



**École d'été**

Dimanche 9 juin - Samedi 15 juin

**2024**

# École d'été | Sciences<sup>2024</sup>



## Public visé

Cette école d'été s'adresse prioritairement aux post-doctorant-e-s, doctorant-e-s, ingénieur-e-s et étudiant-e-s en Master 2.



## La pluridisciplinarité

### au coeur de la performance sportive

Sciences2024 est un réseau de scientifiques répartis sur le territoire national et qui sont au service des équipes de France depuis 2018 pour préparer les Jeux Olympiques de Paris 2024.

En utilisant la physique, la mécanique, la biomécanique, les mathématiques et la physiologie, ces chercheurs proposent des solutions concrètes aux problèmes identifiés sur le terrain par les entraîneurs, les équipes médicales et les athlètes.

Le but des écoles d'été Sciences2024 est de partager ce savoir et de montrer la diversité des sujets et le pluralisme des approches qui sont impliqués dans la recherche sur le sport élite. Cette recherche est caractérisée par l'optimisation et son lien à la performance qui est toujours multifactorielle. À travers son programme, son organisation et la variété de ses intervenant-e-s, cette troisième école d'été Sciences2024 montre comment la recherche scientifique répond à cette demande multifactorielle du sport élite par une approche multidisciplinaire connectée.

Pour l'ensemble des enseignements, les méthodes et les concepts présentés seront systématiquement reliés concrètement aux disciplines sportives de façon à montrer comment lier recherche et performance.

Christophe Clanet  
Directeur de Sciences<sup>2024</sup>

## +infos

**Lieu :** Sport Bretagne  
24 rue des Marettes - 35800 DINARD  
Tél : 02.99.16.34.16

**Dates :** Du 09/06/2024 au 15/06/2024

**Tarifs :** Cours + pension complète 305 €\*  
**Logement :** Chambre double  
à partager avec un-e étudiant-e.

## Inscriptions

Le nombre de places étant limité, il est fortement recommandé de se pré-inscrire le plus tôt possible.

- » **Pré-inscription :** du 1<sup>er</sup> au 30 avril
- » **Validation des inscriptions et paiement :** du 1<sup>er</sup> au 31 mai

<https://2e3.sciencesconf.org>



# Programme des enseignements (30 UC)

Une unité de cours (UC) = 45 minutes

## 1. Mesure et captation (3 UC)

### 1.1. Introduction aux fondamentaux sur les capteurs (1 UC).

**Florence Razan** présentera les différents types de capteurs ou les grandeurs physiques liées aux mesures. Ce cours permettra de comprendre les caractéristiques des capteurs comme la sensibilité, la justesse ou la précision. Il portera également sur la chaîne de mesure associée au capteur qui a pour but de recueillir les informations nécessaires à la connaissance de l'état d'un système et de transformer ces informations en données appropriées à leur exploitation.

### 1.2. Introduction à la géolocalisation (1 UC).

La géolocalisation du sportif est un indicateur qui permet de monitorer ses performances en accédant à la distance parcourue et aux vitesses de pointe et moyenne. Mais cette information doit remonter à l'entraîneur avec une précision d'environ 20 cm. La précision requise est très élevée aussi bien en extérieur et encore plus en intérieur où la présence de multi-trajets rend l'estimation de la position encore plus complexe. Dans ce cours, **Elizabeth Colin**, présente les principes, techniques et technologies mieux adaptées pour répondre à ces contraintes.

### 1.3. Architecture des systèmes instrumentaux (1 UC).

**Romain Sahores**, ingénieur de recherche à l'ESPCI sur le programme CtoOr (Voile), présentera la démarche de développement de matériel spécifique pour la collecte de données expérimentales. De la définition du besoin au développement d'un système final, il abordera, au moyen de cas concrets, les critères de choix d'éléments architecturaux et les solutions usuelles.

