

La biomécanique : forces et mouvements

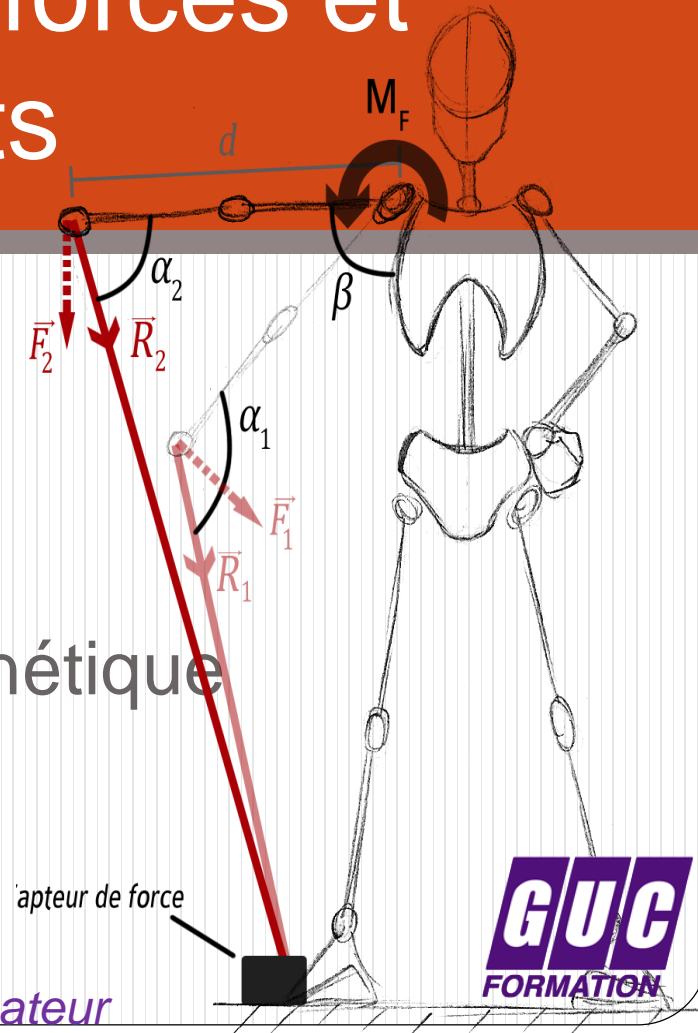
7.1 Définition

7.2 Les bases

7.3 L'addition des forces

7.4 Le moment de force / de cinétique

7.5 Applications



7.1 Définition de la biomécanique



- = l'étude de la mécanique appliquée au corps humain.
- Ce terme provient du mot Grec : Bios (vie) et mécanique qui est l'étude des forces et des effets produits par



7.1 Définition biomécanique



- **La biomécanique pour les éducateurs sportifs :**

Étude de l'homme en mouvement, des forces externes (ex : force de réaction au sol) qui agissent sur lui et des forces internes (ex : forces musculaires) qu'il produit.



But de ce chapitre :
*re par exemple comment cet homme
venir ainsi en équilibre au-delà de son
e, pour identifier toutes les forces en
es (celles générées et celles subies)*

7.2 Les bases



- **La masse : m**

= quantité de matière d'un objet ou personne, exprimé en kilogrammes. Elle est mesurée avec une balance.

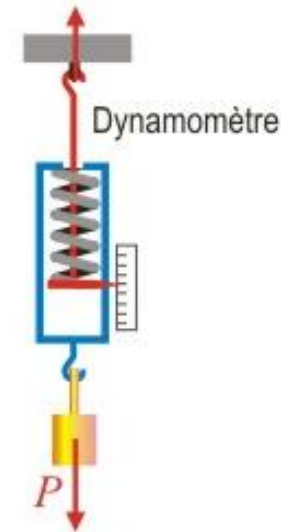


- **La pesanteur ou la gravité :**

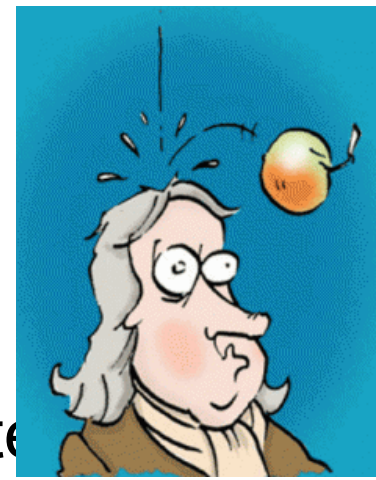
g

Résulte de l'attraction terrestre. (Newton et sa pomme).

