

1) Pourquoi doit-on tenir compte des principes de biomécanique en établissant un programme d'exercice ??

La biomécanique est l'application de principes mécaniques au corps au repos et en mouvement.

La biomécanique regroupe les facteurs tels que bras de levier, force de pesanteur, vitesse, accélération instantanée... Ces principes bien étudiés permettent d'établir le programme avec grande efficacité et peu de risques de lésion.

2) Donnez 3 exemples où les principes de biomécanique interviennent (activités sportives/ rééducation)

Sportif : - tenir compte de l'angle de saut pour un plongeur ($<45^\circ$), saut en longueur ($=45^\circ$) ou un saut en hauteur ($>45^\circ$).

- départ d'un saut vers le haut, station à genoux/ debout.
- Base de sustentation en lutte

Rééducation : - marche (déplacement, vitesse, accélération)

- genoux en valgum (orthèse)
- Marche avec des béquilles (réaction du sol)

3) Donnez la définition de cinétique et cinématique.

Cinétique : l'étude des corps en mouvement et des forces produisant le mouvement

Cinématique : science du mouvement, elle traite des relations entre les déplacements vitesse et accélération dans les mouvements de translation et rotation.

4) Propriété fondamentale de l'Os ? comment la structure de l'os révèle elle cette propriété ?

Résistance : la résistance contre des forces de grande intensité mais de courte durée.

La structure tubulaire de la diaphyse des os longs révèle leur adaptation fonctionnelle (substance osseuse disparue aux endroits où elle n'était pas nécessaire), et les tissus spongieux de l'épiphyse des os longs présentent des travées disposées suivant des lignes de pression (résistance aux chocs).

5) Définir suture, symphyse et Diarthrose.

Suture : type d'articulation qui ne permet aucuns mouvements (exemple des os du crâne)

Symphyse : articulation reliée par des tissus fibreux, ne permettant que des mouvements

limités : articulation intervertébrales, symphyse pubienne

Diarthrose : articulation permettant des mouvements amples et variés. Elle se résume en une union d'os à l'aide de capsule articulaire, ligament et/ou muscles.

6) Comment s'organise la protection d'une articulation ?

Lorsqu'une charge mécanique est appliquée au niveau de l'articulation, s'enchainent les barrières de résistances :

- musculature péri articulaire (extensible, stabilisateur actifs de l'articulation) capable d'amortir les forces brutales de distension (muscles antagonistes)
- Ligaments : structure résistante et peu extensible (stabilisateurs passif) soumise très progressivement à la distension, déjà amortie par les muscles péri articulaires.

7) Définissez la diarthrose, les rôles des différents constituants et leur adaptation fonctionnelle

Diarthrose : articulation permettant des mouvements amples et variés. Elle se résume en une union d'os à l'aide de capsule articulaire, ligament et/ou muscles.

Les **surfaces articulaires** ont une forme qui détermine l'étendue des mouvements des segments osseux et le nombre d'axes autour desquels ces mouvements sont possibles. Celles-ci sont recouvertes de **cartilage hyalin** (lisse et élastique, compressible et extensible).

OK Les articulations sont aussi constituées de **cartilage articulaire** (meilleur glissement des surfaces articulaires, amortisseur des chocs, et limiteur de l'usure articulaire par frottements), **de structures fibro-cartilagineuse** permettant la concordance des surfaces articulaires (**bouffes marginaux et ménisques**) ; La **synoviale**, membrane mince et transparente tapissant la capsule articulaire et sécrétant la synovie (liquide lubrifiant) ; les **bourses séreuses** (sacs de membrane synoviale situés au niveau des frottements entre l'articulation et un muscle/tendon) favorisant le glissement.

Les **éléments de contention** tels que la **capsule articulaire** tissus fibreux formant un manchon d'un os à l'autre participent à maintenir des surfaces articulaires les unes contre les autres. Les **ligaments** sont des bandes de renforcement de la capsule, maintenant les surfaces articulaires en contact, guidant les mouvements avec précision, et arrêtant les mouvements avant le contact osseux. Les **tendons musculaires et les fascias des muscles péri-articulaires** assurent un contact des surfaces articulaires en elles.

Adaptation fonctionnelle : Les articulations s'adaptent aux conditions mécaniques imposées par la pesanteur et par l'activité musculaire :

- l'épaisseur du cartilage varie en fonction de la pression qu'il subit ;
- les structures ligamentaires qui subissent un renouvellement permanent de leurs fibres de collagène, les mouvements entretiennent le dépôt de fibre de collagène de longueur suffisante.

Si absence de mobilisation d'une articulation → diminution d'amplitude

8) Quel est le rôle de la musculature par rapport aux os et articulations ?

- Au niveau des articulations : stabilisateurs actifs articulaire (extensible) capable d'amortir les forces brutales de distension (muscles antagonistes). Les muscles peuvent mobiliser les articulations selon 1 ou 2 degrés de liberté.
- Au niveau de l'os : les muscles mono articulaires mobilisent le chaînon osseux distal par rapport à l'articulation si la chaîne est ouverte, à l'inverse, proximal si la chaîne est fermée. Si les muscles sont pluri-articulaire, ils peuvent mobiliser plusieurs chaînons.

9) Définissez le type articulaire et les degrés de liberté pour la scapulo-humérale, l'huméro-cubitale, la radio-cubitale supérieure, le genou, les articulations du carpe, du poignet, les disques vertébraux, la coxo-fémorale, la fémoro-tibiale, les inter-phalangiennes?

OK Scapulo-humérale : Enarthrose à 3 degrés de liberté (3 axes de rotation)

Huméro cubitale : Trochléartrose à 1 degré de liberté

Radio-cubital supérieure : Trochoïde à 1 degré de liberté

Genou : Diarthrose à surface discordante à 1 degré de liberté

Articulation du carpe : Arthrodies multiaxes

Articulation du poignet : Condylarthrose à 2 degrés de liberté

Disques vertébraux : Arthrodiè multiaxes
La coxo-fémorale : Enarthrose à 3 degrés de liberté
Fémoro-tibiale : Trochléartrose à 1 degré de liberté
Inter-phalangiennes : Trochléartrose à 1 degré de liberté

10) Représentez le squelette humain, de façon simplifié, propre à la biomécanique, en quoi est-elle une approximation ? quel est son intérêt ? donnez un exemple.

