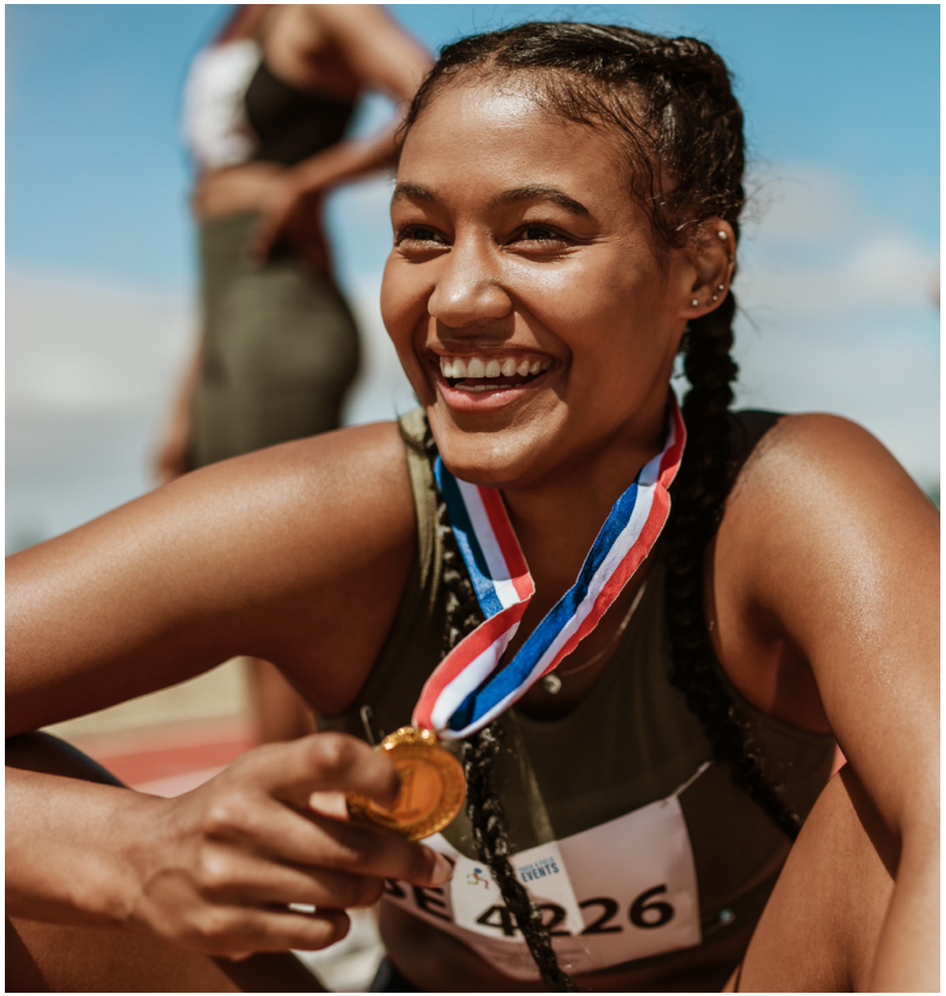
SPORTS ET SCIENCES, UNE ALLIANCE EN OR

SCIENCES 2024

2021



© www.gettyimages.fr/ - 2021

Présentation générale

Pour répondre aux défis des Jeux Olympiques et Paralympiques
de Paris 2024, 14 grandes écoles et 3 organismes de recherche (CNRS, CEA, Inria)
s'unissent au CNSD et à l'INSEP
pour mettre les sciences au service des équipes de France.

Contexte

L'ambition de réussite et de rayonnement international pour le sport français est affichée par la volonté ministérielle du doublement du nombre de médailles pour les Jeux Olympiques et l'obtention de 15 médailles d'or pour les Jeux Paralympiques de Paris 2024. Pour atteindre ces objectifs, Claude Onesta a été missionné pour structurer la très haute performance sportive (Agence Nationale du Sport). C'est dans ce cadre, que s'inscrit SCIENCES^{2024}.

© FFH

Marie-Amélie Le Fur, triple médaillée d'or Paralympique.

SOMMAIRE
SCIENCES 2024

		PAGES
DATES CLÉS		6
Sciences[2024] à travers des exemples concrets :		
X	Tir à l'arc : Choix optimal de l'empennage d'une flèche	8
ENS de Paris	Aviron : Effets de l'instationnarité sur la friction des coques	10
ENS de Rennes	Rugby à 15 : Effets de la charge de travail sur la performance individuelle et collective	12
ENS de Lyon	Cyclisme : Optimisation de l'abri aérodynamique en poursuite collective	14
ECL Lyon	Natation : Détection de posture de nageurs	16
ENPC	Natation : Étude des forces propulsives Perche : La perche comme capteur pour le sauteur	18 19
ENSTA	Saut en longueur paralympique : Comportement dynamique d'une prothèse tibiale	20
ESPCI	Voile : Mesures d'efforts dans les séries olympiques à foil	22
NAVALE ENSAM	Voile : Foilers olympiques : Simulations CFD haute-fidélité et effets de surface libre sous écoulement instationnaire	24
IAT-CNAM	Cyclisme : Études aérodynamiques expérimentales des tenues des sportifs	26
INSA Lyon	Tennis de table : Analyse du contact balle – revêtement de raquette	28
INRIA	Boxe : Modélisation et simulation de stratégies, utilisant l'apprentissage machine, pour l'entraînement en réalité virtuelle	30
ENSAIT	Cyclisme : Amélioration de l'aérodynamique des tenues de cyclistes	32
ISAE-SUPAERO	Cyclisme : Simulation haute-fidélité	34
CEA Tech	Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives	36
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique	37
INSEP	L'Institut National du Sport, de l'Expertise et de la Performance	38
CNSD	Centre National des Sports de la Défense	40
CONTACTS		41

Dates clés

4 septembre 2018 : Lancement officiel

Lancement officiel du programme Sciences2024 en présence de Roxana Maracineanu ambassadrice du projet et actuelle ministre des sports, de Frédérique Vidal ministre de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

4 juillet 2018 : Memorendum inter-écoles

Signature, sur le campus de l'École polytechnique, du mémorandum d'entente entre les 14 membres fondateurs : École polytechnique, CNRS, École centrale de Lyon, École des Ponts ParisTech, Arts et Métiers, ENSTA, École Navale, ENS de Lyon, ENS Paris, ENS Rennes, ESPCI, INSA Lyon, INSEP, CNSD.

1er avril 2019 : Programme d'Investissement d'Avenir

Visite du Laboratoire d'Hydrodynamique (LadHyX, CNRS / École polytechnique) et lancement du Programme Prioritaire de Recherche « Sport de très haute performance », par Roxana Maracineanu, ministre des sports et Frédérique Vidal ministre de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation et en présence du président de l'X, Éric Labaye.