$g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$ (ou N/kg)



7.2 Les bases



- **Le poids : P avec $P = m \times g$**

C'est la masse multipliée par l'attraction terrestre.

Il est mesuré avec un dynamomètre. Il s'exprime en Newton. (N)

Le poids est une force dont les caractéristiques sont les suivantes : son point d'application est le **centre de gravité** de l'objet ;

- sa direction est donnée par la **verticale** ;
- son sens est orienté vers le **centre de la Terre** ;
- son intensité P est **le**
symbole N.

$$\begin{array}{ccc} \text{P} & = & \text{m} \times \text{g} \\ \uparrow & & \uparrow \quad \uparrow \\ \text{en Newton (N)} & & \text{en kg} \quad \text{en N / kg} \end{array}$$

7.2 Les bases



- **Notion de force**

Pour comprendre la constitution du squelette et l'action des muscles sur les différents segments du corps, on doit connaître la notion de force.

= une force est une action qui est capable de déformer un corps, de créer ou de modifier un mouvement

2 types de forces :

- interne = force musculaire

- externe = attraction terrestre

- force interne = action musculaire (contraction)

- force externe = contrainte (gravite, réaction ...)

7.2 Les bases



- **Notion de force**

La force est représentée par **un vecteur (flèche)** définissant :

- sa direction (axe)
- son point d'application (O : origine)
- son sens (flèche)
- son intensité (longueur)



7.2 Les bases

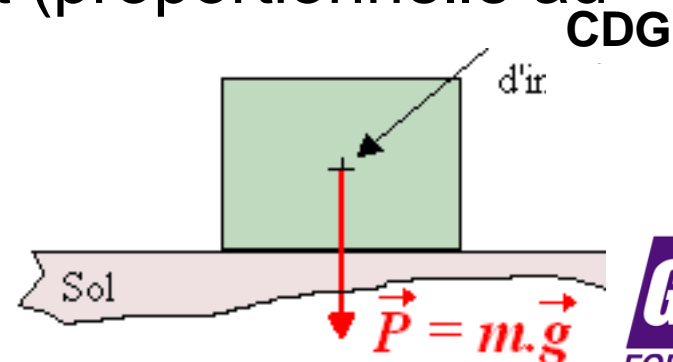


Un exemple avec la force de pesanteur :

force due à l'attraction terrestre, proportionnelle à la masse de l'objet.

Cette force qui tend à entraîner tout objet vers le centre de la terre est définie par un vecteur :

- De direction = la verticale
- D'origine = le centre de gravité (CDG) de l'objet
- De sens = du haut vers le bas
- D'intensité = la masse de l'objet (proportionnelle au poids)