Voir schéma.

Approximation : centres articulaires fixes (alors qu'ils varient au cours du mouvement), la longueur du chaînon n'est pas toujours la même que celle représentée. (Longueurs os > longueur chaînon)

Intérêt : on délimite une surface caractéristique du mouvement, car c'est plus simple d'étudier sur un chaînon que sur le corps entier.

11) Donner un exemple de mouvement en chaîne cinétique ouverte, freinée et fermée. Quel intérêt y a-t-il en pratique de faire la distinction ?

Chaîne cinétiques :

- OK
- ouverte : extension de bras dans des mouvements de danse
 - freinée : exercice de poids et altères
 - fermée : extension des bras avec appui des mains au sol

Intérêt : différence de contraction musculaire pour le même mouvement.

12) Définissez les modalités de contraction musculaire, et les actions musculaires sur les chaînons osseux. Comment exprime-t-on mathématiquement l'action d'un muscle sur un chaînon.

Modes de contraction :

- OK Pour un muscle
- Isométrique : pas de déplacements articulaire, tension musculaire = résistance extérieure. Δ Fixe.
 - Concentrique : raccourcissement d'un muscle, la tension musculaire > résistance extérieure. Travail positif fourni.
 - Excentrique : allongement d'un muscle, la tension musculaire < résistance extérieure. Travail négatif fourni. Δ Force qui freine.

Actions des muscles :

- agoniste : fait le mouvement
- antagoniste : effectue le mouvement inverse (contraction freine ou module le mouvement de l'agoniste)
- Neutralisateur : neutralise un autre muscle ou une composante dont l'action n'est pas désirée
- Fixateur : immobilise certains segments.

Action du muscle sur un chaînon : relation vectorielle

13) Quel est l'axe mécanique et son intérêt ? qu'entend-on par centre de rotation ? à quoi correspond le centre articulaire représenté sur les schémas ?

Axe mécanique : l'axe mécanique d'un os est le segment de droite joignant les centres articulaires. (= axe suivant lequel se font les mouvements).

Il ne doit pas être confondu avec l'axe longitudinale ou anatomique de l'os, celui-ci correspond à la courbe qui rejoint le centre des coupes transversales de l'os.

Centre de rotation : les mouvements s'effectuent au niveau d'articulation aux surfaces de contact irrégulières. Les segments mobilisés ont des positions relativement différentes d'un

moment à l'autre au cours du mouvement. Il résulte que le centre de rotation n'est pas identique à chaque instant mais varie au cours du mouvement, d'où la notion de centre instantané de rotation.

Sur les schémas, les centres articulaires sont représentés par des points situés entre les segments.

14) Définissez le muscle équivalent et la représentation vectorielle de la force musculaire ? quel est le rôle des muscles dans le mouvement et la désignation qu'on leur donne selon leur rôle.

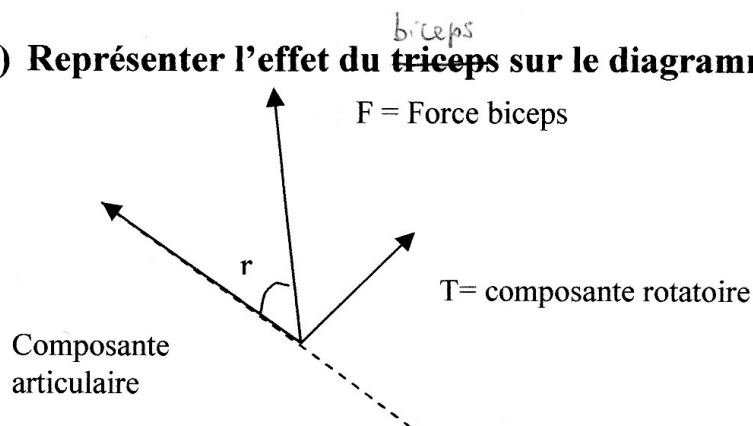
Muscle équivalent : muscle dont la force = force totale développée et dont la direction est celle du muscle prépondérant.

La représentation vectorielle de la force musculaire amène à considérer les attaches du muscle comme ponctuelles et à admettre que le muscle s'insère par un seul tendon à ses extrémités.

Représentation vectorielle : vecteur caractérisé par origine (insertion muscle), direction (direction de la ligne d'action), sens (sens du travail musculaire) et longueur (intensité de la force).

Rôle des muscles : mobiliser une articulation selon 1 ou 2 degrés de liberté (agoniste, antagoniste, neutralisateur, fixateur)

15) Représenter l'effet du ^{biceps} triceps sur le diagramme chaînon du membre supérieur



La composante de rotation : tend à déplacer le chaînon. Action sur le mouvement. La composante de rotation est perpendiculaire à la direction du chaînon ($F \sin.\alpha$)

Composante articulaire : action sur l'articulation. Selon la direction du chaînon. La composante articulaire suit la direction du chaînon ($F \cos.\alpha$)

16) A quoi correspond le moment d'une force musculaire ? Quel est le rôle du biceps dans le soulèvement d'un poids, la traction d'une valise, les exercices de pompage ? L'ensemble tendon/muscle peut-il être influencé par le mouvement ?

$$M = F * r$$

avec M = moment d'une force

F = Force

r = Bras de levier.

Rôle du biceps :

- soulèvement d'un poids : agoniste (effet rotatoire)
- traction de la valise : antagoniste (effet traction)
- Pompage : antagoniste lors de la montée (effet sécurité)

Tendon / Muscle : oui

→ Quand on travaille avec des étirements à amplitude complète si la contraction est complète.

