraient être temporairement retirés du jeu et avoir le temps de récupérer. Ce projet vise également à élargir les connaissances scientifiques sur les lésions cérébrales, car les chercheurs manquent actuellement d'instruments fiables pour étudier le lien entre les impacts cérébraux répétés et les traumatismes cérébraux.

Mesurer les chocs à la tête permettra de protéger les athlètes et d'élargir les connaissances scientifiques sur les lésions cérébrales.

EPFL
Laboratoire de mesure et d'analyse des mouvements (LMAM)
Prof. Kamiar Aminian – lmam.epfl.ch

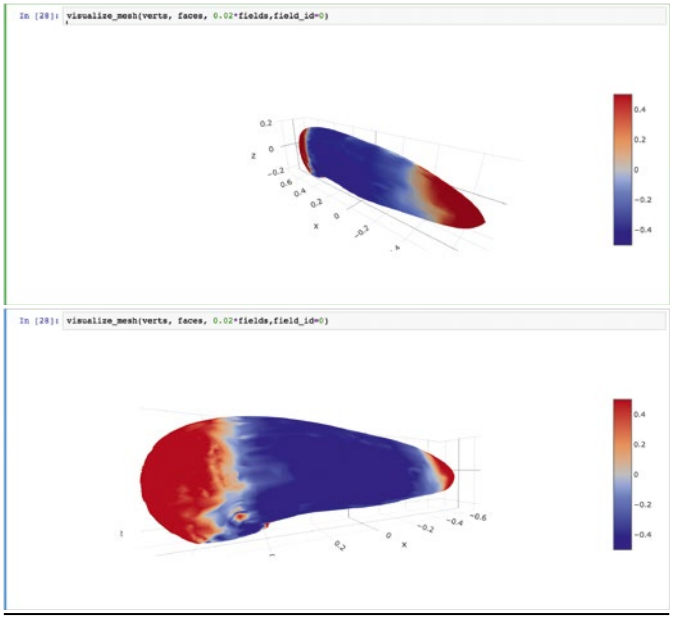
Utilisation de l'intelligence artificielle pour optimiser les systèmes multi-critères et explorer des designs inédits

Neural Concept : outil d'optimisation basé sur l'intelligence artificielle pour le design

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 (CVLAB) ont entraîné un réseau de neurones à convolution au calcul des propriétés de différentes formes. Chaque forme est représentée par des maillages 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.



Résultats de simulation.

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

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 masure et d'analyse des mouvements (LMAM) 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.

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

EPFL
Laboratoire de mesure et d'analyse des mouvement (LMAM)
Prof. Kamiar Aminian – lmam.epfl.ch

Gaitup
make sense of motion
Start-up issue du laboratoire

En partenariat avec
UNIL | Université de Lausanne

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 (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.

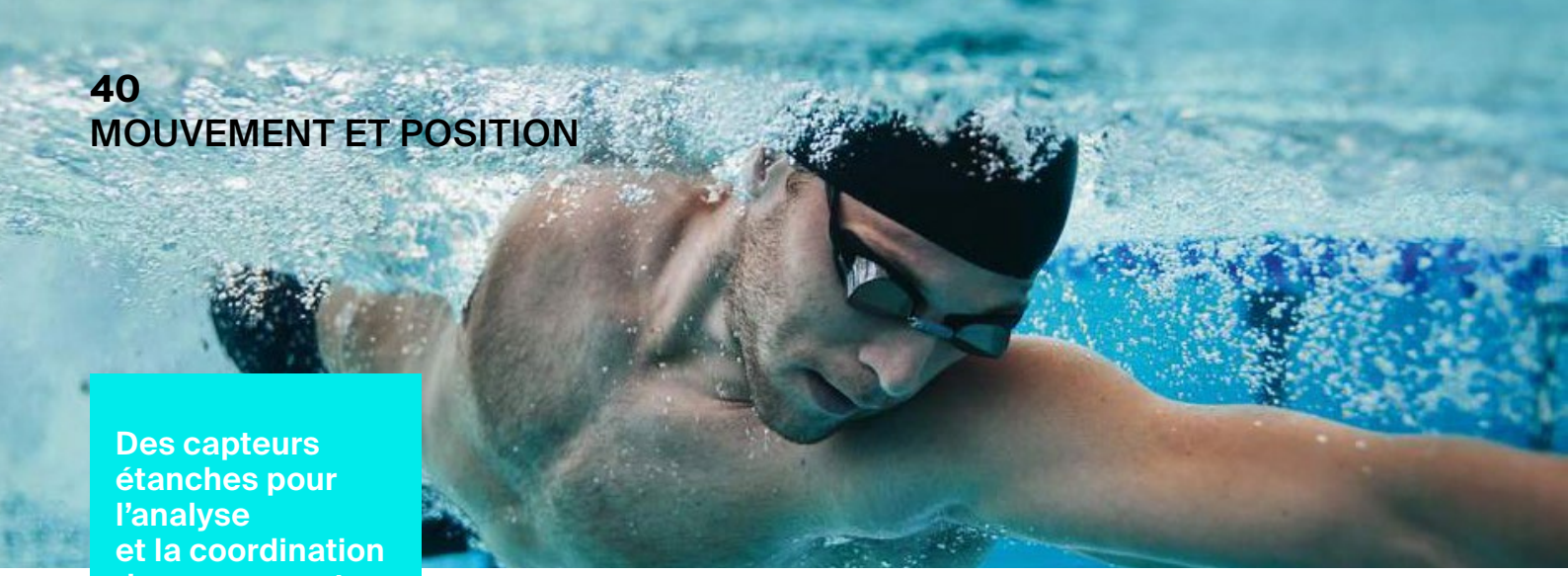
Unités de mesure inertes portées au pieds (Physiolog 5).

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

EPFL

Laboratoire de mesure et d'analyse des mouvement (LMAM)
Prof. Kamiar Aminian – lmam.epfl.ch

