



التاريخ: 2017/04/10

الرقم: 024 / م.ع.ت.ن.ر.ب / 2017

مستخرج من محضر اجتماع المجلس العلمي لمعهد علوم وتقنيات النشاطات البدنية  
والرياضية  
المنعقد بتاريخ 22 جانفي 2017 بالمعهد (الدورة العادية)

بناء على محضر اجتماع المجلس العلمي لمعهد علوم وتقنيات النشاطات البدنية والرياضية وهذا  
في دورته العادية وبعد الطلب المقدم من طرف الأستاذ حاج أحمد مراد بخصوص تحكيم المطبوعة تحت

عنوان: Biomécanique Concepts de Base 2<sup>ème</sup> année

قرار المجلس:

الموافقة على طلب الأستاذ حاج أحمد مراد بخصوص تحكيم المطبوعة تحت عنوان:

Biomécanique Concepts de Base 2<sup>ème</sup> année ، وهذا بعد استلام تقارير لجنة التحكيم بالإيجاب.

رئيس المجلس العلمي  
د. شريفي السعيد  
المجلس العلمي

Universite Akli Mhand Oulhadj –Bouira  
Institut Des Sciences et Techniques  
des Activites physiques et Sportives.

Module : Biomécanique Concepts de Base  
2<sup>ème</sup> Année



Dr / Hadj Ahmed Mourad

Année Universitaire :2016/2017

### **Introduction :**

La recherche de la performance constitue le principal objectif de l'entraînement sportif de haut-niveau, mais cette performance ne peut être optimisée que si l'équipe d'encadrement de l'athlète est capable de lui fournir rapidement des données précises et utiles pour corriger sa technique. La compétence de l'entraîneur réside donc dans sa capacité à analyser correctement les facteurs de performance, et à cibler spécifiquement les défauts de performance de l'athlète lors de l'entraînement. L'entraîneur qui veut agir pour modifier la technique de ses athlètes sans calquer la technique de l'athlète de haut niveau doit observer, mesurer, analyser et remédier par un composant satellite qu'est la biomécanique (Claude Hertogh, 2004).

De nombreux étudiants STAPS se demandent: à quoi sert l'étude de la biomécanique? La biomécanique nous aidera-t-elle à être un meilleur professeur d'éducation physique, un meilleur entraîneur? Dans ce chapitre Nous présenterons les raisons pour lesquelles les étudiants en éducation physique, en coaching trouvent la biomécanique dans leur programme d'études.

Une bonne connaissance de la biomécanique vous permet d'évaluer une technique de mouvement dans un sport que vous n'avez jamais fait personnellement, ainsi qu'une nouvelle technique dans un sport que vous avez fait depuis des années. Les méthodes de formation basées sur l'approche traditionnelle recommandent toujours les compétences et les techniques que vous devez apprendre, mais la biomécanique répond à ces questions, aussi, et beaucoup plus. Avec l'aide de la biomécanique, il est possible de mieux gérer les processus d'enseignement et de formation.

### **1. Biomécanique concepts de base**

**En utilisant les connaissances de la biomécanique, vous pouvez obtenir une meilleure performance, enseigner de nouvelles compétences à vos étudiants à un niveau supérieur ou, selon le cas, dans un temps plus court.**

La biomécanique n'est pas axée uniquement sur les sports ou sur le mouvement humain (ou animal). Dans certains articles, vous pouvez trouver des informations sur la biomécanique des plantes, la biomécanique du flux sanguin, etc.

Le mot biomécanique peut être divisé en deux parties: le préfixe «bio» et la racine «mécanique».

En 1993, James G. Hay définit la biomécanique humaine comme suit:

**La biomécanique humaine est une branche de la science qui étudie l'impact des forces internes et externes sur le corps humain.**

Parfois, la biomécanique est identifiée à la kinésiologie. La kinésiologie étudie les règles physiologiques, psychologiques et mécaniques en relation avec les mouvements des organismes vivants. Par conséquent, la kinésiologie est supérieure à la biomécanique.

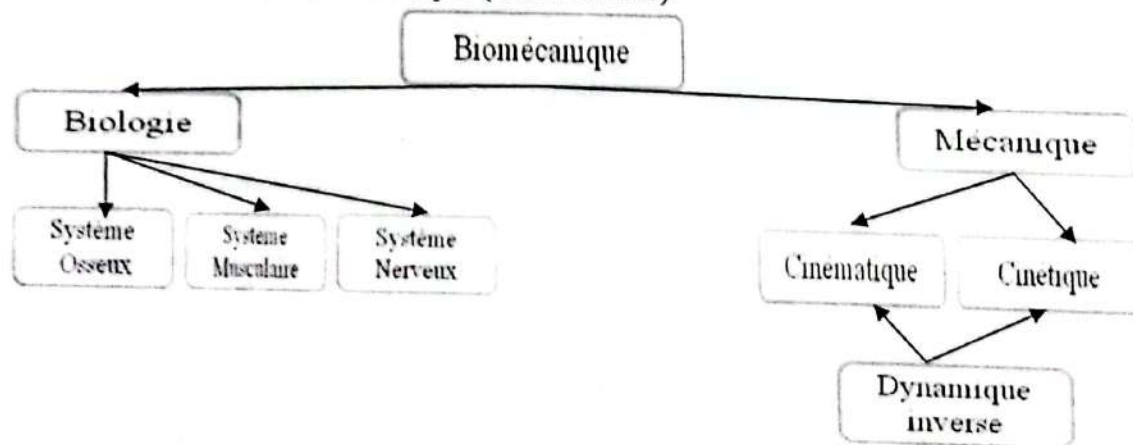
McGinnis (2005) a défini la biomécanique du sport et de l'exercice physique de la façon suivante:

**La biomécanique du sport\* et l'exercice physique\* étudient les forces et leur impact sur le corps humain au cours de l'exercice physique et du sport.**

#### Définition de la biomécanique:

- La Biomécanique est l'étude de la physique et de ses systèmes mécaniques appliqués à l'homme.
- C'est la mécanique du corps humain en faisant du sport.
- La Biomécanique est une science qui examine les forces internes et externes qui agissent sur le corps humain ainsi que les effets produits par ces forces.
- L'application des lois physiques et les principes de la mécanique sur les activités physique et sportives.
- L'application des lois physiques sur le mouvement humain.
- L'étude des effets des forces sur le corps humain en mouvement (dynamique) ou en état de repos (statique).
- **Biomécanique: Bio= la vie, mécanique= Branche de la Physique.**

#### Classification de la Biomécanique (subdivisions)



\* Par sport, il s'agit d'une activité organisée, compétitive et amusante, exigeant des compétences, de la capacité, de la détermination, de la stratégie et du fair-play, dans lequel le gagnant peut être déterminé par des moyens objectifs au sein d'un ensemble de règles.

\* Par exercice physique, on entend toute activité physique intentionnelle qui améliore ou maintient la condition physique, la performance, la santé ou le bien-être.

Figure 1 : subdivisions de la biomécanique

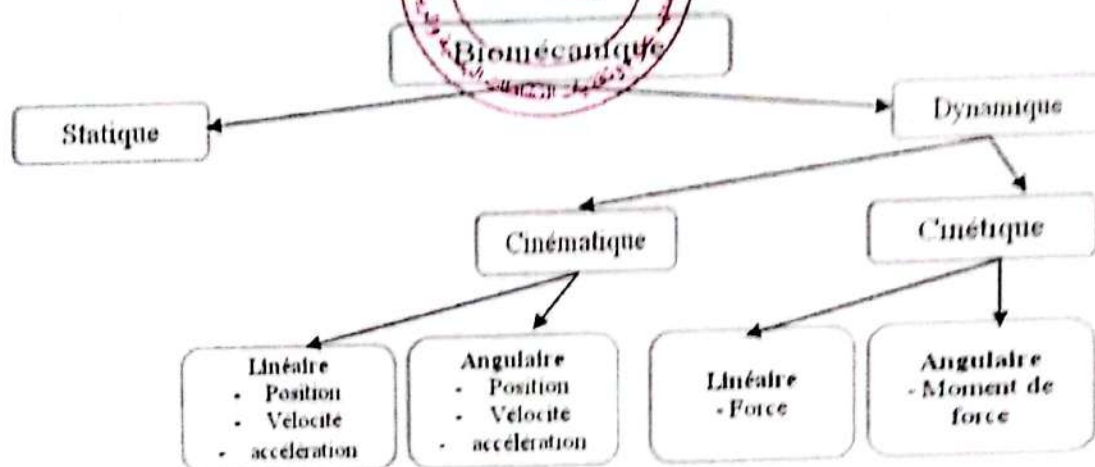
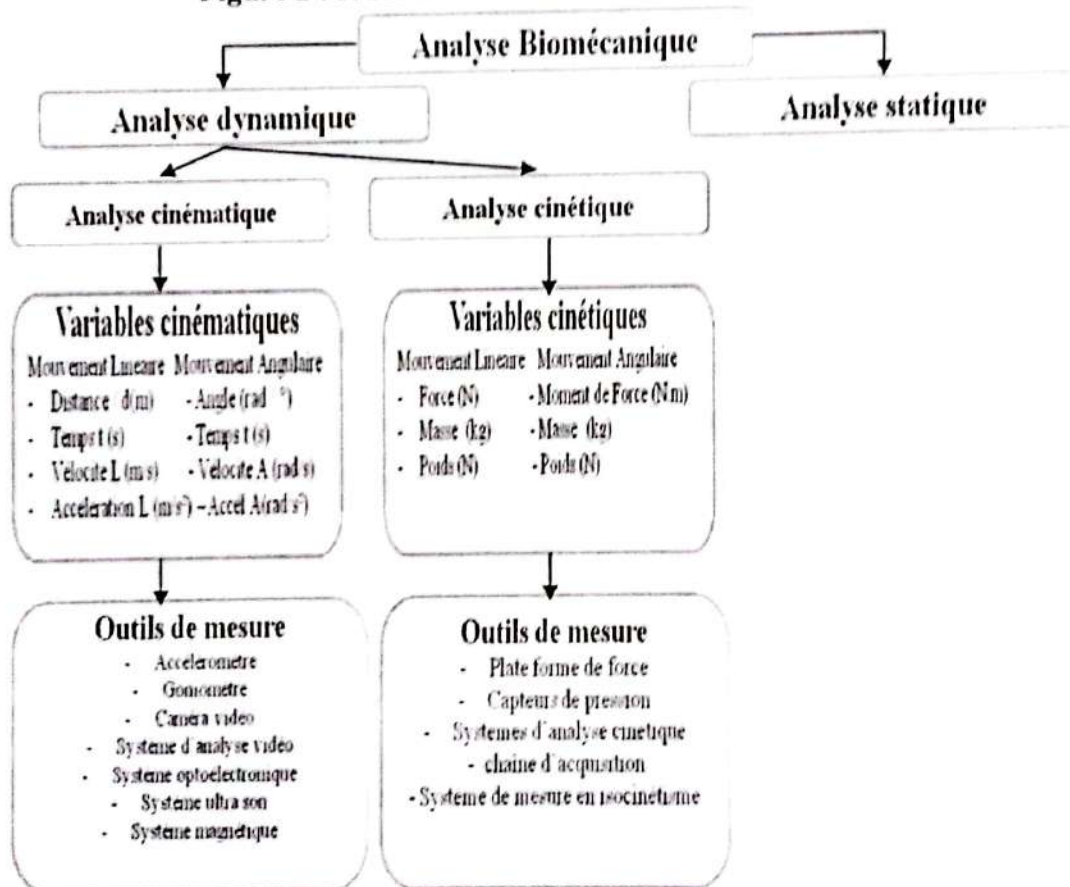


Figure 2 : subdivisions et variables de la biomécanique.



**Subdivisions de la biomécanique :**

1. **Statique** : c'est l'étude des corps en équilibre, au repos ou en mouvement uniforme ;  $\sum f = 0$ .
2. **Dynamique** : c'est l'étude des corps en accélération ou en décélération par l'action des forces (internes ou externes) ;  $\sum f = m \cdot a$ .

deux méthodes pour aborder l'analyse des mouvements humains si l'homme est assimilé à un système mécanique poly-articulé.

**2.1. Dynamique directe :**

Origine du mouvement : forces musculaires supposées connues, conséquences du mouvement : accélérations segmentaires recherchées.