→ Si contraction incomplète et étirement complet, alors la longueur tendineuse augmente (allongement global)

→ Contraction complète et étirement, la musculature aura tendance à se raccourcir.

ok 17) Comment localise-t-on un point dans l'espace, et un déplacement dans l'espace ?

Un point dans l'espace est caractérisé par ses coordonnées (abscisse et ordonnées)

Le déplacement est caractérisé par ses coordonnées radiales.

dx 18) Quel sont les paramètres scalaires et vectoriels du mouvement ?

Scalaires : distance + vitesse

Vectoriel : déplacement + vitesse + accélération + force (4 éléments : origine, sens direction, intensité)

OK 19) Quel est l'intérêt de déterminer la vitesse instantanée ? Comment procède-t-on ?

Intérêt : la vitesse instantanée renseigne sur les performances sportives

$V_i = dx/dt$

Evaluation graphique : tangente de la courbe déplacement en fonction du temps.

20) Définissez les termes suivants : rotation, glissement, roulement, flexion, extension.

Donnez un exemple.

Rotation : mobilisation d'un segment/ surface articulaire autour d'un axe. (Abduction et adduction, consistent en un écartement ou rapprochement d'un membre par rapport à l'axe longitudinal du corps)

OK **Glissement** : translation, mouvement caractérisé par déplacement d'une surface/ segment par rapport à un autre, de sorte que chaque point du premier corps présente une translation par rapport à chaque point du 2ème corps. (Cas des arthrodies)

Roulement : le roulement amène les points successifs d'un premier segment en regard de points successifs d'un deuxième segment. (Mécanisme de flexion extension du genou)

Flexion : rotation rapprochant les segments articulaires (flexion du coude)

Extension : rotation éloignant les segments articulaires (extension du coude)

21) A quoi correspondent les termes suivants : circumduction, rétropulsion, et élévation antérieure

OK **Circumduction** : combinaison de plusieurs mouvements (exemple : épaule)

Rétropulsion : élévation en arrière ou extension (exemple : scapulo-humérale)

Élévation antérieure : antépulsion ou flexion antérieure (exemple : scapulo-humérale)

22) Quels mouvements rencontre-t-on en biomécanique ? Définissez-les. Quel est le rôle des muscles dans le mouvement et leur désignation suivant leurs rôles ?

OK Mouvements **rectiligne** (translation lorsque toutes les parties de l'objet ont un déplacement équivalent dans l'espace), **angulaire** (rotation, suivant une trajectoire circulaire à distance d'un point fixe, rayon constant, axe de rotation = centre du cercle) et **paraboliques** (suit un trajet qui est toujours à distance égale d'un point fixe et d'une ligne fixe).

Le MRU est une situation où la vitesse est constante, le MRUA est une situation où la vitesse accélère uniformément (objet en chute libre)

Rôles des muscles

- agoniste : fait le mouvement
- antagoniste : effectue le mouvement inverse (contraction freine ou module le mouvement de l'agoniste)
- Neutralisateur : neutralise un autre muscle ou une composante dont l'action n'est pas désirée
- Fixateur : immobilise certains segments.

23) Comment une chaîne cinétique développe-t-elle une translation, ou un mouvement pendulaire. Donnez des exemples.

Chaîne cinétique : l'ensemble des articulations participant à un mouvement donné, s'enchaînent pour former une unité de mouvement complexe que l'on appelle *chaîne cinétique*.

Translation : lorsque les angles décrits par le déplacement articulaire sont de sens opposés, mais au niveau d'articulation successive, le résultat est une translation. (Marche)

Mouvement pendulaire : dans une chaîne complète, un mouvement continu des différentes articulations entraîne un groupement pour la flexion et un pour l'extension. (Mouvement du genou du cycliste)

24) Déterminer la vitesse horizontale et verticale d'un sauteur qui décolle du sol avec un angle de 25°

$$V_x = V_0 \cos \alpha$$

$$V_y = V_0 \sin \alpha$$

25) Si la jambe décrit, en étendant le genou, un angle de 78° , quel est la longueur parcourue par le pied, sachant que la longueur de la jambe est de 0.5m ?

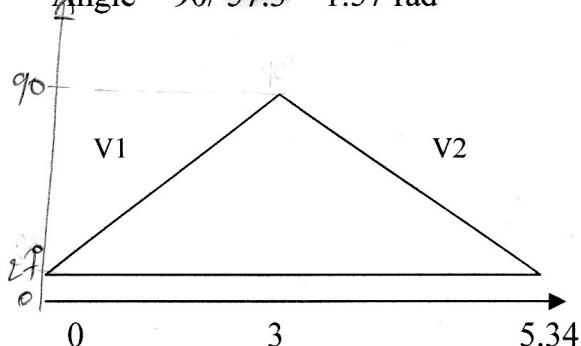
$$\Theta = 78 / 57.3 = 1.36 \text{ rad}$$

$$r = 0.5 \quad \rightarrow \quad 360^\circ = 2\pi \text{ rad} \quad \rightarrow \quad 78^\circ = \frac{2\pi}{360} \cdot 78 = 1.36 \text{ rad}$$

$$\theta = d/r \quad \rightarrow \quad d = \theta \cdot r = 1.36 \cdot 0.5 = 0.68 \text{ m}$$

26) Quel angle, exprimé en radian, à le coude en flexion à 90° ? représenter le graphique des variations angulaires, lorsque le coude passe de 27° de flexion à l'extension complète, et qui se réfléchit à 27° avec une vitesse constante de 1rad/sec.

$$\text{Angle} = 90 / 57.3 = 1.57 \text{ rad}$$



$$(180-27) \cdot 2 = 306^\circ$$
$$306 / 57.3 = 5.34$$

D'où 5.34 secondes pour faire le mouvement.

car 1 rad/s

$$V_1 = V_2$$

car quand fléchit à 27°
 $\Rightarrow 180^\circ - 27^\circ = 153^\circ$
 $\times 2$ car l'angle est parcouru deux fois.

