

LA TECHNOLOGIE AU SERVICE DU SPORT

SEARCH

SCANNING





LA TECHNOLOGIE AU SERVICE DU SPORT

L'EPFL, CONSEILLÈRE SCIENTIFIQUE POUR LE DOMAINE SPORTIF

L'EPFL participe depuis longtemps à des aventures technologiques. Dans le domaine du sport, elle a été impliquée en tant que conseillère scientifique dans plusieurs projets d'envergure. A travers les contributions des différents laboratoires, ces expériences ont permis de développer l'efficacité des transferts de compétences. Ces projets ont aussi mis en lumière tout ce que l'École peut apporter au monde du sport.

Les laboratoires de l'EPFL impliqués dans les projets fonctionnent comme une extension des équipes de concepteurs. Point essentiel dans la collaboration, les scientifiques doivent non seulement s'investir dans la recherche fondamentale mais également dans la transmission de leur savoir. Le dialogue entre les chercheurs, les équipes de conception et les entreprises impliquées est la clé d'une collaboration efficace.

- L'équipe de conception est responsable du projet dans son ensemble. Cette équipe constituée de spécialistes planifie le projet et réunit les compétences nécessaires à sa réalisation.
- Les entreprises impliquées ont les qualités et le savoir-faire indispensables pour fabriquer les différents éléments nécessaires.
- Les équipes scientifiques travaillent en étroite collaboration avec l'équipe de concepteurs et les entreprises. Les fruits de leurs recherches sont mis à la disposition des différents partenaires du projet.

Pour les laboratoires de l'EPFL, de telles collaborations permettent d'interagir avec des experts externes et sont un formidable stimulant pour les scientifiques et les étudiants. Elles favorisent la validation sur le terrain et représentent par conséquent, un vecteur de transfert technologique unique.

QUANTIFICATION DE SOI

L'athlète est au cœur de la performance sportive.

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



COMMENT CORRÉLER FATIGUE ET NIVEAU D'ANTIOXYDANTS DANS LE SANG ? COMMENT OPTIMISER SON ENTRAÎNEMENT À L'AIDE D'UNE TELLE MESURE ?

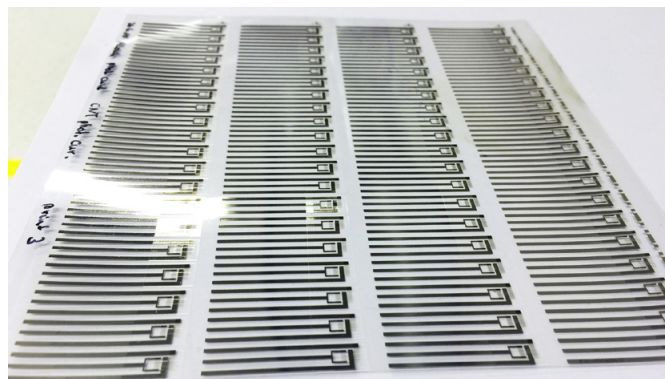
O2SCORE, POUR MIEUX GÉRER SA PRATIQUE SPORTIVE

Lors d'un effort physique, la production de radicaux libres est augmentée et, selon la récupération, la production d'antioxydants est également augmentée pour les neutraliser. Comment utiliser ces changements pour diminuer la fatigue, optimiser son entraînement, gérer sa récupération et augmenter ses performances ?

Quel est le niveau de fatigue après un effort physique ? Le dispositif développé par O2Score permet une mesure rapide et pratique du taux d'antioxydants dans le sang afin de piloter son entraînement et sa récupération pour augmenter ses performances.

Lors d'entraînement sportif, l'oxygénation est plus grande et va provoquer une série de réactions biologiques. Pour savoir si l'organisme a été surmené pendant l'entraînement, le laboratoire d'électrochimie physique et analytique (LEPA) a développé des électrodes et un système d'analyse permettant d'effectuer une mesure de l'oxydation d'une goutte de sang. Les électrodes produites par impression de nanotubes de carbone et la rapidité des mesures rendent ce dispositif particulièrement adapté à des mesures répétitives indispensables pour mieux gérer son entraînement et sa récupération.

Déjà utilisé par des sportifs de compétition, des études sont en cours pour développer les protocoles d'utilisation les plus adaptés et pour transposer l'approche à d'autres domaines faisant intervenir des facteurs d'oxydation tels que la nutrition ou la conservation de denrées.



Mesure des antioxydants dans le sang avec des électrodes produites par impression à jets d'encre.



Quatre de coupe Suisse, diplôme Olympique à Rio 2016, utilisateurs d'O2Score.



Equipe de première division, France, utilisateurs d'O2Score.

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



Prototypé de laboratoire avec électrodes séparées.



Produit développé par SmartCardia.

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

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

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

En partenariat avec

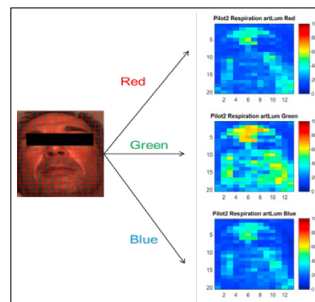


COMMENT TRAITER DE MANIÈRE OPTIMALE DES SIGNAUX BIOLOGIQUES MESURÉS, TELS QUE LE RYTHME CARDIAQUE, POUR OBTENIR DES RÉSULTATS QUALITATIFS ET UTILES ?

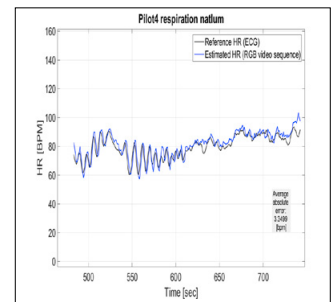
TECHNIQUES AVANCÉES DE TRAITEMENT DES SIGNAUX

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

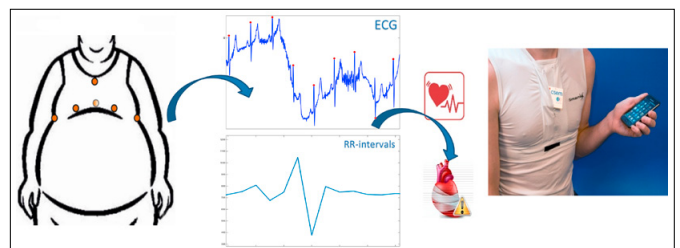
Plus récemment, l'ASPG a proposé un projet en collaboration avec l'Institut des sciences du sport de l'UNIL (IS-SUL) pour l'étude de l'effet de l'âge sur les paramètres cardio-vasculaires et la qualité du sommeil. En matière de traitement des signaux, d'autres applications liées au sport sont aussi possibles.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



Estimation du rythme cardiaque à partir de la vidéo.



Estimation du rythme cardiaque à partir de la vidéo.



Extraction robuste du rythme cardiaque.



Prise de données sur un sportif dans un environnement contrôlé.



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

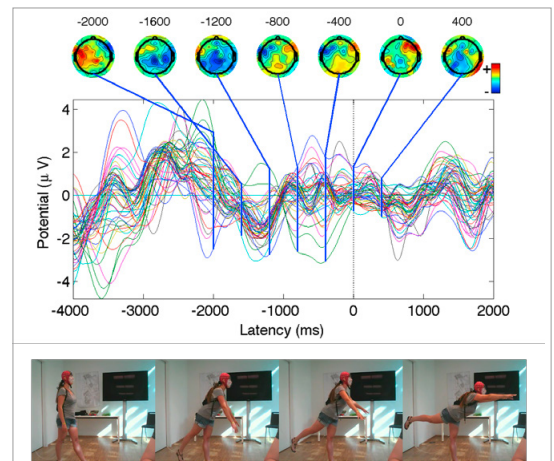
UN ÉLECTROENCÉPHALOGRAMME PORTABLE POUR DES MESURES SUR LE TERRAIN

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

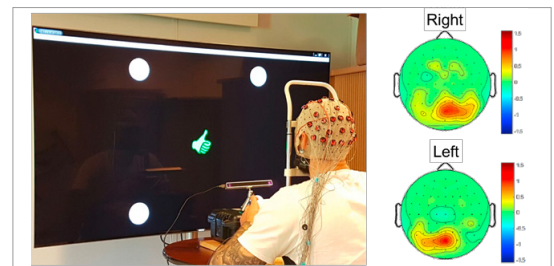
En collaboration avec le Laboratoire de psychologie du sport du Prof. Hauw de l'UNIL et le Prof. Staderini de la HEIG-VD, nous avons développé une perspective neuro-phénoménologique. Analyser les signatures cérébrales des athlètes en action dans différentes conditions, complétées par des appréciations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