7.2 Les bases

- **Le centre de gravité**

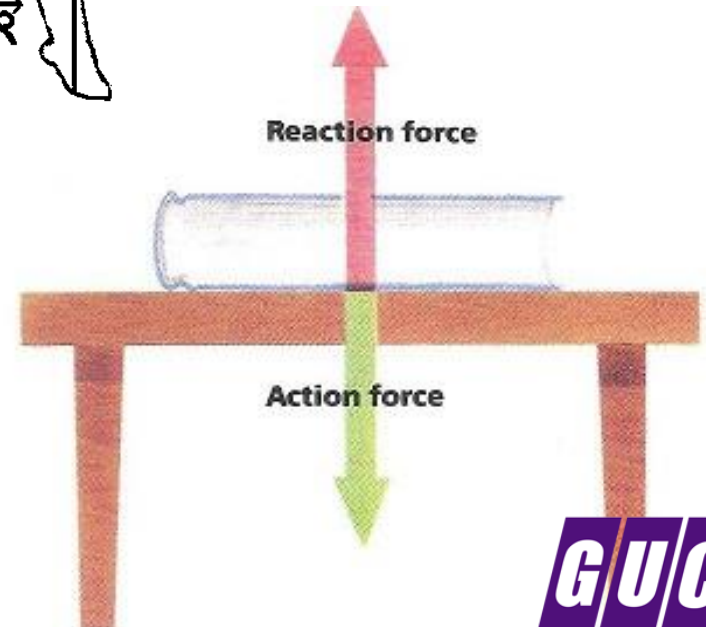
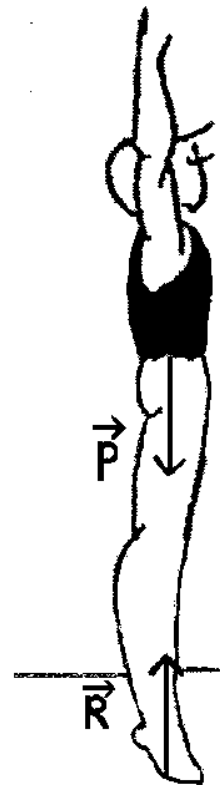
Point théorique qui représente le centre de la masse considérée.

Chez l'homme il se situe en avant de la 3^{ème} lombaire (L3).

- **Loi d'action / réaction**

Pour chaque force agissant sur un objet ou un corps, il existe une force égale de sens opposé et de même direction qui agit sur ce corps.

Que se passe-t-il si une personne debout n'est pas



7.2 Les bases



- **Le polygone de sustentation**

Zone virtuelle délimitée par les points d'appui.

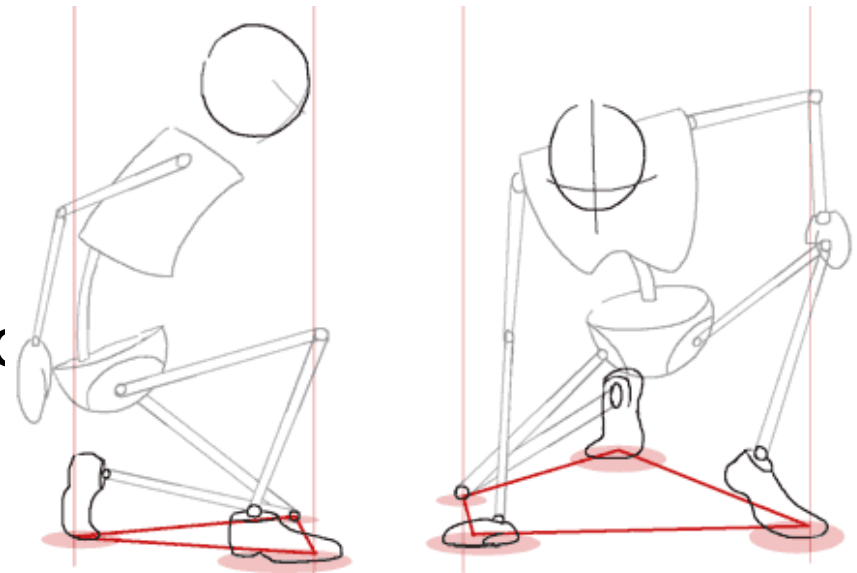
Pour une personne debout, son polygone correspond au quadrilatère formé par ses deux pieds.



GUC
FORMATION

Selon la position des appuis nombre, celui est variable.

Plus il est grand plus la personne est stable, difficilement « déséquilibrable ».



