

# Science et sports

Exposition du Ministère français des Affaires étrangères, réalisée par Centre-Sciences (CCSTI d'Orléans) avec le concours scientifique de Pierre PESQUIES (Orléans-Technopole Développement et Société Française de Médecine du Sport), des laboratoires de recherche français, la photothèque du CNRS, le journal du CNRS et le soutien de la revue "Sciences & Sports"

Exposition bilingue : Français/Anglais



## Science & Sports

### Comment améliorer l'interface athlète - équipement - environnement ?

Comment analyser les écoulements fluides (air, eau) autour du sujet en mouvement (skieur, véliplanchiste, cycliste, nageur...) ? Les chercheurs étudient les interactions aéro-biomécaniques du mouvement en situation (vitesse, positions, pénétration dans l'air, écoulements...) et réalisent des modélisations cinématique et dynamique.

Ces analyses permettent d'améliorer le geste du sportif mais aussi l'équipement (planche, ski, voile de bateau, raquette de tennis...) en l'adaptant à une production minimale des efforts musculaires.

### How to improve the interface of athlete, equipment and environment?

How to analyze the fluid flow (air, water) around the subject in motion (skier, windsurfer, cyclist, rower...)?

Researchers study the aero-biomechanic interactions of movement (speed, positions, penetration into the air, flow...) and produce kinematic and dynamic models. These analyses enable improved movement of the athlete and also improved equipment (board, ski, sails, tennis racket...) that requires a minimal amount of muscular effort.



Étude aérobiomécanique d'une configuration de skieur de kilomètre lancé en soufflerie.

Aerobiomechanical study of a speed skier's position in a blower.

# Le sportif dans son environnement

The athlete in his environment

Laboratoire d'Aérodynamique et de Biomécanique du Mouvement  
LABM-USR 2164 CNRS / Université de la Méditerranée

Skieur en soufflerie - © Cers Photothèque/LABM  
Javelot - DigitalVision-Zensolite



## Science & Sports

Les contraintes du sport - performance, confort, plaisir, esthétisme, santé et sécurité - contribuent fortement à l'évolution des matériaux. Tous les produits, du tee-shirt à la Formule 1, sont concernés.

De nouveaux textiles permettent l'évacuation de la sueur (la respirabilité) tout en empêchant la pluie de rentrer, (l'imperméabilité).

Des fourrures synthétiques reproduisent les caractéristiques très complexes des pelages animaux et permettent d'améliorer l'isolation thermique.

La mise en forme et l'association de différents matériaux polymères comme l'EVA, PU, ... apportent aux semelles de chaussures un juste équilibre entre adhérence, amorti, protection, souplesse, durabilité et légèreté.

*The constraints of sport - performance, comfort, pleasure, aestheticism, health and safety - contribute strongly to the evolution of materials. All products, from the tee shirt to the Formula 1, are involved.*

*New textiles allow the evaporation of perspiration (breathability) while preventing rain from entering (impermeability).*

*Synthetic furs reproduce the very complex characteristics of animal coats and improve insulation values.*

*The use of such polymers as EVA and PU brings to the shoes' soles a good balance between adhesion, cushion, protection, suppleness, durability and lightness.*

# Matériaux : de la tête aux pieds !

**Materials** from head to feet!



*Chaussure de course sur route qui privilégie la légèreté pour la performance.  
Competition shoes which privileges the thoughtlessness for the performance.*



*Chaussure de trail qui apporte une bonne adhérence et une protection maximale.  
Trailing shoes for a good adhesion and a maximal protection.*

Chaussures - Innovation - Centre technique de la chaussure  
Innovation - Innovation - Centre technique de la chaussure

Chaussures - Innovation - Centre technique de la chaussure  
Innovation - Innovation - Centre technique de la chaussure



Science & Sports



L'application des concepts de la mécanique - force, masse, vitesse et accélération, trajectoire... - au système polyarticulé de l'athlète nécessite le recueil des efforts extérieurs et une analyse d'images. Pour interpréter un geste sportif, on détermine et on modélise en dynamique inverse, les efforts articulaires qui contrôlent et impulsent le mouvement. Ces mesures, disponibles en direct sur les lieux de pratique, permettent de confronter les points de vue de l'entraîneur et de l'athlète à la réalité de l'étude scientifique.