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

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



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



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



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

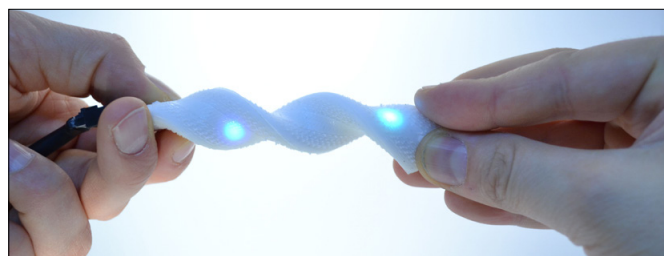
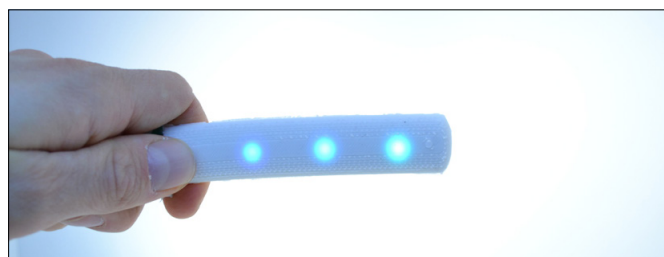
FEELTRONIX: LA PROCHAINE GÉNÉRATION DE CAPTEURS PORTABLES POUR LE SPORT

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

Le projet de spin-off est supporté par Innogrant, Venture Kick et le NCCR Robotics Spin Fund.



Electronique intégrée à un bracelet souple.

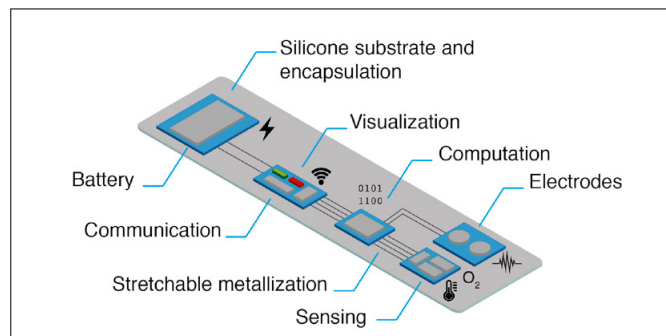


Schéma de connectique représentatif des composants pouvant être intégrés.

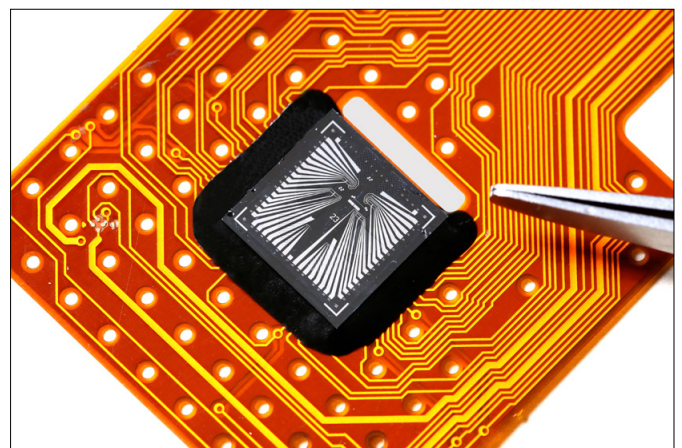
UN LABORATOIRE MINIATURISÉ POUR DES MESURES À MÊME LA PEAU PERMETTANT LE SUIVI DE SANTÉ ET DE PERFORMANCE SANS ENTRAVER L'ACTIVITÉ

XSENSIO : POUR DES MESURES PHYSIOLOGIQUES IMPOSSIBLES AVEC DES CAPTEURS TRADITIONNELS

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

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

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



Puce Lab-on-Skin™.



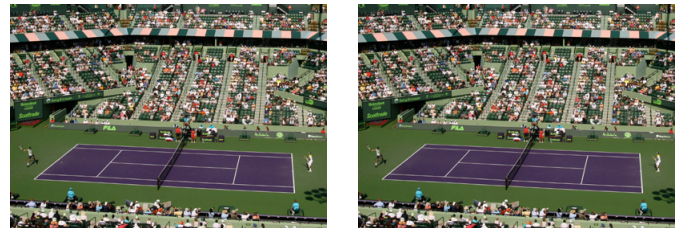
QUEL EST L'EFFET DE LA COMPÉTENCE VISUELLE SUR LA PERFORMANCE SPORTIVE?

QUALIFICATION DE LA PERCEPTION DES PROFESSIONNELS DU TENNIS

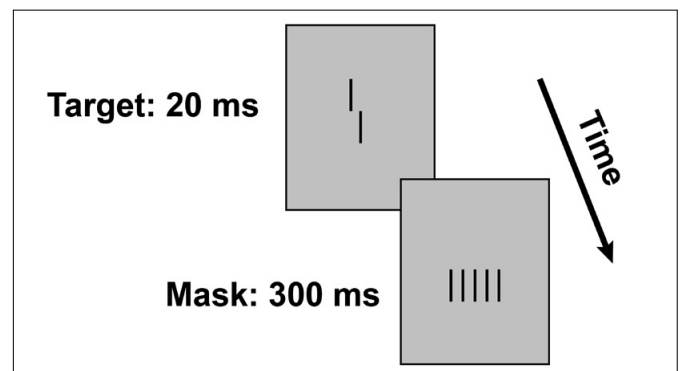
Est-ce que les professionnels du tennis ont de meilleures compétences visuelles que la moyenne des gens? Quel est le rôle de la perception visuelle des athlètes?

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

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



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



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

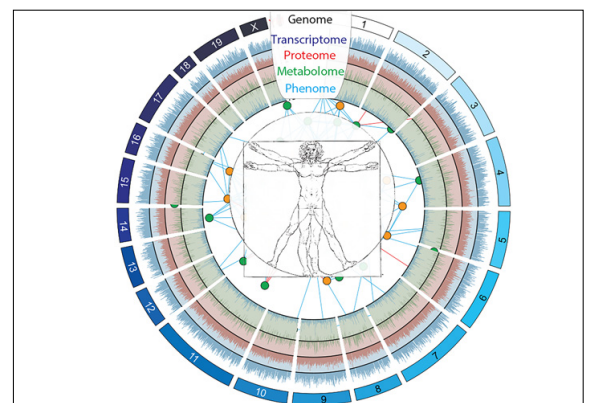
QUEL EST L'IMPACT DES FONCTIONS MITOCHONDRIALES SUR LES PERFORMANCES, SACHANT QU'ELLES SONT RESPONSABLES DE LA GÉNÉRATION DE L'ÉNERGIE DANS LES CELLULES ?

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

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

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

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



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



Structure d'une cellule.

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.

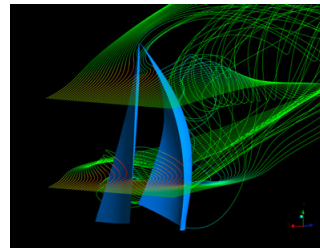
DÉVELOPPER UN OUTIL DE SIMULATION NUMÉRIQUE POUR OPTIMISER LA PERFORMANCE EN TESTANT DES GÉOMÉTRIES DIFFÉRENTES

COMPUTATIONAL FLUID AND STRUCTURAL DYNAMICS (CFSD)

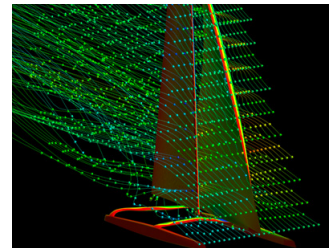
Comment le vent et les vagues influencent-elles le comportement d'un bateau? Comment optimiser la position d'un cycliste pour limiter les pertes par frottement dans l'air?

Jusqu'à récemment, le moyen le plus efficace de tester les performances d'un équipement était de le plonger dans des situations réalistes, en soufflerie ou dans des bassins de carène. Aujourd'hui, des méthodes numériques, moins onéreuses, sont utilisées pour simuler les écoulements aérodynamiques et hydrodynamiques. Le Computational Fluid and Structural Dynamics (CFSD) permet une approche mathématique du problème. Il est capable de simuler un grand éventail de conditions d'écoulement des flux, autour d'un modèle mathématique de l'objet en intégrant sa déformation et ses mouvements.

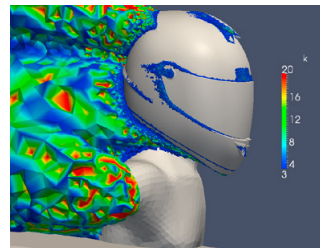
La Chaire de modélisation et de calcul scientifique (CMCS) de l'EPFL en collaboration avec le département de mathématique de Politecnico di Milano travaille sur l'optimisation de cette démarche. Les chercheurs étudient et développent de nouvelles approches permettant de tester, avec des ressources de calcul limitées, un maximum de géométries en un minimum de temps afin que les ingénieurs puissent choisir la solution optimale à leur problème.