Gaitup
make sense of motion
Start-up issue du laboratoire



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

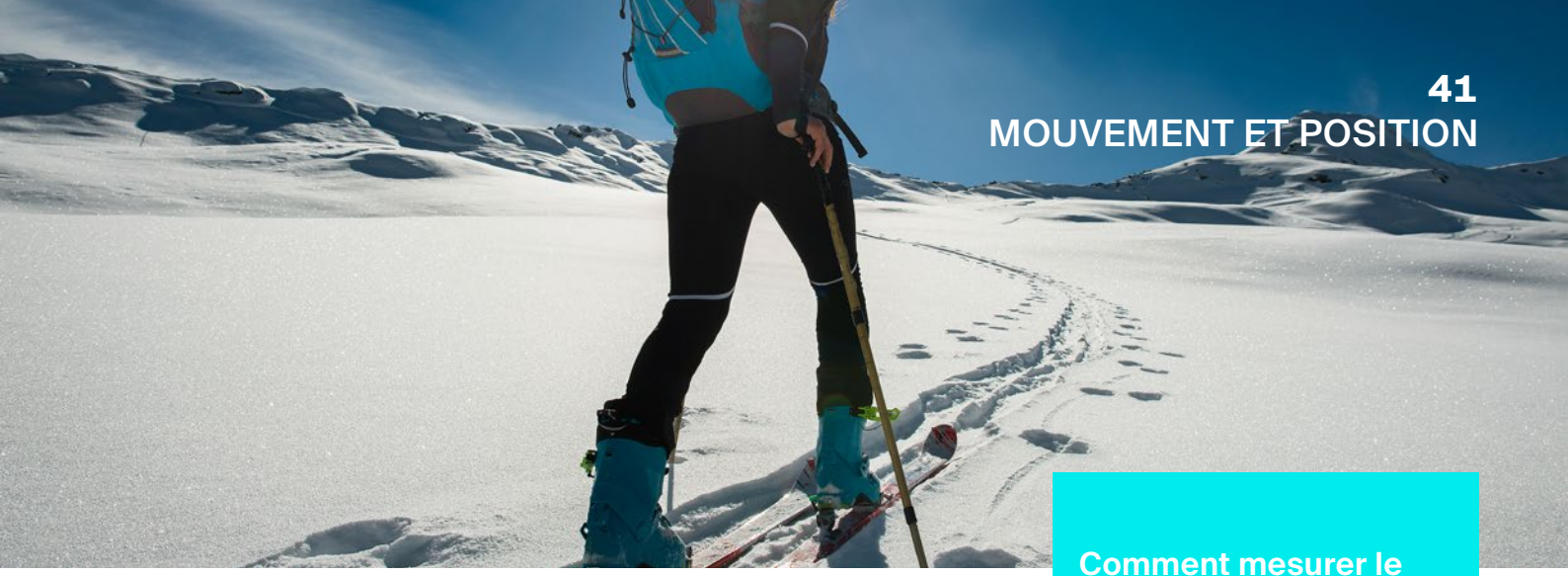
Reconnu comme l'un des meilleurs moyens pour rester en bonne santé et en forme, la natation devient un sujet d'étude de plus en plus intéressant. En raison de difficultés techniques liées à l'utilisation d'instruments de mesure dans l'eau, la natation a été peu étudiée et de nombreux paramètres inconnus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

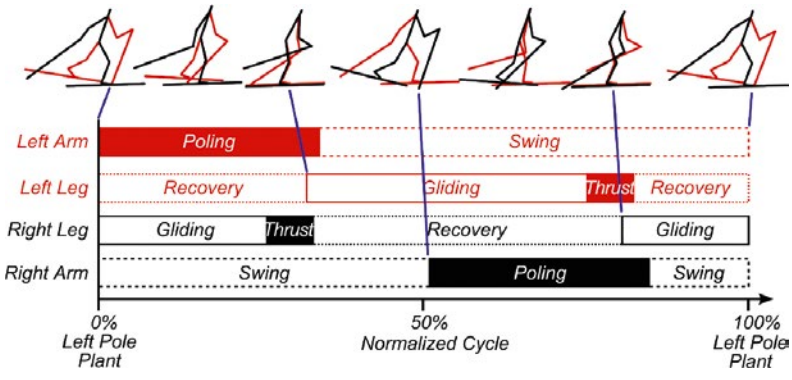
Piscine où les tests de SmartSwim sont effectués.



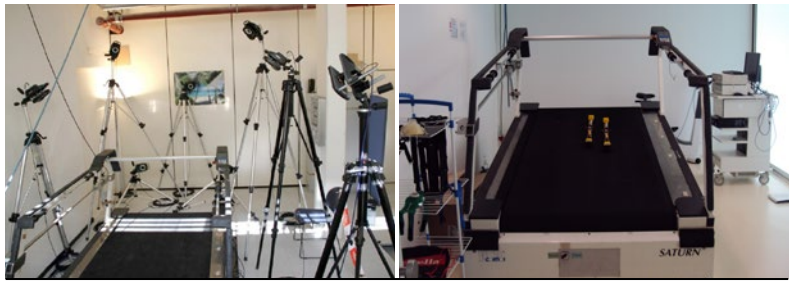
Comment mesurer le mouvement, les phases de poussée et de glisse pour permettre une analyse précise de la pratique du ski nordique

Ski de fond et ski de randonnée : optimiser sa performance pour réduire la dépense énergétique

Des systèmes portables utilisant des unités de mesure inertielles (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 poussée 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.

EPFL
Laboratoire de mesure et d'analyse des mouvement (LMAM)
Prof. Kamiar Aminian – lmam.epfl.ch

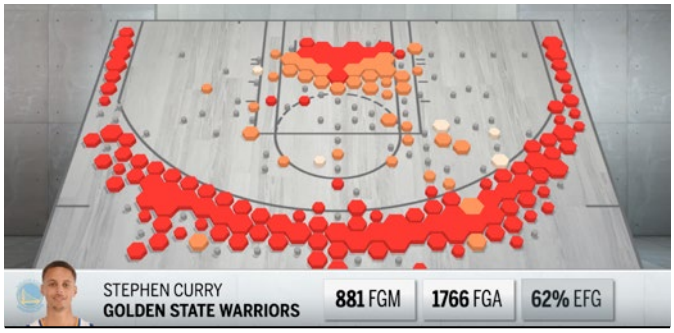
Gaitup
make sense of motion
Start-up issue du laboratoire

En partenariat avec
UNIL | Université de Lausanne

POMOCA
SWISS MADE

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 matches 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 ?

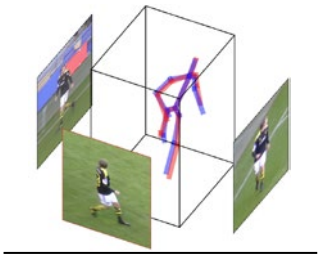
Estimation de posture humaine et du mouvement d'un joueur en 3D

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.

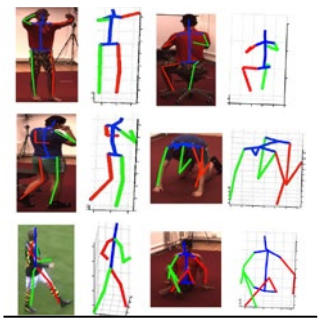
Ces données sur les joueurs ont aussi des applications dans la diffusion d'événements sportifs. Le projet est actuellement financé par une compagnie suédoise spécialisée dans la retransmission d'événements sportifs. L'idée dans ce cadre est d'animer les points forts du match et d'augmenter l'expérience 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.

EPFL
Laboratoire de vision par ordinateur (CVLAB)
Prof. Pascal Fua – cvlab.epfl.ch

En partenariat avec

CHYRONHEGO

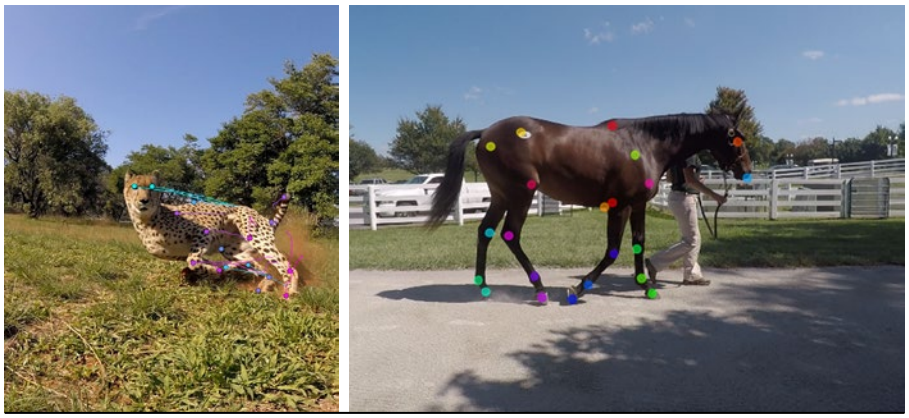
Analyse par imagerie vidéo facilitée par une interface graphique d'extraction automatique de points clés

DeepLabCut : estimation de la pose et analyse comportementale

DeepLabCut est une solution d'estimation de pose 3D sans marqueur basée sur des méthodes d'apprentissage automatique dites par transfert utilisant des réseaux de neurones profonds. Il permet l'estimation de la pose et le suivi des mouvements dans les vidéos et images existantes ou sur les flux en direct de caméras.