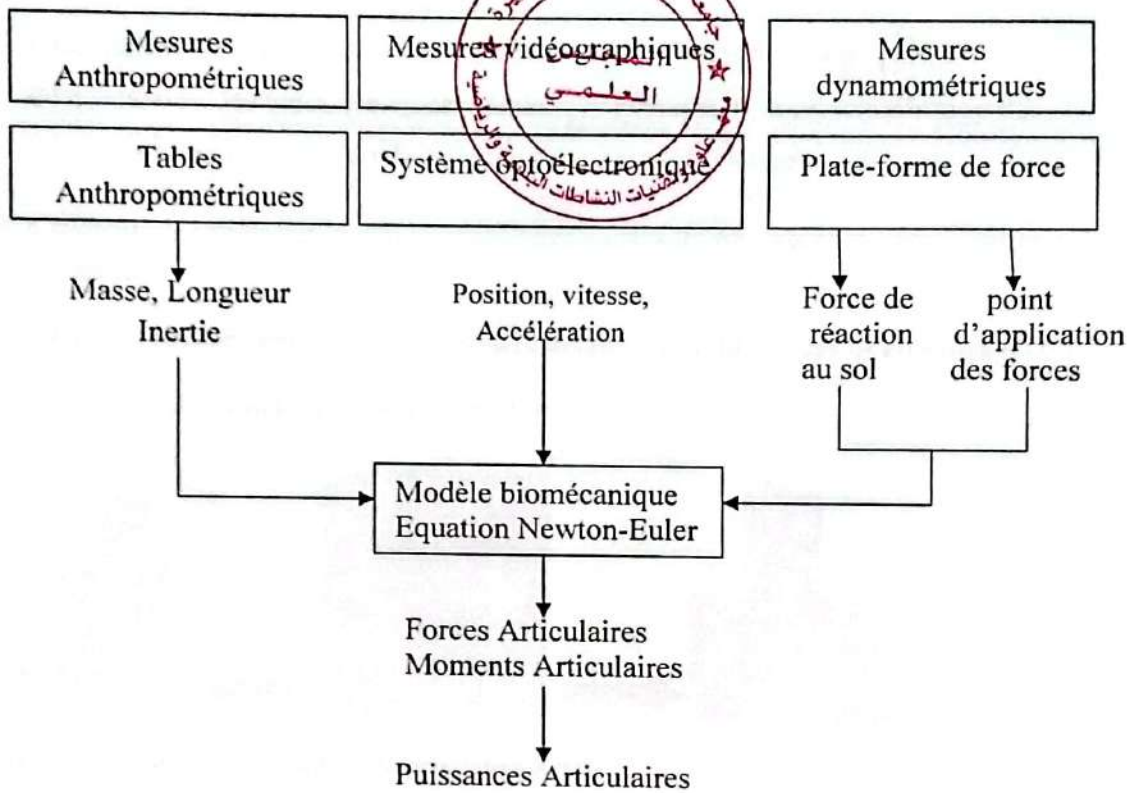
**2.2. Dynamique inverse :**

Origine du mouvement forces musculaires inconnues, conséquences du mouvement : déplacement segmentaires mesurés, c'est-à-dire détermination des forces et des moments musculaires en connaissant les accélérations linéaires et angulaires des segments corporels, les masses, les inerties, et les positions des centres de gravités par : lois de Newton-Euler.

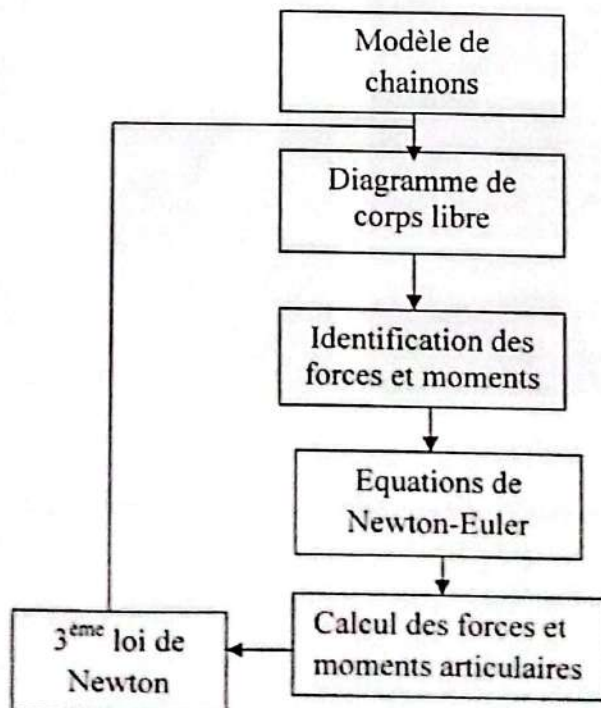
$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m \vec{a}, \quad \sum \vec{M}_{\text{ext}} = I \alpha.$$

$F_{\text{ext}}$  : Force extérieur,  $m$  : masse,  $a$  : accélération.  $M_{\text{ext}}$  : Moment de la force extérieur,  $I$  : moment d'inertie.  $\alpha$  : Accélération angulaire.

Données nécessaires à la dynamique inverse.



Etapas de la dynamique in verse.



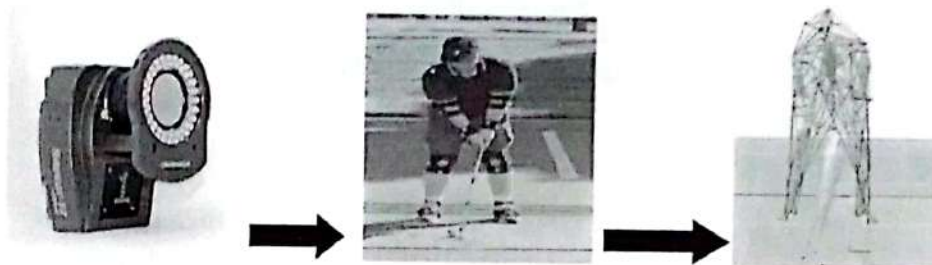
La dynamique à son tour se subdivise en cinématique et cinétique.

**2.3. Cinématique :** à pour but la description du mouvement des corps par la détermination des variables cinématiques ; la position, vitesse, accélération des segments corporels ou bien du corps entier (centre de masse).

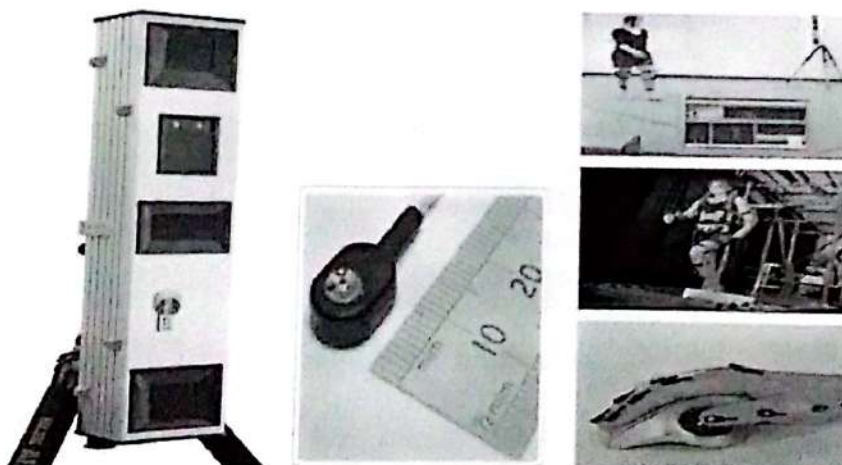
**2.4. Cinétique :** à pour but la connaissance des causes du mouvement (forces internes et externes).

**Les outils de mesure des variables biomécaniques (cinématiques et cinétiques) :**

**Caméras optoélectroniques + marqueurs passifs**



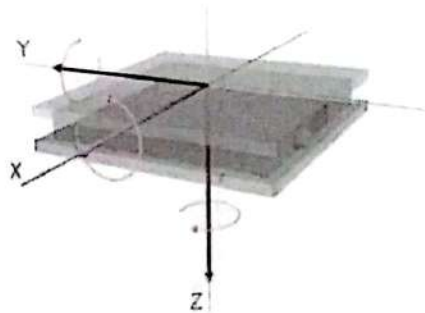
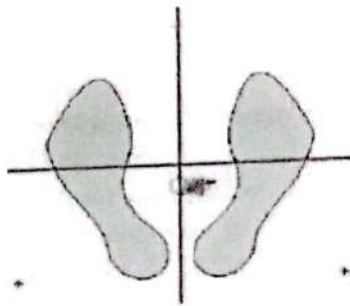
**Caméras optoélectroniques + marqueurs actifs**



Accéléromètres    Goniomètres    Capteurs de déplacements    Capteurs de force (mono ou tri-axial)



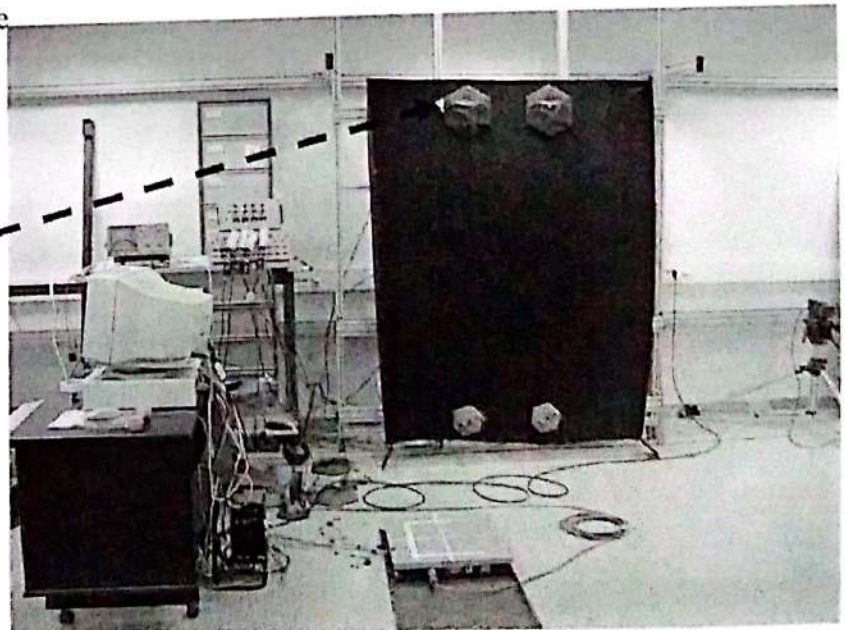
Plateformes monoaxiales

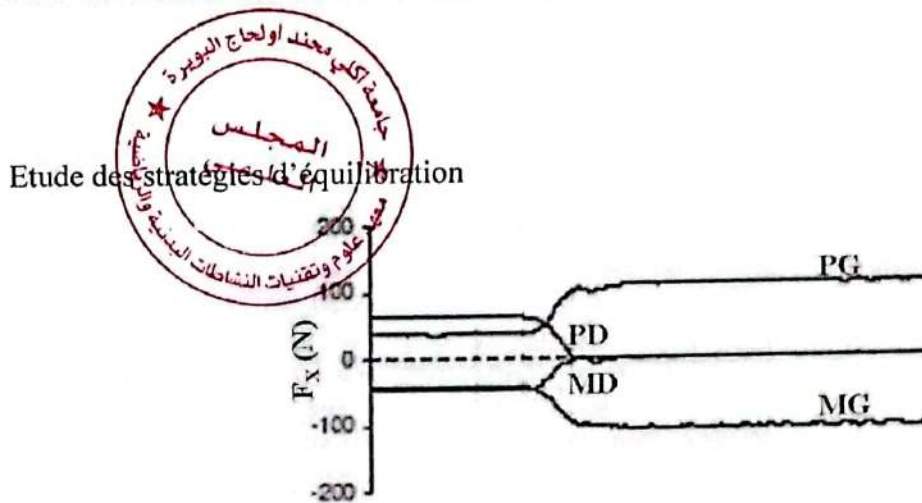


Systèmes d'analyse cinétique

Utilisation des capteurs de force : ergomètres spécifiques

Exemple de l'ergomètre d'escalade





### Système de mesure en isocinétisme.

L'ergomètre isocinétique.