Lignes de courant de l'écoulement aérien autour des voiles d'Alinghi AC32.



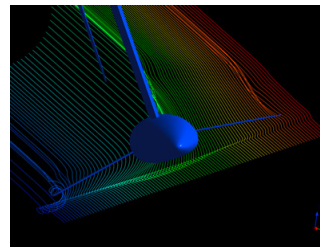
Lignes de courant autour du catamaran Alinghi AC33 et pression sur les voiles et la coque.



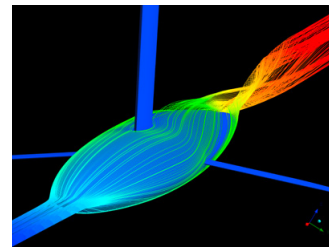
Énergie cinétique turbulente derrière un casque de compétition de motoGP (M0X0FF).



Vagues générées par une coque d'aviron.



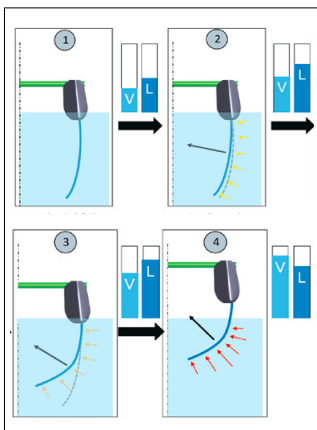
Structures tourbillonnaires autour des appendices d'Alinghi AC32.



Lignes de courant autour du bulbe d'Alinghi AC32.

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

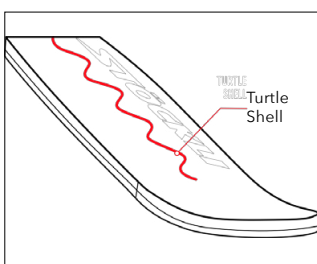
DES MATÉRIAUX COMPOSITES ET POLYMÈRES OPTIMISÉS POUR LE SPORT



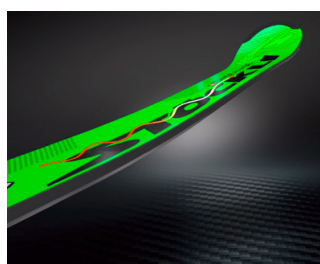
Variation du cas de charge en fonction de la vitesse.



Multicoque en phase de vol.



Structure inspirée des carapaces de tortue.



Nouvelle génération de ski commercialisée par Stöckli.

Quel matériau utiliser pour quelle application et quelles seront les propriétés obtenues? Comment fabriquer ce matériau pour en retirer la meilleure performance? 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 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, est appliqué dans deux projets sportifs en cours de développement au LPAC.

Le premier projet est conduit dans le milieu nautique avec l'équipe Hydros pour le développement de foils, ces ailes marines permettant de faire voler les bateaux. Un comportement non linéaire des foils permet d'avoir une stabilisation automatique de la hauteur de vol en fonction des efforts.

Le second projet a permis de développer un ski qui est souple lorsqu'il est soumis à peu de pression et se rigidifie lorsque la déformation s'accroît sous la poussée, la vitesse ou la pression. Ce comportement permet d'avoir un meilleur contrôle de la trajectoire.



Traitement et optimisation des matériaux composites et polymères - Fabrication de matériaux composites et polymères / matériaux adaptatifs

Laboratoire de mise en œuvre de composites à haute performance (LPAC),
Prof. Véronique Michaud - lpac.epfl.ch

En partenariat avec



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



Ecole de technologie supérieure



Fachhochschule Nordwestschweiz



DESIGN DE STRUCTURES COMPOSITES POUR OPTIMISER LA PERFORMANCE

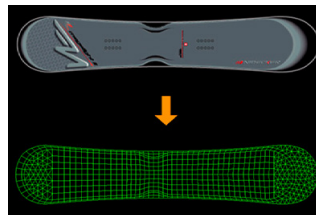
OPTIMISATION DU DIMENSIONNEMENT DE STRUCTURES COMPOSITES POUR DES ÉQUIPEMENTS SPORTIFS

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

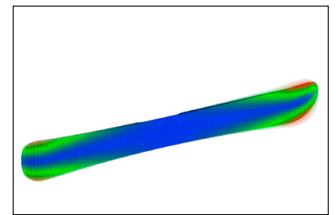
Les équipements sportifs font de plus en plus appel à des matériaux composites pour atteindre les performances de légèreté et de rigidité. Le choix des composants, de la nature des fibres de renfort et de leur orientation permet de contrôler les propriétés de la pièce finale. Une simulation numérique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



Simulation des contraintes et des déformations sur l'Hydroptère.



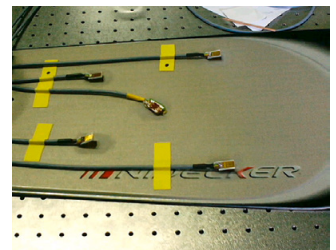
Modélisation d'un snowboard par éléments finis.



Simulation d'un snowboard.



Banc d'essai du snowboard instrumenté.



Instrumentation d'un snowboard.



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

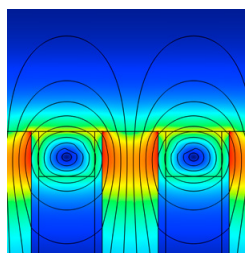
UTILISATION DES MATÉRIEAUX MAGNÉTIQUES DANS LE SPORT

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 ?

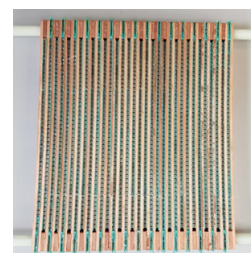
Le laboratoire de magnétisme quantique (LQM) se penche sur les possibilités de fixation pour les équipements sportifs. Le laboratoire a développé de solides compétences dans la maîtrise des phénomènes magnétiques. Cette expertise peut être utilisée pour dimensionner et développer des matériaux et en optimiser les propriétés magnétiques en fonction des usages prévus. Il est dès lors possible de contrôler les forces d'adhésion et, 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.

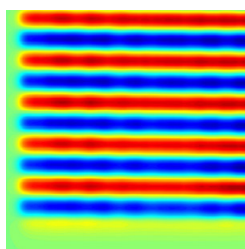
En plus des applications du magnétisme pour les équipements sportif, le LQM met à disposition ses diverses expertises dans les techniques de mesure et l'analyse de données lors de diverses études, allant du soutien du UCI au combat de la fraude technologique dans le cyclisme jusqu'à des analyses d'efficacité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



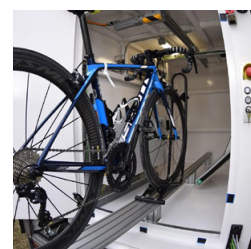
Simulation par élément fini de champs magnétiques autour du dispositif d'aimantation.



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



Distribution du champ magnétique au-dessus d'un dispositif de fixation à force optimisée.



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



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



Système Physilog utilisé pour les mesures.



Skieur équipé du système en phase de test.

PRÉVENTION DES RISQUES DE BLESSURES LORS DE COURSES DE SKI ALPIN

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

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



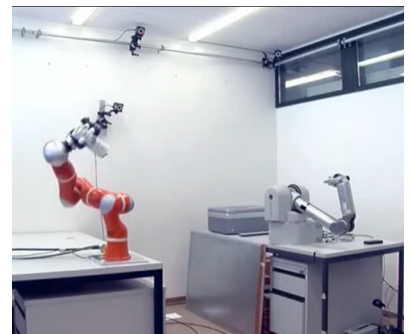
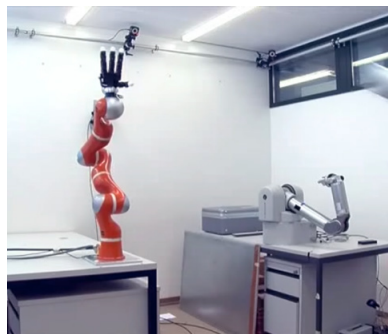
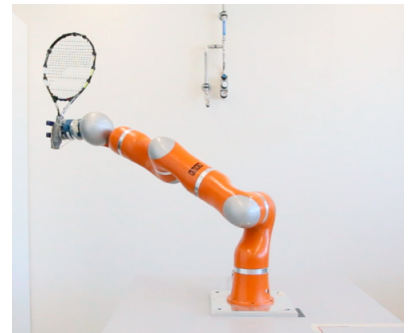
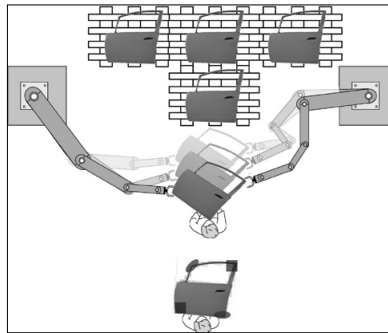
UN ROBOT COMME PARTENAIRE DE JEU ? LE LASA PROPOSE DE RELEVER LE DÉFI POUR UNE INTÉGRATION DE LA ROBOTIQUE DANS LE SPORT