27) Quel est l'accélération linéaire du marteau si la trajectoire circulaire de l'athlète a une accélération de 2 rad m/s^2 ? le manche du marteau est de 1m.

$$a \text{ linéaire} = \alpha r = 2 \text{ m/s}^2$$

$$\alpha = 2 \text{ rad/m/s}^2$$

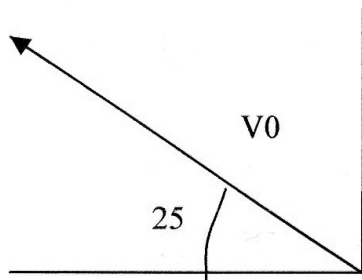
$$a \text{ linéaire} = 2 \text{ m/s}^2$$

28) Un sauteur saute du tremplin en décrivant une trajectoire dont l'angle de départ avec l'horizontale est de 25° , sa vitesse est de 6m/s. Déterminez la composante horizontale et verticale en utilisant 2 méthodes. Quel serait l'angle idéal pour un sauteur en hauteur et en longueur ?

Méthode trigonométrique :

$$V_x = V_0 \cos \alpha = 6 \cos \alpha = 5.44 \text{ m/s}$$

$$V_y = V_0 \sin \alpha = 6 \sin \alpha = 2.53 \text{ m/s}$$



Méthode graphique :

On trace le graphique avec des mesures précises, on mesure directement sur l'axe des abscisses et l'axe des ordonnées V_x et V_y .

Angle idéal : $\Delta x = v^2 \sin 2\alpha / g$

Pour longueur

La portée est maximale quand $2\alpha = 90^\circ$, d'où $\alpha = 45^\circ$

Angle idéal : $\Delta y = \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2g}$

Pour hauteur

$\Rightarrow$ Pour $\Delta y \text{ max}$, $\alpha = 90^\circ$

29) Quel est le temps avant la collision de chute de la tête d'un homme d'1m80, dont la tête avant le contact, se trouve à 5cm de haut. Quel est la vitesse ?

$$\Delta y = V_0 \Delta t + \frac{1}{2} g \Delta t^2$$

$$1.75 = 0 + \frac{1}{2} 9.81 \Delta t^2 \rightarrow t^2 = 0.356 \rightarrow t = 0.597 \text{ s}$$

$$V = V_0 + A \Delta t = 0 - g \Delta t = - 5.85 \text{ m/s}$$

30) A quelle vitesse est projetée la passagère d'une moto qui dépasse le point de l'accident de 8m en faisant un angle de 15° avec l'horizontale. Un homme saute dans un lac d'une hauteur de 4.5m. quel temps met-il pour toucher le plan d'eau.

$$\Delta x = v^2 \sin 2\alpha / g$$

$$\text{D'où } v^2 = (8 * 9.81) / \sin 30 \rightarrow v = 12.5 \text{ m/s}$$

$$\Delta y = V_0 \Delta t + \frac{1}{2} g \Delta t^2$$

$$\Delta t^2 = 2\Delta y / g$$

$$\rightarrow \Delta t = 0.9578 \text{ s}$$

31) Définissez la force et qu'elle en est sa représentation. Quelles sont les forces responsables du mouvement humain ? Expliquez le flash stroboscopique.

Une force est un agent qui tend à modifier l'état de repos ou de mouvement d'un corps. Elle est représentée par un vecteur.

Les forces produisant le mouvement humain sont la force de pesanteur, la force musculaire, la force de réaction du sol, la force de friction, la réaction articulaire, la pression intra abdominale, la résistance des fluides, la force élastique et la force d'inertie.

Flash stroboscopique : technique permettant de photographier sur une même image plusieurs vues successives d'un même mouvement

32) Quel est la loi de Newton qui se rapporte a l'équilibre des corps ? donnez ses équations. Définissez cette loi et donnez des exemples. Quel est l'intérêt de coupler les enregistrements cinématographiques aux électromyogrammes. A quoi sert la technique des tracés lumineux.

1ere loi de Newton : tout objet conserve son état de repos ou de MRU en l'absence de force agissant sur lui.

$\Sigma \text{ forces} = 0$ → équilibre de translation (personne debout)

$\Sigma m = 0$ → équilibre de rotation (balançoire)

La *cinématographie* étudie une succession de mouvements complexes, tel que la marche, la course ou les gestes athlétiques.

L'*électromyogramme* enregistre l'activité électrique au niveau musculaire.

Le couplage de ceux-ci permet une analyse des gestes dynamiques et sportifs, une progression dans l'analyse de la marche normale et pathologique, progression dans la mise en évidence de myo- et neuropathologie.

Tracé lumineux : ils servent a suivre la trajectoire d'un point précis. On obtient un examen global de la courbe de déplacement d'un segment de membre. (Utilité pour l'étude des déplacements angulaires)

33) Quelles grandeurs représentent l'inertie des corps ? Représentez le graphique des variations angulaires du coude qui à vitesse constante, passe de l'extension à la flexion complète puis se retend.

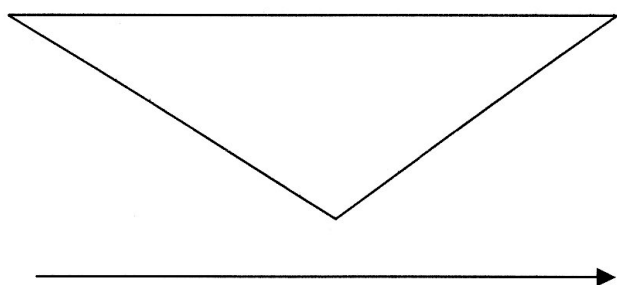
Inerte : tendance du corps à conserver son état de repos antérieur en dépit de l'effet du corps.

Vis-à-vis d'un mouvement linéaire, l'inertie d'un corps est représentée par sa masse (Kg), alors que lors d'un mouvement angulaire, le moment d'inertie est exprimé en $\text{Kg}\cdot\text{m}^2$ (quantité de matière représentée autour de l'axe de rotation).