L'évaluation et le renforcement de la fonction musculaire sont indispensables pour l'équipe médicale qui encadre le patient. L'évaluation de la fonction musculaire exige une mesure de la force musculaire maximale. Les méthodes classiques de mesure de la force musculaire sont :

- Le testing manuel, il fournit des informations peu précises et subjectives.
- Les mesures de force isométrique maximale, elles sont intéressantes car elles permettent la mise en évidence d'asymétries de force entre groupes musculaires homologues ou de déséquilibres entre groupes antagonistes, mais uniquement en conditions statiques. Or, la plupart des gestes sportifs sont exécutés en mode dynamique
- les mesures dynamiques en régime isotonique, dans ce cas, la résistance opposée au mouvement sous forme de charge extérieure est connue mais le problème d'inertie empêche d'avoir une résistance constante, la charge utilisée ne peut jamais être supérieure à la force développée au point le plus faible du mouvement et la vitesse à laquelle le mouvement est réalisé ne peut être contrôlée

A côté de ces méthodes habituellement proposées, une technique de mesure et d'entraînement s'est développée, fondée sur le principe du travail musculaire dynamique isocinétique.

Ce mode d'évaluation de la force musculaire assure fiabilité et reproductibilité des tests réalisés.

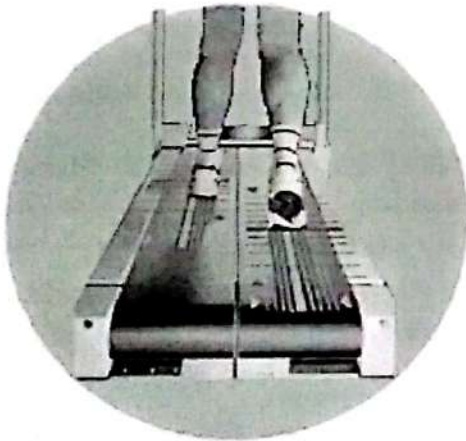
quantité de données pour caractériser précisément le mouvement étudié, quelle est la différence entre les outils objectifs et les outils subjectifs?

**Réponses :**

**1. Les outils de mesure:**

- Les événements temporels et/ou spatiaux du mouvement appelés paramètres spatio-temporels correspondent aux variables en lien avec la distance et le temps nécessaires pour réaliser un mouvement ou une tâche motrice. Les outils de mesure vont du simple chronomètre jusqu'au tapis instrumenté.
- Le mouvement peut également être quantifié par des goniomètres ou des capteurs inertiels, notamment lorsqu'une mesure ambulatoire (hors du laboratoire) est privilégiée.
- Les forces et moments articulaires, qui sont à l'origine du mouvement, sont quantifiés à partir de plateformes de force ou de dynamomètres.
- L'activité musculaire qui déclenche la contraction musculaire nécessaire au mouvement est mesurée par électromyographie (de surface ou interne).

**Exemples :**

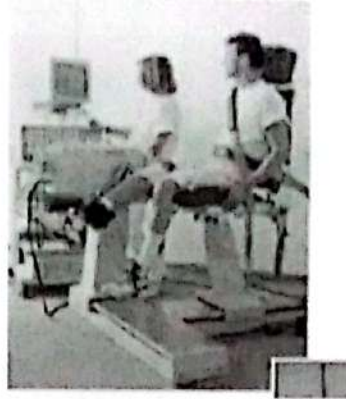


Le tapis roulant ADAL 3D mesure dynamiquement, en continu, les trois composantes spatiales des forces d'appui du pied au sol pendant la marche.

**Utilisations visées**

- Etude de la marche normale et pathologique (séquelles d'hémiplégie, troubles neuromoteurs)
- Aide au diagnostic préopératoire, suivi post opératoire
- Expertise médico-légale des séquelles d'un traumatisme
- Rééducation (récupération de l'autonomie fonctionnelle locomotrice)
- Quantification dynamique de prothèses externes pour des sujets amputés.
- Recherche clinique appuyée sur des critères quantitatifs.

## matériel



### Objectifs de la Biomécanique :

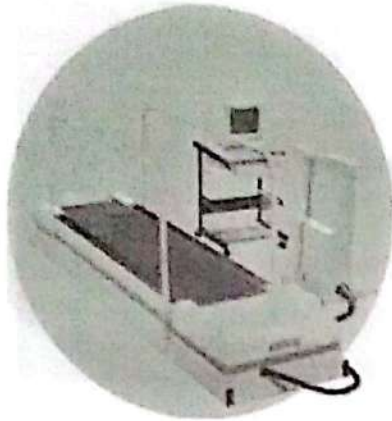
1. Optimisation de la performance sportive.
2. Compréhension du geste sportif et de la performance sportive.
3. Adaptation du matériel sportif.
4. Compréhension des pathologies.
5. Optimisation du traitement.
6. Conception des implants.

Les biomécaniciens peuvent fournir aux entraîneurs:

- Le savoir sur la mécanique du mouvement.
- Un système de comparaison des techniques.
- Des méthodes de détection et de correction des erreurs dans la performance sportive.

### Questions :

1. La mesure précise du mouvement nécessite des outils de quantification qui peuvent être classés selon le type d'élément évalué; quels sont ses outils?
2. La compréhension du mouvement humain normal et pathologique est un sujet complexe, Nous réalisons chaque jour autour de 10 000 pas et 60 levers de chaise. La réalisation de ces mouvements permet de garder l'indépendance et une bonne qualité de vie. les différents outils de mesure permettent d'obtenir une grande



Le tapis roulant ADAL 3DC mesure dynamiquement, en continu, les trois composantes spatiales des forces d'appui du pied au sol pendant la course.

**Utilisations visées**

Etudes des techniques de course  
Amélioration des performances  
Etude, qualification, comparaison d'équipements, comme les chaussures  
Electromyographie  
Mesure de pression plantaire, etc

### Evaluation Isocinétique

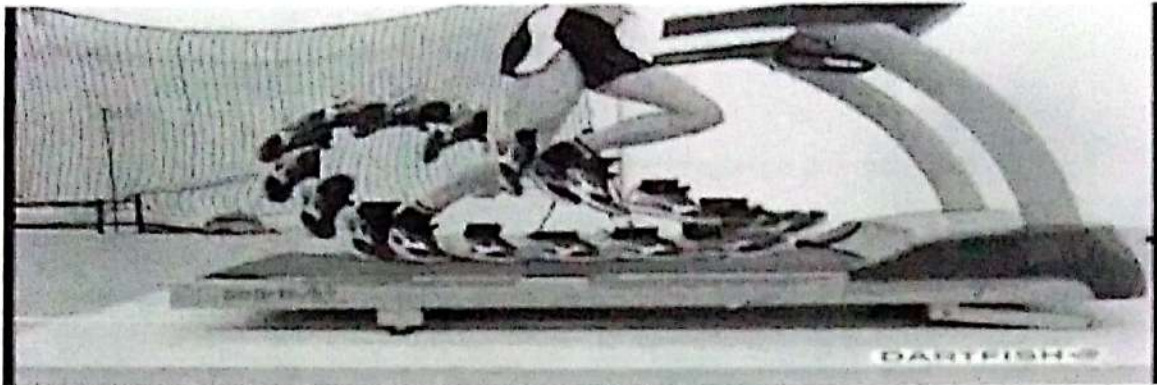
L'**isocinétisme** est une méthode d'évaluation et de rééducation de la force musculaire basée sur les mouvements effectués à vitesse constante grâce à une résistance adaptée, elle-même fonction de la force développée par le patient.

Cette expertise de performance musculaire va déterminer objectivement tous les paramètres de force, vitesse et fatigabilité pour les différents groupes musculaires. Un objectif majeur sera de comparer les groupes musculaires agonistes et antagonistes (ex quadriceps / ischios-jambiers) ainsi que les différents groupes musculaires entre eux (ex quadriceps droit/ quadriceps gauche) dans le but de démontrer un déséquilibre ou une faiblesse.

### Evaluation biomécanique

**Analyse de terrain** L'analyse vidéo 2D combiné au logiciel Dartfish vous permet d'obtenir des images de la gestuelle de l'athlète. Différents types d'analyse peuvent être proposés : **visualisation simple** pour un retour direct vers l'athlète, **ralenti**, **comparaison** de plusieurs gestes du même athlète ou de différents athlètes, mesure simple d'**angles articulaires**,... Plusieurs caméras sont disponibles s'il est nécessaire de filmer l'athlète suivant plusieurs angles de vue.





### Analyse en laboratoire

#### L'évaluation 3D du mouvement

Grace à la pose de marqueurs à la surface de la peau, il est possible d'estimer la position/la vitesse de segment osseux ainsi que les angulations/vitesse angulaire des différentes articulations. Par ailleurs, à l'aide de plateformes de forces, il est possible de mesurer les forces de poussées au sol par exemple pendant un saut. Enfin, un système d'électromyographie de surface permet de mesurer l'activité musculaire. Grace à ces outils, il est possible d'obtenir une analyse fine de la gestuelle et de la technique de l'athlète.



#### La différence entre les outils objectifs et les outils subjectifs:

Les outils subjectifs normalement composés de questionnaires, les entretiens, les grilles d'observation sont très répandus en sport et en clinique, principalement grâce à leur:

- Facilité d'application.
- Économique.

Ils sont subjectifs pour les raisons suivantes:

- Les méthodes d'analyse de contenu sont considérées comme des méthodes Subjectives.
- Dépendant de l'état des interviewés.

Les outils objectifs (appareils, instruments et systèmes d'analyse):

- Très coûteux.
- complexité d'application.
- Résultats précise.

#### **Evaluation des besoins nutritionnels des sportifs à l'aide de :**

Questionnaires diététiques.

Logiciel nutritionnel comportant une base de données approprié.

Analyse complète des nutriments.

Techniques d'analyses biochimiques (laboratoire).

Selon des protocoles précis :

Bilan nutritionnel établi sur 7 jours (évaluation des éventuels déficits).

Entretien avec le sportif (précision des données).

Programmation de l'apport alimentaire (spécifique à l'activité sportive).

#### **Conclusion :**

Ces différents outils de mesure permettent d'obtenir une grande quantité de données pour caractériser précisément le mouvement étudié. La mise en relation de ces données entre elles et avec d'autres données sportives et médicales ( grille d'observation questionnaire, entretien, anamnèse du patient, examen clinique, imagerie) permettra de mieux comprendre le mouvement observé. Dans un contexte sportif et clinique, cette exploration fine du mouvement permet d'identifier et de comprendre les altérations et mène à une optimisation de la performance sportive et une optimisation de la prise en charge thérapeutique.

#### **Les approches de la biomécanique :**

- Approche qualitative: privilégiée dans les situations d'entraînement, sert à la description du mouvement à partir de l'observation.
- Approche quantitative: privilégiée dans le domaine de recherche des APA, fait appel à des méthodes plus complexes.

Ces deux approches sont complémentaires.

## 2. Plans, Axes et Mouvements Articulaires:

### Introduction:

Avant d'aborder l'analyse du mouvement humain, il faut être capable de décrire le mouvement des segments corporels par rapport aux articulations et déterminer autour de quel axe ces rotations s'effectuent.

Pour décrire une position ou un mouvement, il est nécessaire de pouvoir expliquer quelle est la situation du sujet par rapport à l'observateur comment l'observateur voit le sujet : de face, de dos, de 3/4, latéralement, etc. et de quelle manière le sujet effectue son mouvement (e.g. le sujet effectue une rotation mais est-ce d'avant en arrière, de droite à gauche ?). Pour répondre à ces interrogations, nous allons nous servir des plans et des axes de référence qui sont définis par rapport à la position standard anatomique humaine, position dite de Paul Poirier **Figure2**.