CONTRÔLE ADAPTATIF ET RAPIDE POUR ATTRAPER ET LANCER DES OBJETS

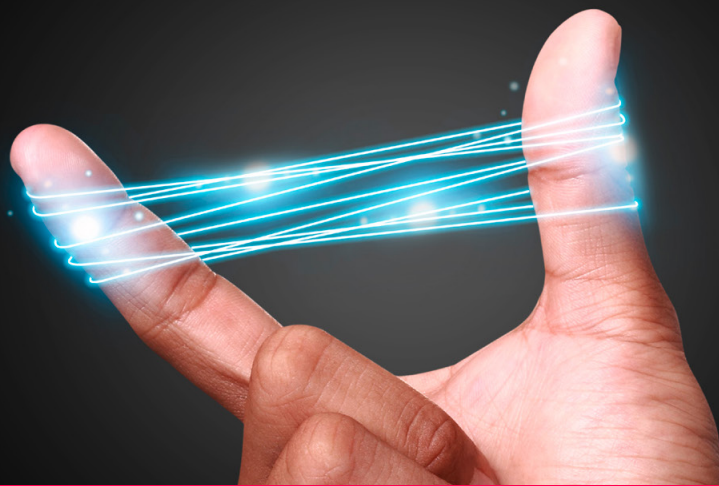
L'utilisation d'un robot comme partenaire de jeu pour le tennis ou le base-ball pourrait bien devenir une réalité très prochainement. Grâce à des algorithmes complexes, le robot est aujourd'hui capable d'attraper des objets en vol avec des mouvements fluides et rapides.

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

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



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



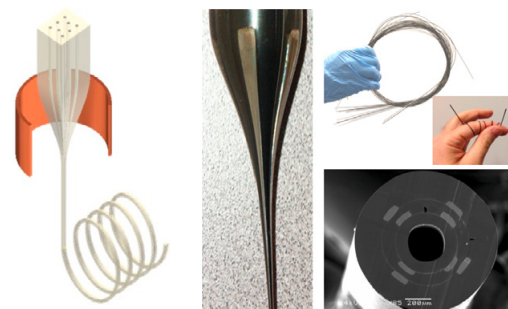
DES FIBRES TEXTILES INCORPORANT DES FONCTIONS POUR LA PERFORMANCE ET LE CONFORT DES SPORTIFS

FIBRES ET TEXTILES INTELLIGENTS

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

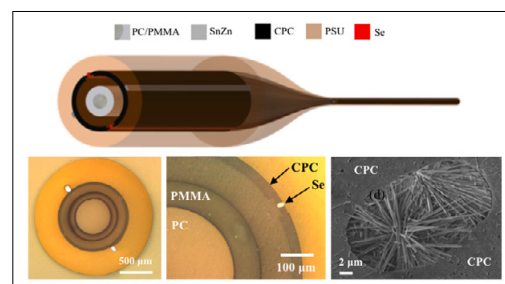
Le Laboratoire des fibres et matériaux photoniques (FIMAP) est spécialisé dans la science des matériaux pour de la nano-fabrication à large échelle. Le FIMAP est spécialisé en particulier dans l'étirage à chaud et à haute viscosité de fibres multi-matériaux et multi-fonctionnelles. Ces fils perfectionnés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

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

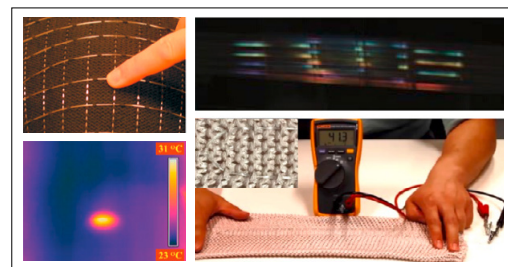


Procédé de tirage à chaud.

Fibre multi-matériaux après tirage.



Fibre optoélectronique multi-fonctionnelle.



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

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.

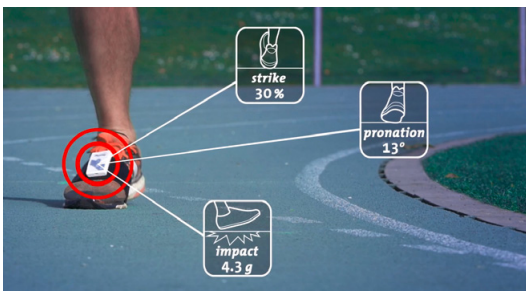
La position au sein d'une équipe, l'emplacement dans un environnement précis ou le mouvement de chaque membre sont des données essentielles pour l'analyse de performance et l'amélioration des athlètes. Pour effectuer des mesures précises, plusieurs éléments entrent en jeu : des caméras, des capteurs, 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.

DES SYSTÈMES PORTABLES BASÉS SUR DES CAPTEURS INERTIELS QUI AMÉLIORENT LA PERFORMANCE ET DIMINUENT LES RISQUES DE BLESSURES EN COURSE À PIED

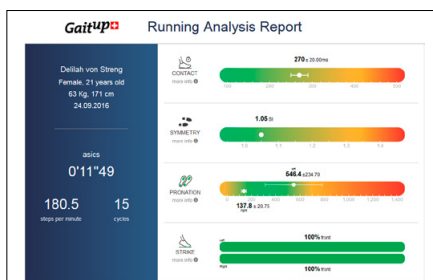
RUN UP: ANALYSE DE MOUVEMENT POUR LA COURSE À PIED



Test du système Run Up sur un tapis de course.



Mesure des paramètres spatio-temporels à chaque pas.



L'interface montrant le rapport d'analyses.

Courir est un sport qui implique des mouvements cycliques générant des impacts répétitifs. Un équipement inadéquat et une mauvaise technique peuvent limiter les performances et provoquer des risques de blessures. L'allure d'un coureur peut-elle être analysée, de manière à détecter les mouvements qui provoquent des risques ?

Le projet Run Up a pour objectif de développer un système de capteurs portés sur les chaussures, associé à des algorithmes, pour mesurer les paramètres spatio-temporels de la course à pied. Le Laboratoire d'analyse et de mesures du mouvement (LMAM) met à contribution son expertise en métrologie et en biomécanique pour acquérir des valeurs précises, corrigeant les inévitables erreurs des capteurs, en modélisant le mouvement de course. Les algorithmes fournissent des informations fiables et objectives, qui peuvent être interprétées directement par leur coureur ou leur entraîneur. Le système permet de faire des mesures dans des conditions réelles de course, tout en produisant des informations équivalentes à celles obtenues dans un laboratoire de recherche. Cette méthode s'applique à la course à pied, un sport en croissance rapide, mais elle peut tout aussi bien être utilisée dans d'autres activités.



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 (Physilog 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 d'analyse et de mesure du mouvement de l'EPFL (LMAM). Les paramètres spatio-temporels de l'allure de course sont également calculés par le système de manière à ce qu'il produise 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. Un tel outil aidera les athlètes en leurs entraîneurs à améliorer les performances, la stratégie et la technique.



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



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



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

NATATION: GÉRER LE RYTHME ET LA COORDINATION POUR OPTIMISER LA DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE

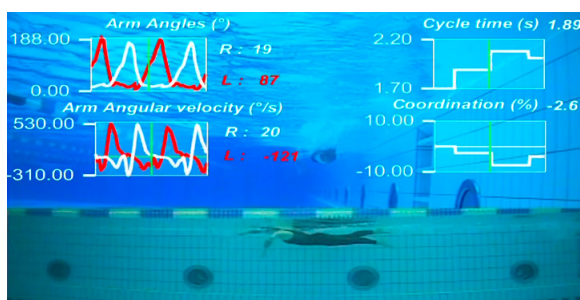
La natation est depuis toujours une des trois activités sportives les plus populaires des Jeux olympiques d'été. Sa popularité ne vient pas uniquement de son intérêt en tant que compétition sportive, mais également de son côté récréatif et son effet bénéfique reconnu sur la condition cardio-vasculaire, la souplesse et la force musculaire.

Néanmoins, les technologies d'analyse de la biomécanique et de la cinématique pour la natation ne sont pas aussi développées que pour les activités humaines terrestres. Des questions d'étanchéité, d'installation, de calibration et de maintenance dans le milieu aquatique se posent lors de la conception d'un système de mesure dédié à la natation.