Grâce à une interface graphique facile d'utilisation, l'outil permet aux utilisateurs de sélectionner des points d'intérêt pour construire un petit lot d'images d'entraînement puis de créer une extraction automatique de points clés basée sur un réseau neuronal personnalisé. La polyvalence de ce concept a été démontrée par le suivi de diverses parties du corps chez plusieurs espèces dans une grande diversité de comportements, allant de la locomotion chez le guépard au vol des chauves-souris. Des modèles pré-entraînés spécifiques ont été développés pour permettre le suivi de la pose et des articulations sélectionnées du corps humain, des singes, des chats et des chiens ainsi que pour les souris et les points clés du visage chez les primates (modelzoo.deeplabcut.org).

DeepLabcut, développé en collaboration par le Groupe Mathis (UPAMATHIS) et le Mathis Lab (Bertarelli Foundation Chair of Integrative Neuroscience), est disponible sous forme de progiciel en *open source*. L'outil existant et l'expertise peuvent trouver de nombreuses applications dans le domaine du sport. De l'analyse des joueurs au suivi des mouvements spécifiques, ce système offre un large éventail d'options possibles pour le suivi et l'analyse de mouvement.



Exemples de captations de mouvement sur différents animaux.

Mathis Lab (UPMWMATHIS) | Chaire Fondation Bertarelli de Neuroscience Intégrative
Prof. Mackenzie Mathis – mackenziemathislab.org
Unité du Prof. Alexander Mathis (UPAMATHIS)
Prof. Alexander Mathis – mathislab.org

Dans quelle mesure les athlètes sont-ils prévisibles?

Analyse vidéo et prédiction de mouvement

Le laboratoire Intelligence visuelle pour les transports (VITA) possède une vaste expertise en intelligence visuelle, c'est-à-dire en vision par ordinateur et en « Machine / Deep Learning », appliquée à la perception et à la prédiction du comportement des mouvements humains. L'équipe de chercheurs développe des outils pour extraire automatiquement des informations pertinentes à partir de séquences vidéo.

La détection et le suivi de la pose du corps des athlètes à l'aide de caméras sont au cœur de l'analyse du sport par vidéo. Non seulement il fournit des informations sur les athlètes individuels de manière non intrusive, mais il permet également de considérer leur comportement de groupe et de raisonner sur leurs stratégies.

Le laboratoire VITA va au-delà des algorithmes de suivi et développe de nouvelles méthodes pour prédire la dynamique détaillée des athlètes. Il aide les entraîneurs dans leur travail quotidien pour proposer de nouveaux schémas de jeux. Il peut également être utilisé pour rendre les analyses de mouvement ou de stratégie plus robustes. Les algorithmes de suivi ne sont pas robustes aux fortes occlusions de mouvement. Prédire les futurs mouvements leur permet de compléter des observations manquantes.

Capture de mouvement et analyse de pose d'un coureur et d'une patineuse.

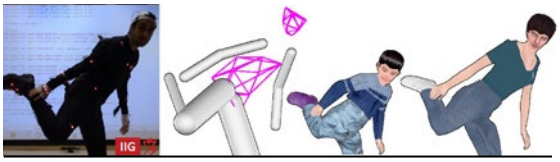
Comment, grâce à la réalité virtuelle, améliorer voire perfectionner un mouvement particulier ?

Un avatar pour améliorer les mouvements

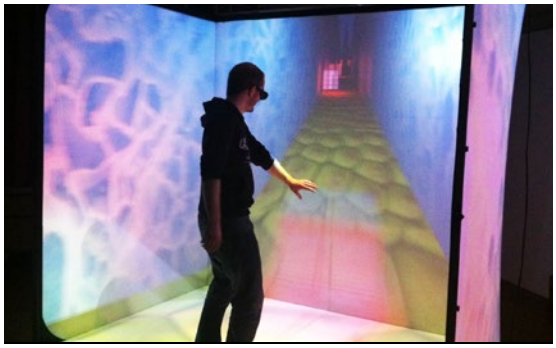
Comment reproduire le mouvement de l'individu avec exactitude sur un avatar et ainsi ouvrir un nouvel espace d'interaction dans lequel nous pourrions agir dans la peau d'un personnage imaginaire aussi bien qu'au travers de son propre corps ? Quelles sont les possibilités d'entraînement et de perfectionnement 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 ?



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.

Comment automatiser la mesure de paramètres posturaux et de mouvement pour proposer des programmes d'entraînement personnalisés

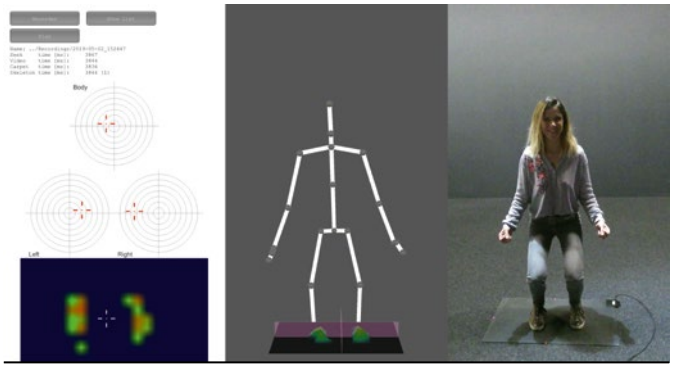
Bilan sportif automatisé et programme d'entraînement personnalisé

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'automatisation 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.



s.

EPFL **Laboratoire de muséologie expérimentale (eM+)**
Prof. Sarah Kenderdine – emplus.epfl.ch

En partenariat avec

UNIL | Université de Lausanne

Technis

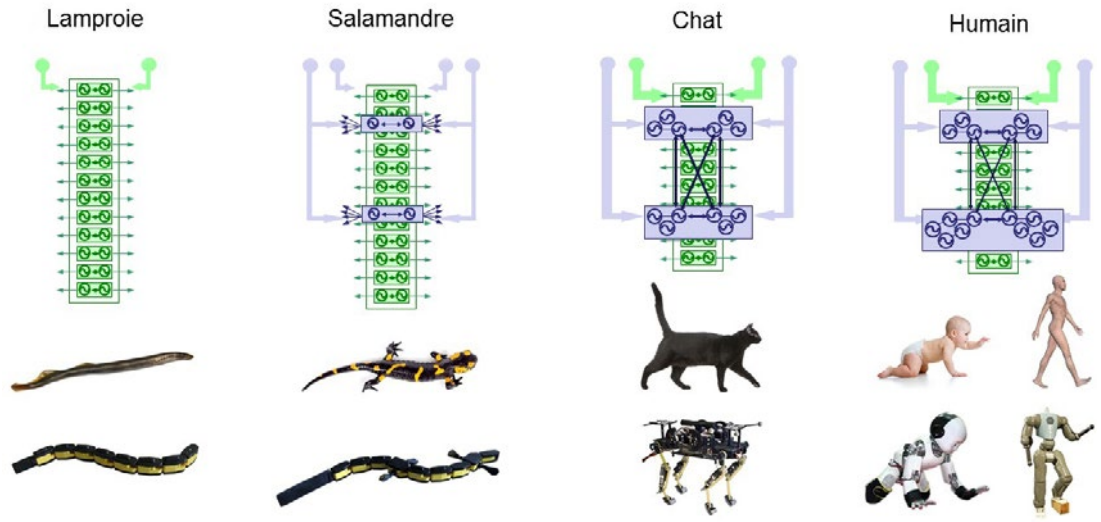
La compréhension du système locomoteur humain est un élément clé pour l'optimisation de l'efficacité énergétique ou de la vitesse des athlètes

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 (BIOROB) 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 BIOROB 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.