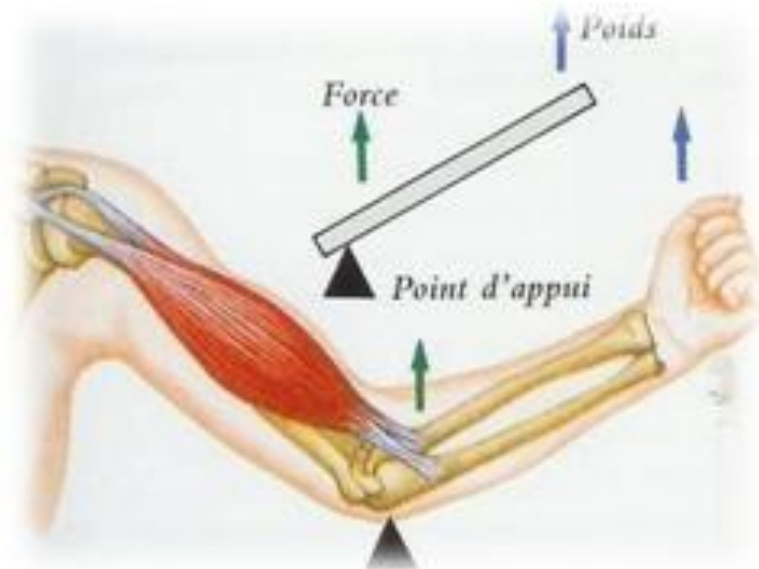
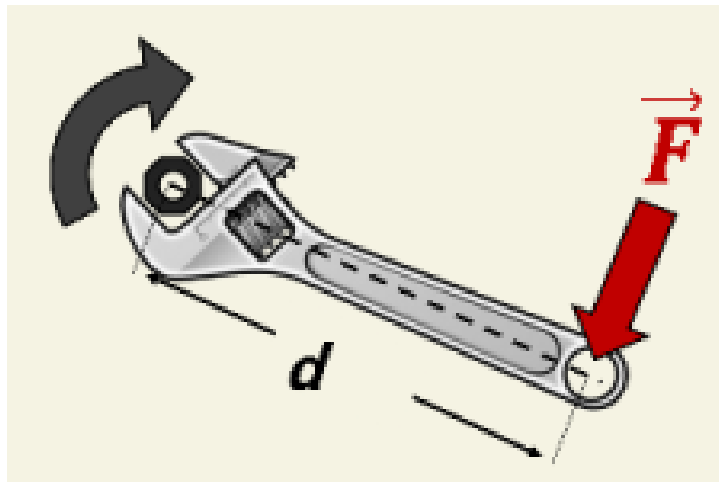
7.2 Les bases