Le Laboratoire de mesure d'analyse des mouvements (LMAM) a développé un système de mesure de cinématique aquatique, basé sur les capteurs inertiels portables et étanches, qui permet une analyse multi-cycle des paramètres liés à la coordination et à la vitesse pour caractériser les mouvements typiques des nageurs de différents niveaux. Ce système permet également d'évaluer la relation entre la cinématique, l'anthropométrie et la dépense énergétique de la natation. Grâce à ce système, la technique de nage peut être évaluée pendant une séance d'entraînement, sur plusieurs nageurs simultanément.



Capteur inertiel étanche dédié à la natation.

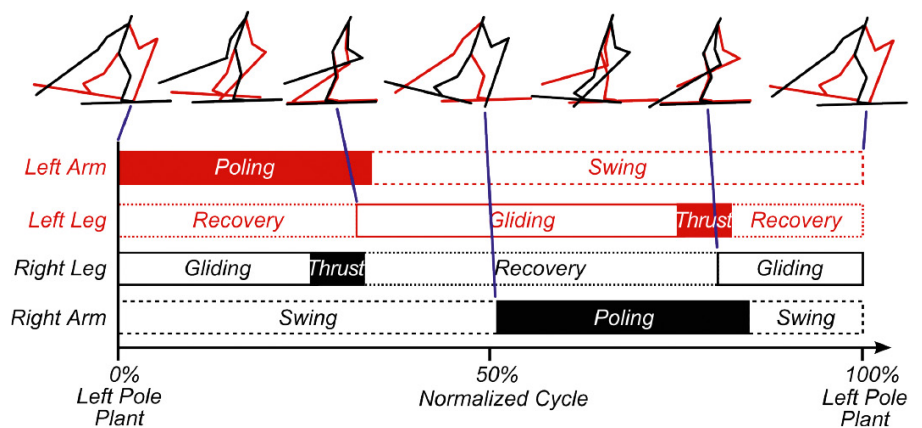


Estimation cycle par cycle de la coordination et de la performance en crawl et en brasse.

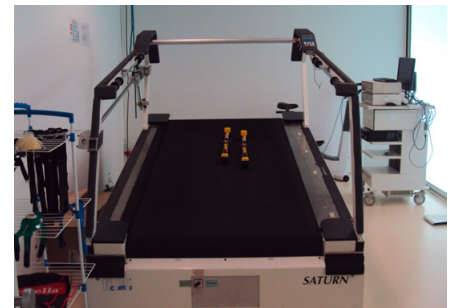
COMMENT MESURER LE MOUVEMENT, LES PHASES DE POUSSÉE ET DE GLISSE POUR PERMETTRE UNE ANALYSE PRÉCISE DE LA PRATIQUE DU SKI NORDIQUE

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

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



Les phases du mouvement pendant un «Diagonal Stride».



Set-ups d'expérimentation en laboratoire.

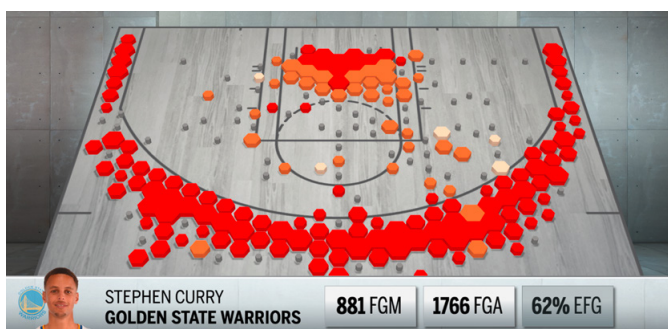
MOUVEMENT ET POSITION



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



Analyse de chance de réussite en fonction des positions.



Résultats d'un joueur sur la saison.

SUIVI DES JOUEURS LORS DES MATCHES DE BASKETBALL

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



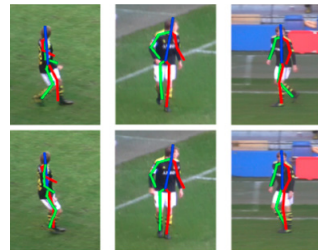
COMMENT ESTIMER LA POSTURE ET LES MOUVEMENTS DES ATHLÈTES POUR AMÉLIORER LES PERFORMANCES OU ANIMER LES POINTS FORTS D'UN MATCH À LA TÉLÉVISION ?

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

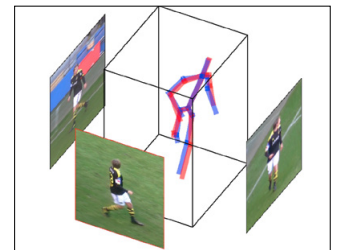
Comment mesurer précisément et simplement la posture d'un joueur ? Comment suivre le geste d'un athlète pour améliorer sa performance ? Le projet mené par le laboratoire de vision par ordinateur (CVLab) cherche à estimer les positions et les mouvements d'un humain en 3D en utilisant une seule caméra.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

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

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



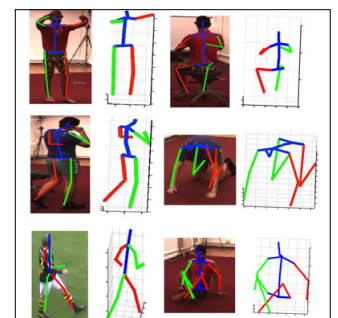
La méthode utilisée par le CVLab permet de recomposer de façon fiable la posture du joueur en 3D avec une seule caméra.



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



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

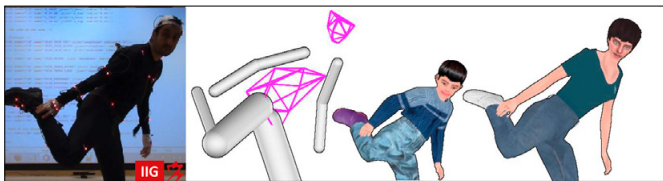


Que ce soit en extérieur ou en intérieur, l'approche du CVLab est la plus performante à l'heure actuelle.

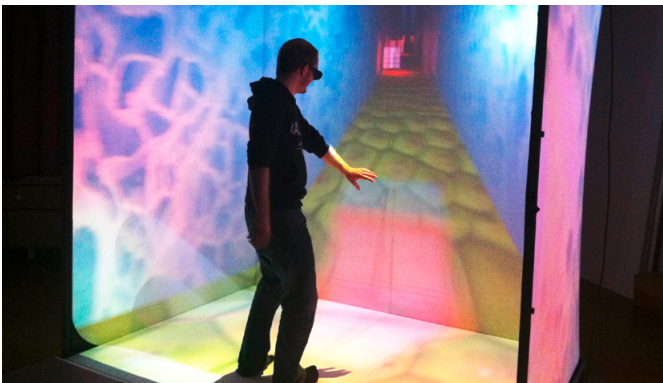
MOUVEMENT ET POSITION



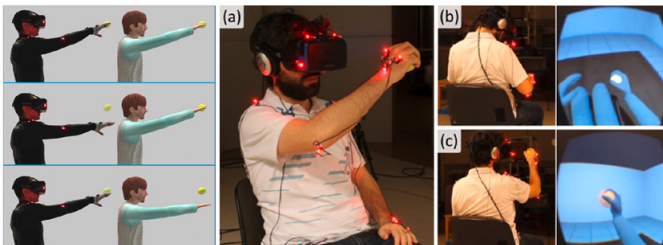
COMMENT, GRÂCE À LA RÉALITÉ VIRTUELLE, AMÉLIORER VOIRE PERFECTIONNER UN MOUVEMENT PARTICULIER ?



Posture mapping.



Exemple d'interaction avec des lunettes stéréo dans un système multi-écrans.



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

UN AVATAR POUR AMÉLIORER LES MOUVEMENTS

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

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

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



UN TAPIS QUI PERMET D'OPTIMISER LES PERFORMANCES AU TENNIS GRÂCE AUX MESURES DES IMPACTS DE BALLE ET DU TEMPS DE RÉACTION DU JOUEUR

TECHNIS, UN TAPIS DE TENNIS INTELLIGENT

Comment connaître l'efficacité d'un coup au tennis? Comment améliorer ses performances et son temps de réaction? Le projet Technis est un tapis intelligent qui détecte les contacts physiques et donne un retour non seulement sur les impacts de balle mais aussi sur le temps de réaction de l'athlète.