Analyse de mouvement précise et personnalisable à l'aide de capteurs de mouvement et d'intelligence artificielle

Illumove : l'analyse de mouvement précise et personnalisable

L'analyse de mouvements sportifs à l'aide de capteurs dépend beaucoup du contexte et du pratiquant. Même pour un sport spécifique, selon le niveau de précision et la concentration de l'athlète, différents outils d'analyse et algorithmes sont nécessaires. La plupart des solutions proposées sont des outils d'analyse spécifique pour un cas d'utilisation et limitent l'utilisateur en lui montrant des indicateurs et des mesures prédéfinis.

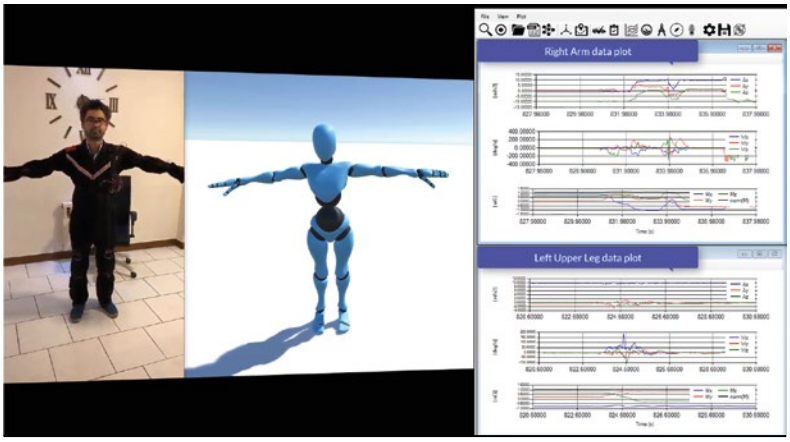
Illumove a développé imDesigner selon une approche différente : un cadre d'analyse de données utilisant l'intelligence artificielle en plus de capteurs spécifiques et logiciels déjà utilisés. imDesigner permet aux athlètes d'extraire les indicateurs et les mesures de performance pertinents en fonction du contexte et du sport. L'athlète est capable d'analyser des données spécifiquement utiles pour lui à travers une interface très intuitive et n'est pas soumis à un type d'analyse prédéfini. Toutes les données sont disponibles via des applications mobiles et Web sécurisées.

Le premier prototype est un ensemble de capteurs pour mesurer tous les mouvements du corps. Il comprend trois catégories de capteurs :

- La première, extrêmement légère, est conçue pour une utilisation en intérieur et est composée d'un gyroscope accéléromètre et de magnétomètres sans GPS. Ce système a été renforcé par un micrologiciel qui fusionne toutes les données et fournit des informations cinématiques précises à une vitesse très élevée, tout le traitement étant intégré au système.
- La deuxième catégorie se compose des mêmes types de capteurs dont l'alimentation est assurée par un câble en lieu et place de la batterie, ce qui est important pour certaines applications.
- La troisième catégorie intègre batterie et GPS pour les utilisations en extérieur.

Basé sur des technologies de capteurs traditionnelles, le micrologiciel contient des algorithmes qui rendent le matériel facile à utiliser, très précis et rapide.

Cette combinaison unique de capteurs, de micrologiciels et d'applications d'analyse permet d'obtenir des performances inégalées ouvrant de nouvelles perspectives pour les analyses sportives.

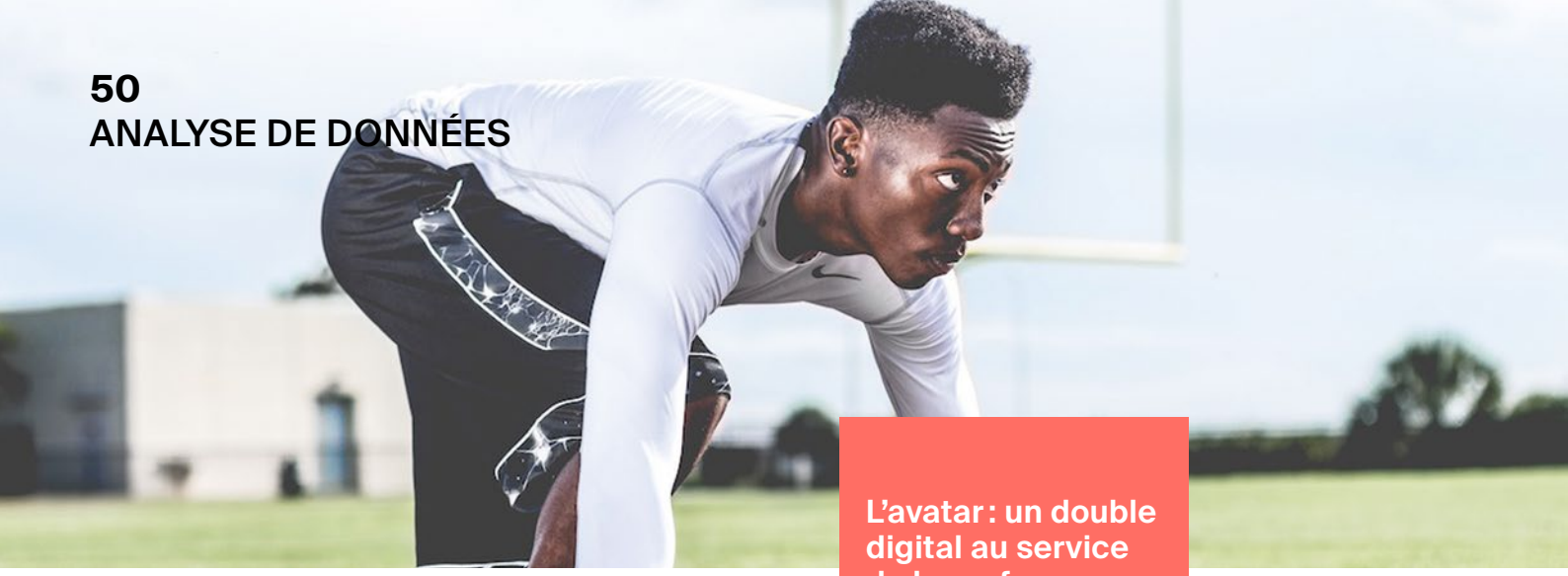


Avatar et analyse de données extraits par le système Illumove.

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.



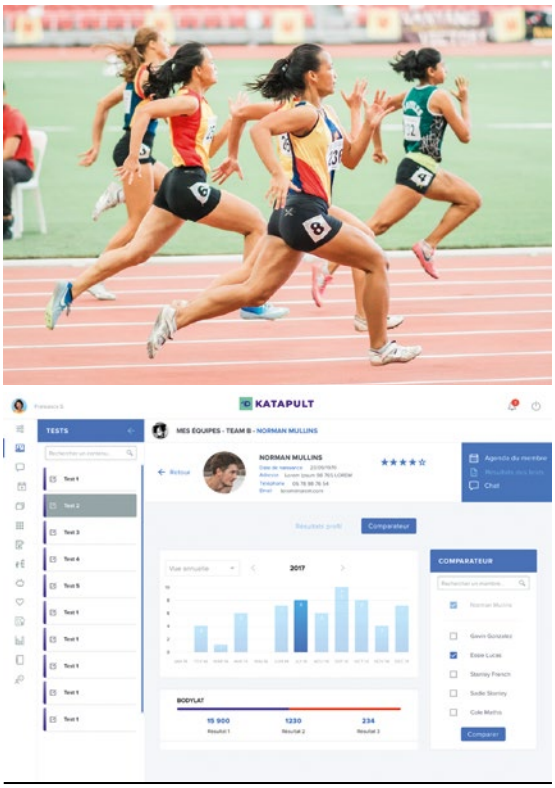
L'avatar : un double digital au service de la performance des athlètes

Katapult : un catalyseur de performance pour les athlètes

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 coachs 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 coachs. 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 a également été utilisée aux JOJ de Lausanne en 2020.