*To apply the laws of mechanics - force, mass, speed and acceleration, trajectory... - to the polyarticulated body of the athlete requires a data record of athletic effort and a video based analysis.*

*In order to understand sport movements, one must calculate and model in reverse flow the human joint actions that control and trigger the movement. These measurements can be taken in sport training facilities allowing the opinions of the athlete and the coach to be compared to actual scientific data.*

# Décryptage du geste sportif

## Deciphering sports movements



Équipe "Mécanique du geste sportif"  
Laboratoire de Mécanique des Solides  
CNRS/Université de Poitiers

Sauteur de haies - DigitalVision-Zintalme  
Saut de cheval - Jacques Demarthon-IFC/AFAP



Coup franc au football, interactions gardien-tireur au handball, figures aériennes en sport acrobatique... comment analyser et simuler le geste sportif ?

À partir des mouvements en 3D, on calcule les paramètres mécaniques discriminants de la performance (forces, moments, accélérations, énergies...) et les risques traumatiques. Grâce à une modélisation mathématique, un logiciel de simulation du mouvement permet de tester des modifications du geste initial et d'observer ainsi leur impact sur la performance. Les résultats sont restitués en images de synthèse.

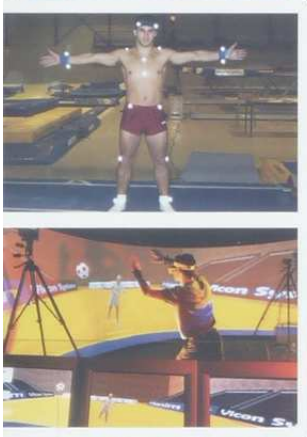
Ces recherches permettent de développer des supports pédagogiques pour l'entraînement à haut niveau.

**Free kick in football, interactions goalkeeper-shooter in handball, aerial movements in acrobatics. How to analyze and simulate the sports movement?**

From the 3D movements, one calculates the mechanical parameters of the performance (forces, moments, accelerations, energies) and the risks of trauma. Thanks to mathematical modeling, software-simulated movements allow testing initial movement modifications to observe their impact on performance. The results are presented as computer generated images. This research allows development of teaching aids for training at a very high level.

# Le geste sportif modélisé

## Modeling the sports move



Evaluation des éléments visuels pris par des gardiens pour anticiper leur parade.

Evaluation of the visual elements which allows the goalkeeper to anticipate a parry.

Laboratoire "Physiologie et Biomécanique de l'exercice musculaire"  
LFRAPS - Université de Rennes 2  
Institut de Recherche en Informatique et Systèmes Aléatoires, Rennes