## 3. Modélisation générique du sportif (13 UC)

### 3.1. Biomécanique des interactions humain/matériel (2UC)

#### » Biomécanique générale (1 UC)

Ce cours, dispensé par **Charles pontonnier**, est une introduction aux grands principes de l'analyse biomécanique du mouvement humain. Les données d'entrées de ce type d'analyse, les types de modèle et les différents niveaux d'analyse (cinématique, dynamique, musculaire) seront présentés et illustrés à l'aide de gestes sportifs. Les limites applicatives analyses seront également abordées.

#### » Introduction à l'analyse quantifiée du mouvement humain basée vidéo (1 UC)

Cette intervention, réalisée par **Antoine Muller**, a pour objectif de présenter les approches et outils (matériels et logiciels) actuels permettant l'analyse quantifiée du mouvement humain en se basant sur des caméras vidéo. Les différentes phases de l'analyse seront abordées : captation vidéo, synchronisation et calibration des caméras, identification automatique de poses, reconstruction de poses 3D, traitement des données. Enfin, les opportunités et les limites de ces outils pour des applications dans les sciences du sport seront présentées.

### 3.2. Paralympique (5 UC)

#### » Électrostimulation (2 UC)

L'électrostimulation est une technique permettant de générer des contractions musculaires artificiellement dans le but de prévenir l'atrophie musculaire et d'améliorer la santé cardiovasculaire. Après avoir introduit ce qu'était l'électrostimulation musculaire (EMS) et fonctionnelle (FES), deux méthodes de stimulation classiquement utilisées dans les domaines cliniques et sportifs, **Petar Kajganic** (1 UC) présentera ses travaux de recherche qui portent sur une méthode de stimulation de groupes de muscles sains et paralysés appelée « Spatially Distributed Sequential Stimulation ». Cette méthode est généralement utilisée afin de diminuer l'apparition de la fatigue musculaire à la suite de séance d'électrostimulation. Ensuite, **Mael Descollonges** (1 UC) interviendra brièvement sur les mécanismes sous-jacents à la neuroplasticité suivant un exercice physique avant de basculer sur les effets de l'électrostimulation sur les potentiels mécanismes impliqués dans la neuroplasticité. Il présentera notamment ses travaux de recherche sur les effets de l'EMS et de la FES sur la santé cérébrale chez le sujet sain et pathologique (AVC) avec un focus sur la perfusion cérébrale.

#### » Friction (2 UC)

Souvent synonyme de perte d'énergie, la friction, en s'opposant au glissement, est cependant souvent utile, voire nécessaire. **Jean-Christophe Géminard** utilisera les exemples du rebond de la balle en tennis de table sur la raquette et du contact entre les pneumatiques d'un fauteuil d'athlétisme et le sol pour illustrer des concepts utiles à la compréhension, à la modélisation et donc à la maîtrise de cette résistance qui s'oppose au mouvement de deux corps en contact et qui joue un rôle si fondamental dans le sport, comme dans notre vie quotidienne.

#### » Initiation à la tribologie (1 UC).

Au cours de cette intervention **Fabrice Ville** initiera à la tribologie, i.e., la science qui étudie les frottements, l'usure et la lubrification. Elle englobe la compréhension des mécanismes qui se produisent lorsque des matériaux entrent en contact, que ce soit dans des machines industrielles, des moteurs ou même des articulations humaines. En sport, la tribologie revêt une importance significative, car elle permet d'optimiser les performances en réduisant les frottements et en minimisant l'usure des équipements sportifs. Par exemple, dans les sports automobiles, la tribologie est cruciale pour maximiser l'efficacité des moteurs et des systèmes de transmission. De même, dans les sports tels que le cyclisme, le ski ou la course à pied, la compréhension des interactions tribologiques entre les surfaces de contact, comme les pneus, les patins ou les chaussures, peut conduire à des innovations visant à améliorer l'adhérence, la vitesse et la durabilité, contribuant ainsi à des performances sportives supérieures. En exploitant les principes de la tribologie, les athlètes et les ingénieurs peuvent travailler de concert pour concevoir des équipements plus performants, offrant un avantage compétitif dans le domaine du sport.