Résultats du Programme Prioritaire de Recherche « Sport de très haute performance »

2019

NePTUNE **ANR-19-STHP-0004**
Co-porté par l'École des Ponts ParisTech

CtoOr, du carbone à l'Or olympique **ANR-19-STHP-0002**
porté par l'ESPCI et l'École Navale

2020

REVEA **ANR-20-STHP-0004**
porté par l'Inria

THPCA2024 Très Haute Performance en cyclisme **ANR-20-STHP-0006**
et aviron pour 2024
porté par l'École polytechnique

Choix optimal de l'empennage d'une flèche

Tom Maddalena, Caroline Cohen & ***Christophe Clanet*** (LadHyX)

Question posée :

Au tir à l'arc, le choix du bon empennage fait partie des éléments déterminants pour la performance de la flèche d'un archer. Il s'agit des plumes en plastique collées à l'arrière des flèches et qui permettent de stabiliser son vol. Plusieurs formes et tailles de plumes existent dans le commerce et il n'existe pour l'instant pas de méthode pour déterminer le meilleur empennage à utiliser.

Outil développé et dans quel contexte :

À l'aide d'une machine à tirer des flèches, nous étudions à l'INSEP l'influence de l'empennage sur la dispersion des flèches. Une expérience similaire a été réalisée en partenariat avec l'ONERA pour étudier l'influence du vent sur cette dispersion.

L'archer Florian Billoué, sur le pas de tir du centre Sébastien Flute à l'INSEP (2019).

Résultats obtenus :

Nous avons obtenu une équation qui permet de prédire la dispersion des flèches en fonction de l'empennage utilisé, et ainsi identifier l'empennage optimal qui minimise cette dispersion. Cet optimum dépend de l'archer, et également des conditions de vent le jour de la compétition.

Perspectives :

En collaboration avec le CEREA et la Fondation EDF, nous avons commencé des mesures du vent et une simulation des conditions météorologiques le jour de la compétition de tir à l'arc aux Jeux Olympiques de Paris 2024, afin d'anticiper le meilleur choix d'empennage le jour J. Nous développons par ailleurs un protocole expérimental pour que chaque archer puisse déterminer son empennage optimal.

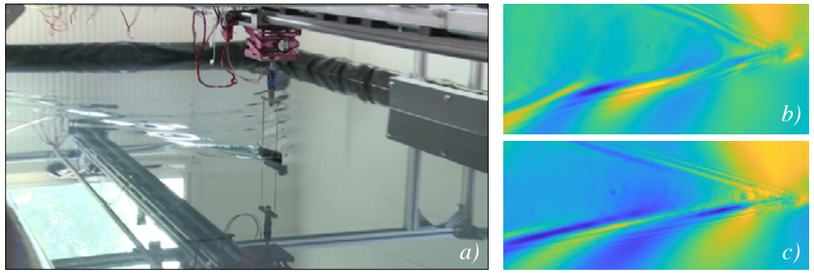
Partenaires de l'étude :

Effets des textures et de l'instationnarité sur la friction des coques

Antoine Dode & ***Lydéric Bocquet*** (LPENS),
Rémi Carmigniani (ENPC), ***Caroline Cohen*** & ***Christophe Clanet*** (École polytechnique)

Questions posées :

1. Quelle est l'influence de la texture d'une coque d'aviron sur sa performance en matière de frottements ?
2. Comment se comportent la traînée de vague et la couche limite le long de la coque, dans des régimes d'écoulements instationnaires tels que ceux rencontrés lors d'une course d'aviron ?
3. Comment optimiser le mouvement des rameurs pour obtenir la meilleure propulsion ?



a) Sillage derrière une coque à vitesse constante dans le bassin de tests.

Sillages à vitesse fluctuante (b) et constante (c) derrière une plaque imagés par Fast Checkerboard Demodulation.

Outil développé et dans quel contexte :

Dans une course d'aviron, la technique et la puissance des rameurs sont mobilisées dans le but d'obtenir la meilleure propulsion pour l'embarcation. Face à elles, les forces de frottement agissent sur l'ensemble de l'équipage et de son matériel. C'est sur ce dernier que porte notre recherche, avec une attention particulière à la coque des bateaux.
Les questions physiques sous-jacentes concernent la transition turbulente le long de la coque, les conditions de mouillage, la traînée de vague et les effets de l'instationnarité sur ces différents phénomènes. Afin de se pencher sur ces questions, un travail de thèse est mené entre le LadHyX et le LPENS, avec l'appui de la Fédération Française d'Aviron. Le travail est majoritairement expérimental, à l'aide d'un bassin permettant de traîner des coques à une vitesse choisie. Il est ainsi possible de reproduire en laboratoire certaines caractéristiques hydrodynamiques des courses d'aviron.

Résultats obtenus :

La traînée de vague instationnaire est étudiée expérimentalement en laboratoire. Des mesures montrent qu'une fluctuation de vitesse autour d'une vitesse moyenne peut avoir une importance significative sur la valeur moyenne de la traînée, cet effet dépendant notamment du nombre de Froude associé à la vitesse moyenne. Une méthode d'imagerie du sillage est installée sur le bassin pour obtenir un champ scalaire de hauteur d'eau en fonction du temps, au passage d'une coque.

Perspectives :

À partir de l'acquisition des champs de hauteur d'eau, il est prévu d'étudier le sillage derrière un objet en fonction des conditions de mouillages appliquées sur ce dernier. La question de la transition du régime de couche limite laminaire vers le régime turbulent sera également abordée, notamment pour étudier comment sa position évolue en fonction de l'instationnarité de l'écoulement.

Partenaires de l'étude :

Effets de la charge de travail sur la performance individuelle et collective en rugby à 15

Romain Dubois encadré par
Jacques Prioux (M2S), ***Thierry Paillard*** (MEPS)

FRANCE RUGBY

Question posée :

Le rugby à 15 est défini comme « un sport de combat collectif » où l'engagement physique est extrêmement important. La charge de travail est une mesure qualitative et quantitative du travail physique réalisé par les joueurs lors des matchs et des compétitions. Nous avons cherché à comprendre quels étaient les effets de cette charge de travail sur la performance collective et individuelle de joueurs de rugby professionnels.

Outil développé et dans quel contexte :

Monitoring de la charge d'entraînement sur une saison complète à l'aide de centrales inertielles (gyroscope, magnétomètre et accéléromètre), de GPS et d'outils vidéo. Utilisation de techniques de Data Mining (modèle linéaire mixte, matrice de corrélations, analyse en composante principale, arbres de décision traditionnel et conditionnel…). Étude réalisée dans le cadre d'une formation doctorale.

Résultats obtenus :

Identification d'indicateurs clés de la performance collective et individuelle en rugby à 15.

Perspectives :

Modélisation des effets de la charge de travail (i) sur la performance et (ii) sur les blessures.