Handball : ©IRUA/Photo J.-C. Moschetti-REA  
Ballnet, DigitalMotion - Zencolme

## Science & Sports

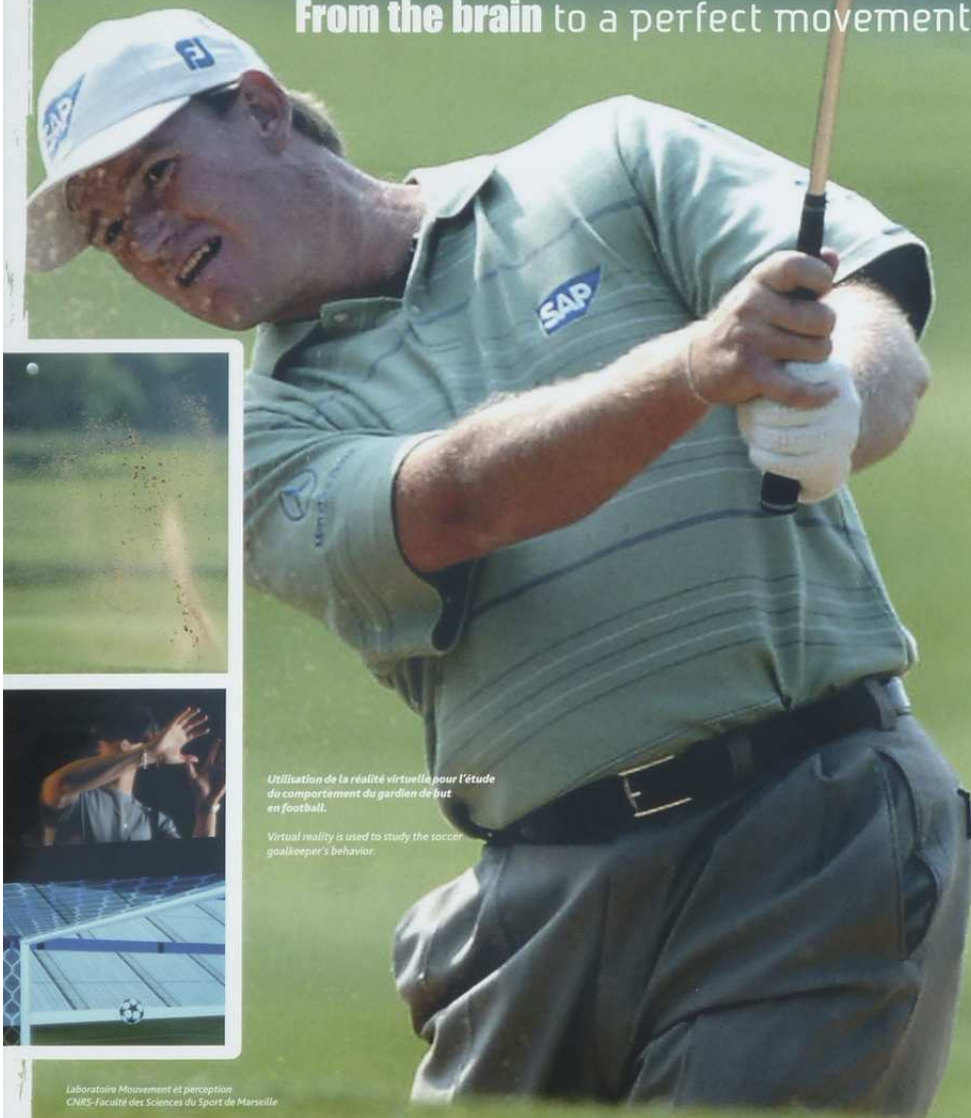
La réussite de nos actions motrices implique la gestion judicieuse des forces mises en œuvre. Pour mieux comprendre de telles actions, les modélisations du coup de pied arrêté au football ou du "putting" au golf sont riches d'informations. Le joueur transmet une quantité d'énergie précise c'est-à-dire une force à la balle pour la diriger vers la position finale désirée. Pour y arriver, il doit contrôler le bon déroulement temporel du mouvement. Ce contrôle est réalisé à partir d'un fort lien entre le système nerveux central et le déroulement du mouvement. Ces modélisations permettent de mieux cerner les modes d'organisation de nos mouvements.

**The success of our movements requires a fine tuning of the forces at work.**

For a better understanding of these actions, a computer modeling of kicking a football or putting a golf ball provides valuable data. The player passes on a specific amount of energy to the ball to direct it to the goal or to the cup. To succeed, he must control the timing and effort of his movement. This is achieved through a close link between the central nervous system and the physical movement. These modelings provide a better understanding of how our movements are organized.

# Du cerveau au geste parfait

## From the brain to a perfect movement



**Utilisation de la réalité virtuelle pour l'étude du comportement du gardien de but en football.**

Virtual reality is used to study the soccer goalkeeper's behavior.

Laboratoire Mouvement et perception  
CNRS-Faculté des Sciences du Sport de Marseille

Golf: Michael Bamber - str - © AFP  
Gardiens de but virtuel: Médéric Laurence © CNRS Photographique

**3 - 2 - 1 - Partez !** Les quantités d'accélération du coureur sont mesurées sous les starting blocks par une analyse filmée. La poussée ainsi calculée permet d'observer in situ les effets d'actions travaillées à l'entraînement.