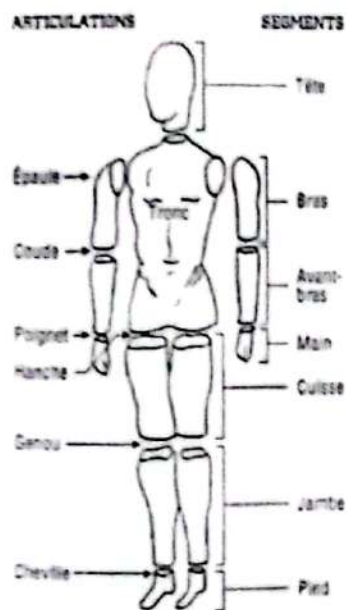


Figure 1

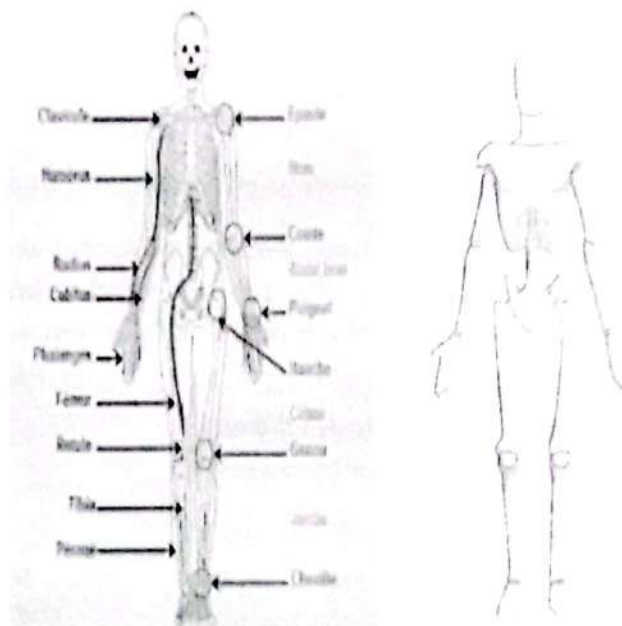


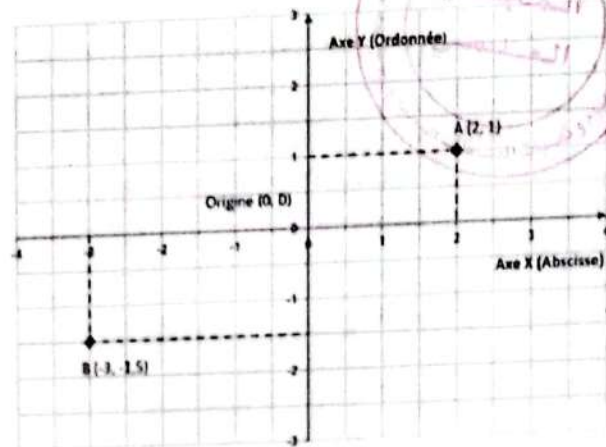
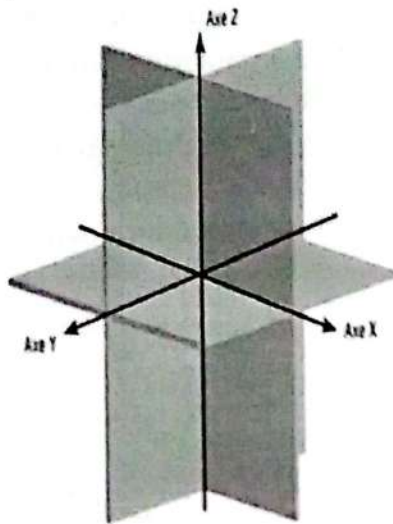
Figure2

### Coordonnées 2D et 3D

Dans un espace bidimensionnel, c'est-à-dire un plan, se trouvent deux axes perpendiculaires l'un à l'autre : un axe vertical (l'abscisse) et un axe horizontal (l'ordonnée). L'intersection de ces deux axes forme l'origine, c'est-à-dire le point 0. Sur ce plan 2D, la position d'un point est décrite par 2 valeurs: une valeur horizontale et une valeur verticale. Ce sont ses coordonnées. Un troisième axe, l'axe z est nécessaire pour décrire le mouvement dans un espace tridimensionnel. Cet axe passe



par l'origine et est perpendiculaire aux axes X et Y décrits ci-dessus. La montre ce troisième axe et les plans définis par ces trois axes. Dans ce cas, la position d'un point sera décrite par 3 valeurs : une valeur horizontale, une valeur verticale et une valeur de profondeur.



**Les plans:**

En biomécanique, nous utilisons généralement trois plans imaginaires liés au corps humain et orientés perpendiculairement les uns aux autres. Ce sont les plans anatomiques du corps humain, le plan sagittal (de profil), le plan frontal (de face) et le plan horizontal (axial). Figure 2.

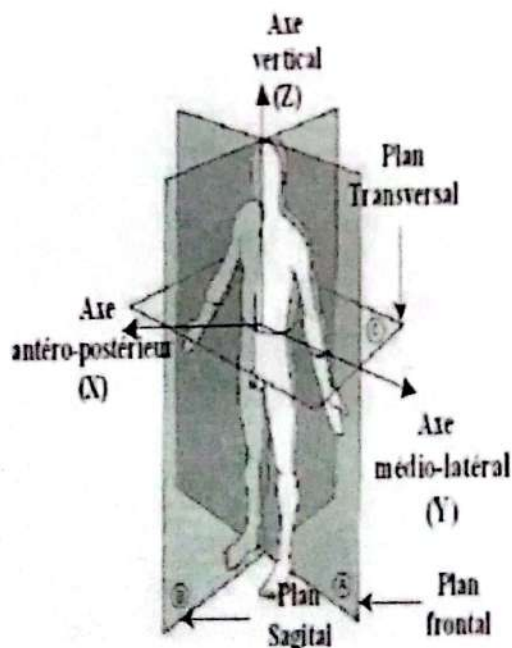


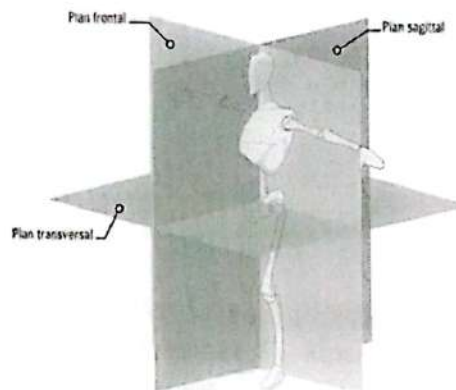
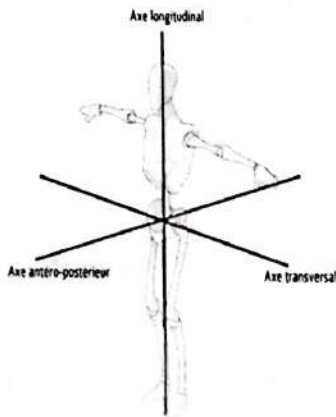
Figure 2 : Axes et plans anatomiques de référence (d'après Williams, 1986)

Ce sont les plans anatomiques du corps humain, le croisement de ces plans forme l'origine O du système d'axe qui se situe au niveau de la seconde vertèbre sacrée (S2)/ CG.

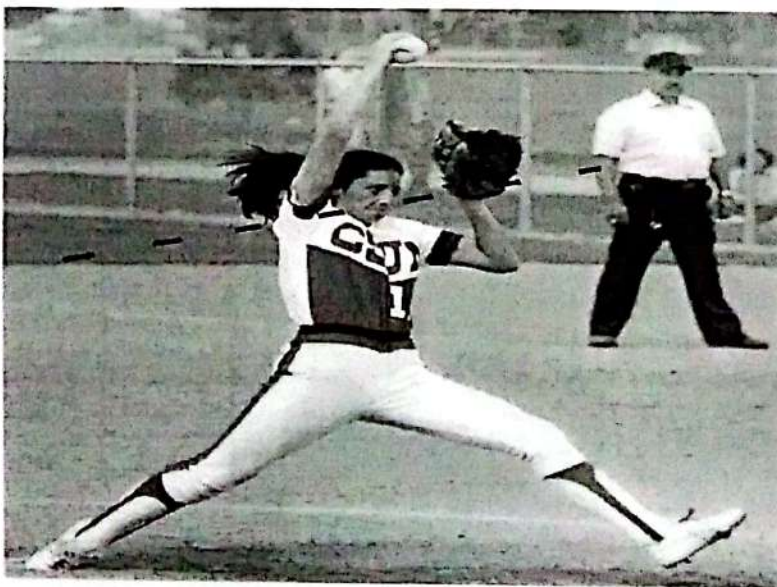
### Les axes de rotation :

Un axe est une ligne droite autour duquel un objet tourne. Le mouvement dans une articulation se déroule dans un plan autour d'un axe. Il y a trois axes de rotation.

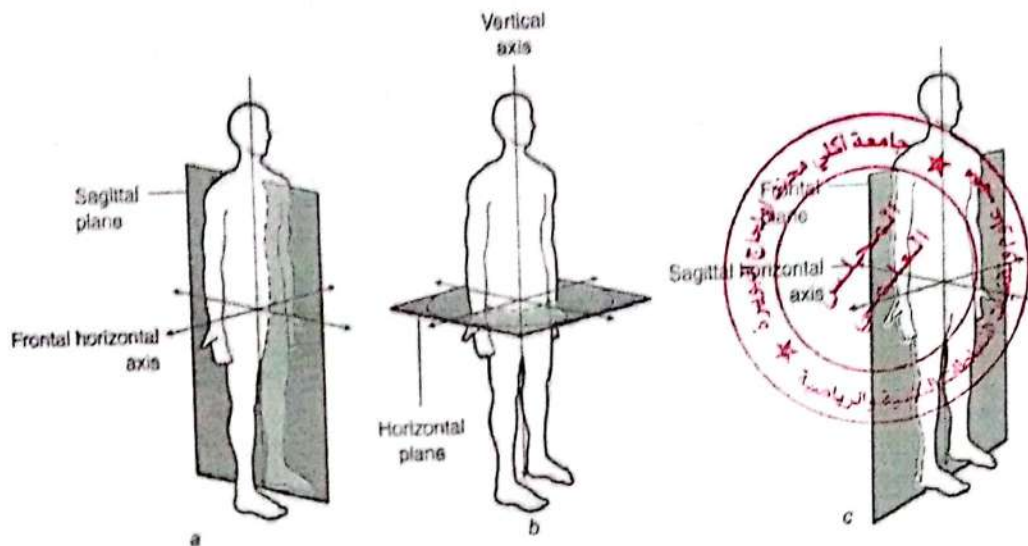
1. L'axe frontal passe horizontalement de gauche à droite et est formé par l'intersection des plans frontal et transversal.
2. L'axe sagittal passe horizontalement d'arrière en avant il est formé par l'intersection des plans sagittal et transversal.
3. L'axe vertical passe verticalement à partir de la partie supérieure à la partie inférieure est formé par l'intersection des plans sagittal et frontal.



La rotation d'un segment de corps au niveau d'une articulation se produit autour d'une ligne imaginaire appelée l'axe de rotation qui passe par le centre de l'articulation.

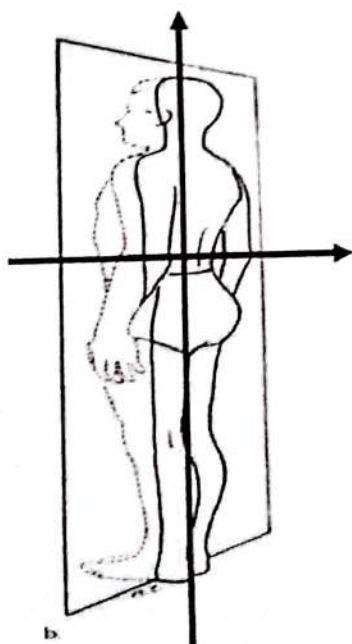


Les trois plans anatomiques et leurs axes :