Le tapis, conçu par la startup Technis, soutenue par le Laboratoire des matériaux photoniques et caractérisation (LPMAT) au travers d'une bourse Innogrant, est doté d'un maillage de fibres piézoélectriques capable de détecter les contacts physiques. Des algorithmes et des approches d'apprentissage machine permettent au système d'affiner les mesures et les analyses lors de l'utilisation. Déployable n'importe où et résistant à l'eau, il offre une alternative aux entraînements classiques. Les mesures précises de localisation des impacts, de la vitesse des balles et du déplacement du joueur permettent d'analyser la performance durant l'entraînement. Une application permet ensuite de visualiser ces données et d'obtenir une cartographie des différents coups. L'outil donne une image complète et ludique des performances et permet d'optimiser et d'améliorer les techniques de jeu.

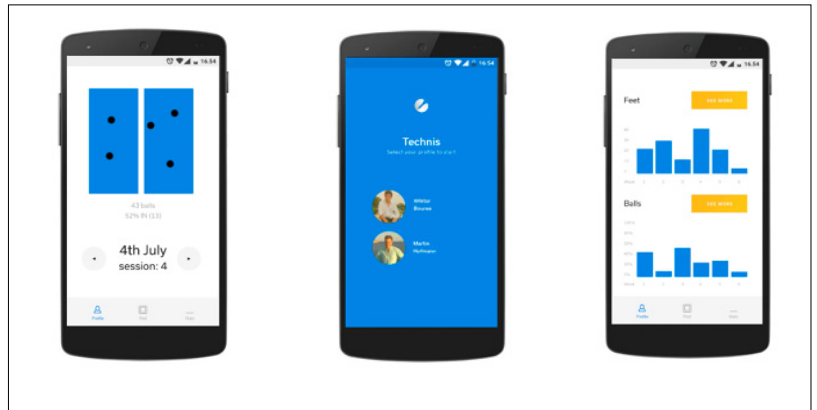
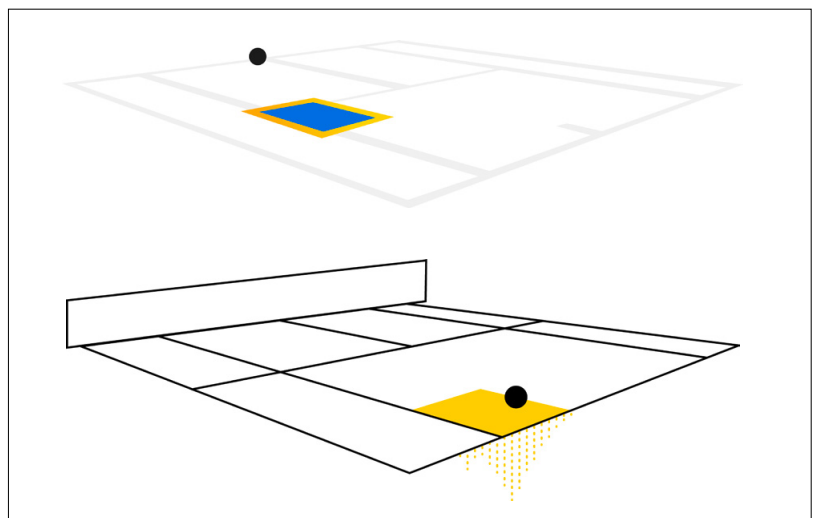


Illustration de l'application Technis permettant de suivre sa progression.



Zones sensibles utilisées pour définir la qualité de déplacement du joueur et la précision de sa frappe.



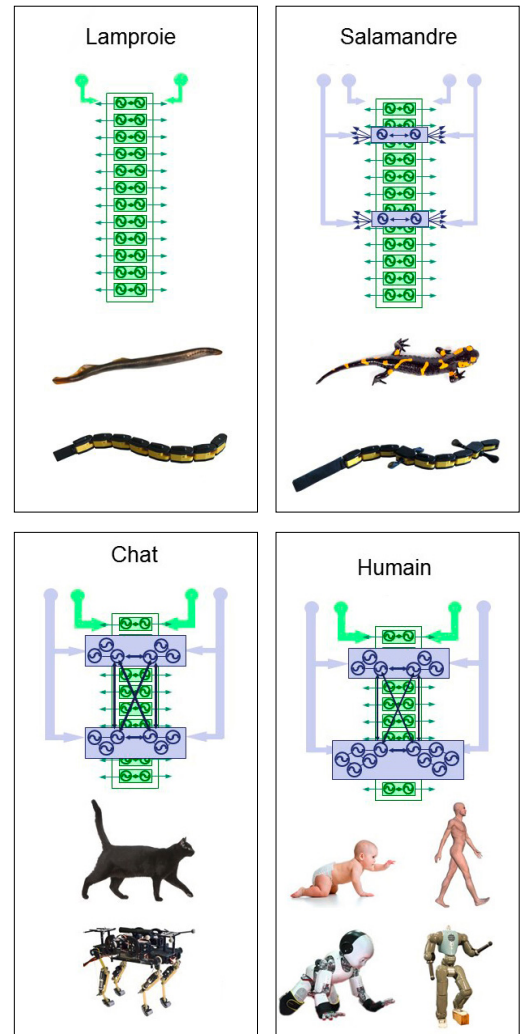
LA COMPRÉHENSION DU SYSTÈME LOCOMOTEUR HUMAIN EST UN ÉLÉMENT CLÉ POUR L'OPTIMISATION DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE OU DE LA VITESSE DES ATHLÈTES

MODÉLISATION NUMÉRIQUE DE LA LOCOMOTION HUMAINE

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

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

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



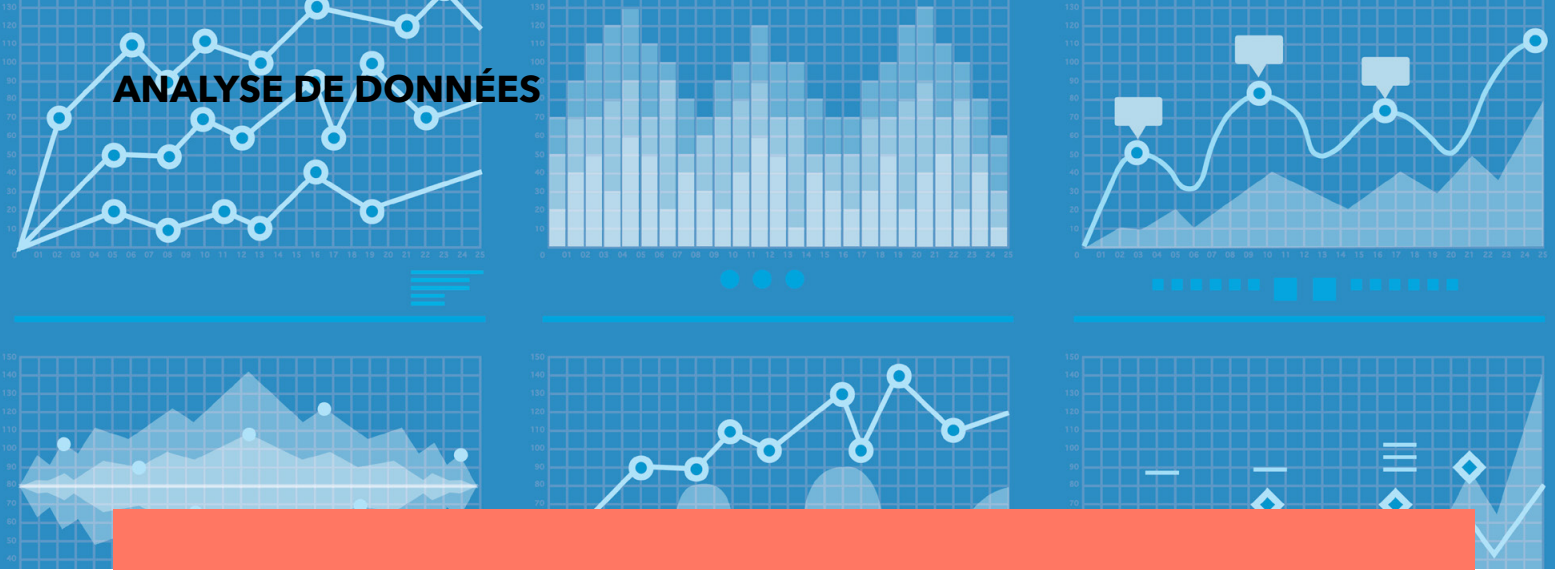
Modélisation du circuit de la moelle épinière pour différents animaux.