- **Les leviers**

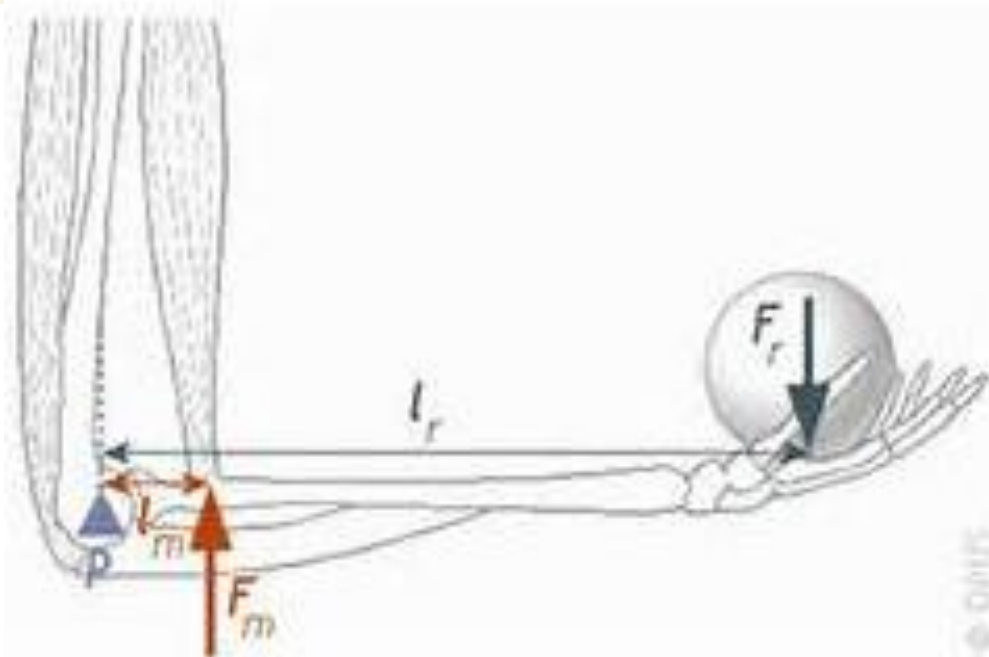
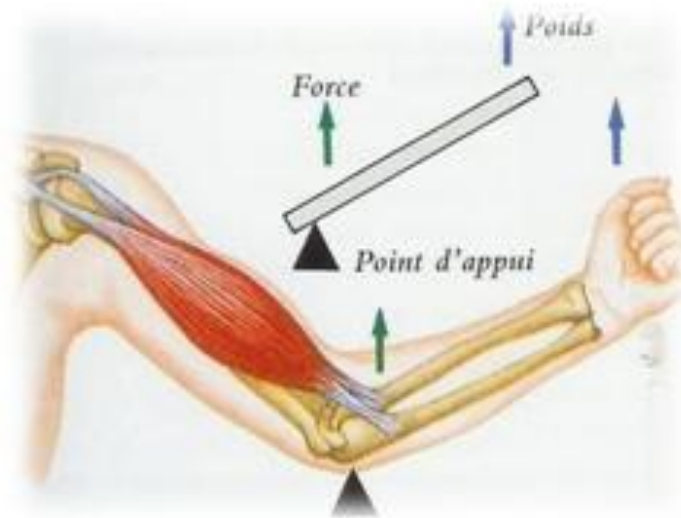
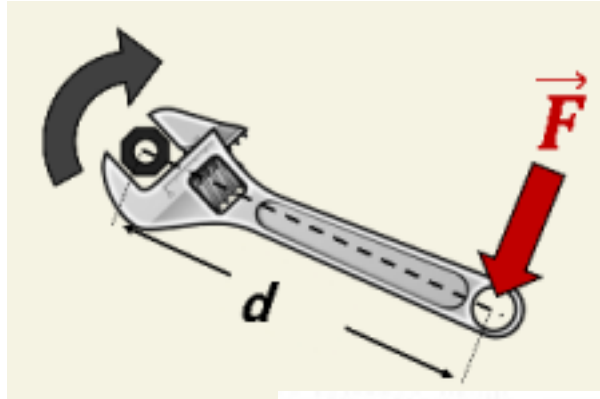
= un système rigide (os) sur lequel agit une force (musculaire) pour vaincre une résistance (en général la gravité) en prenant appui sur un point fixe (articulation).

Nb : la force ne s'applique pas directement au muscle mais à son insertion (le tendon)



7.2 Les bases

- Les leviers



7.2 Les bases



- **Contextualisation par l'exemple du « curl biceps »**

Prenons l'exemple d'un curl biceps. Lorsque vous faites une flexion de votre avant-bras (même sans haltère), votre biceps se contracte légèrement. Ceci provient de la gravité. Si vous avez un haltère, votre biceps se contracte davantage, mais ceci est toujours lié à l'effet de la gravité sur l'haltère.

La force et la résistance sont donc toujours en opposition, en duel. Si c'est la force qui remporte le duel, vous parvenez à faire votre mouvement (votre curl biceps). Si c'est la résistance qui l'emporte, vous n'arrivez plus à soulever votre haltère et votre bras retombe. La résistance remporte le duel.