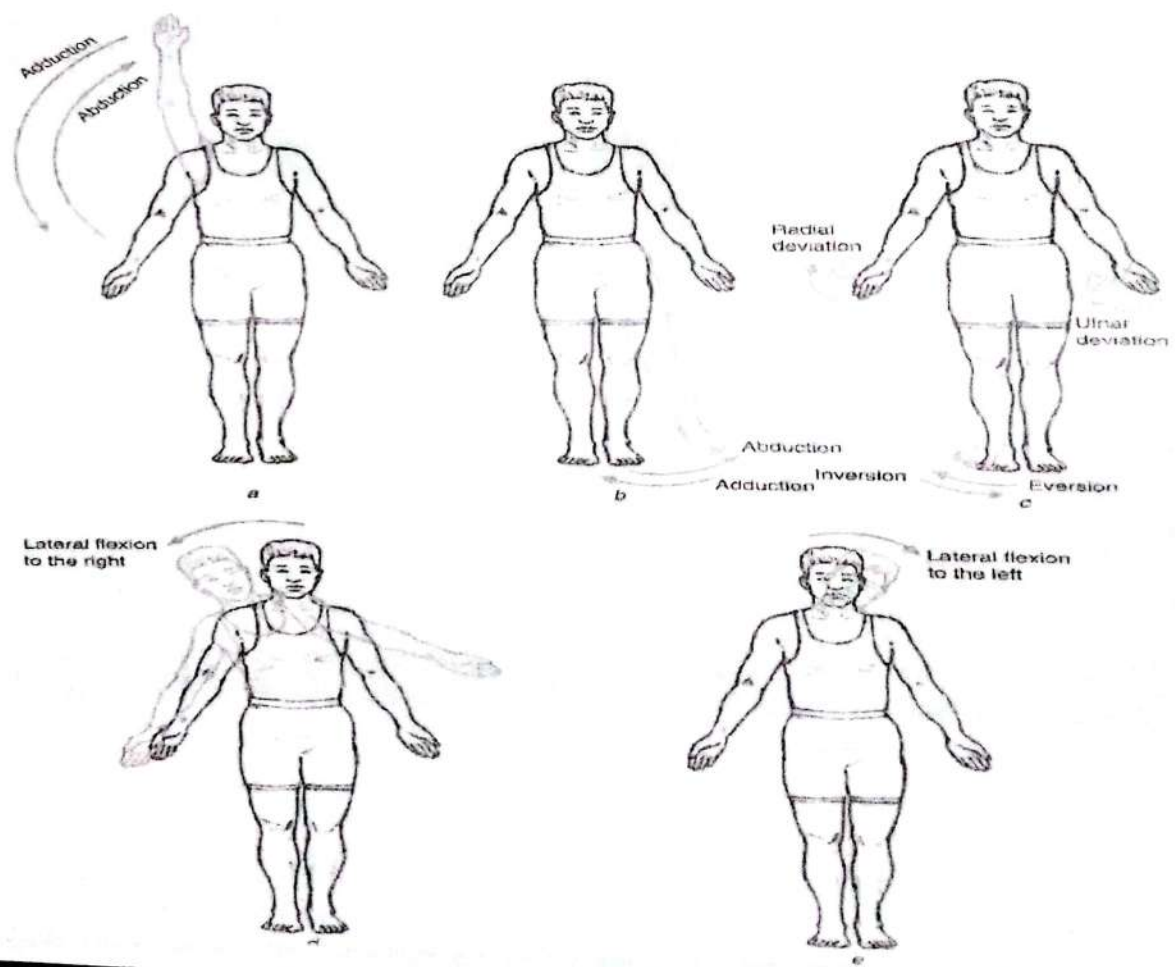
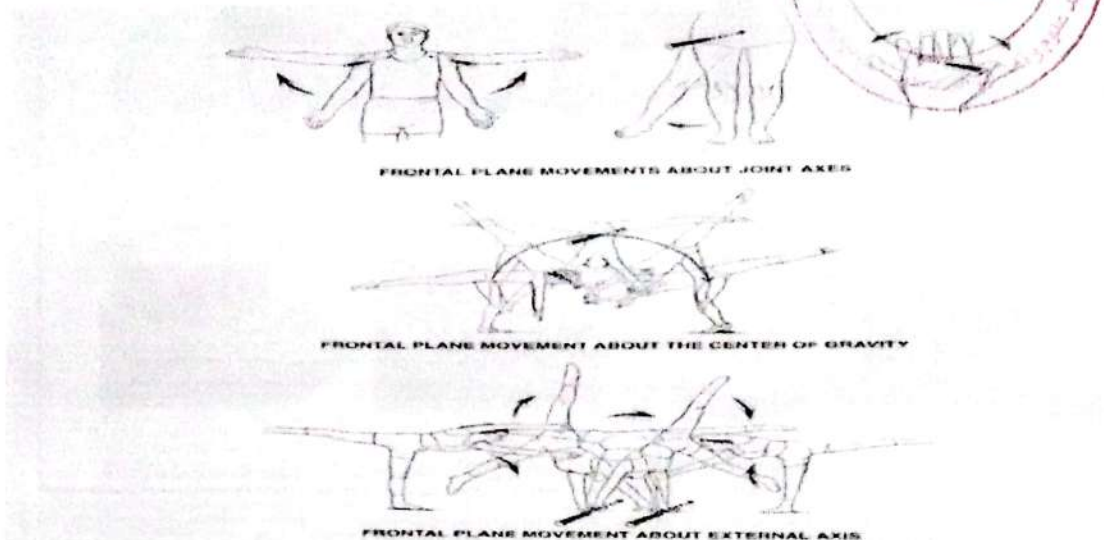
1. Plan frontal :

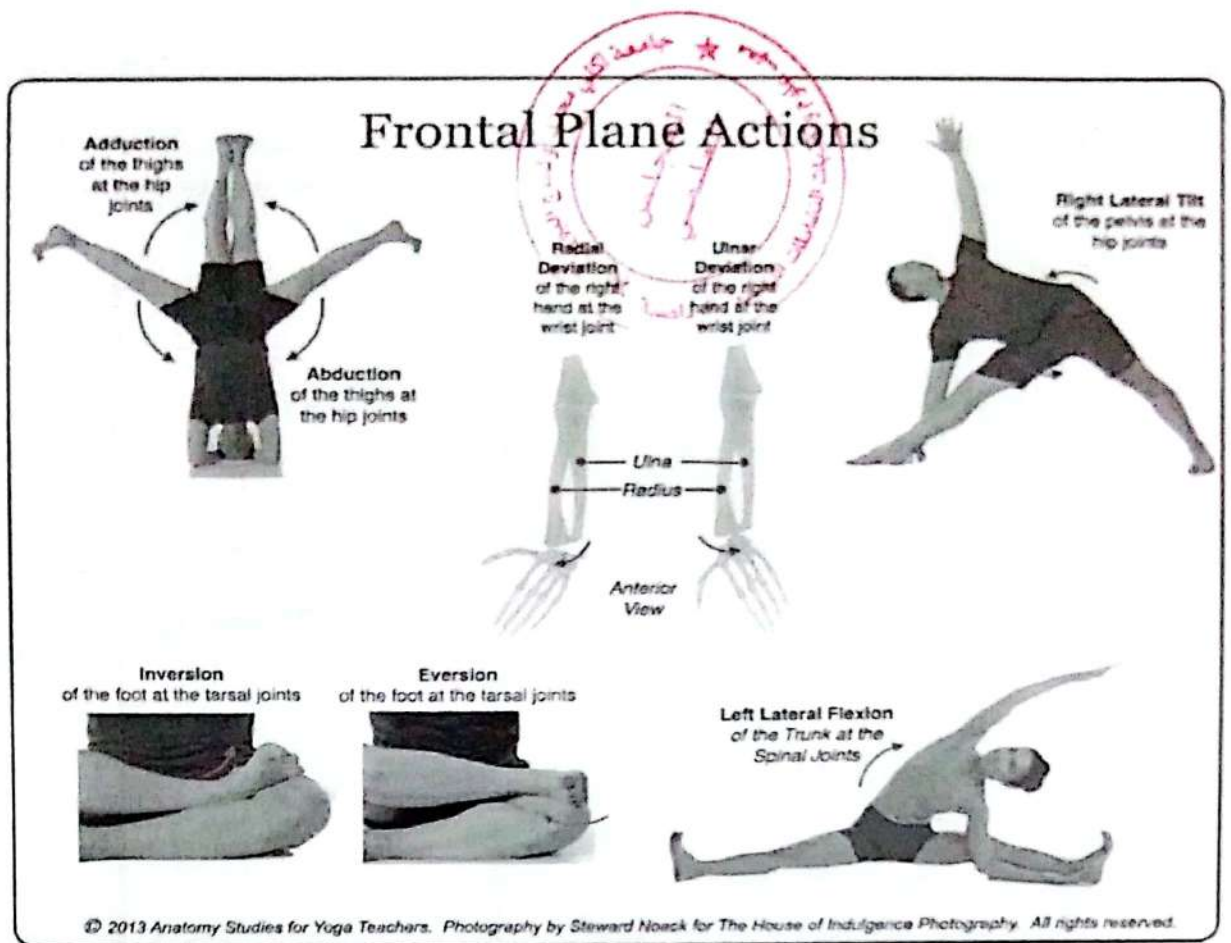
Divise le corps en 2 parties antérieure et postérieure. Chaque plan est déterminé par deux axes perpendiculaires qui se rejoignent au niveau de S2, ainsi le plan frontal est formé de deux axes anatomiques les axes vertical et transverse.



**Abduction / Adduction :**

Ce sont les mouvements dans le plan frontal autour de l'axe sagittal et impliquent le déplacement de la partie du corps loin ou vers une ligne médiane imaginaire. L'enlèvement prend la partie du corps loin de la ligne centrale et l'adduction se déplace vers. Adduction peut également déplacer la partie du corps à travers la ligne de centre et de l'autre côté du corps.



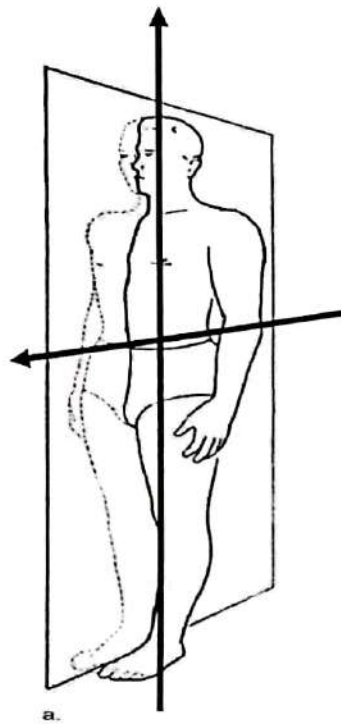


Une roue (cartweel) se déroule dans le plan frontal.

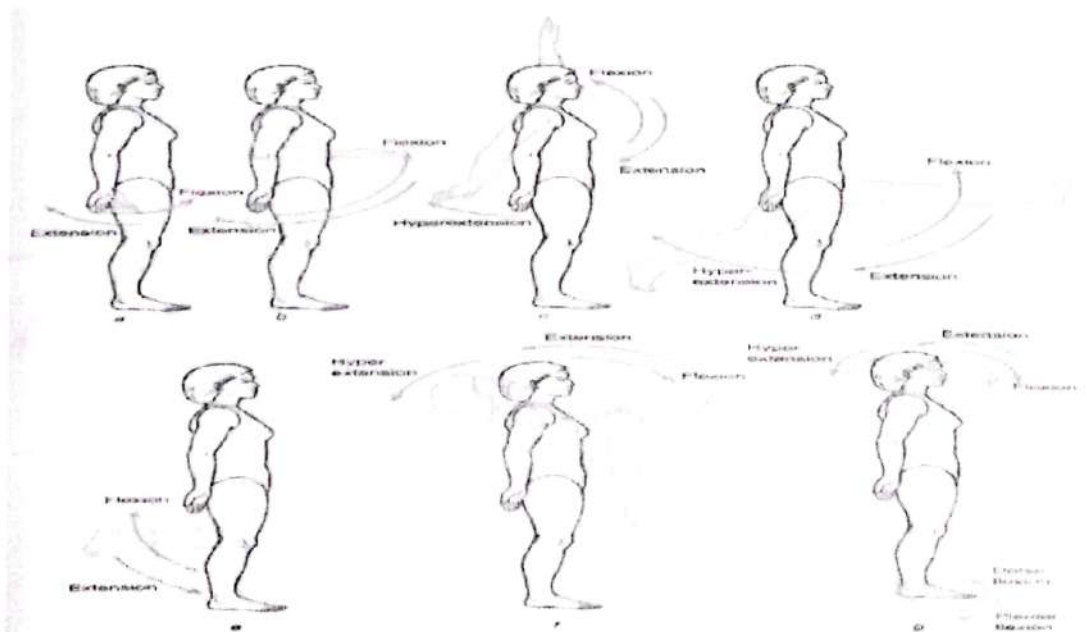
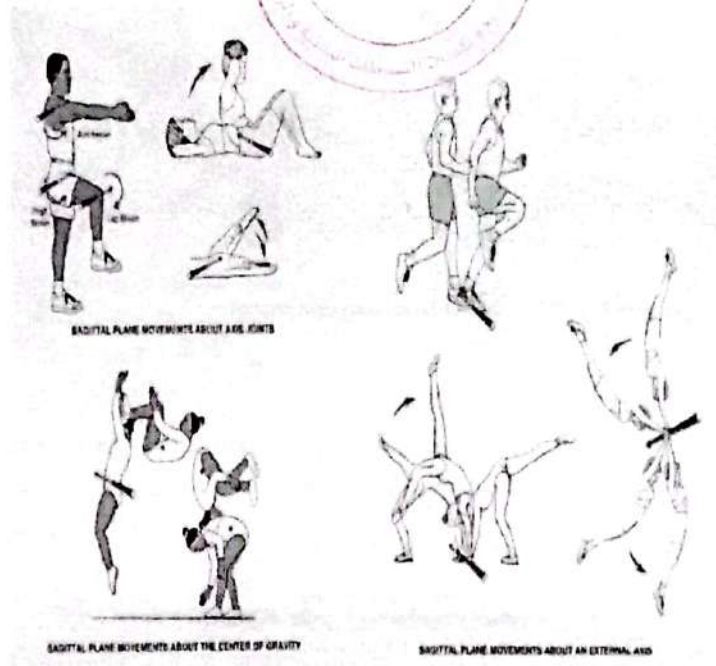