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

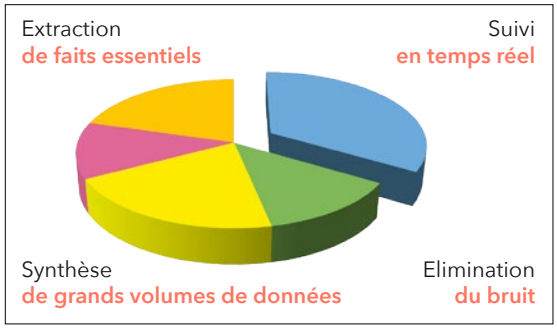
S'il y a des informations, nous les trouverons. Si nous ne les trouvons pas, il n'y a rien

LinkAlong analyse le web social

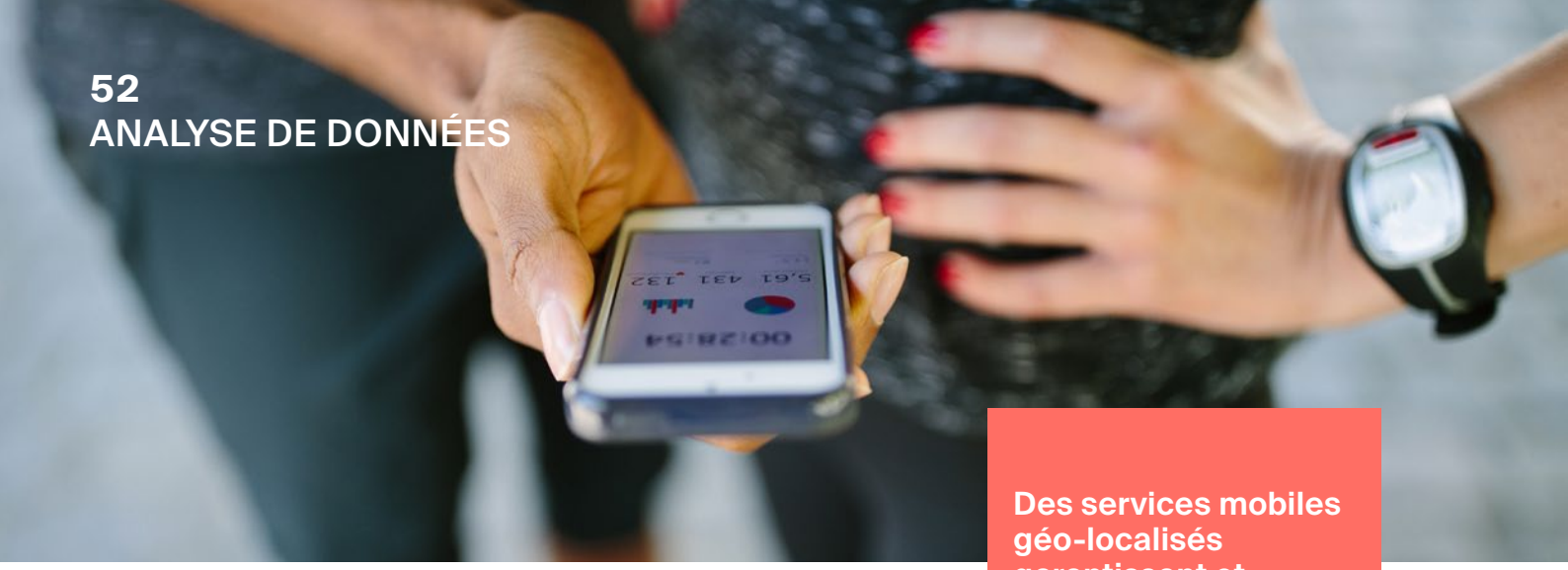
Le sport est l'un des générateurs de contenu dans les médias sociaux et les conversations sur le Web. Clubs sportifs, célébrités, amateurs, industrie, sponsors et fans : tous communiquent, font de la publicité, discutent et influencent de nombreux thèmes. Les derniers résultats, les événements sportifs,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



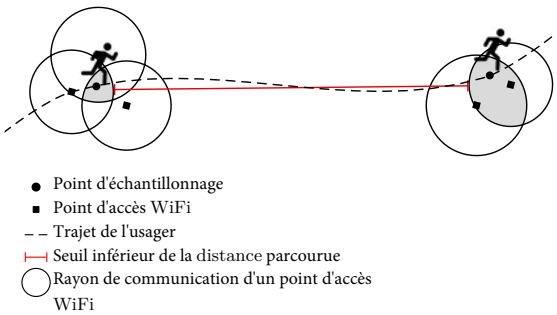
Ces différentes approches fournissent des informations uniques pour le marketing, la planification stratégique, la recherche et le développement de produits, la surveillance de la réputation, le suivi des fans, ou la perception de marque. Elles s'adressent, entre autre, aux équipes et aux organisations 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.



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.

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.

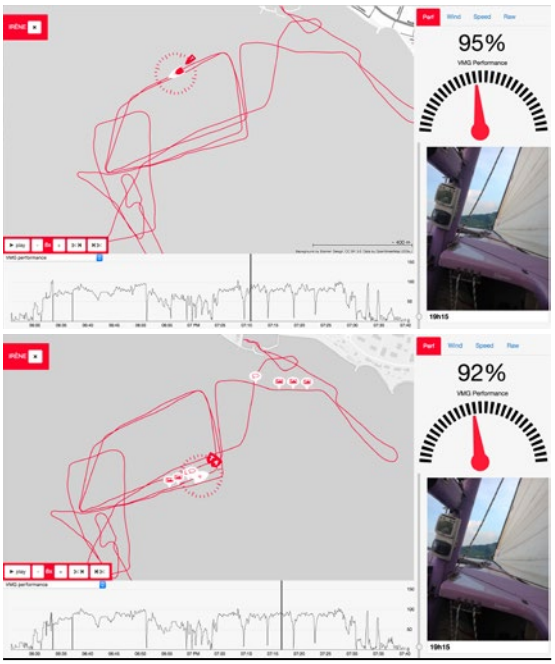
Un outil de navigation permettant d'optimiser les performances d'un bateau en temps réel et sur le long terme grâce à l'enregistrement des données de chaque course

Anemomind : un outil d'optimisation des performances nautiques

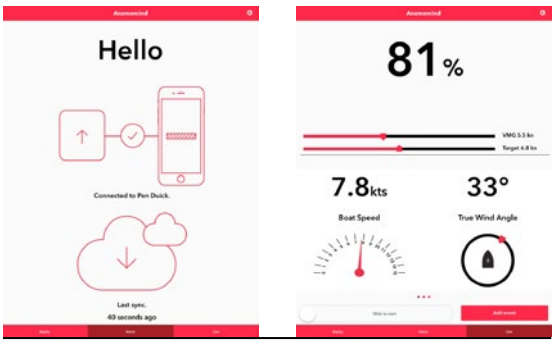
Quelles sont les performances d'un bateau par rapport aux conditions externes et en lien avec ses performances précédentes ? Comment savoir si la course du bateau est optimale ? Anemomind, une startup du Laboratoire de vision par ordinateur (CVLAB), propose un outil pour mesurer les performances en temps 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 corréler 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 boitier 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.