Mouvement linéaire : $P = m.v$

Mouvements angulaires : Moment d'inertie : $I = m \cdot r^2$ *angulaire ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)*

Moment cinétique : $M_c = I \cdot \Omega$ Ω étant la vitesse angulaire.



34) Qu'est ce que le moment cinétique et quelle est la quantité de mouvement ? Commentez les graphiques de déplacement/vitesse/ accélération en fonction du temps.

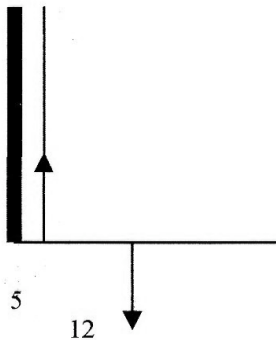
Le moment cinétique est équivalent a la quantité de mouvement pour un mouvement angulaire. Elle est égale à $I\Omega$ ($\text{Kg}\cdot\text{m}^2 \text{ rad/s}$). Il reste inchangé au sein d'un système ou n'agit pas de forces extérieures.

objet. Elle est caractéristique du corps, et reste constante en l'absence d'autres forces appliquées à l'intérieur d'un système. Elle est égale à $P = m.v$ (Kg.m/s)

Graphiques : utilisation de dérivées ($v = dx/dt$; $a = dv/dt$)

35) Quel est la composante verticale de la force développée pour le fléchisseur équivalent à l'avant bras qui s'insère à 5cm du centre articulaire alors que le centre de gravité de l'avant bras est à 12 cm. La personne pèse 70Kg, l'avant bras vaut 1.6% du poids du corps.

Masse de l'avant bras : $1.6\% * 70 = 1.12 \text{ Kg}$



On suppose l'avant bras à l'équilibre et à 90° . Soit les forces appliquées à l'avant bras :

$$0.05 * x = 0.12 * 9.81 * 1.12$$

$$\text{D'où } x = (0.12 * 9.81 * 1.12) / 0.05$$

$$x = 26.35 \text{ N}$$

La composante verticale de la force vaut donc 26.35 N

36) Quel est la loi de Newton se rapportant à l'effet des forces sur les corps ? donnez les équations.

Deuxième Loi de Newton : la variation de quantité de mouvement d'un corps par rapport au temps est proportionnelle à la résultante des forces qui agissent sur ce corps.

$F = m. a$ (mouvements linéaires)

et $M = I. \alpha$ (mouvements angulaires)

37) Quelle force développe un joueur pour lancer un ballon de 0.5Kg à une accélération en m/s^2 .

$$F = m. a = 0.5 a$$

38) Quelle force développe le quadriceps pour étendre le genou à une accélération de 80 rad/s^2 sachant que la jambe a un moment d'inertie de 0.33 Kg/m^2 . le quadriceps s'insère à 0.05m du genou.

$$M = F * d$$

$$F = I. \alpha / d$$

$$F = 0.33 * 80 / 0.05 = 528 \text{ N.}$$

39) Donnez des exemples d'action et réaction en biomécanique.

Action des béquilles sur le sol (appui), réaction du sol.

Action de marche, réaction du sol.

40) Quel est la force d'impact d'un sauteur qui s'immobilise en 0.1s avec une vitesse de 6m/s. il pèse 70Kg.

$$E = ma + w = m (v/t) + mg = 70 (6/0.1) + 686.7 = 4886.7 \text{ N}$$

41) Où se situe le centre de gravité des chaînons osseux ?

La position du centre de gravité d'un système de chaînon osseux peut varier puisqu'il y a une articulation. On la détermine graphiquement en composant les forces de pesanteur qui sont parallèles. En majorité on sait que le centre de gravité des chaînons osseux se trouve plus près de la partie proximale du membre (40%), ceci du a sa forme conique.

42) Quelles sont les méthodes graphiques pour localiser le centre de gravité d'un système de chaînon osseux ?

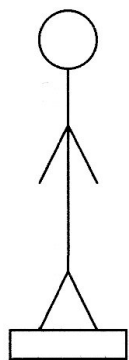
Méthode de composition de forces parallèles : on localise progressivement le centre de gravité correspondant a un nombre croissant de chaînon osseux. On relie les centres de gravité des 2 chaînons osseux par segment de droite. On compose de proche en proche les points d'application des forces de pesanteur des chaînons.

Méthode de segmentation : consiste dans un système de coordonnées x et y a déterminer la résultante des moments partiels des différentes chaînons osseux en x et y.

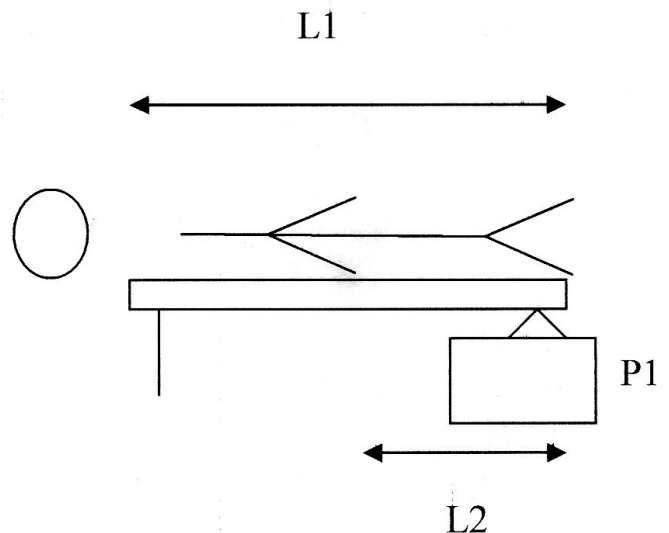
Il faut tracer les axes mécaniques, indiquer la position des centres de gravité, déterminer les moments partiels de tous les centres de gravité par rapport a l'axe des x et y. enfin il faut faire $\Sigma P_n X_n / 100\%$ et $\Sigma P_n Y_n / 100\%$.

L'intersection des 2 distances X_g et Y_g permet d'obtenir la localisation du centre de gravité.

Méthode de Double pesée : pour les corps plats, en pesant le système « debout », puis allongé sur une planche de réaction.