Publications :

Dubois R., Bru N., Paillard T., Le Cunuder A., Lyons M., Maurelli O., Killian P., Prioux J. ***Rugby game performances and weekly workload: using of data mining process to enter in the complexity.*** PLoS ONE 15(1): e0228107. https://doi.org/10.1371/ journal.pone.0228107, 2020.

Partenaires de l'étude :

UNIVERSITÉ DE LYON

ENS DE LYON

Optimisation de l'abri aérodynamique en cyclisme collectif

Philippe Odier & ***Anne Le Cunuder*** (Laboratoire de Physique)

FÉDÉRATION FRANÇAISE DE CYCLISME

Question posée :

Un cycliste roulant derrière un autre bénéficie d'une réduction de la force de traînée aérodynamique. Plus il est proche, plus cette réduction est importante, mais plus il prend des risques. Les études actuelles, toutes effectuées en soufflerie, ne sont pas toutes d'accord sur l'évolution de cet effet de réduction avec la distance entre cyclistes, rendant difficile le choix de la distance optimale.

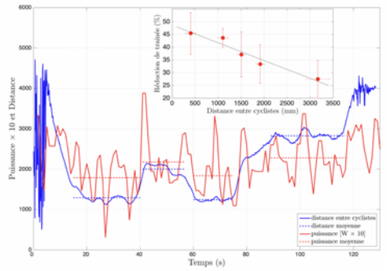
Outil développé et dans quel contexte :

Un dispositif de mesure directe de distance entre cyclistes, utilisable lors d'essais sur le terrain est mis au point, muni d'un système d'acquisition permettant d'étudier précisément, après la séance, la corrélation entre distance et puissance développée, mesurée à l'aide de capteurs de puissance, à la fois pour le cycliste de derrière et pour celui de devant.

© Patrick Pichon (FFC)

Équipe de France féminine de poursuite - mondiaux sur piste 2019

Relevé de mesures de distance de séparation et de puissance en fonction du temps lors d'un essai sur le terrain. Insert : réduction de traînée (par rapport à la traînée pour un cycliste seul), en fonction de la distance de séparation.



Résultats obtenus :

Des mesures préliminaires effectuées sur route avec des cyclistes amateurs montrent déjà une très bonne qualité des signaux de distance et de puissance (figure ci-dessus), et permettent d'entrevoir la corrélation entre les deux (figure en insert).

Perspectives :

Des séances d'essais sont prévues en vélodrome avec des athlètes « élites » afin d'améliorer la qualité des mesures (maintien de la distance et de la puissance). Des essais dans les souffleries de l'Institut Aérotechnique du CNAM, compléteront l'étude.
Les capteurs de distance seront par la suite mis à la disposition des entraîneurs, pour une utilisation autonome lors des séances d'entraînement.

Partenaires de l'étude : le cnam Institut aérotechnique – iat INSEP

RETOUR SOMMAIRE

ÉCOLE CENTRALE LYON

Détection de posture de nageurs

Romain Vuillemot (LIRIS)

FÉDÉRATION FRANÇAISE NATATION

Handi Sport FÉDÉRATION FRANÇAISE

Question posée :

Peut-on extraire la posture complète d'un nageur à partir de flux vidéos ? Ces flux vidéos étant enregistrés depuis les tribunes par le pôle performance de la FFN, seulement une vue partielle du corps du nageur est disponible.

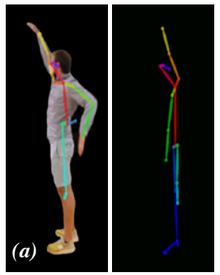
Outil développé et dans quel contexte :

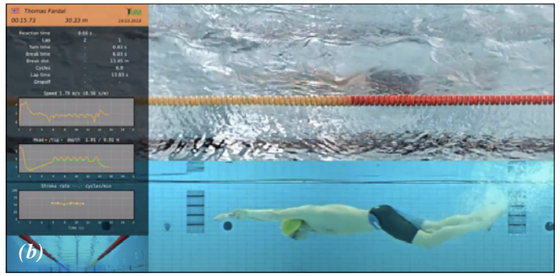
Des méthodes d'apprentissage profond *(deep learning)* ont été développées basées sur les modèles pré-entraînés de type DeepPose

Résultats obtenus :

Comme première étude, nous sommes arrivés à détecter les postures verticales et relatives au saut de type jump. Mais des verrous techniques et scientifiques apparaissent pour les mouvements spécifiques à la natation (coulée, phase de nage) pendant lesquelles une grande partie du corps est invisible. Il est donc nécessaire de spécialiser les modèles avec des exemples de postures complètes de nageurs immergés. Nous réalisons donc des jeux de données d'entrainement avec des positions spécifiques à la natation (mouvements horizontaux) (a). Nous envisageons d'élargir la phase d'apprentissage en annotant des vidéos sous-marines de nageurs (via le système AIMS) afin de permettre aux modèles d'apprendre des mouvements réalistes de nage (b).

Exemples d'extractions de poses lors de trois phases de nage d'un 50 m crawl lors de championnats de France : préparation, plongeon et nage.





(a) *constitution d'un jeu de données artificiel de test de poses à partir de mouvements horizontaux (gauche) et l'extraction via un système de motion capture (droite).*

(b) *constitution d'un jeu de données de postures sous-marines via le système AIMS installé à l'INSEP afin de constituer un jeu de données précis de poses sous-marines de nageur.*

Perspectives :

La constitution d'une grande base de données de vidéos immergées est notre prochaine étape, ainsi que le benchmark des résultats obtenus avec des jeux de données « vérité ». Cela est indispensable afin de valider la précision de l'approche selon le type de nage, de distance et de position de caméra. Enfin une fois ces méthodes améliorées et validées, de nombreux indicateurs quantitatifs pourront être extraits en compétition comme en entrainement : identification des phases de nage, amplitude des mouvements (traction, battement de jambes), détection de la rotation de la tête pour respirer, etc. Et présentés aux nageurs et entraîneurs sous forme de fiches synthétiques une fois la course terminée.

Partenaire de l'étude : cnrs

RETOUR SOMMAIRE

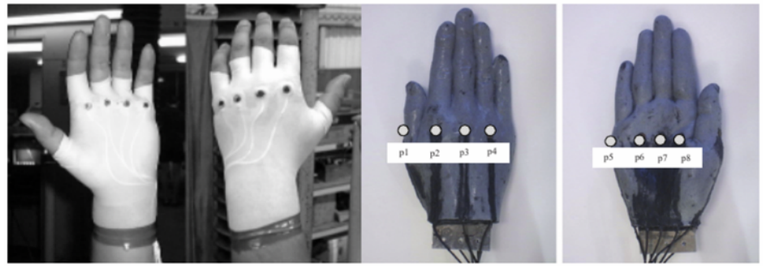
École des Ponts
ParisTech

Propulsion en natation course : Étude des forces sur les membres supérieurs

Rémi Carmigniani & ***Charlie Pretot*** (LHSV)
Annie Colin & ***Mickaël Pruvost*** (ESPCI), ***Christophe Clanet*** (École polytechnique)

Question posée :
Les nageurs se propulsent principalement en utilisant leurs membres supérieurs. Quelle partie du mouvement du bras développe le plus de force propulsive ?