Nutrition personnalisée et sciences citoyennes

Food & You : l'étude pour optimiser sa nutrition

Bien que primordiale, la nutrition est un paramètre difficile à maitriser en raison des réponses physiologiques spécifiques à chaque personne.

Le laboratoire d'épidémiologie digitale de l'EPFL étudie comment la réponse glycémique (le changement de taux de sucre dans le sang après un repas) varie entre les individus, en particulier, en fonction de l'alimentation, du mode de vie, de l'activité physique, du sommeil et du microbiote intestinal (l'ensemble des micro-organismes qui vivent à l'intérieur du système digestif).

Ces informations sont des données précieuses pour mieux comprendre comment optimiser la nutrition et l'activité physique pour des populations spécifiques. Le but est de développer un algorithme qui permettra de prédire les réponses glycémiques individuelles.

À terme, ces études permettront de personnaliser les régimes que ce soit pour des questions de bien-être, en lien avec des pathologies ou pour rechercher la performance.

L'application MyFoodRepo permet de collecter des données précises de nutrition simplement en prenant une photo.

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

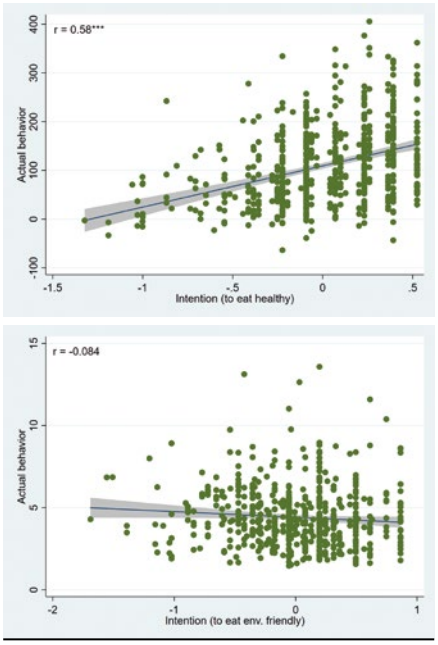
En Suisse, la consommation alimentaire est l'activité qui présente l'impact environnemental le plus important (28%) et une contribution importante au coût de la santé (CHF 27 milliards par an). La promotion de régimes alimentaires plus sains et plus durables est donc un enjeu sociétal fort.

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.

Créer des nouveaux espaces immersifs mobiles pour renforcer l'engagement des fans et la prévention auprès des jeunes sportifs

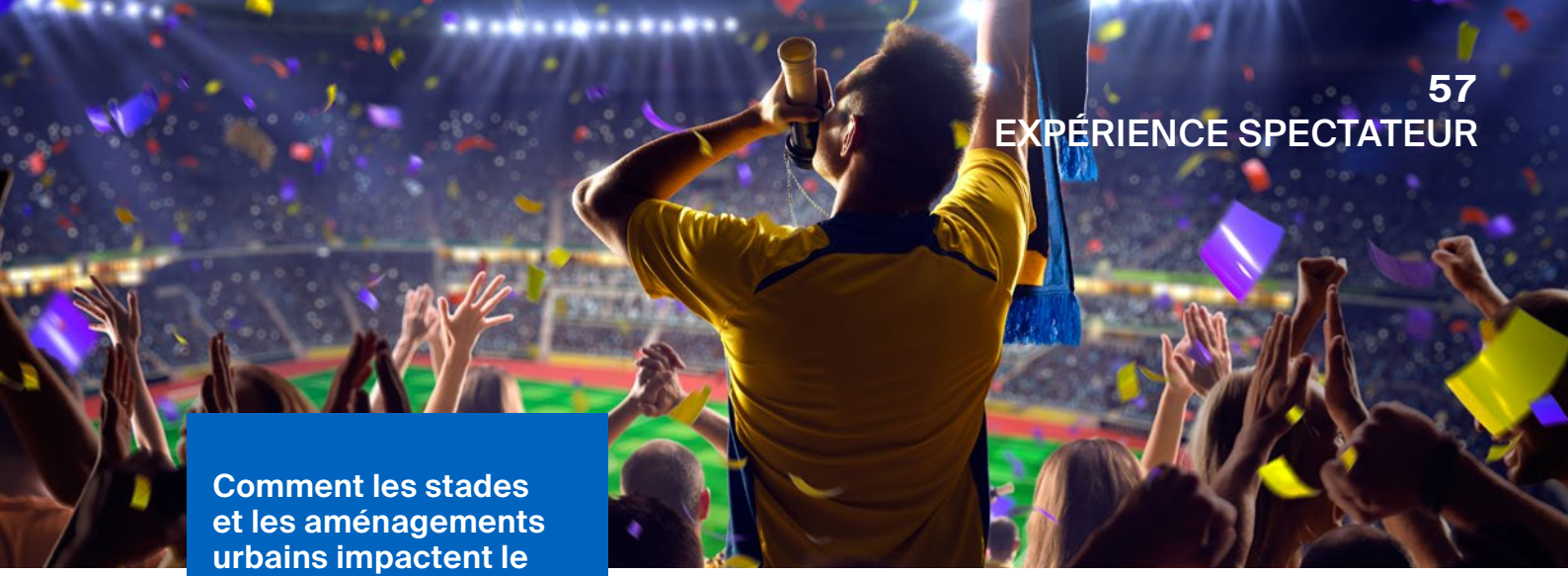
Conférer à l'audio-visuel un nouvel impact dans le sport

Si les technologies telles que écrans, projecteurs ou systèmes acoustiques progressent depuis des décennies, peu d'études abordent la conception d'espaces immersifs en fonction de leur impact cognitif, émotionnel et sociétal. L'EPFL+ECAL Lab, centre de recherche en design de l'EPFL, fait un travail de pionnier récompensé par le Prix Design Suisse, des publications académiques telles que Siggraph et Leonardo, ainsi que de nombreuses expositions. Les travaux ont débuté sur la valorisation d'archives audio-visuelles numérisées : comment leur redonner vie ? Comment leur conférer une dimension sociale ? Comment exprimer leur contexte ? Les travaux, menés en collaboration avec l'Atelier de la conception de l'espace de l'EPFL (ALICE), ont permis d'apporter des réponses inédites et globales : elles englobent la représentation du contenu, la conception des interactions, des interfaces et des dispositifs physiques. Les prototypes, testés et désormais exploités dans des contextes événementiels et culturels, constituent une plateforme expérimentale pour renforcer l'engagement des amateurs de sports.

En janvier 2020, ces travaux de recherche en design ont franchi un pas supplémentaire : sous l'impulsion de la consultation SportAdo du CHUV, ils ont été mis au service de la prévention contre la maltraitance des jeunes sportifs. L'EPFL+ECAL Lab a proposé plusieurs dispositifs immersifs opérationnels pour les Jeux olympiques de la jeunesse 2020, afin de mettre en œuvre un nouveau protocole de prévention proposé par l'équipe de médecins et d'experts, en collaboration avec le CIO. Ces travaux contribueront à définir comment renforcer les campagnes de prévention et comprendre comment concevoir des dispositifs opérationnels efficaces.