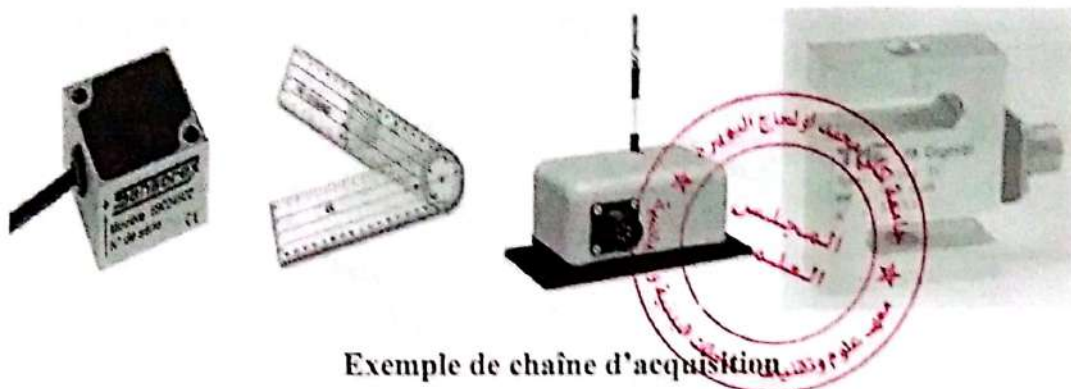
**Plan sagittal:**

Le plan sagittal partage le corps en deux moitiés, droite et gauche. Il est délimité aussi par un axe vertical et un axe sagittal.

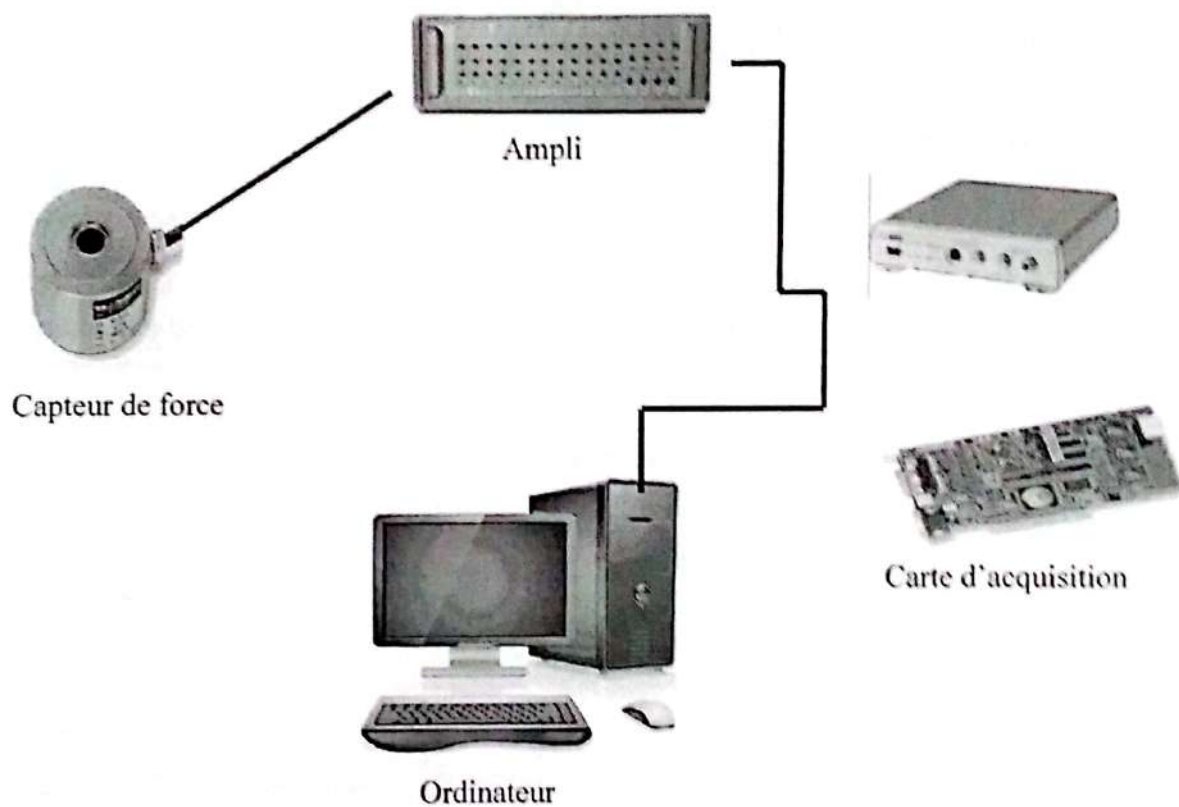


**Les mouvements dans le plan sagittal**





Exemple de chaîne d'acquisition



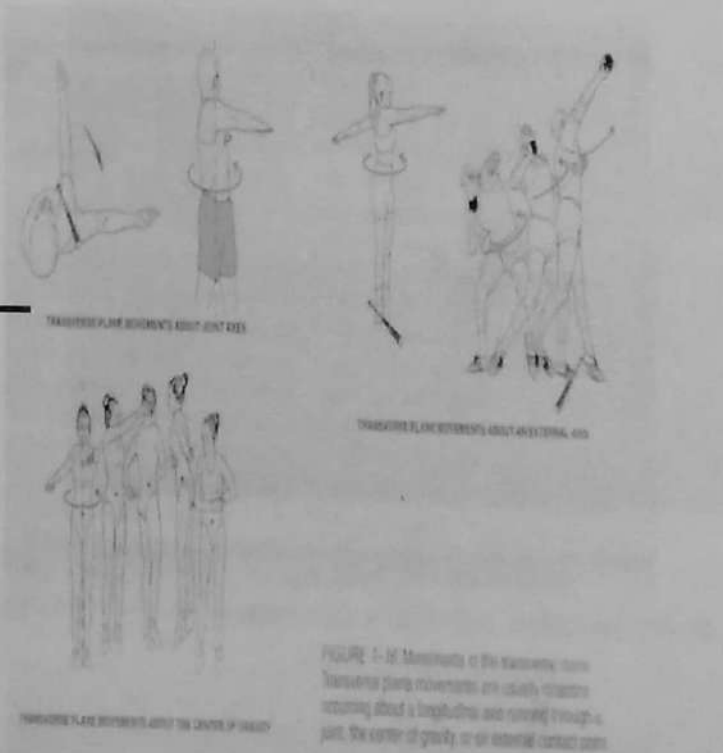
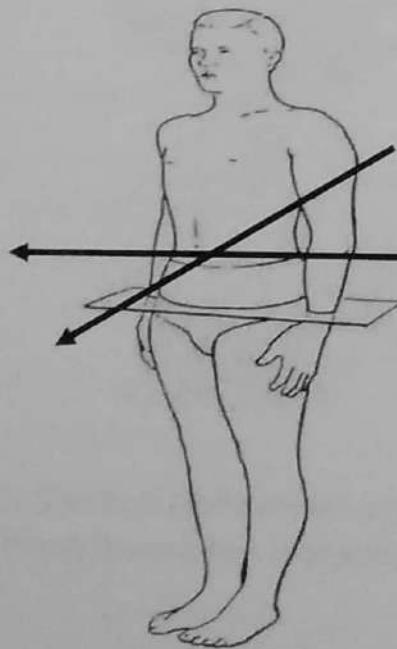
En Cyclisme le mouvement des jambes se déroule dans le plan sagittal.



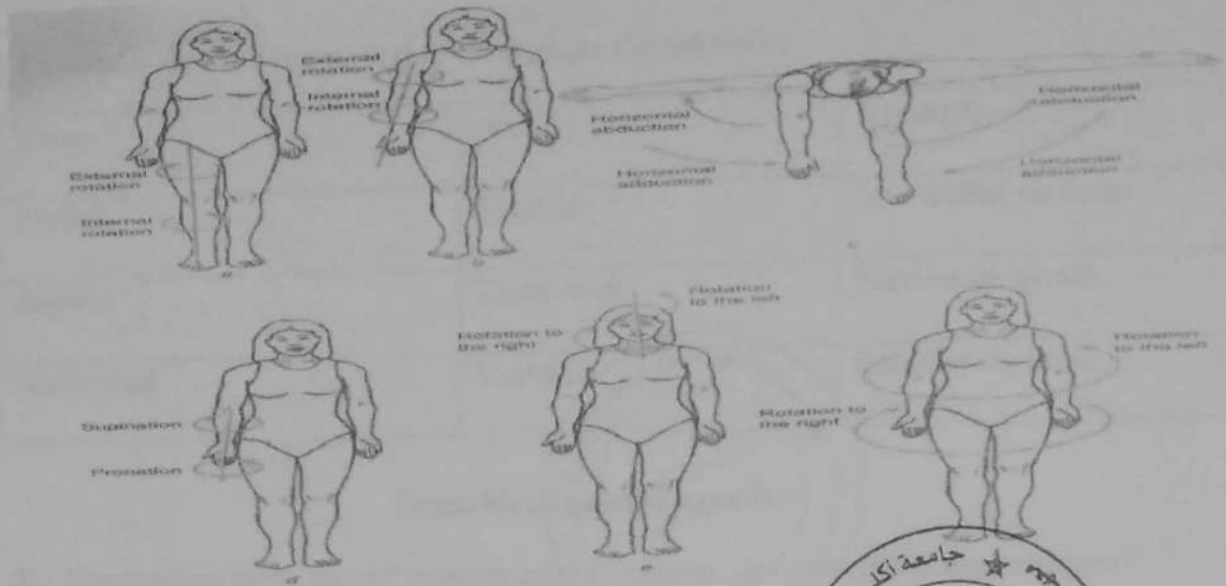
**Plan horizontal:**

Si l'on observe le corps d'une position située au-dessus de la tête on aperçoit le plan horizontal. Ce plan divise la partie supérieure de la partie inférieure du corps. Il est formé des axes sagittal et transverse.

**Les mouvements dans le plan Horizontal**







A titre d'illustration, un coup franc en football s'effectue dans le plan sagittal, alors qu'au golf le coup d'envoi suit une trajectoire dans le plan frontal bien que ces deux mouvements de rotation soient relativement similaires, ils ne se produisent pas dans le même plan.\*

**Coup franc (football).**

**Swing (golf).**



Le Mvt de la jambe droite s'effectue Principalement dans le plan sagittal

Le Mvt des membres supérieurs s'effectue essentiellement dans le plan frontal

**Exemples de mouvements dans des plans dominants :**

Plan	Axe	Exemple
Frontal	Sagittal	Mvt latéral du tronc
Sagittal	Transverse	Flexion du genou
Horizontal	Vertical	Rotation du tronc

**Contrôle des connaissances:**

1. Nommer un geste sportif correspondant à chacun des trois plans anatomiques?
2. Donner un exemple d'un mouvement s'effectuant dans plus d'un plan, nommer les plans en questions?
3. Nommer un geste sportif correspondant à chacun des trois axes anatomiques?
4. Donner un exemple d'un mouvement s'effectuant autour de plus d'un axe, nommer les axes?