Outil développé et dans quel contexte :
Conception de capteurs de pression et de cisaillement souples pouvant être portés par le nageur.



Exemple de mains équipées de capteurs de pression uniquement
(à gauche main d'un nageur, à droite main imprimée en 3D) Takagi et al. 2002-2013

Résultats obtenus :
Cartographie du champ de pression et de cisaillement autour d'une main modèle au cours d'un mouvement simplifié et validation avec la mesure des efforts totaux.

Perspectives :
Développer un système permettant de mesurer les efforts sur les membres supérieurs d'un nageur couplé avec un système de capture du mouvement (centrale inertielle ou système Qualysis).

Partenaire de l'étude :

La perche comme capteur pour le sauteur

Rémi Carmigniani (LHSV), ***Alain Ehrlacher*** (Navier)

Question posée :
Quelles sont les forces exercées et les transferts d'énergie pendant un saut à la perche ?

Outil développé et dans quel contexte :
À partir de la déformation de la perche, il est possible d'évaluer les forces et l'énergie de la perche au cours du saut en utilisant la perche comme *capteur*.

Résultats obtenus :
Identifications des forces exercées par le perchiste au niveau de ses points d'appui et bilan d'énergie.

Perspectives :
Fournir aux entraîneurs un outil pour évaluer l'efficacité du transfert d'énergie pendant un saut.

Chronophotographie d'un sauteur (INSEP 2020)

ENSTA
IP PARIS

Comportement dynamique d'une prothèse tibiale pour le saut en longueur – Optimisation pour une meilleure conversion de l'énergie cinétique à l'impulsion

Élodie Doyen *encadrée par* ***Jean-François Semblat*** & ***Fabien Szmytka*** (IMSIA)
Caroline Cohen & ***Christophe Clanet*** (École polytechnique)

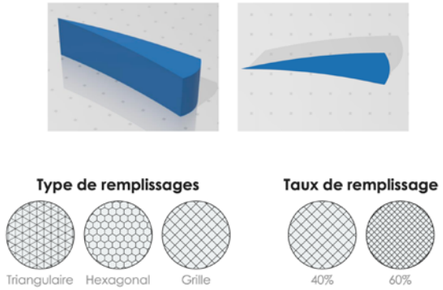
Handi Sport
FÉDÉRATION FRANÇAISE

Question posée :

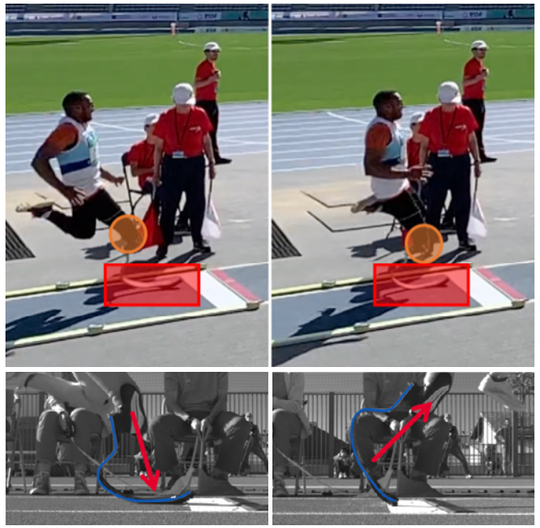
Comment l'interaction de la prothèse avec son environnement (athlète et piste) pendant les différentes phases du saut en longueur peut être optimisée afin d'améliorer les performances en limitant le risque de blessure ?

Outil développé et dans quel contexte :

Expérimentations et simulations numériques réalisées dans le cadre d'une thèse et de projets de fin d'études. Développement de montages expérimentaux pour analyser le comportement dynamique d'une lame de saut et évaluer l'influence de la rehausse. Mesures directes sur piste pour optimiser le matériau et la géométrie de la rehausse vis-à-vis des interactions avec la piste et l'athlète. Impression 3D de rehausse optimisée. Modélisation numérique du comportement de la lame de saut pour différentes rehausses.



Exemple de modèles de rehausse obtenus par impression 3D (TPU/TPE)



Observation sur piste de la dynamique de saut

Résultats obtenus :

Compréhension du rôle de la rehausse dans le comportement de la lame de saut via des protocoles expérimentaux adaptés. Mise en place des outils numériques pour modéliser la réponse dynamique de l'ensemble emboiture-lame de saut-rehausse.

Perspectives :

Optimisation des modèles de comportement dynamique. Production de rehausse par impression 3D avec une géométrie, une structure et un matériau optimisé pour la performance.

Partenaires de l'étude : ÉCOLE POLYTECHNIQUE · INSTITUT POLYTECHNIQUE DE PARIS · FONDATION EDF

ESPCI PARIS | PSL

L'aérodynamique et les mesures d'efforts dans les séries olympiques à foil

Marc Fermigier, Ramiro Godoy-Diana & ***Benjamin Thiria*** (PMMH)
Annie Colin & ***Mickael Pruvost*** (MIE)

FFVoile

Questions posées :

Comment optimiser la propulsion aérodynamique et minimiser la traînée dans les séries olympiques des embarcations à foil ?

Comment mesurer les efforts mécaniques sur des embarcations de petite taille ?

Outil développé et dans quel contexte :

Les jeux olympiques de 2024 verront l'apparition de trois nouvelles séries en voile, dont deux embarcations dotées de foils : la planche IQfoil et le kitefoil. Le passage d'un bateau archimédien à une embarcation sustentée dynamiquement s'accompagne d'un accroissement considérable de vitesse. La résistance à l'avancement dans l'air devient alors un paramètre important de la performance. Sur les planches à voile, le « pumping » est un mode de propulsion efficace dans certaines conditions de vent qu'il est important d'optimiser. Comprendre le détail du fonctionnement de ces petites embarcations nécessite des mesures mécaniques difficiles à réaliser en navigation, pour lesquelles nous développons des capteurs spécifiques. Ces études sont effectuées dans le cadre du projet « Du Carbone à l'Or Olympique », financée par l'ANR, en partenariat avec la Fédération Française de Voile, l'École Nationale de Voile, l'École Navale, L'IFREMER, l'Université de Nantes, le CNRS et L'École polytechnique.