Masse P2



$$\Sigma M = 0 \quad \text{donc } L1 P1 - L2 P2 = 0$$

$$L2 = L1 P1 / P2$$

43) Une personne de 60Kg est allongée sur une planche de réaction de 2m. la balance indique 240N. ou se situe le centre de gravité ?

Méthode de double pesée :

$$\Sigma M = 0 \quad \text{soit } L1 P1 = L2 P2$$

$$2 * 240 / 60 * 9.81 = 0.81 \text{ m}$$

44) Définissez le rayon de giration, ses unités ainsi que sa valeur pour des rotations autour d'un axe transversal ou d'un axe longitudinal.

Le rayon de giration est la distance fictive où il faudrait concentrer la masse pour rendre compte de l'inertie observée. Son unité est en m.

$$I = m \cdot r^2 \rightarrow r^2 = I / m$$

avec I : moment d'inertie,

m : masse du système

r^2 : rayon de giration.

Axe transversal : le rayon de giration vaut 0.33 la longueur du membre (flexion avant bras sur bras)

Axe longitudinal : le rayon de giration vaut 0.33 le diamètre du membre (pro-supination)

45) Pourquoi le patineur ralentit il en écartant les bras ?

Il modifie la répartition de sa masse, ce qui modifie le moment d'inertie $I (= m \cdot r^2)$

46) Calculez la tension du triceps sural en station unipodale chez un homme de 100Kg.

La ligne de gravité passe à 2.5 cm en avant de la cheville. La force musculaire est de 3.5cm en arrière de la cheville, avec un angle de 83° avec l'horizontale.

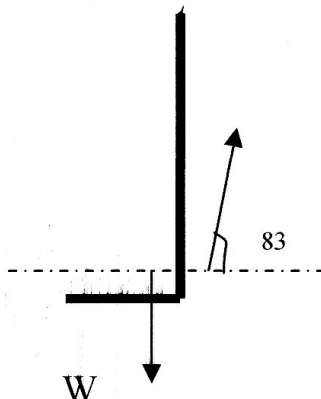
L'homme étant en station unipodale, le poids vaut donc $100 \cdot 9.81 = 981\text{N}$.

On considère le système comme immobile, donc :

$$\Sigma F = 0$$

$$\text{Soit } W \cdot 2.5 = 3.5 \sin 83^\circ Y$$

$$Y = W \cdot 2.5 / 3.5 \sin 83^\circ = 700 \text{ N}$$



47) Quelles sont les positions d'équilibre stable et instable pour un athlète qui décrit le grand soleil autour d'une barre fixe :

Equilibre stable : lorsque le corps revient à sa position d'équilibre après en avoir été écarté (ici, suspension par les mains.)

Equilibre instable : lorsque le corps s'éloigne de sa position d'équilibre après en avoir été écarté (ici, en équilibre au dessus de la barre fixe)

48) Quelles sont les conditions d'équilibre ?

Un corps est en équilibre lorsqu'il maintient soit son état de repos (équilibre statique), soit son état de mouvement rectiligne uniforme (équilibre dynamique).

Pour qu'un corps reste à l'équilibre de translation, il faut que la résultante des forces agissant sur lui soit nulle ou que sur un système primitivement à l'équilibre, l'addition de force ne modifie pas son état de repos ou de MRU.

Pour qu'un corps soit en équilibre de rotation, il faut qu'il soit au repos ou tourne à vitesse constante. Dans ce cas, l'efficacité d'une force à faire tourner un corps dépend non seulement de sa grandeur mais également de son point d'application.

49) Comment peut-on enregistrer un mouvement et quels sont les intérêts de mesure

Mesures directes : étude des variations de distance, temps, vitesse instantanée et accélération instantanée

Mesures indirectes : tracé lumineux, cinématographie, flash stroboscopique, magnétoscope, systèmes informatiques intégrés.

La mesure permet de connaître la cadence d'un mouvement, la durée d'une ou plusieurs phase(s) d'un mouvement, ainsi que de connaître le modèle temporel indiquant les relations des différentes phases de mouvement entre elles.

50) Quels sont les éléments qui constituent un système informatique intégré d'analyse de mouvement.

Il faut :

- Capter* - un système de prise de vue / enregistrement (caméscope + magnétoscope)
- Décomposer* - un système de numérisation de l'image consistant à découper spatialement l'image en rectangles réglementaires
- Analyser* - un système d'analyse qui réalise l'animation, le calcul de grandeur cinématique.

51) Comment obtient-on à partir de la courbe déplacement-temps d'un objet, la courbe vitesse-temps et accélération-temps ? quelle est la signification des maxima, minima et des pentes dans la courbe déplacement-temps et vitesse-temps ?

La dérivée de la courbe déplacement-temps donne la courbe vitesse-temps.

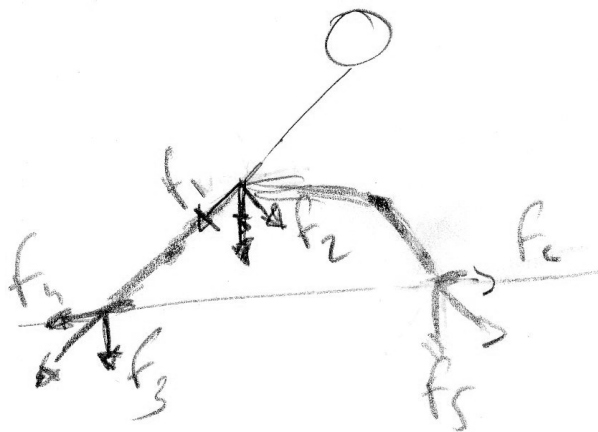
La dérivée de la courbe vitesse-temps donne la courbe accélération-temps.

Un maxima et un minima sont des pics sur la courbe déplacement-temps. Ils correspondent à des instants où la vitesse s'annule.