ANALYSES DE DONNÉES

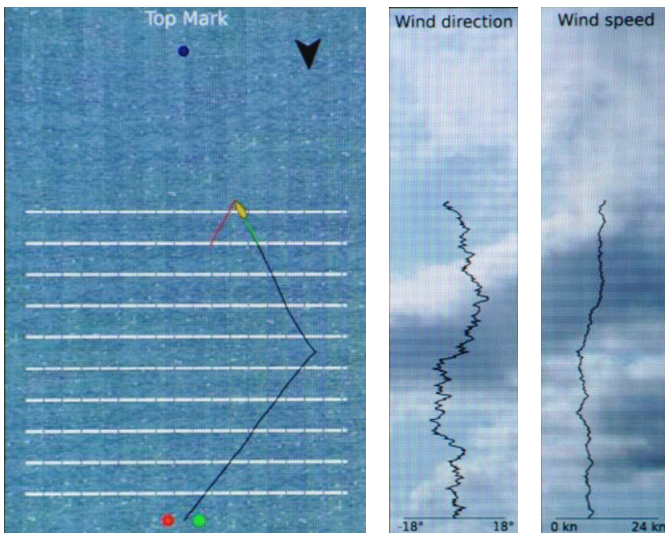
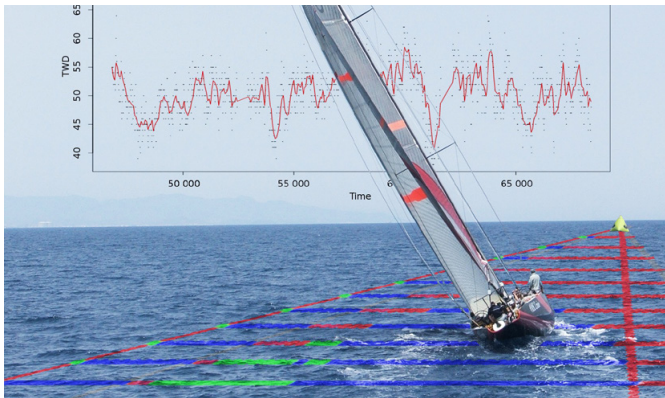
De nombreuses données sont récoltées pendant et pour le sport. L'analyse informatique de ces données permet de les trier et d'offrir des résultats conduisant à une amélioration des performances.

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

ANALYSE DE DONNÉES



UTILISER LES MATHÉMATIQUES POUR RENDRE INTELLIGIBLES LES DONNÉES MESURÉES



Outil de simulation de trajectoire en fonction des fluctuations du vent.

TRAITEMENT STATISTIQUE DE DONNÉES

Quelles sont les stratégies gagnantes face à des défis imprévisibles? Quel sont les forces et faiblesses d'une équipe? Comment faut-il réagir dans une situation particulière pour optimiser les chances de succès à l'arrivée? Quelles sont les chances de succès d'une équipe, d'un joueur?

Les développements de nouvelles technologies de mesure et l'application croissante de capteurs dans le milieu du sport génèrent une multitude de données. La difficulté pour les sportifs et leur coach réside dans l'analyse de ce flux d'informations pour en retirer des éléments pertinents permettant de prendre des décisions. Les approches statistiques et les connaissances développées par la Chaire de statistique appliquée (STAP) peuvent être utilisées pour extraire du sens des données brutes. Grâce à des calculs de probabilité, on peut valider la qualité des informations obtenues, comparer différentes stratégies de jeu et déterminer la meilleure stratégie.

Des projets ont ainsi été menés dans le cadre du partenariat avec Alinghi en collaboration avec la Chaire de probabilités (PROB) pour gérer les évolutions imprévisibles du vent sur la base de relevés météorologiques. Mais aussi dans l'analyse de données de positionnement de joueurs sur un terrain de volley-ball. Les approches statistiques représentent un complément nécessaire à la multiplication des informations disponibles, permettant de transformer des données brutes en information utiles. De la formalisation mathématique du problème à l'étudier découle des méthodes et des outils probabilistes qui peuvent être intégrés dans des logiciels pour automatiser le travail d'analyse. Le résultat permet de documenter des indicateurs spécifiques et interprétables par les joueurs et le coach.



Probabilités et Statistiques
Chaire de statistique appliquée (STAP)
Prof. Stephan Morgenthaler - stap.epfl.ch
Chaire de probabilités (PROB)
Prof. Robert Dalang - prob.epfl.ch

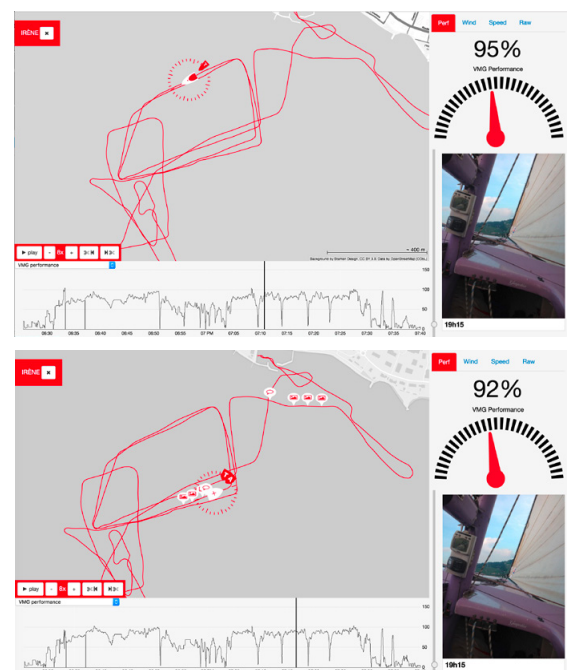
UN OUTIL DE NAVIGATION PERMETTANT D'OPTIMISER LES PERFORMANCES D'UN BATEAU EN TEMPS RÉEL ET SUR LE LONG TERME GRÂCE À L'ENREGISTREMENT DES DONNÉES DE CHAQUE COURSE

ANEMOMIND, UN OUTIL D'OPTIMISATION DES PERFORMANCES NAUTIQUES

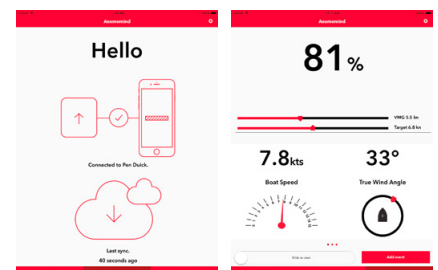
Quelles sont les performances d'un bateau par rapport aux conditions externes et en lien avec ses performances précédentes? Comment savoir si la course du bateau est optimale? Anemomind, une startup du laboratoire de vision par ordinateur (CVLab), propose un outil pour mesurer les performances en temps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

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

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



Exemple de tracés relevés lors d'une navigation.



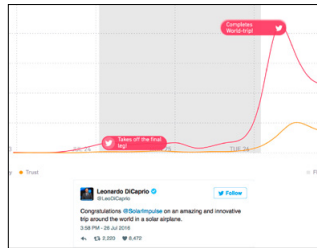
Interfaces permettant de visualiser la performance à tout moment.



DES ALGORITHMES POUR COMPRENDRE ET ANALYSER LES ÉMOTIONS, LES OPINIONS ET LES AVIS ÉCHANGÉS SUR LES RÉSEAUX SOCIAUX



L'exemple du Brexit: un graphe social media représentant les camps pour et contre, ainsi que les inter-connexions entre les influenceurs.



Suivi en temps réel des émotions du public sur l'aventure Solar Impulse, montrant ici l'explosion de joie à la fin du tour du monde à Abu Dhabi.



Spectateur envoyant un message lors d'un match.



Envoi de messages par le public.

HORIZON, UN OUTIL D'ANALYSE DES DISCUSSIONS ÉCHANGÉES SUR LES RÉSEAUX SOCIAUX

Comment comprendre les émotions, les opinions et les avis émergents des masses de discussion et de données échangés sur les réseaux sociaux ?

Le sport suscite beaucoup d'enthousiasme et un fort engagement, qui se traduisent sur les réseaux sociaux et le web par un nombre élevé d'interventions. Le Social Media Lab (ESML) de l'EPFL travaille à l'élaboration d'algorithmes et d'une plateforme de représentation permettant d'identifier les différentes opinions reflétées sur le web et sur les réseaux sociaux. Horizon permet ainsi de représenter graphiquement les différentes controverses et de mettre en lumière les sources les plus influentes sur un sujet donné, tel qu'un événement sportif.

Cette approche permet de mieux comprendre l'audience d'un événement et d'affiner la manière de communiquer avec le public. Il est entre autre possible de :

- Comprendre l'opinion du public au sujet d'un événement particulier
- Mesurer le succès d'une manifestation
- Identifier les pistes d'amélioration
- Qualifier les émotions du public
- Identifier les controverses émergentes et suivre leur évolution

En première mondiale, la plateforme Horizon a déjà fait ses preuves avec des événements tels que Solar Impulse ou la COP21 (conférence sur le climat en 2015). Elle offre une lecture unique et en temps réel de l'opinion du public sur des événements qui suscitent l'engouement sur la toile.

EXPÉRIENCE SPECTATEUR

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

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



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

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

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

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



Intégration urbaine des stades - Londres 2012.