## 2. Analyse (4 UC)

### 2.1. Acoustique et traitement du signal (2 UC)

Ce cours, dispensé par **François Alouges**, permettra de se familiariser avec les propriétés de base de l'acoustique et du traitement du signal. Il permettra de comprendre la propagation des ondes sonores, en particulier en présence d'obstacles, ainsi que les techniques de base de la création virtuelle d'environnements sonores. Des exemples concrets, permettant de comprendre les notions de réverbération, de «head-related transfer function» (HRTF) ainsi que l'utilité de la position de l'emplacement et de l'orientation de la tête de l'auditeur seront également montrés.

### 2.2. Analyse des données du sport (2 UC)

Ce cours, présenté par **Jean-François Rysman**, portera sur l'analyse des données du sport depuis la donnée brute jusqu'à la communication des résultats. L'objectif de ce cours est de fournir des clés permettant aux étudiants(e)s de conduire en autonomie des analyses sur leurs données permettant de répondre à des questions scientifiques liées au sport. Dans un premier temps, le cours montrera plusieurs illustrations d'utilisation des données dans le sport. Dans un deuxième temps, Jean-François Rysman présentera les différentes étapes permettant d'analyser les données du sport. Il s'intéressera au recueil et au nettoyage des données ainsi qu'aux différents types de formats rencontrés. Puis, il présentera plusieurs méthodes permettant d'extraire de l'information pertinente de base de données en partant des outils statistiques simples jusqu'à des méthodes plus avancées. Enfin, il parlera de la présentation des résultats afin de réussir à communiquer des résultats efficacement dans le milieu du sport.

### 3.3. Physiologie (4 UC).

- » Applications de la modélisation des effets l'entraînement au suivi d'un athlète (2 UC).

**Thierry Busso** présentera le modèle de Banister et différentes alternatives à ce type de modélisation qui ont été développés pour étudier les effets des charges d'entraînement sur la performance. Le cours abordera le potentiel de ces différents modèles pour des applications pratiques visant à guider un entraîneur dans la construction et l'ajustement du programme d'entraînement de ses athlètes.

- » Dopage et sport de haut niveau (2 UC).

Les objectifs de ce cours sur le dopage dispensé par **Katia Collomp**, sont tout d'abord de décrire l'organisation de la lutte antidopage au niveau international et national, avec les derniers outils mis en place s'appliquant aux sportifs de haut-niveau. Sera ensuite présentée la liste des substances interdites, ainsi que les autorisations d'usage à des fins thérapeutiques permettant aux sportifs de se soigner. Enfin, seront exposées les principales classes de substances retrouvées lors de la réalisation des contrôles antidopage, avec les spécificités liées aux disciplines sportives, au genre et aux pays, en précisant les différentes techniques d'analyse actuellement utilisées dans les laboratoires antidopage.

### 3.4. Histoire et sociologie : la question du genre en sport (2 UC)

Ce cours dispensé par **Anaïs Bohuon**, présentera, dans une perspective socio-historique, les débats scientifiques autour des «contrôles de sexe», des «tests de féminité», permettant de formuler une interrogation majeure. Pour ces sportives que l'on soupçonne de profiter de leur production naturelle jugée trop élevée de testostérone afin de remporter les courses, la question n'est pas tant : dans quelle mesure le fait de produire naturellement plus de testostérone que la moyenne autorisée chez les femmes, a constitué et constitue un avantage indu en termes de performances ? Mais plutôt, dans quelle mesure la nomenclature des compétitions de haut niveau génère-t-elle des exclusions et des interdits à l'égard de la catégorie «Dames» ?