Partenaires de l'étude : ÉCOLE NAVALE, Ifremer, UNIVERSITÉ DE NANTES, INSTITUT POLYTECHNIQUE DE PARIS, cnrs, ENVSN

ECOLE NAVALE

Arts et Métiers Sciences et Technologies

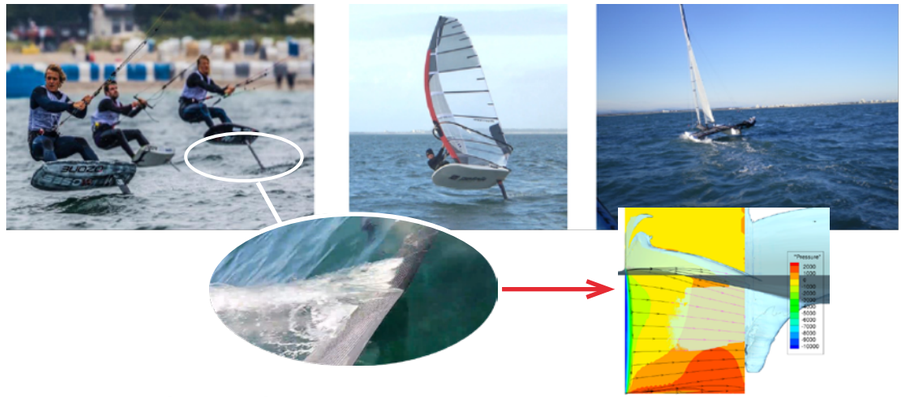
Foilers olympiques :
Simulations CFD haute-fidélité et effets de surface libre sous écoulement instationnaire

Laetitia Pernod, Patrick Bot & ***Frédéric Hauville*** (IRENav)

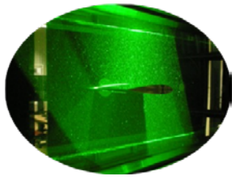
FF Voile

Questions posées :

1. Quels sont les régimes d'écoulement (vitesse, incidence) et les réglages optimaux pour chacun des foilers olympiques ?
2. Quelles sont les géométries nominales, et quels sont les traitements de surface permettant de maximiser la performance ?
3. Comment quantifier le risque d'apparition de la ventilation en fonction des conditions d'écoulement ?
4. Quelle est la stabilité des hydrofoils avec surface-libre autour d'un point de fonctionnement nominal ?



De gauche à droite
en haut :
régate de kitefoil, Windfoil, NACRA17 ;
en bas :
ventilation sur un kitefoil, simulation numérique de la ventilation, essais en tunnel hydrodynamique.



Outil développé et dans quel contexte :

Ces travaux de recherche s'inscrivent dans un projet collaboratif de six partenaires académiques, né de l'initiative Sciences[2024] et lauréat du Plan Prioritaire de Recherche « Sports de Très Haute Performance », développé dans le cadre dynamique et hautement compétitif de la voile olympique. Les foils sont en effet de plus en plus utilisés pour réduire la résistance à l'avancement en soulevant le navire hors de l'eau, mais restent une technologie relativement récente, et donc encore sujette à de nombreuses incompréhensions physiques et verrous technologiques. Ainsi, le contrôle et le maintien des phases de vol s'avèrent particulièrement difficiles en raison de la complexité des phénomènes physiques mis en jeu ; et certains phénomènes physiques tels que le décrochage, la transition à la turbulence et la ventilation des foils avec surface-libre, génèrent des variations brutales des forces et moments hydrodynamiques, ce qui entraîne une réduction notable des performances. Afin de répondre aux problématiques scientifiques qui découlent de ces difficultés, des travaux de recherche sont menés dans le cadre de post-doctorats ainsi que de stages de master et de projets étudiants au sein du Master École Navale – AENSAM « Mécanique et Énergie en Environnement Naval ». Ces travaux s'appuient amplement sur des outils de simulations numériques à différents niveaux de fidélité (modèles VPP, calculs potentiels et modèles CFD avancés) ainsi que sur des campagnes d'essais en laboratoire (Taylor-Couette, tunnel hydrodynamique, bassin de traction) et à échelle réelle (soufflerie, mesures *in-situ*).

Résultats obtenus :

Des premiers résultats ont permis de donner des clés de réglage aux athlètes concernant le « rake » optimal à adopter sur le NACRA 17, en montrant qu'un rake différencié au vent / sous le vent permettait d'améliorer les performances hydrodynamiques. Par ailleurs, des résultats en fluide potentiel préliminaires aux calculs CFD donnent une première réponse concernant la qualité du profil de géométrie du stabilisateur de safran de NACRA 17 tout au long de l'envergure.

Partenaires de l'étude : UNIVERSITÉ DE NANTES, Ifremer, ENSN, INSTITUT POLYTECHNIQUE DE PARIS, cnrs, ESPCI PARIS PSL

le cnam
Institut aérotechnique - iat

Études aérodynamiques expérimentales des textiles composant les tenues des sportifs et du positionnement des coureurs en groupe

Francesco Grasso, Clodoald Robert & ***Bruno Bassery*** (IAT)

FÉDÉRATION FRANÇAISE DE CYCLISME

FFAVIRON

Questions posées :

1. Quels sont les effets des différents textiles sur la traînée aérodynamique des coureurs ? Comment certains paramètres des textiles comme le type de mailles, l'orientation de la trame, l'étirement, le type et la position des coutures peuvent être utilisés pour réduire cette traînée sur les différentes parties du corps ?

2. Dans les épreuves en équipes, comment la distance et le positionnement des coureurs influent sur la traînée aérodynamique ? Comment optimiser les phases de changement d'emplacement dans le groupe du point de vue aérodynamique ?

Outil développé et dans quel contexte :

Le Champion de France espoir du contre-la-montre Thomas Delphis dans la soufflerie

Ces travaux de recherche s'inscrivent dans le projet THPCA 2024 en collaboration avec les Fédérations Françaises de Cyclisme et d'Aviron. L'IAT développera un banc spécifique qui permettra d'étudier l'influence des différents paramètres des textiles. Ces études permettront notamment d'optimiser ces paramètres pour réduire la résistance aérodynamique, en s'intéressant en particulier au phénomène de crise de traînée. Elles seront menées par l'équipe de l'IAT qui sera renforcée par un ingénieur de recherche financé par l'Agence Nationale de la Recherche, en étroite collaboration avec l'ENS-Lyon et L'ENSAIT.

Un deuxième ensemble d'études s'appliquera aux effets de groupe en collaboration avec l'ENS de Lyon et la Fédération Française de Cyclisme. L'IAT utilisera un nouveau montage installé dans la soufflerie de grandes dimensions S4 qui permettra la mesure des forces aérodynamiques qui s'appliquent sur un coureur seul ou en groupe, et l'étude des phases transitoires de changement d'emplacement dans un groupe.

Résultats obtenus :

L'IAT a collaboré en janvier à l'étude menée par le laboratoire LadHyX de l'École polytechnique sur les effets de vent latéral en mesurant les coefficients aérodynamiques d'un coureur de course contre-la-montre avec l'aide de la FFC et du coureur Thomas Delphis. Ces mesures, une première, réalisées pour des angles d'incidence du vent variant entre 0° et 180° et pour différentes configurations de roues, ont été faites grâce au nouveau banc cycliste de la soufflerie S4.