Supporters fêtant la victoire de leur équipe.



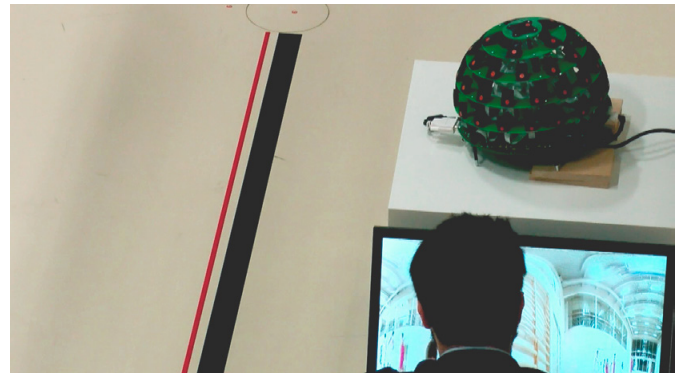
UNE CAMÉRA 360 DEGRÉS PERMETTANT À CHAQUE TÉLÉSPECTATEUR DE CHOISIR SON PROPRE POINT DE VUE

PANOPTIC, UNE CAMÉRA 360 DEGRÉS EN TEMPS RÉEL

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

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

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



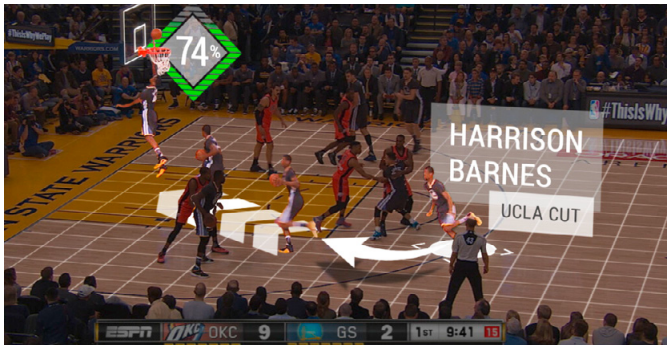
Capture des images sur le terrain.



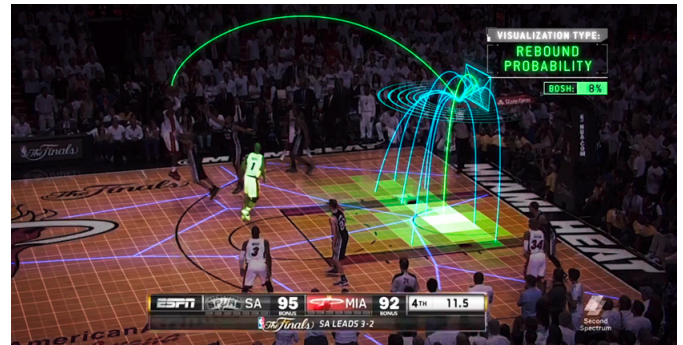
Visualisation à distance à l'aide d'une tablette.



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



Visualisation d'un mouvement d'attaque.



Visualisation des résultats de tir au panier.

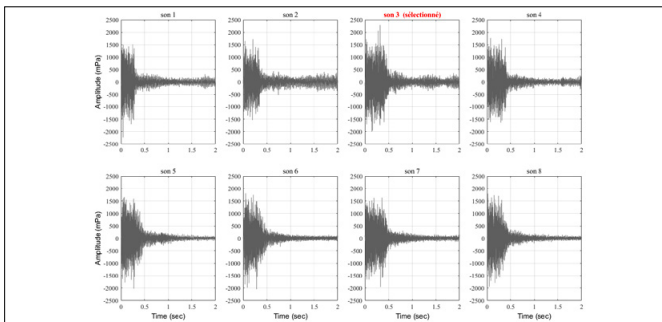
AUGMENTATION D'INFORMATION LORS DES RETRANSMISSIONS

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?

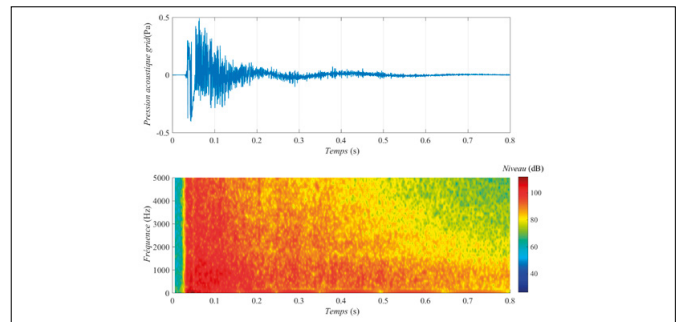
La start-up Second Spectrum et le Laboratoire de vision par ordinateur (CVLab) ont démarré un projet d'analyse des matches basée sur des outils d'imagerie vidéo. Des données brutes récoltées par les caméras sont extraites les positions exactes de chaque joueur et de la balle à tout moment. Ces informations 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.

COMMENTS'ASSURER QUE LES ATHLÈTES NE SOIENT PAS GÊNÉS MAIS PERÇOIVENT LE SIGNAL DE DÉPART ET QUE L'EXPÉRIENCE POUR LE PUBLIC SOIT LA MÊME QU'AVEC UN PISTOLET TRADITIONNEL ?



Enregistrement de huit sons créés et diffusés dans le stade de la Pontaise avec le système de pistolet électronique.



Enregistrement d'un véritable coup de pistolet de départ et spectrogramme (analyse temps - fréquence - niveau sonore) du son.

CRÉATION D'UN SON IMITANT UNE ARME À FEU POUR LES PISTOLETS DE DÉPART ÉLECTRONIQUES

Aujourd'hui, les starters des compétitions d'athlétisme ne peuvent plus utiliser des pistolets traditionnels à amorce. Pour des questions de sécurité, ils ont été remplacés par des pistolets électroniques. La restitution du son doit être optimisée afin que les athlètes ne soient pas gênés et que l'expérience du spectateur soit intacte.

Le laboratoire de traitement des signaux 2 (LTS2) est spécialisé dans le traitement des signaux acoustiques et dans la conception de haut-parleurs et de microphones. Un signal sonore est créé, il se propage et il est perçu. Une maîtrise de ces trois étapes permet d'adresser une variété de situations. Que ce soit pour générer un son particulier avec un outil électronique, en contrôler la propagation - pour l'atténuer ou au contraire s'assurer qu'il demeure audible - ou pour utiliser le bruit pour localiser un impact.

Swisstiming s'est adressé au LTS2 pour travailler sur le bruit de la détonation des pistolets électroniques de départ. Depuis que des restrictions sont imposées au transport d'armes, des solutions alternatives doivent être trouvées pour faciliter la logistique des rassemblements d'athlétisme. Pour ce projet, le défi pour le laboratoire consistait à reproduire un signal sonore le plus proche (perceptivement) d'une détonation d'arme à feu, et qui soit audible pour les compétiteurs et le public. Le laboratoire a dû s'adapter aux infrastructures utilisées, intégrer les propriétés des haut-parleurs et des composants électroniques afin que le signal développé remplisse le cahier des charges dans les conditions de compétition.

L'expertise plus large du laboratoire peut s'appliquer à d'autres situations sportives, que ce soit pour réduire le brouhaha autour d'une piscine couverte, localiser l'impact d'un projectile ou enrichir les retransmissions grâce à la capture précise des sons.

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

PROCESSEUR AUDIO « BEAMFORMING » POUR MICROPHONES

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

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

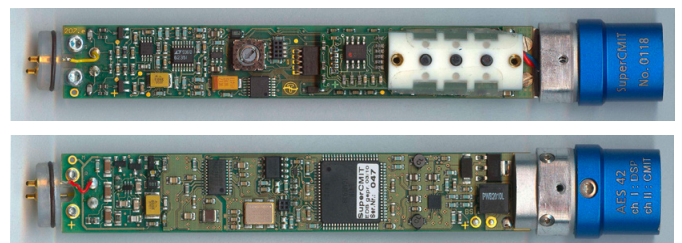
Le micro et son processeur ont été utilisés pour la première fois lors d'un événement sportif de grande envergure en Afrique du Sud. Le micro est aujourd'hui beaucoup utilisé pour la retransmission télévisuelle et pour plusieurs sports comme le football et le tennis mais aussi par l'industrie du film.



Les deux microphones du SuperCMIT.



Microphone SuperCMIT de Schoeps dans sa boîte.



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

Pour plus d'informations

Pascal Vuillomenet

Vice-présidence pour l'innovation (VPI)

EPFL Innovation Park J

QIJ 1 117.08

1015 Lausanne, Switzerland

+41 21 693 88 13

pascal.vuillomenet@epfl.ch

vpiv.epfl.ch