**Réponses**

1. Plan Frontal: roue (cartwheel) gymnastique coup de départ (swing) golf, fente en football. Plan Sagittal: course, marche, plongeon en natation. Plan Horizontal: rotation complète du corps (vrille), coup droit au tennis.
2. Double salto en arrière avec vrille; salto plan sagittal, vrille plan horizontal.
3. Axe sagittal: Swing. Axe transverse: Course. Axe vertical: coup droit en tennis
4. Double salto avec vrille; salto: axe transverse, vrille: axe vertical.

**Mouvement articulaire**

On réserve les termes de flexion et extension aux mouvements effectués dans le plan sagittal autour de l'axe transverse, les abductions et adductions se font dans le plan frontal autour de l'axe sagittal, les rotations se font dans le plan horizontal autour de l'axe vertical, portent différents noms selon le membre déplacé généralement on dit rotation interne(médiale) ou externe(latérale), s'il s'agit de la main on dira supination ou pronation. pour le pied, on emploiera les termes d'inversion et éversion.

Flexion, extension, abduction, adduction, supination et pronation sont les rotations les plus courantes.

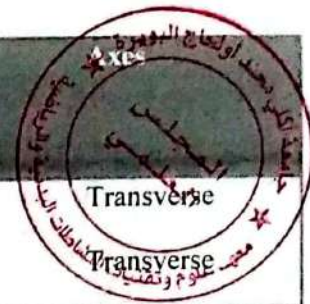
Plans, Segments Corporels	Mouvements	Définitions	Axes
Frontal	Abduction	Eloignement d'un segment par rapport au corps	sagittal
	Adduction	rapprochement d'un segment par rapport au corps .	
	Elévation	Déplacement vers le haut	
	Dépression	déplacement vers le bas.	
Sagittal	Flexion	Diminution de l'angle entre deux segments adjacents.	transverse
	Extension	Augmentation de l'angle entre deux segments adjacents.	
Horizontal	Antépulsion	Déplacement vers l'avant.	Verticale
	Rétropulsion	Déplacement vers l'arrière.	
	Rotation	Mvt autour de l'axe longitudinale.	
Main	Supination	Rotation vers l'extérieur ou le haut.	longitudinale
	Pronation	Rotation vers l'intérieur ou le bas.	
Pied	Inversion	Elévation du bord interne.	longitudinale
	Eversion	Elévation du bord externe.	
Cou, épaule, poignet, hanche, cheville	Circumduction	Mouvement de rotation de l'extrémité d'un segment comprenant flexion, extension, abduction, adduction.	Multi-axial

### Contrôle des connaissances

1. Nommer un geste sportif correspondant à chacune des six principales rotations?
2. Donner un exemple d'un mouvement complexe impliquant plus d'une rotation autour de la même articulation?

### Réponses

1. Flexion Extension: coup de pied pour un coup franc. Abduction Adduction: papillon dans la nage. Rotation interne/externe: mouvement du poignet pour donner de l'effet à une balle lors d'un lancer.
2. Lancer au base-ball, papillon dans la nage.



Plans, segments corporels	Mouvements	Définitions	
<b>Sagittal</b>	Flexion	Diminution de l'angle entre deux segments	Transverse
	Extension	Augmentation de l'angle entre deux segments	Transverse
<b>Frontal</b>	Abduction, Adduction	Éloignement d'un segment par rapport au corps	Sagittal
		Rapprochement d'un segment par rapport au corps	Sagittal
	Élévation, Dépression	Déplacement vers le haut	Sagittal
		Déplacement vers le bas	Sagittal
<b>Horizontal</b>	Antépulsion	Déplacement vers l'avant	Vertical
	Rétropulsion	Déplacement vers l'arrière	Vertical
	Rotation	Mouvement autour de l'axe longitudinal	Vertical
<b>Main</b>	Supination	Rotation vers l'extérieur ou le haut	Longitudinal
	Pronation	Rotation vers l'intérieur ou le bas	Longitudinal
<b>Pied</b>	Inversion	Élévation du bord interne	Longitudinal
	Éversion	Élévation du bord externe	Longitudinal
<b>Cou, Epaule, Poignet, Hanche, Cheville</b>	Circumduction	Mouvement de rotation de l'extrémité d'un segment comprenant flexion, extension, abduction et adduction	Multi – axial

Articulation	Mouvement	Amplitude (Degrés)	Articulation	Mouvement	Amplitude (Degrés)
Épaule	Flexion	180	Hanche	Flexion	120
	Extension	60		Extension	30
	Abduction	180		Abduction	30
	Adduction interne	75		Rotation	45
	Rotation	70		Rotation externe	45
	Rotation externe	90			
Articulation sterno-claviculaire	Circumduction		Genou	Flexion	135
	Élévation			Extension	0
	Dépression				
	Antépulsion				
	Rétropulsion				
Coude	Flexion	150	Cheville et pied	Flexion dorsale	20
	Neutre	0		Flexion plantaire	50
	Hyperextension	10		Inversion	30
	Pronation	80		Éversion	15
	supination	80		Circumduction	
Poignet	Flexion	80	Tronc	Flexion	80
	Extension	70		Extension	20 à 30
	Adduction	20		Inflexion	35
	Abduction	30		Rotation	45



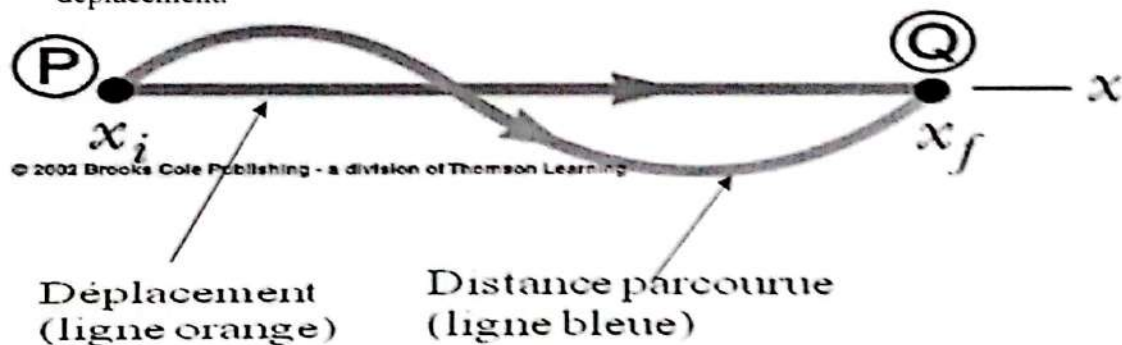
### 3. Cinématique du Mouvement Rectiligne et Angulaire

#### 3.1. Cinématique du Mouvement Rectiligne

La cinématique est l'étude des mouvements indépendamment de leurs causes. Cette étude a pour but d'associer à chaque type de mouvement des équations destinées à l'identifier.

##### Définitions

- Le mouvement est **rectiligne**  
 $\Leftrightarrow$  la trajectoire est une droite.
- Le mouvement est **uniforme**  
 $\Leftrightarrow v$  (intensité du vecteur vitesse instantanée) est constante.
- Le mouvement est **rectiligne et uniforme (MRU)**  
 $\Leftrightarrow \vec{v}$  (vecteur vitesse instantanée) est constant.
- Equation horaire :  $v = \frac{d}{t}$      $v$  : vitesse (m/s),  $d$  : distance (m),  $t$  : temps (s)
- La distance parcourue est toujours de grandeur égale ou supérieure à celle du déplacement.



- Le mouvement est **rectiligne et uniformément varié (MRUV)**  
 $\Leftrightarrow$  l'accélération est constante.
- Les équations horaires :
- $d = 0,5at^2 + v_0t + d_0$
- $v = at + v_0$
- $v^2 - v_0^2 = 2a(d - d_0)$

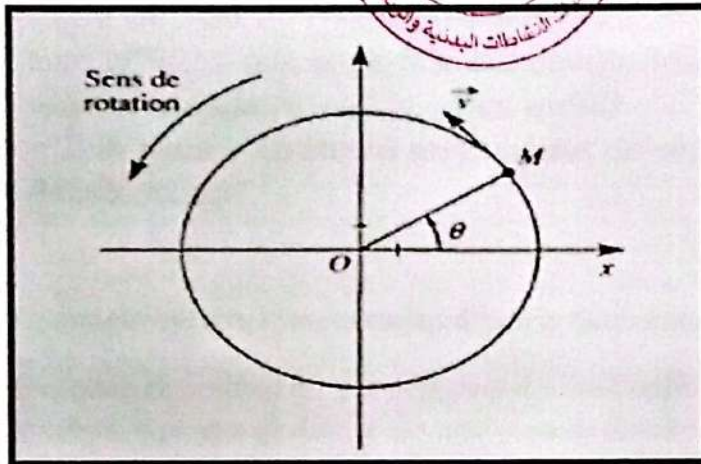
#### 3.2. Cinématique du mouvement angulaire

Il y a rotation (ou mouvement angulaire) lorsqu'un corps suit un trajet circulaire sur une ligne quelconque dans l'espace, de sorte que toutes les parties de ce corps se mouvent selon : le même angle; dans la même direction dans le même temps.

Cette ligne qui peut ou non passer au travers du corps lui-même, est connue comme l'axe de rotation et est situé à angle droit par rapport au plan de mouvement du corps.

### Mouvement angulaire uniforme (MAU)

La trajectoire d'un mouvement circulaire uniforme est un cercle de centre O et de rayon r; La vitesse instantanée et la vitesse angulaire en chaque point sont constantes. La direction du vecteur vitesse instantanée change à chaque instant; L'accélération angulaire  $\alpha(t)$  est nulle. Ce mouvement est noté MAU.



- Les équations horaires de mouvement sont :

$$\alpha(t) = \ddot{\theta}(t) = 0 \text{ rad/s}^2$$

$$\omega(t) = \omega_0 = \text{Constante}$$

$$\theta(t) = \omega_0(t-t_0) + \theta_0$$

$t_0$ , et  $\theta_0$  sont les conditions initiales du mouvement.

- **Mouvement angulaire uniformément varié (MAUV) :**

La trajectoire d'un mouvement circulaire uniforme est un cercle de centre O et de rayon r, L'accélération angulaire  $\alpha$  est constante. Ce mouvement est noté : MAUV

**Les équations horaires de mouvement sont :**

$$\alpha(t) = \alpha_0 = \text{Constante}$$

$$\omega(t) = \alpha_0(t-t_0) + \omega_0$$

$$\theta(t) = \frac{1}{2} \alpha_0(t-t_0)^2 + \omega_0(t-t_0) + \theta_0$$

$t_0$ ,  $\theta_0$ ,  $\omega_0$  sont les conditions initiales du mouvement.

Exercices :

Exo N°01: Si une gymnaste fait un salto arrière en 1,5s calculez sa vitesse angulaire?

Solution:  $\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$   $\omega = \frac{360^\circ}{1,5}$   $\omega = 240^\circ/s$  ou  $\omega = 1,9 \text{ rad/s}$

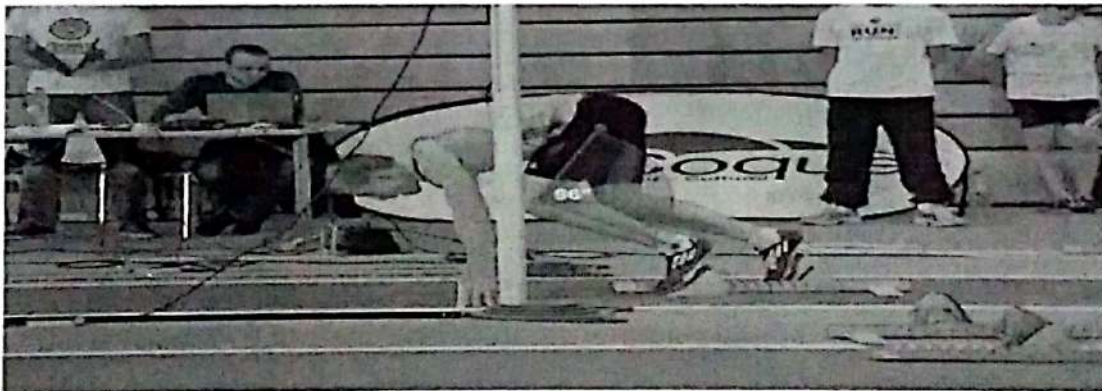
La gymnaste à fait une révolution complète c'est -à- dire un angle de 360°.

Exo N°02: - une roue fait une révolution en 2mn, quelle est sa vitesse angulaire en °/s, et en rad/s?