**Seoi Nage !!!** Des marqueurs permettent de mesurer au cours du temps les mouvements du judoka, sa proximité à l'adversaire, la vitesse de torsion des hanches et des épaules, l'inclinaison et la vitesse de déséquilibre du corps.

**Kayakiste à l'entraînement :** un outil de musculation, équipé de capteurs de forces, facilite le contrôle des cycles de musculation des pieds, fesses et bras. Des caméras infrarouges fournissent la gestuelle.

**3 - 2 - 1 - Go!** The acceleration of the runner is measured by a filmed analysis taken under the starting blocks. The thrust thus calculated allows for observation in situ of the results of training efforts.

**Seoi Nage!!!** Marker pens allow measurement through time of the movements of the judoka, his proximity to his opponent, the twisting speed of his hips and shoulders, and the angle and speed of the unbalanced body. **Kayaker at training:** A bodybuilding apparatus, equipped with force sensors, facilitates the exercise cycles of the feet, buttocks and arms. Infrared cameras capture the body movements.

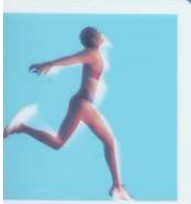


# Les champions à la loupe

The champion under a magnifying glass

Equipe "Mécanique du geste sportif"  
Laboratoire de Mécanique des Solides  
CNRS/Université de Poitiers

Photos : DigitalVision-Zissoline



Le marathon (courir à pieds de 42 km)

# Le marathonien : une pile à oxygène !

## The marathoner : a pile of oxygen!

L'endurance, c'est la capacité de courir à une vitesse très élevée lors d'un effort de longue durée de 10 000 mètres au marathon.

Ces sportifs sont très résistants à la fatigue musculaire. Les muscles sollicités consomment l'oxygène à grande vitesse, on parle de VO2.

Les cellules musculaires de ces sportifs possèdent en effet beaucoup de petites centrales énergétiques, les mitochondries, qui produisent l'énergie indispensable à la contraction des muscles.

Encore faut-il que l'oxygène soit suffisamment apporté aux muscles ! Ceci est réalisé d'une façon très performante par de nombreux capillaires musculaires distribuant le sang circulant grâce au cœur.

*Stamina - the capacity to run at a very high speed for a long duration: from 10,000 meters to a marathon. These athletes are very resistant to muscle fatigue.*

*The muscles require oxygen consumption at a high rate, and one speaks of VO2.*

*The muscle cells of these athletes possess many small "power plants", mitochondria, which produce the energy indispensable for muscle contraction.*

*It is necessary that sufficient oxygen be transported to the muscles. This is done very successfully by the numerous capillaries in the muscles that distribute the blood circulated by the heart.*

Laboratoire CRIS - CNRS / Université Paris  
Faculté des Sciences - Créteil  
URRSTAPS / Université Paris V

Marathon © Greg Wood - AFP  
Gilles - Digital Vision - Zincline



La performance du sportif est étroitement liée à la bonne gestion de son poids.

La masse corporelle comprend :

- la masse grasse qui en représente environ 10 à 30%.
- la masse maigre composée d'eau extra cellulaire (25%) et intra cellulaire (37%), de protéines contenues dans les muscles (16%) et de minéraux provenant du squelette osseux (6%).

Une connaissance précise de ces éléments permet d'évaluer leurs effets sur les comportements de l'athlète.

Au-delà des techniques de référence comme l'IRM, un appareillage de mesure portable basé sur une technique ultrasonore non invasive permet d'assurer un suivi plus rationnel de l'athlète au cours de sa saison sportive.

*The performance of an athlete is closely tied to the management of his weight.*

*Body mass consists of:*

- 10% to 30% fat.

■ lean mass made of 25% extra cellular water and 37% cellular water, of proteins held in the muscles (16%) and minerals largely in the skeleton (6%).