## 4. Modélisation spécifique des sports et optimisation (10 UC)

### 4.1. Courses en ligne et courses en peloton (3 UC).

Les courses en ligne peuvent être individuelles (exemple du 100 m en athlétisme, du 500m en kayak ou du km en cyclisme sur piste) ou bien par équipe (exemple de la poursuite par équipe au vélodrome ou du relais 4\*100m en athlétisme). Dans chacun des cas, les dynamiques individuelles et les couplages entre coureurs sont connus et la minimisation du temps de course peut-être conduite avec une approche variationnelle du type de celle introduite par JB Keller pour discuter de la meilleure façon de courir. La présentation de cette approche et sa déclinaison pour les courses individuelles et collectives constituera la première partie de ce cours (2UC) dispensé par **Christophe Clanet**. La dernière partie (1UC) sera consacrée aux courses en peloton pour lesquelles les lois d'interaction entre coureurs ne sont pas connues et qui nécessitent un type d'approche statistique. Dans cette partie, l'accent sera mis sur l'utilisation du machine learning pour identifier les stratégies de courses optimales.

### 4.2. Performance, stratégie et trajectoires en voile (4 UC).

Le cours, dispensé par **Patrick Bot** (2 UC) et **Marc Fermigier** (2 UC), portera sur la prédiction de performances des embarcations à voile ainsi que sur la stratégie et les trajectoires optimales.

### 4.3. Comprendre les lois physiques du sport et améliorer les performances (1 UC)

Dans ce cours, dispensé par **Caroline Cohen**, nous verrons sur quelques exemples ce que les sciences fondamentales peuvent apporter au sport. En appliquant la démarche de la recherche expérimentale aux terrains de sport (mesurer, analyser et modéliser des résultats expérimentaux), on peut comprendre comment les sportifs réalisent des performances et chercher à les améliorer en vue des JOP de Paris 2024.

### 4.4. Biomécanique de la natation (2 UC).

L'évaluation in situ des paramètres biomécaniques en natation peut s'avérer contrainte par plusieurs facteurs compromettant l'utilisation de la vidéo conventionnelle. Pour pallier ces limitations, les centrales inertielles constituent aujourd'hui une solution pertinente pour l'évaluation et le monitoring du mouvement à des fins d'analyse de performance. **Nicolas Bideau** présentera des approches par apprentissage automatique pour l'analyse des signaux inertiels dans l'objectif de quantifier le mouvement en natation dans des situations de courses ou d'entraînement.

## Les intervenant.e.s

- » **François Alouges** chercheur (ENS Paris-Saclay)
- » **Nicolas Bideau** maître de conférences (Université Rennes 2)
- » **Patrick Bot** maître de conférences (École navale)
- » **Thierry Busso** professeur des universités (Université Jean Monnet, St Etienne)
- » **Anaïs Bohuon** professeure des universités (Université Paris-Saclay)
- » **Christophe Clanet** directeur de recherche CNRS (École polytechnique)
- » **Caroline Cohen** professeur assistant (École polytechnique)
- » **Katia Collomp** professeure des universités (Université Paris-Saclay - Université Orléans)
- » **Elizabeth Colin** enseignante chercheuse (EFREI)
- » **Mael Descollonges** doctorant (Université de Bourgogne)
- » **Marc Fermigier** professeur (ESPCI Paris - PSL)
- » **Jean-Christophe Gémard** directeur de recherche CNRS (ENS de Lyon)
- » **Petar Kajganic** post-doctorant (ENS de Lyon).
- » **Antoine Muller** maître de conférences (Université Claude Bernard Lyon 1).
- » **Charles Pontonnier** maître de conférences - HDR (ENS Rennes)
- » **Florence Razan** professeure des universités (ENS Rennes)
- » **Jean-François Rysman** post-doctorant (École polytechnique)
- » **Romain Sahores** ingénieur Instrumentation (Ifremer)
- » **Fabrice Ville** professeur des universités (Insa Lyon)