- Si la roue s'arrête en un dixième de seconde, quelle sera sa décélération?

Comment décrire le mouvement d'une articulation ?

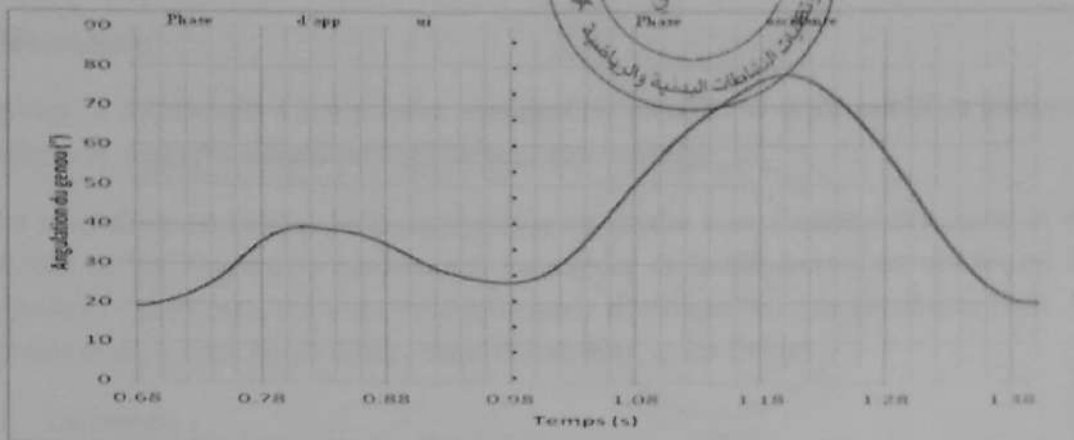
La notion de position est très utile pour décrire l'endroit où se trouve une personne ou un objet. Il permet de décrire des mouvements linéaires. Cette notion n'est cependant pas adaptée aux articulations qui ont des mouvements de rotation. On se sert alors de la notion d'angle : l'angle du genou correspond à l'orientation du fémur par rapport au tibia (Figure) qui présente l'Angulation du genou lors d'un départ de sprint.



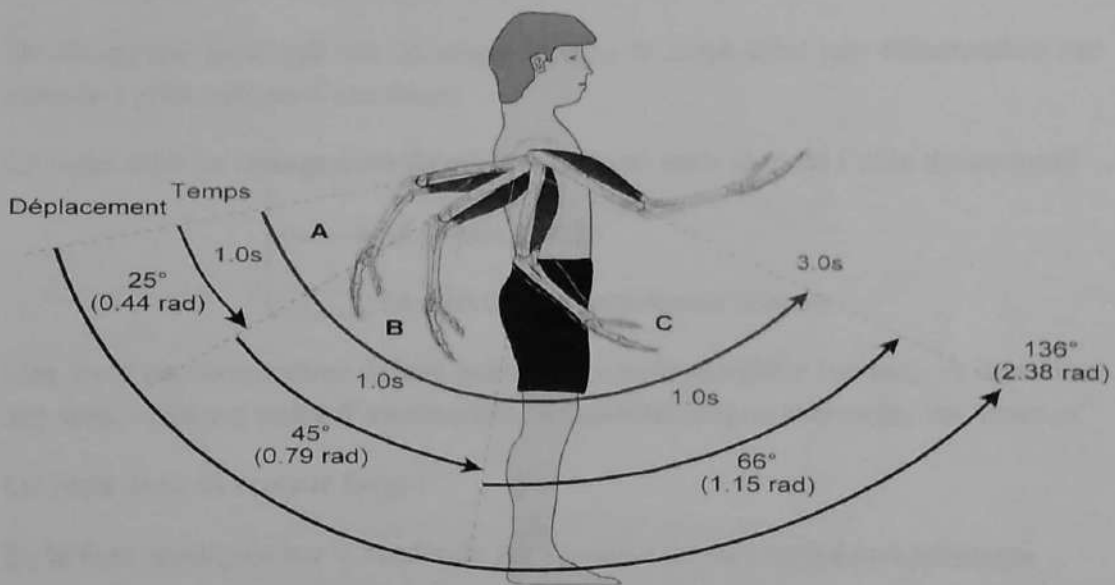




Evolution de l'angulation du genou lors d'une activité de course



Exemple d'un déplacement angulaire du membre supérieur 136° (1 rad=57.3°)



#### 4. Principes de la mécanique:

##### Mécanique:

Avant de commencer à comprendre comment les humains se déplacent, il ya plusieurs termes et concepts mécaniques qui doivent être clarifiés.

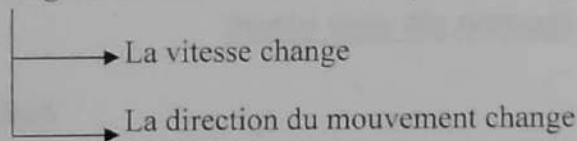
La mécanique est la branche de la physique qui étudie le mouvement des objets et les forces qui provoquent ce mouvement. La science de la mécanique est divisée en de nombreux domaines, mais les trois principaux domaines les plus pertinents pour la biomécanique sont: corps rigide, corps déformable, et les fluides.

##### 1. La force:

Une **force** est une quantité vectorielle caractéristique d'une action mécanique (subie ou développée) représentée par un **vecteur**.

On dit qu'une force agit sur un corps, lorsque le corps subit une **déformation** (on parle de l'effet statique d'une force)

Le corps subit un **changement de mouvement** (on parle alors de l'effet dynamique)

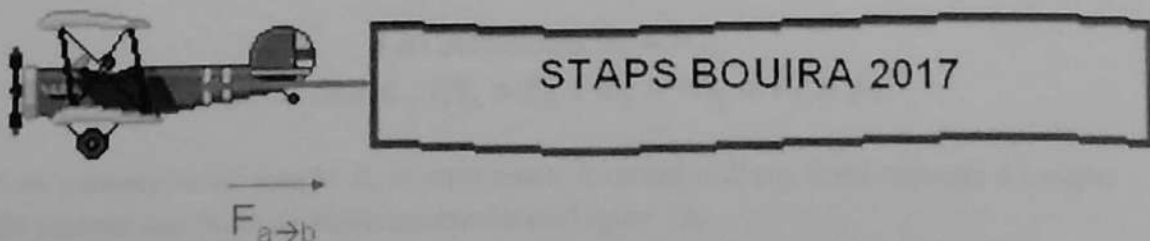


Une force est parfaitement définie quand on connaît sa **valeur** (norme), sa **direction**, son **sens**, voire son **point d'application**, ces caractéristiques sont celles des vecteurs.

On parle donc de **vecteur force** :

Ici la force appliquée sur la banderole par l'avion à les caractéristiques suivantes

$F_{a \rightarrow b}$  : valeur 400 N, Direction horizontale, Sens vers la gauche.



**Caractéristiques d'une force** : Exemple du poids

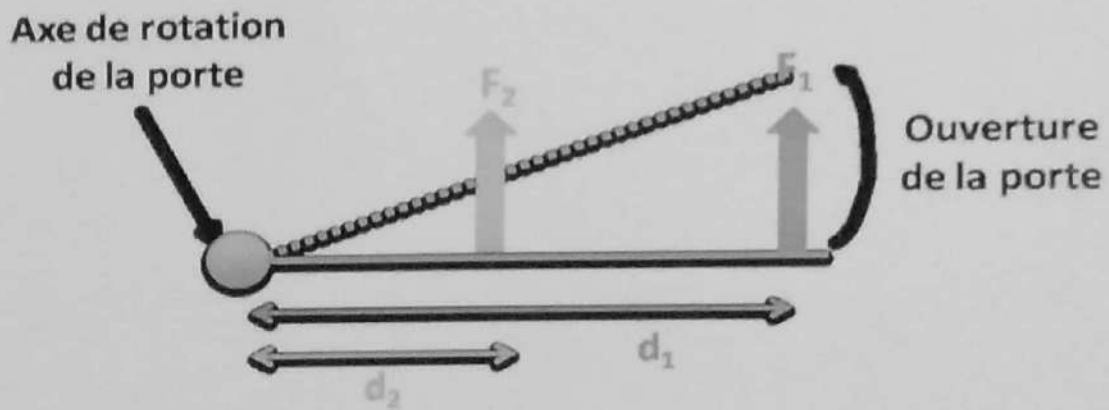
Une grandeur (ex : 686N)

- Une direction (verticale)
- Un sens (vers le bas)
- Un point d'application (CdeM).  $P = m \cdot g$



Le moment de force :

Porte vue de dessus



On suppose  $F_1 = F_2$ ,  
 On a donc :  $M_1 = F_1 \times d_1 > M_2 = F_2 \times d_2$

Une manière assez simple de se représenter le moment d'une force consiste à essayer de pousser une porte de plusieurs manières (Figure 12):

Pour commencer ouvrir la porte en poussant à côté de la poignée (la distance entre le point d'application de la force et l'axe de rotation est grand)

## References

1. Allard. Blanche et col : Analyse du mouvement humain par la biomécanique, 2<sup>ème</sup> édition, éd Décarie, 2000, Canada.
2. Paul. Grimshaw, Adrian. Burden : Biomécanique du sport et de l'exercice, 1<sup>ère</sup> édition, éd De Boeck, 2010, Bruxelles.
3. Duane. Knudson: Fundamentals of biomechanics, second edition, springer, 2007, California.
4. Shirl J. and Janet C.Harris: Introduction to Kinesiology and Physical Activity, Hoffman editor, third edition, 2009, US.
5. Roger.Bartlett: Introduction to Sports Biomechanics Analysing Human Movement patterns, second edition, routledge editor, 2007, USA.
6. Peter M. McGinnis: Biomechanics of Sport and Exercise, third edition, 2013, USA.
7. <http://un-medecin-vous-informe.blogspot.com/2013/05/renforcement-musculaire-isocinetique.html>.
- 8.

Ensuite essayer d'appliquer la même force qui vous avait permis d'ouvrir la porte mais en étant proche des gonds (la distance entre le point d'application de la force et l'axe de rotation est faible).

Normalement cela devrait être beaucoup plus difficile. La même force n'a pas la même aptitude à ouvrir (induire la rotation) la porte. Le "moment" est différent. Cela est tout simplement dû au fait que dans un cas nous nous trouvons loin de l'axe de rotation alors que dans l'autre cas nous sommes très proches. La manière naturelle de compenser est de pousser plus fort (augmenter la force) pour avoir un moment de force identique et avoir ainsi la même action (par exemple ouvrir la porte à la même vitesse).



## Références bibliographiques

1. **Achard de Leluardière F.** (2005). Contribution à la formation des entraîneurs par la recherche en mécanique humaine. Deux spécialités : le lancer du poids et la course de vitesse. [Thèse], Université de Poitiers.
  2. **Allard,Blanchi et collaborateurs** (2000) : *Analyse du mouvement humain par la biomécanique, 2eme édition, édition vigot paris.*
  3. **BARBIER F.** 1994, Modélisation biomécanique du corps humain et analyse de la marche normale et pathologique : application à la rééducation, Thèse de doctorat, Université de Valenciennes.
  4. **COUSSI O.** (1997), de l'observation cinématique à l'étude dynamique et énergétique de mouvements humains, Thèse de doctorat, Université de POITIERS.
  5. **Demeny G.**(1903). *Bases scientifiques de l'éducation physique.* Félix Alcan. Paris.
  6. **Demeny G.** (1993). *Mécanisme et éducation des mouvements.* Paris: Réimpression de l'édition Félix Alcan de 1924. Paris: éditions revue EPS.
  7. **Drouin, G, thiry, P, S. et Allard, P.** (1980). Introduction à la biomécanique moderne, ses fondements et ses applications.
  8. **Durey. A.** (1997). Physique pour les sciences dz sport. éd masson. Paris.
  9. **Leplanquais F.** Contribution à l'analyse mécanique des allures de la locomotion humaine. Caractérisation de tâches corporelles diverses à l'aide des travaux des efforts internes. [Thèse], Université de Poitiers, 1995.
  10. **Marey EJ.** *Le mouvement.* Paris: Masson; 1894.
  11. **R. lepers, A. martin** (2007), Biomécanique, cours et exercices corrigés, édi ellipses, paris.
- <http://www.twu.edu/biom/isbs/index.htm>.