A precise knowledge of these elements allows an estimate of their effects on the athlete's performance.

Beyond these standard measurement techniques as the IRM, a portable measuring apparatus, based on a non-invasive ultrasonic techniques, permits a rational follow-up of the athlete throughout the sport season.

# Poids lourd, poids plume !

## Heavy weight, light weight!



*C'est la masse grasse qui crée des catégories (boxe, judo...), fait corps avec l'esthétique (gymnastes, patineurs...) et influe sur les capacités anaérobiques (course à pied, cyclisme).*

*Fat mass creates categories (boxing, judo) forms one body with the aesthetics (gymnasts, skaters) and influences anaerobic capabilities (running, cycling).*

*Le laboratoire "Dynamique de l'évolution humaine" - CNRS - Département Médical de l'INSEP - Paris*

*Publié par l'Armour Science*



## Science & Sports

**1817 : Karl Drais parcourt 14 km en moins d'une heure. Aujourd'hui, les meilleurs parcourent près de 56 km en une heure.**

**Matériaux composites et procédés de fabrication font qu'un vélo de compétition pèse souvent moins de 8 kg.**

Les cadres sont en acier, aluminium, composite ou titane. La section des tubes varie suivant les zones pour assurer rigidité, légèreté et aérodynamisme. Il n'est pas rare que l'épaisseur des tubes soit inférieure au millimètre.

Les roues utilisent des rayons plats droits et des pneus à base de silicates (roulement) et kevlar (résistance à la crevaison)

**1817: Karl Drais covered 14 km in less than one hour. Today, the best riders cover about 56 km in one hour. Composite materials and innovative manufacturing processes create a competition bicycle that often weighs less than 8 kg.**

The frames are made of steel, aluminium, composites or titanium. The frame's tubing varies according to location to assure rigidity, lightness and aerodynamics. It is not uncommon that the thickness of the tubing is less than one millimetre.

The wheels use flat, straight spokes and tires with a silicate base for rolling ease and Kevlar for puncture resistance.

# À bicyclette...

# A bicycle...



**Avec l'apparition de nouvelles pratiques, les vélos sont «suspendus» ce qui permet à son utilisateur de garder le contrôle et la motricité de son vélo sur tous les terrains.**

Cycles with suspensions allow to keep control and motricity in any grounds.



**L'association de plusieurs matériaux (aluminium et carbone) permet d'apporter légèreté, rigidité, nervosité et aérodynamisme.**

The use of aluminium with carbon's materials brings to the cycle more lightness, rigidity, nervousness and aerodynamics.

Décaathlon création - Recherche française d'ingénierie en sport  
Séville - Méridien - Villiers - Décaathlon



## Science & Sports

**Golf, tennis, football..., les balles ne sont pas lisses, pourquoi ? Elles permettent au joueur de mieux maîtriser la trajectoire.**

À grande vitesse, la friction de l'air sur l'avant de la balle augmente mais, avec les irrégularités de la surface, la zone de traînée à l'arrière diminue fortement et compense largement le premier effet. Cette propriété permet une amélioration considérable de la précision du tir et même un gain de portée. Si l'on ajoute la mise en rotation du ballon, on obtient une trajectoire incurvée qui fait le succès des coups de pieds arrêtés au football (Platini, Carlos, Zidane...).

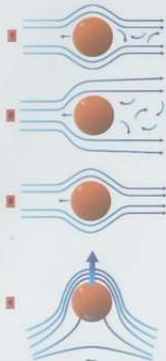
C'est "l'effet Magnus", à l'origine de la portance des ailes d'avion et de la poussée sur les voiles de bateau.

**Golf, tennis, football—the balls are not smooth. Why? They allow the player to control better the trajectory.**

*In big speed, the friction of air on the front of a moving ball increases pressure, but with the irregularities of surface, zone of trails behind decreases strongly and compensates widely for the first effect. The property allows considerable improvement in shot precision and even an ensuing reach.*

*If one adds the ball's rotation, one obtains a curved trajectory that makes for the success of kicks otherwise stopped in football (Platini, Carlos, Zidane...).*  
It is "the Magnus effect" that creates the lift of an airplane wing and the push on a boat's sail.