Partenaires de l'étude : École Polytechnique | Institut Polytechnique de Paris | Université de Lyon | ENS de Lyon

INSA INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUÉES LYON

Tennis de table : analyse du contact balle – revêtement de raquette

Renaud Rinaldi & ***Lionel Manin*** (MatéIS & LaMCoS)
Jean-Christophe Géminard & ***Vincent Dolique*** (ENS de Lyon)

FFTT Fédération Française de Tennis de Table

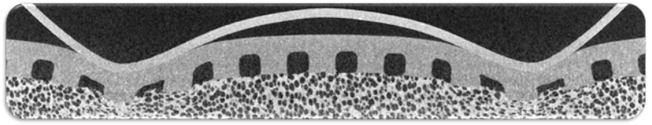
Handi Sport Fédération Française

Question posée :

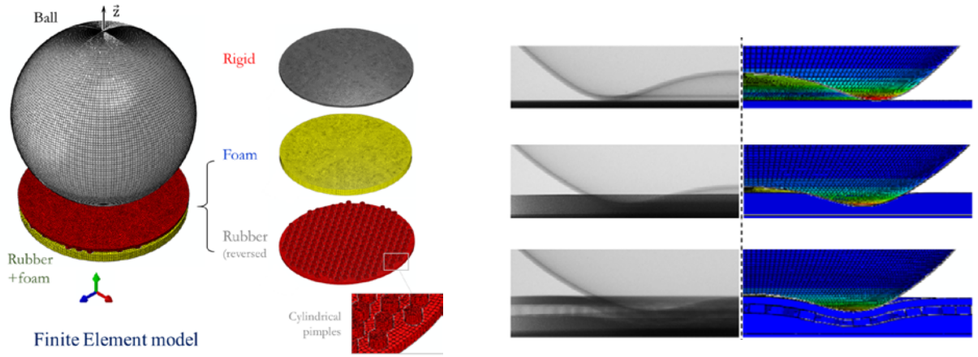
Quelle est l'influence des revêtements de raquettes sur le jeu (rebond, effets) ? Densité de mousse, architecture du revêtement, dimensions, taille des picots, frottement, caractéristiques matériaux…

Outil développé et dans quel contexte :

Simulation numérique et expérimentations réalisées dans le cadre de projets de fin d'études, de master, doctorat et post-doctorat.



Tomographie du contact balle – revêtement de raquette de Tennis de Table



Modélisation par éléments finis du contact balle – revêtement

Résultats obtenus :

Identification du rôle de chaque constituant sur le rebond de la balle et les effets de rotation. Création d'un modèle numérique modulable, validation expérimentale. Analyse par tomographie 3D du contact balle – revêtement.

Perspectives :

Simulation/expérimentation d'impact balle – raquette sous différentes conditions de jeu : angle d'incidence, vitesse, spin. Analyse des performances de différents revêtements utilisés par les équipes de France, transferts aux joueurs et entraîneurs.

Partenaire de l'étude : Université de Lyon | ENS de Lyon | cnrs

Modélisation et simulation de stratégies en sport, en utilisant l'apprentissage machine, pour l'entraînement en réalité virtuelle

Franck Multon, Ewa Kijak, Richard Kulpa
& ***Simon Malinowski*** (IRISA)

FFBOXE

Question posée :

dans le cadre d'outils complémentaires d'entraînement en réalité virtuelle pour la boxe, un des défis est de concevoir un opposant virtuel capable de comportements fidèles à ceux qu'aurait un vrai expert, pour s'entraîner à la prise d'informations pour anticiper les attaques de l'adversaire. L'objectif est de pouvoir répéter les entraînements sur les prises d'informations visuelles, tout en préservant la santé du boxeur, en évitant les répétitions de coups d'un entraînement réel.

Outil développé et dans quel contexte :

modèle prédictif des réactions d'un boxeur face à un adversaire, en fonction du contexte (positions et orientations relatives, posture, etc.) en utilisant les outils du machine learning. L'outil doit fournir à la fois la réaction à choisir, mais aussi le mouvement exact à exécuter.

Immersion d'un boxeur de haut niveau en environnement virtuel, afin d'entraîner ses capacités d'anticipation face à des adversaires virtuels simulés, en utilisant des retours visuels augmentés.

Résultats prévus :

Un modèle prédictif qui prend en entrée les actions d'un utilisateur dont le mouvement est traqué en temps réel, et qui retourne un mouvement plausible de l'adversaire virtuel. Le modèle sera entraîné sur une base de données de vidéos annotées et testé sur une autre partie de cette base de données.

Perspectives :

Pouvoir adapter le modèle de comportement en fonction du futur adversaire à rencontrer, afin de l'individualiser au style du combattant, à partir d'analyses semi-automatiques de vidéos.

Partenaires de l'étude : IRISA, M2S, Université de Rennes 1, Université Rennes 2

ensait
ROUBAIX
ECOLE D'INGENIEURS TEXTILE

Amélioration de l'aérodynamique des tenues de cyclistes

François Dassonville, Stéphane Giraud, Ludovic Koehl, Maryline Lewandowski, Hubert Ostyn & ***François Rault*** (GEMTEX)

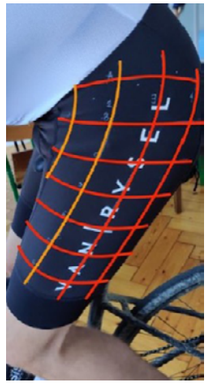
FÉDÉRATION FRANÇAISE DE CYCLISME

Questions posées :

1. Quels sont les facteurs textiles ayant un impact sur la force de traînée aérodynamique d'un cycliste ?
2. Quelles sont les structures textiles utilisées actuellement dans une combinaison de cycliste et quelles sont leurs caractéristiques (structure, rugosité, épaisseur, perméabilité à l'air, etc.) ?
3. Comment mesurer les caractéristiques des textiles pour que cela soit représentatif de leur usage (prise en compte des élongations et des courbures lorsque le textile est porté en position « course ») ?
4. Quelle est l'évolution des caractéristiques des structures textiles utilisées en cyclisme après qu'elles aient subi différentes contraintes (lavage, etc.)?

Contexte et cadre de l'étude :

Ces travaux de recherche s'inscrivent dans le cadre de projets d'étudiants en 3e année d'école d'ingénieur à l'École Nationale Supérieure des Arts et Industries Textiles (ENSAIT, Roubaix). Ces projets, menés par deux groupes de 3 et 4 étudiants pour un volume de 100 heures, en collaboration avec la Fédération Française de Cyclisme (FFC) dans le cadre des actions en lien avec Science2024, à pour objectif de déterminer les paramètres qui influent sur l'aérodynamique des tenues de cyclistes. Le but à terme est de comprendre l'influence des structures textiles sur la traînée aérodynamique d'un cycliste en position « course » afin de pouvoir designer des tenues optimisées respectant les règlements de l'Union Cycliste Internationale (UCI). Ces travaux s'appuient sur les outils de caractérisation de structures textiles disponibles au GEMTEX, la mise au point de nouvelles méthodes de mesures et sur les résultats issus de mesures effectuées en soufflerie à la demande de la FFC.