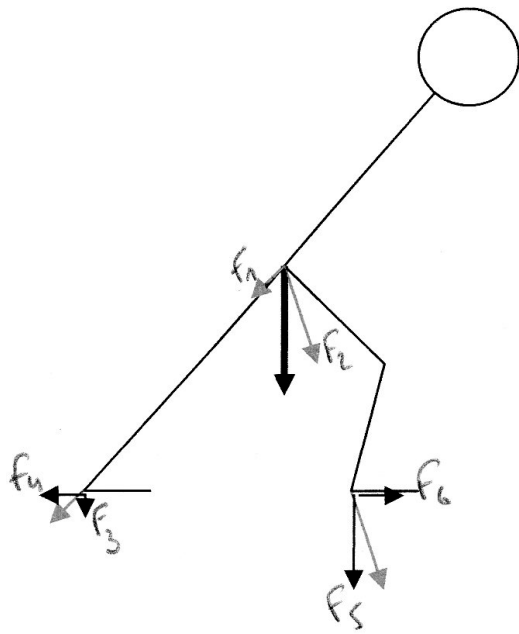
Les pentes de la courbe déplacement-temps (1) et vitesse-temps (2) correspondent aux valeurs de la vitesse et de l'accélération. Lorsque la pente 1 descend, la vitesse est négative. Lorsque la pente 2 descend, l'accélération est négative.

52) Comment peut-on décomposer la force de pesanteur du sujet pour en analyser les effets.

Force avant



- f_1 = force de pesanteur
- f_2 = " " " "
- f_3 = Stabilise
- f_4 = Glissement
- f_5 = stabilise
- f_6 = Glissement



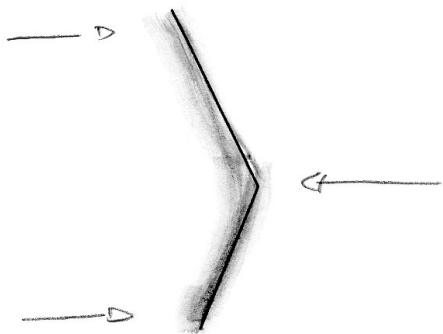
Décomposition de la force de pesanteur entre 2 points d'appuis.

La Force de pesanteur peut se décomposer en 2 force F_1 et F_2 dont la direction correspond a celle de la droite joignant les points d'appuis respectifs et le centre de gravité. On obtient ainsi un parallélogramme des forces qui permet d'obtenir les intensités respectives de F_1 et F_2 .

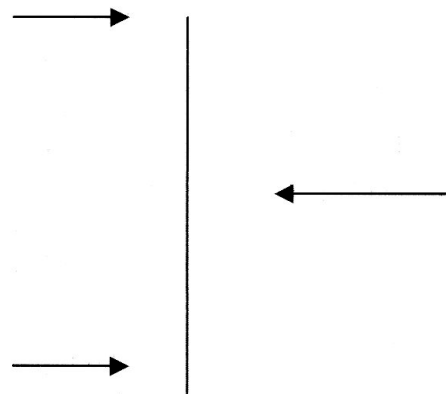
F_1 (force de point d'appui postérieur) se décompose ensuite en F_3 (perpendiculaire, tendance a stabiliser le corps) et F_4 (favorise les glissements vers l'arrière).

F_2 (force de point d'appui antérieur) se décompose en F_5 (stabilise le corps) et F_6 (favorise les glissements vers l'avant)

53) Dessinez un genou valgum et expliquez les forces de correction par une orthèse.



Genou valgum (de face)



Action de l'orthèse sur le genou valgum. (3 pts de pression)

Méthode de l'orthèse : 2 forces exerçant une pression sont contrebalancées par une force située au milieu (ici au niveau du genou).

54) Dans le cas des pieds creux, comment corriger la déformation ?

Application du principe de 3 point de pression. Il faut 2 points d'applications en dessous du pied (talon et métatarses) et un point d'application au dessus (coup de pied)

55) Dans le cas d'un pied varus, soit en hyperpronation, comment introduire une correction

Application du principe de 3 points de pression il faut deux points d'applications a l'extérieur (au dessus de la cheville et au niveau du talon) et un point d'application a l'intérieur (cheville)

56) Donnez des exemples d'opérations sur les forces et leur intérêt.

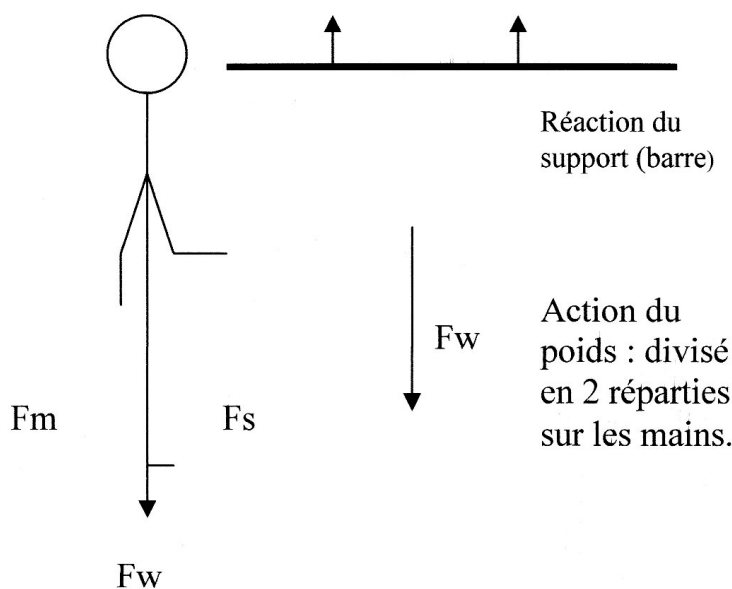
Plusieurs opérations peuvent être effectuées sur les forces sans en modifier les effets :

- déplacer une force sur sa direction
- ajouter ou retirer des forces en équilibres
- remplacer par une force globale ou résidente ayant le même effet que plusieurs forces (composition)
- décomposer une force en plusieurs forces composantes

57) Comment peut-on déterminer la force globale des jumeaux, connaissant celles de leurs composantes ?