# Balle gagnante ! Winning ball!



**Le bon coup de pied :**  
derrière le ballon, tapé à plus de 100 km/h, l'écoulement de l'air est faible (1), il devient ensuite plus turbulent (2) et augmente fortement à très faible vitesse (3), faisant tomber le ballon.  
"Bien broyée", la balle subit en plus une force vers le haut (4) qui courbe la trajectoire.

**The free kick in football:**  
behind the ball stroked it at more than 100 km/h, the air flow is weak (1), then it becomes more turbulent (2) and increases strongly at very low speed (3), bringing down the ball.  
When a soccer puts spin on a ball, the ball undergoes an upward force (4), which bends its trajectory.



**Écoulements limites derrière une balle de baseball**  
Flows behind a ball of baseball  
© wings.arkids.com

Zidane 2004 : Adrian Dennis - IFF CAIFP  
Sur une idée de Etienne Guyon, Jean-Pierre Hulin, Luc Petit  
Livre à paraître aux Editions Belin, Paris, 2004



## Science & Sports

Le système de nage à contre courant est un excellent outil pour observer avec précision la prestation physique d'un nageur. Les mouvements des bras et des jambes sont filmés et analysés sous tous les angles à l'aide de caméras fixes. La dépense énergétique et la résistance hydrodynamique sont mesurées en direct. Le système de nage à contre-courant présenté ici, unique au monde, est celui de l'Université d'Otago en Nouvelle-Zélande.

**Swimming against a current is an excellent tool to analyze precisely the physical performance of a swimmer.**

*The movements of the arms and legs are filmed by fixed cameras from many angles and analyzed. The energy expended and the hydro dynamic resistance are directly measured. The system of counter current swimming, the only one of its type, is located at the University of Otago in New Zealand.*

# Nager à contre-courant ! Swimming against the current!



Laure Manaudou, nageuse française



Faculté de Médecine - Université de Saint-Etienne

Plongeon - Christophe Simen - ISJ/GAIP  
Zimoline - DigitalVision



**Pourquoi un voilier remonte-t-il au vent ?**

Avec une voile bien réglée, la vitesse du vent en chaque point extérieur de la voile est plus grande que sur le point intérieur correspondant. Il en résulte une dépression sur la face externe. La résultante de ces forces fait gonfler la voile et sa composante vers l'avant fait avancer le bateau.

Cet effet de portance, étudié par Bernoulli, est accentué par les interactions tourbillonnaires entre voile et foc qui sont aussi présentes dans la mise en rotation des balles avec l'effet Magnus.

Pour comprendre le mouvement des voiliers, on analyse aussi les éléments de structure : coque, quille...

**Why does a sailboat go into the wind?**

With a well adjusted sail, the wind speed at each point of a sail's exterior is greater than on the corresponding interior point. This results in a low pressure area on the external face. The result of these forces inflates the sail forward and advances the boat.

This effect of lift, studied by Bernoulli, is increased by the interactions between the main sail and the foresail, interactions that are also present in the rotation of balls with the Magnus effect.

To understand the movement of sailboats, one also analyzes the structural elements: the hull and the keel.

# Bordez les voiles !

## Trim the sails!



Écoulement d'un fluide réel autour d'une carène d'ACC (America Cup Class) réalisée avec le code ICARE du LMF (Laboratoire de Mécanique des Fluides).

Model of a fluid flowing around ACC's hull (America Cup Class).

Sur une idée d'Etienne Guyon, Jean-Pierre Hulin, Luc Petit  
Livre à paraître aux Editions Belin, Paris 2004.

Écoulement des fluides - © Carr Photothèque  
Voilier Géraldo - © René Tangy-Cappemou

## Science & Sports



La personne handicapée, comme toute autre personne, a besoin et a le droit d'accéder au travail, à l'éducation, à la culture et aux loisirs.