Espaces d'immersion utilisés durant les JOJ 2020, auprès (gauche) du grand public et (droite) des athlètes.

EPFL+ECAL Lab
Nicolas Henchoz – epfl-ecal-lab.ch



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) 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.

Des expertises de traitement du signal pour offrir de nouvelles expériences aux spectateurs

Nouvelles opportunités de broadcasting grâce à l'évolution des réseaux sans fil

Gérés par des opérateurs de télécommunications, dans le cadre de grandes infrastructures ou en tant qu'entités locales autonomes, les réseaux sans fil offrent de nouvelles opportunités d'accès à divers types de contenus multimédias. Dans les domaines de la diffusion sportive, une telle possibilité ouvre un large éventail d'options.

La technologie des médias numériques évolue rapidement. Les utilisateurs font pression pour recevoir de nouveaux formats de contenu associés à de dernières fonctionnalités interactives de leurs différents appareils mobiles. Cette tendance à une consommation nomade de contenus numériques ouvre de nouveaux formats mixtes d'engagement des fans.

Quelle est l'expérience d'un spectateur accédant à du contenu augmenté dans le stade pendant et après le match ? Les organisateurs d'événements peuvent-ils proposer une expérience VIP en fournissant un contenu enrichi et des informations commentées par des experts ? Un contenu spécifique, personnalisé et interactif peut-il être proposé à un public de fans à distance ? Toutes ces nouvelles façons de consommer du contenu multimédia reposent fortement sur la capacité et les fonctionnalités de la structure de transmission de données.

Avec la multiplication des canaux de distribution, le développement de moyens de production à distance et de solutions d'édition automatisées, il est également possible de démocratiser la diffusion. Les fans pourraient suivre les événements sportifs moins populaires ou les ligues moins bien classées des grands sports aujourd'hui sans couverture médiatique.

L'institut REDS de la HEIG-VD (Prof. Romuald Mosqueron) et le Multimedia Group de l'EPFL (Prof. Marco Mattavelli) peuvent fournir leur expertise dans le traitement du signal, la compression, les systèmes de broadcasting et les infrastructures sans fil. Ils ont développé des solutions de compression multimédia numérique haute performance offrant une latence ultra-faible, une large bande passante sans fil, une connectivité full duplex et diverses capacités de connexion point à multipoints qui sont adaptées pour construire des systèmes de production de contenu intégrés à faible coût.

Exemple de production à distance avec des réseaux 5G privés.

Contenus en direct pour les spectateurs sur site avec une connexion privée.

EPFL
Multimedia Group (SCI-STI-MM)
Prof. Marco Mattavelli – gramm.epfl.ch

En partenariat avec
heig-vd
HAUTE ÉCOLE D'INGÉNIERIE ET DE GESTION DU CANTON DE VAUD
www.heig-vd.ch

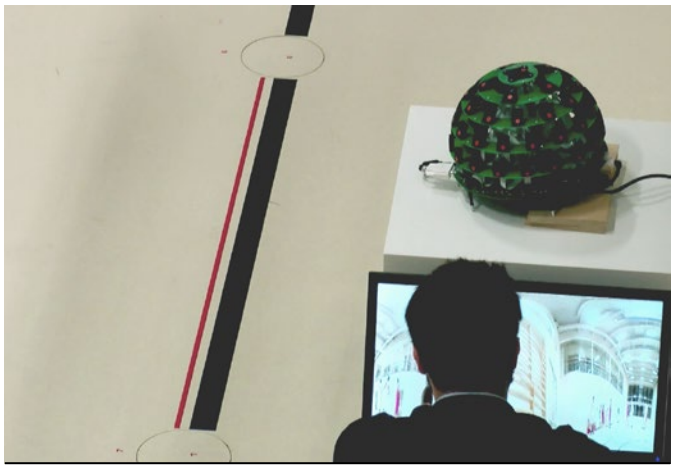
Une caméra 360 degrés permettant à chaque téléspectateur de choisir son propre point de vue

Panoptic : une caméra 360 degrés en temps réel

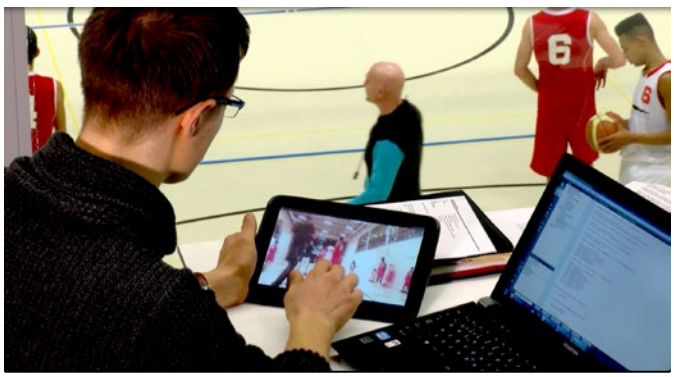
Et si chaque téléspectateur était libre de choisir son propre point de vue ? Quel que soit l'audience, de manière individuelle et en temps réel. Et si on pouvait immerger le spectateur au cœur de l'action de façon convaincante et naturelle ? Cette prouesse est à portée de main grâce aux développements 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.

Laboratoire de systèmes microélectroniques (LSM)
Prof. Yusuf Leblebici – lsm.epfl.ch
Laboratoire de traitement des signaux 2 (LTS2)
Prof. Pierre Vandergheynst – lts2.epfl.ch

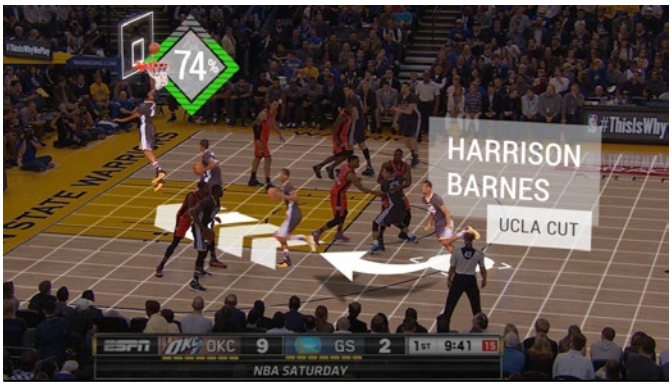
Start-up associée au laboratoire

Une aide aux commentateurs permettant d'identifier et de documenter les événements intéressants à présenter lors d'un match

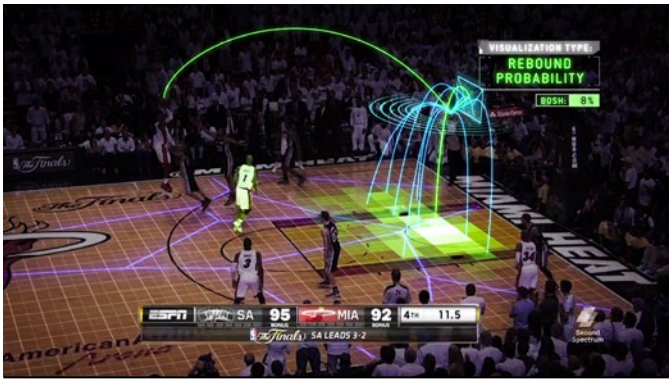
Augmentation d'information lors des retransmissions

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 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 d'un mouvement d'attaque.



Visualisation des résultats de tir au panier.

EPFL
Laboratoire de vision par ordinateur (CVLAB)
Prof. Pascal Fua – cvlab.epfl.ch

Second Spectrum
Start-up associée au laboratoire

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 retrans-mission idéale aux spectateurs ?