Déformation d'un cuissard en position course.

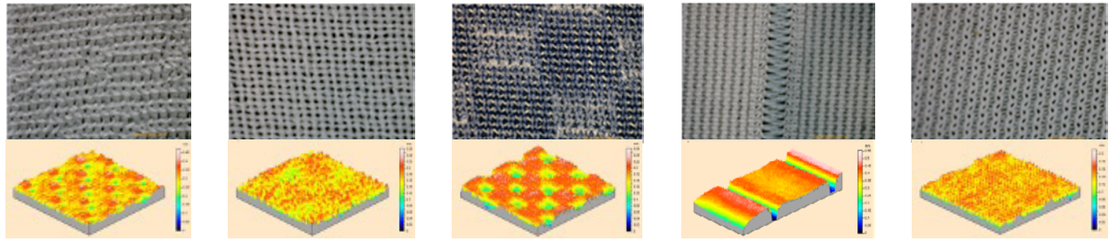
Résultats obtenus :

Des premiers essais ont permis de mesurer en l'absence de contraintes (structures non étirées) la topographie de surface de différentes structures textiles utilisées pour des tenues de cyclistes. D'autres essais ont été menés afin de connaître les déformations subies par une combinaison lorsqu'elle est portée par un cycliste. Le facteur de couverture défini comme le ratio entre la surface couverte par le fil et la surface totale de la structure textile a été étudié et mis en relation avec les mesures de traînée aérodynamique.

Perspectives :

Des essais en soufflerie menés à l'IAT sur des coureurs équipés de ces tenues vont permettent d'évaluer l'effet des textures mesurées à l'ENSAIT sur la performance aérodynamique et d'identifier les pistes les plus prometteuses pour la recherche en textiles aérodynamiques. L'ensemble des études doivent contribuer à la production de tenues pour l'Équipe de France permettant les plus hauts niveaux de performance.

a)
b)



a) Exemples de textiles utilisés dans des tenues de cycliste,
b) profils de leur surface obtenus expérimentalement par profilomètre.

Partenaires de l'étude : École Polytechnique · Institut Polytechnique de Paris · Université de Lyon · ENS de Lyon · le cnam Institut aérotechnique-iat

RETOUR SOMMAIRE

Simulation haute-fidélité pour le cyclisme olympique

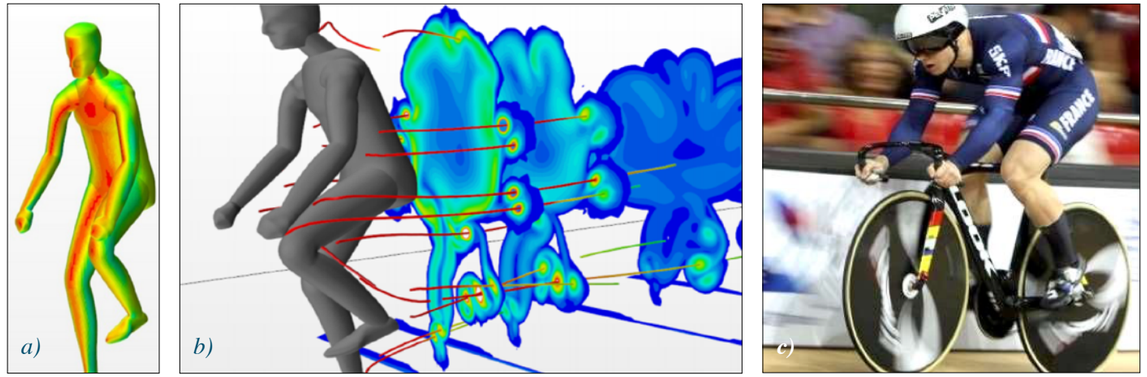
Vincent Chapin, Nicolas Doue, Sylvain Belliot & ***Patrick Cheze*** (DAEP)

Question posée :

L'un des outils des entraîneurs de cyclisme est la relation vitesse – puissance des cyclistes. Peut-on modéliser et simuler l'écoulement autour d'un cycliste afin de mieux connaître cette relation et ses paramètres pour augmenter la performance et la capacité de suivi des entraîneurs ?

Outil développé et dans quel contexte :

Modélisation d'écoulements transitionnels ou turbulents massivement décollés et simulation haute-fidélité sont menées dans le cadre de projets CFD afin de contribuer à répondre à cette question.



Simulation des équations de Navier-Stokes sur un cycliste en position haute (RANS 3D Spalart-Allmaras Turbulence model). (a) Distribution du Coefficient de Pression sur le cycliste, (b) Trajectoires et intensité tourbillonnaire dans des plans transverses dans le sillage du cycliste, (c) Cycliste sur piste. Projet CFD MAE2.

Résultats prévus :

Modélisation et simulation numérique haute-fidélité sur un cycliste réel scanné en 3D en position de course contre la montre. Caractérisation des écoulements décollés, évaluation et analyse des composantes de la traînée aérodynamique.

Perspectives :

Généraliser les simulations numériques haute-fidélité sur plusieurs cyclistes en interaction pour identifier la relation traînée – positions relatives des cyclistes et/ou rechercher une forme optimale de casque afin de minimiser la traînée aérodynamique des cyclistes sur piste.

Partenaires de l'étude :

RETOUR SOMMAIRE

Le CEA et plus particulièrement le CEA-Tech est depuis de nombreuses années présent dans le domaine des Sport-Tech. Ses innovations irriguent de très nombreuses disciplines sportives : tennis, cyclisme, course à pied, rugby, fitness, tir, ski… Elles enrichissent la pratique, optimisent les performances ou encore protègent la santé.

C'est donc tout naturellement que le CEA s'est rapproché de Sciences 2024 afin de mettre à disposition ses connaissances technologiques (capteurs, communications sans fil, IA, 5G…) au service de la très haute performance.

Raquette connectée utilisant des centrales inertielles tri-axes: mesure du nombre de coups joués, puissance de frappe, position de la balle sur le tamis, smashs, volées, angles de lifts, coups droits, revers, services…

Le CNRS, acteur de la recherche et de l'innovation en sport.

Le Centre national de la recherche scientifique mène une recherche d'excellence et multidisciplinaire pour faire progresser la connaissance et être utile à la société tout entière.

L'activité physique occupe une place importante dans notre société et la France compte parmi les grandes nations organisatrices d'évènements sportifs internationaux. L'amélioration de la performance sportive, fondement de toute compétition, repose sur un développement des connaissances et de l'innovation dans tous les domaines de la recherche scientifique. C'est pourquoi le CNRS a choisi de fédérer la communauté scientifique issue d'un large spectre disciplinaire impliquée dans le sport et l'activité physique, en créant un Groupement de recherche (GDR). Le GDR Sport vise à structurer, rassembler et animer les équipes de recherche, tant dans le domaine de la performance que sur des questionnements liés à la santé et au bien-être, avec des approches incluant aussi bien les matériaux et l'intelligence artificielle que les facteurs humains et économiques de la pratique sportive.