La pratique sportive est un complément unique qui met en valeur les capacités sportives des personnes et permet d'atténuer la notion du handicap.

Le sport permet d'initier les jeunes personnes handicapées aux règles sportives, pragmatiques et socialement reconnues. Il développe la notion de dépassement de soi et de respect de l'autre.

L'athlète est accepté pour ses performances et ses capacités individuelles. La recherche en milieu sportif permet, entre autres, d'apporter des innovations à la réadaptation fonctionnelle.

**The handicapped person, like all persons, has the need and the right to access work, education, culture and leisure activities.**

*Sport practice uniquely complements and highlights the athletic capacities of handicapped persons and eases the notion of being handicapped.*

*Sport introduces young handicapped people to rules that are pragmatic and socially recognized. It develops the notion of surpassing one's self and respect for others.*

*The athlete is accepted for his performance and his individual capacities.*

*Research in sports environment produces innovations in rehabilitation programs.*

# Sports & handicaps

## Sports and handicaps



Pôle Ressources National Sport et Handicaps  
Crepes de la région Centre - Bourges

Amvay 400m (Alain) B4 - © Benjamin Luyseau-FFF  
Fédéric Coyot - © Benjamin Luyseau-FFF



Science & Sports

Selon des enquêtes récentes, 5% des jeunes de 17-18 ans prennent des produits dopants (stimulants, anabolisants, corticoïdes...) pour améliorer leurs performances sportives.

Les comportements de dopage doivent être considérés comme problématiques par les dirigeants et autres encadrants des jeunes sportifs. Méconnaître leurs existences est lourd de conséquences en matière de prévention.

Pour provoquer un changement, la prévention doit prendre en compte l'environnement social des jeunes et disposer de données scientifiques pour élaborer des programmes pertinents.

Il en est de même pour les performances scolaires avec les vitamines, sels minéraux ou les oligo-éléments.

*According to recent studies, 5% of 17-18-year-old athletes take enhancing drugs (tonics, steroids, corticoids...) to improve their sports performance.*

*Doping behavior must be considered a problem by the leaders and other supporters of young athletes. Underestimating their existence and prevalence has heavy consequences for preventing their usage. To bring about change, the prevention program must take into account the social environment of the young people and provide scientific data to support relevant programs. It is the same for school performance with vitamins, mineral salts or oligo-elements.*

# Les jeunes face au dopage

## Young people facing doping



DRJS Lorraine

Photos Vincent Buehler - Energie



**Chez les jeunes, les désordres alimentaires et la sédentarisation constituent une menace pour la société.**

L'adolescence est une période cruciale, souvent associée à un déclin de l'activité physique et à des erreurs diététiques. Ces deux facteurs jouent un rôle déterminant dans l'apparition de diabète, de l'obésité et de maladies cardiovasculaires.

Une vaste étude vise à évaluer et comparer l'évolution de l'aptitude physique à l'exercice prolongé et au sprint chez les jeunes sujets sains et diabétiques et à mesurer leurs apports nutritionnels, à tester les effets de l'entraînement sur l'aptitude physique. La prévention de ces pathologies impose une prise de conscience individuelle et collective.

**Among young people, food disorders and an increasingly sedentary lifestyle constitute a threat for society.**

Adolescence is a crucial period, often associated to a decline in physical activity and to dietary errors. These two factors play a determining role in the appearance of diabetes, obesity and cardiovascular diseases.

A vast study aims to estimate and to compare the evolution of the physical capacity for prolonged exercise and for sprint among young healthy subjects and diabetics and to measure their nutritional intake, to test the effects of training on physical capacity. The prevention of these pathologies requires a greater individual and collective awareness.

# Sport et santé chez les jeunes

Sports and health among young people



Laboratoire "Physiologie et Biomécanique de l'exercice musculaire"  
DEBAPS - Université de Rennes 2  
Service d'endocrinologie pédiatrique, en collaboration avec l'Association  
des jeunes diabétiques  
web : [zinc.univ-rennes2.fr/physio](http://zinc.univ-rennes2.fr/physio)