Processeur audio « beamforming » pour microphones

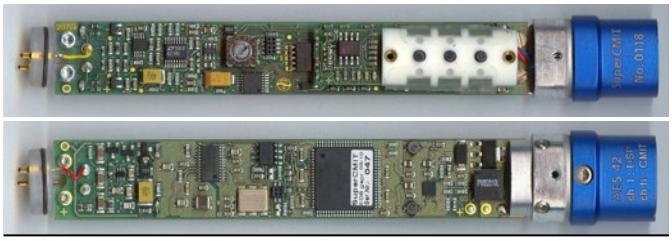
Lors de matchs sportifs ou dans des conditions en extérieur, il est difficile d'enregistrer un son de bonne qualité. Et pourtant, le son a toute son importance lors de la retransmission d'événements sportifs afin que les spectateurs s'immergent dans l'action sportive. Comment enregistrer, avec une qualité 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 acous-tiques 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 direc-tement 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.

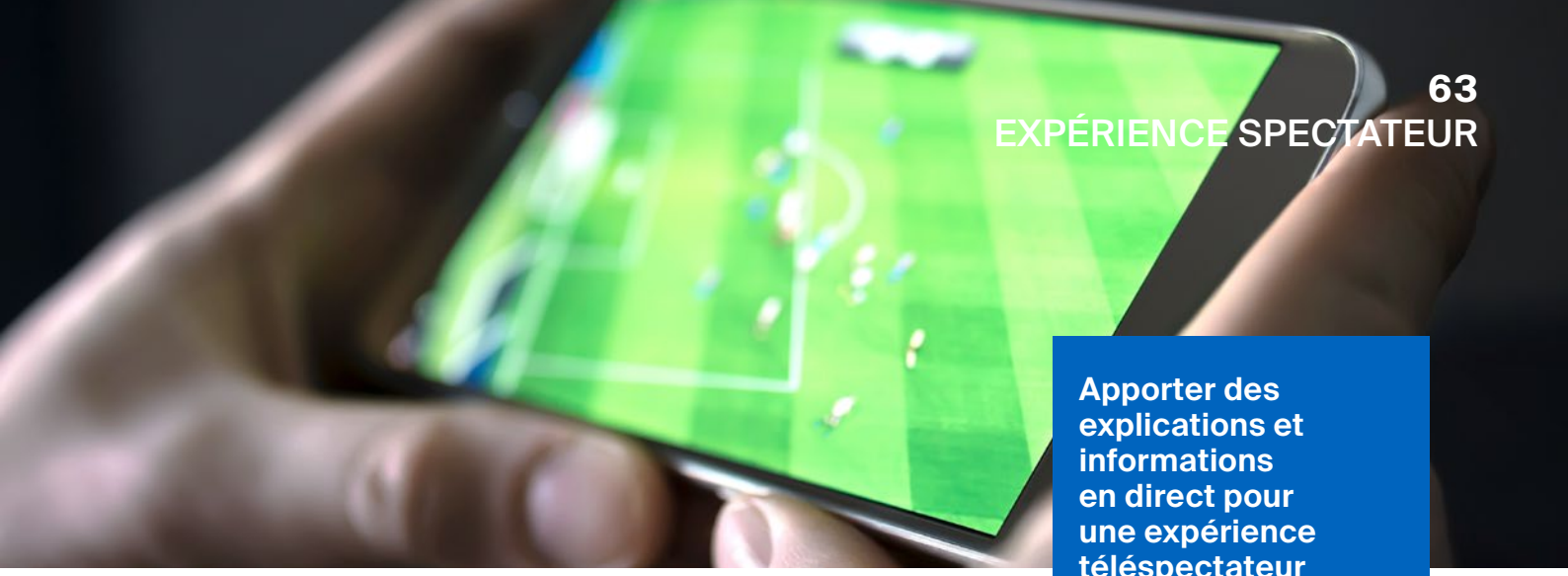
Le micro et son processeur ont été utilisés pour la pre-mière fois lors d'un événement sportif de grande envergure en Afrique du Sud. Le micro est aujourd'hui beaucoup utilisé pour la retransmission télévisuelle et pour plusieurs sports comme le football et le tennis mais aussi par l'industrie du film.

Les deux microphones du SuperCMIT.

Microphone SuperCMIT de Schoeps dans sa boite.



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



Apporter des explications et informations en direct pour une expérience téléspectateur augmentée

RayShaper : solutions optiques numériques au service du multimedia live

RayShaper, solutions de vision optique numérique, a été fondée en 2019 par le professeurs Touradj Ebrahimi du Groupe de traitement du signal multimédia de l'EPFL et le professeurs Jiangtao Wen de l'Université Tsinghua, tous deux vétérans des technologies multimédias.

La décision de créer RayShaper est le résultat de vingt ans de collaborations fructueuses sur de nombreux projets en lien avec la standardisation internationale, qui ont conduit à des produits et services largement déployés dans le monde entier. Les solutions innovantes de RayShaper se présentent sous la forme de produits ainsi que de services d'imagerie numérique qui permettent de contrôler le fonctionnement d'une matrice multi-capteurs, multi-lentilles et multi-spectrale, en temps réel, avec une faible latence. La solution déployée utilise un signal avancé compatible avec des algorithmes de traitement fonctionnant en parallèle.

Cette architecture permet la capture et le traitement de contenus vidéo dont les résolutions atteignent un milliard de pixels. Ces fichiers peuvent être utilisés pour une visualisation améliorée, une analyse de données et de nombreuses fonctionnalités supplémentaires qu'il était difficile, voire impossible, à diffuser en direct à des fins de divertissement jusqu'à présent. RayShaper apporte aussi des solutions novatrices pour la formation et l'entraînement des équipes sportives. Outre ces nouvelles fonctionnalités, les solutions réduisent considérablement les coûts d'installation et d'exploitation ainsi que la consommation d'énergie.

Les solutions RayShaper peuvent être directement intégrées dans les infrastructures de distribution et d'affichage de contenu existantes, y compris la télévision SD, HD, 4K et 8K, les réseaux sociaux, les services OTT, en plus des infrastructures nouvelles et émergentes reposant sur les technologies de communication 5G, 8K et immersives telles que la réalité virtuelle, réalité augmentée, nuage de points et « light field ». Les dispositifs ont fait leurs preuves dans des applications sportives telles que la Coupe du monde alpine féminine FIS 2020.

La caméra BeeHive de RayShaper a été reconnue « Top 10 Wildest Gadgets » par l'IEEE Spectrum lors du Consumer Electronics Show 2020 et a reçu le prix « Red Dot Design Concept Best of the Best 2020 ».

(haut) Capture conventionnelle et (bas) solution de post-traitement RayShaper.

La solution RayShaper capturant toute la piste de ski de la Coupe du monde FIS avec un système unique fournissant automatiquement (a, b) un suivi de mise au point de haute qualité et une analyse des poses, (c) et une compétition virtuelle en tête-à-tête. (d) La diffusion traditionnelle capte souvent le dos des skieurs.

Projet : Vice-présidence pour l'innovation, EPFL
Graphisme et impression : Centre d'impression EPFL

Lausanne, janvier 2021

Pour plus d'informations

Pascal Vuilliomenet
+41 21 693 88 13
pascal.vuilliomenet@epfl.ch

Emilie Michel
+41 21 693 30 03
emilie.michel@epfl.ch

Vice-présidence pour l'innovation (VPI)
EPFL Innovation Park
Bâtiment J
1015 Lausanne, Suisse

go.epfl.ch/sport