Dans ce cadre, le CNRS a lancé depuis trois ans un programme de contrats doctoraux dont plusieurs ont permis de soutenir des projets de Science2024. Le GDR Sport accompagne également la mobilisation des forces de Science2024 pour, notamment, animer des échanges au sein de la communauté scientifique, sous forme de webinaires, colloques, groupes de travails et contributions à des séries éducatives.

Les athlètes sur le photo sont Rayane Berrouiguet et Samuel Kistohurry, ils ont tous les deux participé aux essais du 25 janvier à l'INSEP. Et de dos on voit Lionel Brézéphin, le Cadre Technique National de la FFBoxe.
Ces tests visaient à mesurer les accélération subies par la têtes des boxeurs au cours de leurs entrainements. Ces mesures permettent de vérifier que les athlètes ne subissent pas de coups susceptibles de causer une commotion cérébrale, mais également d'établir une mesure de la charge d'entrainement.
Cette étude est menée au LadHyX dans le cadre de la thèse de Juliette Amauger financée par le CNRS et encadrée par Caroline Cohen.

L'Institut National du Sport, de l'Expertise et de la Performance (INSEP), est un établissement public à caractère scientifique, culturel et professionnel (EPSCP), placé sous la tutelle du ministère chargé des Sports. L'INSEP est un acteur incontournable de la politique sportive du haut niveau en France et le centre d'entraînement olympique et paralympique de référence du sport français.

Grâce à des infrastructures modernes et uniques situées au cœur du bois de Vincennes, il propose une offre d'accompagnement à la haute performance sportive sous toutes ses formes pour les sportifs de haut-niveau, toutes disciplines confondues. Un accompagnement innovant et conçu sur-mesure en matière d'entraînement, de suivi médical, de recherche, d'accompagnement psychologique, mais aussi de formation et de reconversion professionnelle... L'Institut réaffirme son ambition d'optimiser tous les paramètres pour permettre au sport tricolore de viser la très haute performance et organiser l'accès durable de la France au TOP 5 des nations olympiques et au TOP 10 des nations paralympiques.

L'INSEP favorise, par son expertise, la diffusion des bonnes pratiques et contribue au développement et à la mise en commun de ressources au sein de réseaux nationaux consacrés au sport de haut niveau. Ces réseaux sont constitués, notamment, des autres établissements publics nationaux du ministère chargé des sports et des structures fédérales inscrites au sein des projets de performance fédéraux (PPF), réunis dans le Grand INSEP. L'INSEP concourt à des programmes de recherche scientifique, médicale, technologique en matière d'activités physiques et sportives, produit et diffuse des connaissances liées au sport de haut niveau et valorise ses ressources documentaires.

Le Réseau national pour l'accompagnement scientifique de la performance

Depuis janvier 2018, le Réseau national pour l'accompagnement scientifique de la performance (RNASP) regroupe des référents scientifiques des fédérations sportives et des établissements du ministère chargé des Sports qui œuvrent pour développer et valoriser la recherche et l'innovation en sport de haut niveau et apporter des connaissances pointues aux entraîneurs français.

Ces référents scientifiques se situent à l'interface entre la recherche et l'entraînement sportif de haut-niveau pour promouvoir, organiser et coordonner les projets scientifiques des fédérations. Une de leurs fonctions réside notamment dans leur capacité à faire émerger des projets de recherche en interrogeant les entraîneurs.

À ce jour, 75% des fédérations affichent un engagement scientifique avec de grandes disparités selon les fédérations. Il en va de même pour les établissements (CREPS, écoles nationales). L'INSEP se charge de les réunir, voire de les former très régulièrement.

Le RNASP organise des journées de présentation des projets aboutis, qui sont un moment d'échange privilégié entre les acteurs scientifiques de la performance sportive, les fédérations, les CREPS, les Universités et les opérateurs du ministère de l'Enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation. L'objectif est notamment de stimuler la transversalité des futurs projets et la mutualisation entre les fédérations.

Depuis la création de Sciences^{2024} une étroite collaboration s'est installée entre les deux instituts pour faciliter les contacts avec les équipes de France et pour identifier les personnes les plus compétentes pour faire le lien entre les recherches menées en laboratoire et les performances de terrain. L'INSEP et son RNASP participent activement aux initiatives de Sciences^{2024} : réunions de travail, Conseil Scientifiques, Journées d'étude, conférences, challenge étudiants, etc. Réciproquement, Sciences^{2024} s'engage dans la dynamique du RNASP. Dans la perspective des JOP de 2024, ces acteurs de l'accompagnement scientifique de la performance se proposent de porter leurs efforts sur les meilleures solutions disponibles ou à créer, pour transformer les pratiques d'entraînement.

CHIFFRES CLÉS

18
Sports résidents

28
Disciplines Olympiques et Paralympiques

800
Sportifs de haut niveau

356
Internes
(128 mineurs de la 3e à la Terminale 100% de réussite au bac)

150
Entraîneurs nationaux

19
Fédérations sportives françaises

300
Agents salariés

28
Hectares de campus

38
Millions d'euros de budget

Héritier d'un passé militaire sportif et glorieux, le Centre National des Sports de la Défense (CNSD) est situé au Camp Guynemer, à Fontainebleau. Organisme interarmées, il comprend deux formations expertes dans le domaine de l'Entraînement physique militaire et sportif (EPMS), **l'École interarmées des sports** (EIS) et **l'École militaire d'équitation** (EME).

Outre la formation EPMS, le CNSD conçoit, anime et évalue la pratique des activités physiques, militaires et sportives dans les armées, services et organismes interarmées. Il participe à l'élaboration de la réglementation générale du sport militaire et conduit des études concernant l'organisation et la pratique de l'entraînement physique et des sports. Le CNSD contribue à la réinsertion par le sport des militaires blessés et concourt au développement de la pratique du sport de haut niveau au sein du ministère de la défense et à l'intégration des armées, services et organismes interarmées dans le mouvement sportif civil.

Sciences^{2024} représente un enjeu pour le CNSD qui a rejoint le comité directeur dès la création du programme. L'importance de ce programme se concrétise par son intégration à la politique du sport militaire, le plan SPORT 2025 et au protocole interministériel (MINARM, MININT, MINSPOSE, SE HANDI) du 16 septembre 2019, relatif au soutien du sport de haut niveau français dans la perspective des jeux Olympiques et Paralympiques en France en 2024. Les armées s'attachent notamment à développer la coopération technique, la collaboration scientifique, la coopération médicale et le soutien spécifique aux fédérations paralympiques.

Contacts

Delphine L'huillier
delphine.lhuillier@polytechnique.edu

Christophe Clanet
clanet@ladhyx.polytechnique.fr