## Contacts

**Charles Pontonnier**  
Maître de conférences HDR  
École normale supérieure de Rennes  
[charles.pontonnier@ens-rennes.fr](mailto:charles.pontonnier@ens-rennes.fr)

**Jacques Prioux**  
Professeur des universités  
École normale supérieure de Rennes  
[jacques.prioux@ens-rennes.fr](mailto:jacques.prioux@ens-rennes.fr)

## Organisation de la semaine

Dimanche 9/06	Lundi 10/06	Mardi 11/06	Mercredi 12/06	Jeudi 13/06	Vendredi 14/07	Samedi 15/06
			7h30 : Petit déjeuner			8h00 : Petit déjeuner
			08h30 - 10h00 : <b>2 UC</b>			09h00 - 12h00 : <b>Départ</b>
			10h00 - 10h30 : pause café			
			10h30 - 12h00 : <b>2 UC</b>			
			12h00 - 14h00 : Déjeuner			
14h00 - 18h45 : Accueil des participants	14h00 - 15h30 : <b>2 UC</b>	Projets scientifiques d'application / Temps libre				
	15h30 - 17h00 : Temps libre					
	17h00 - 17h30 : <b>MT180 + poster</b>	17h00 - 17h30 : <b>MT180 + café</b>		17h00 - 17h30 : <b>MT180 + poster</b>	17h00 - 17h30 : <b>café + poster</b>	
	17h30 - 19h00 : <b>2 UC</b>		17h30 - 19h00 : <b>Référent scientifique 3</b>	17h30 - 19h00 : <b>2 UC</b>		
18h45 : Dîner	19h00 : Dîner			19h00 : Dîner		
20h00 - 21h30 : <b>Référent scientifique 1</b>	20h00 - 21h30 : <b>MT180 + poster</b>	20h00 - 21h30 : <b>Référent scientifique 2</b>	20h00 : Soirée conviviale	20h00 - 21h30 : <b>MT180 + poster</b>	20h00 - 21h30 Discours de clôture + Remise des diplômes + Pot	

### Référents scientifiques

Afin d'inscrire la performance sportive au cœur du programme d'enseignement de l'école d'été, trois référents scientifiques, issus de fédérations sportives différentes, viendront nous exposer leurs expériences respectives, ainsi que leurs attentes et desiderata vis à vis de la recherche scientifique :

- » **Référent scientifique 1**  
**Hugo Maciejewski**, référent scientifique de la fédération française d'athlétisme.
- » **Référent scientifique 2**  
**Nicolas Coulmy**, directeur pôle Développement, formation et suivi scientifique de la fédération française de ski.

### Projets scientifiques d'application

Des projets étudiant-es seront proposés. Les étudiant-es seront libres d'y participer. Ces projets s'étaleront sur deux des cinq après-midi de l'école d'été. Le reste des après-midi sera libre. Les projets seront détaillés au moment de l'inscription.

### Ma thèse en 180 s (MT180) et poster

Au cours de l'École d'été, chaque étudiant-e devra présenter ses travaux scientifiques sous la forme d'une communication orale (format ma thèse en 180 s) et d'un poster. Un support Powepoint sera utilisé pour ces deux formes de présentations. L'impression du poster sera prise en charge par Sciences<sup>2024</sup>.

### Comment venir ?

#### En avion :

Aéroport Rennes - St Jacques  
puis prendre le train à la Gare SNCF de Rennes (prévoir 30 min entre l'aéroport et la gare) pour se rendre à St Malo (55 min par le TER)

#### En train :

TER jusqu'à la gare SNCF de St Malo, puis bus n°16 ou navette en minibus prévue par les organisateurs pour rejoindre Sport Bretagne à Dinard en 20 min.

**Parce que la performance sportive  
est multifactorielle,  
la recherche sur le sport élite  
doit être pluridisciplinaire !**



**@Sciences2024**

<https://sciences2024.polytechnique.fr/>