$F_{glob} = F_1 + F_2$

58) Dessiner le diagramme des forces agissant sur un sujet : lors de l'impulsion du saut en hauteur, lors de la suspension à la barre fixe



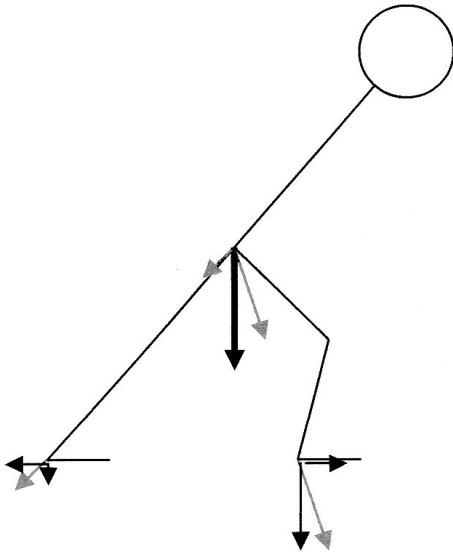
59) Comment décompose-t-on une force en biomécanique et pourquoi ?

La décomposition d'une force est pratiquée en fonction des réalités anatomiques. On distingue une composante perpendiculaire et une longitudinale.

La composante perpendiculaire correspond au produit de l'intensité de la force par le sin de l'angle que fait sa direction avec le chaînon osseux (si articulation normale, alors effet rotatoire ; si articulation enraidie, effet de cisaillement).

La composante longitudinale correspond au produit de l'intensité de la force par le cos de l'angle que fait sa direction avec le chaînon osseux. (Effet de compression/traction selon le sens)

Il est plus facile d'étudier 2 composantes (perpendiculaire et parallèle) plutôt qu'une oblique.



Décomposition de la force de pesanteur entre 2 points d'appuis.

La Force de pesanteur peut se décomposer en 2 force F1 et F2 dont la direction correspond a celle de la droite joignant les points d'appuis respectifs et le centre de gravité. On obtient ainsi un parallélogramme des forces qui permet d'obtenir les intensités respectives de F1 et F2.

F1 (force de point d'appui postérieur) se décompose ensuite en F3 (perpendiculaire, tendance a stabiliser le corps) et F4 (favorise les glissements vers l'arrière).
F2 (force de point d'appui antérieur) se décompose en F5 (stabilise le corps) et F6 (favorise les glissements vers l'avant)

60) Décrivez les effets d'une charge en fonction de l'angle de flexion du genou.

Quand le genou est tendu (180°) : l'angle de la charge est a 90° l'effet rotatoire est maximale ($F \sin \alpha = F = F_{\max}$) l'effet de traction est nul. $\times \circ$

Quand le genou est fléchi a 90° , l'angle de la charge est nul, l'effet rotatoire est nul, l'effet de traction est maximal. $= \downarrow$

Quand le genou est fléchi a 60° , l'angle de la charge est à 30° , l'effet rotatoire vaut $F \sin 30 = F_{\max}/2$, l'effet de traction vaut $F \cos 30 * 0.86$.

Quand le genou est fléchi a 30° , l'angle de la charge est a 60° , l'effet rotatoire vaut $F \sin 60 = F_{\max} * 0.86$, l'effet de traction vaut $F \cos 60 = F_{\max}/2$.

61) Donnez la liste des forces pouvant produire le mouvement humain.

La force de pesanteur, force musculaire, force de réaction du sol, force de friction, résistance des fluides, pression intra-abdominale, force élastique et force d'inertie.

62) Comment estime-t-on la force musculaire ?

Les estimations de la force musculaire sont le plus souvent indirectes :

- 1) Surface de la section perpendiculaire à la direction des fibres * tension spécifique.
- 2) Intégrer l'activité électrique du muscle
- 3) Mesure de la pression intramusculaire.
- 4) Mesure du moment de force au niveau de l'articulation.

63) Quels sont les effets de la force musculaire et sa représentation graphique ?

Effets : la force musculaire est souvent le moteur du mouvement. Le muscle est agoniste (contraction concentrique). Parfois, la force musculaire résiste au mouvement, elle est antagoniste, elle module et freine l'action de l'agoniste (contraction excentrique). Lutte contre l'effet de la pesanteur (action anti-gravifique). Stabilisation de l'articulation (effet neutralisateur)

L'action d'un muscle est représentée par un vecteur.

64) Décomposer une force musculaire lorsque le segment mobilisé est plus long que le segment fixe.

La composante longitudinale reste toujours positive en pression, elle diminue au cours du mouvement pour atteindre une valeur minimale puis augmente à nouveau.

La composante rotatoire sera toujours une fraction de la force musculaire, elle est nulle au départ, passe par un maximum puis s'annule à nouveau.

65) Décomposez une force musculaire lorsque le segment mobilisé est plus court que le segment fixe.

La composante longitudinale est d'abord maximale, positive en pression, décroît et s'annule, puis devient négative et maximale pour l'angle d'insertion de 180° exerçant un effet de traction.

La composante rotatoire est d'abord nulle, devient maximale en milieu de mouvement, puis diminue et s'annule.

66) Quels sont les mécanismes compensateurs qui limitent la perte de tension musculaire lors du raccourcissement du muscle ?

Les mécanismes sont :

L'augmentation du bras de levier de la force musculaire dans un muscle monoarticulaire.

Pour les muscles biarticulaires, le maintien d'une longueur proche d'une longueur de repos lorsque le raccourcissement d'un muscle, du au mouvement d'une articulation distale, est compensé par un allongement lors d'un mouvement angulaire simultané et en sens inversé au niveau de l'articulation proximale.

L'action de muscles synergiques ou fixateurs réduit le raccourcissement du principal muscle agoniste.

67) Qu'est ce que le centre de poussée ?

C'est le point d'application de la résultante de la réaction du sol. On la localise par des plates formes de force. Le statokinésigramme donne la position du centre de poussée selon 2 coordonnées de l'espace.

dh