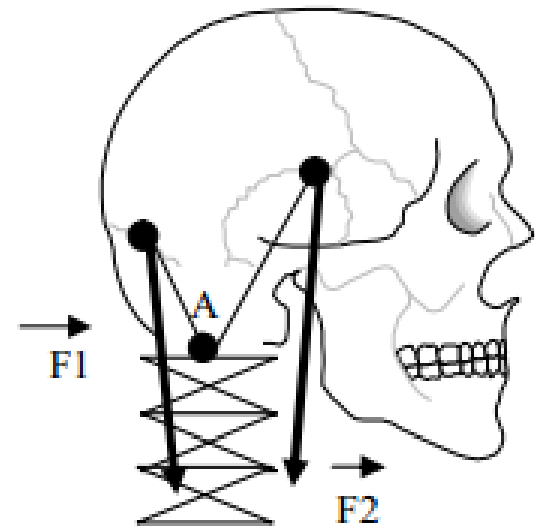
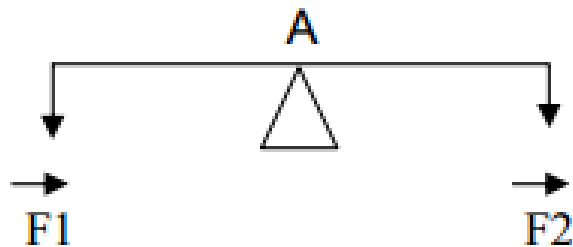
7.2 Les bases



- **Le levier inter-appui**

Le point d'application de la force F_1 et F_2 est situé de part et d'autre de l'axe

exemple : la tête



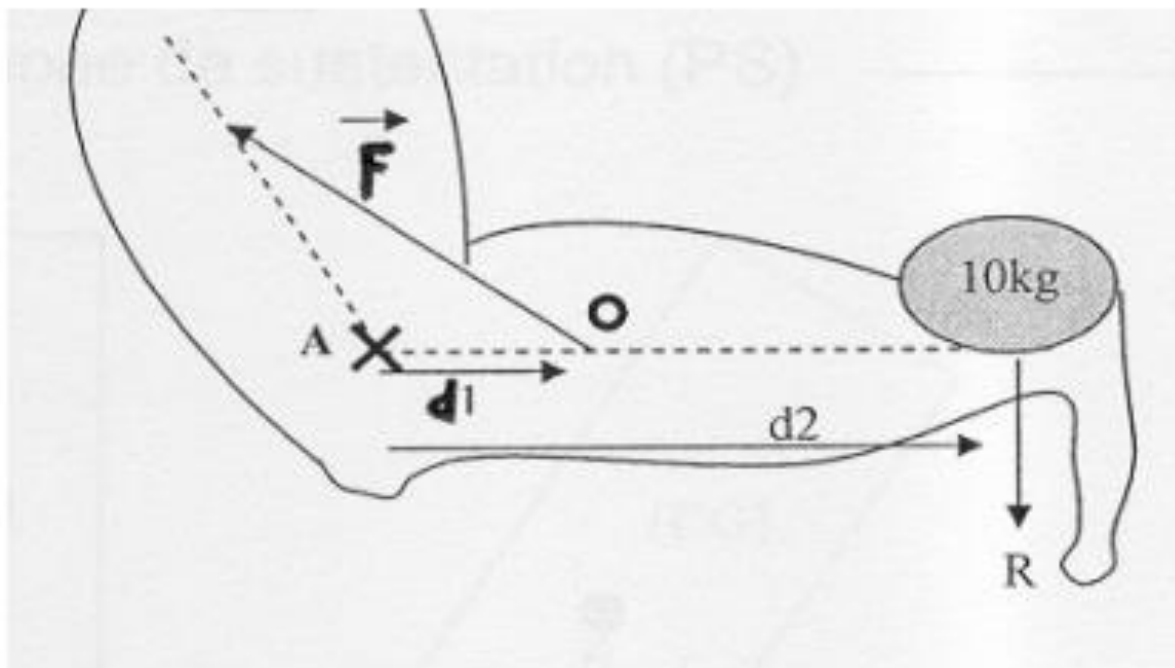
7.2 Les bases



- **Le levier inter-puissant**

le point d'application de la force musculaire est situé entre l'articulation et la résistance. Le point d'application de la force F correspond au point d'insertion du muscle sur le levier mobile.

Exer



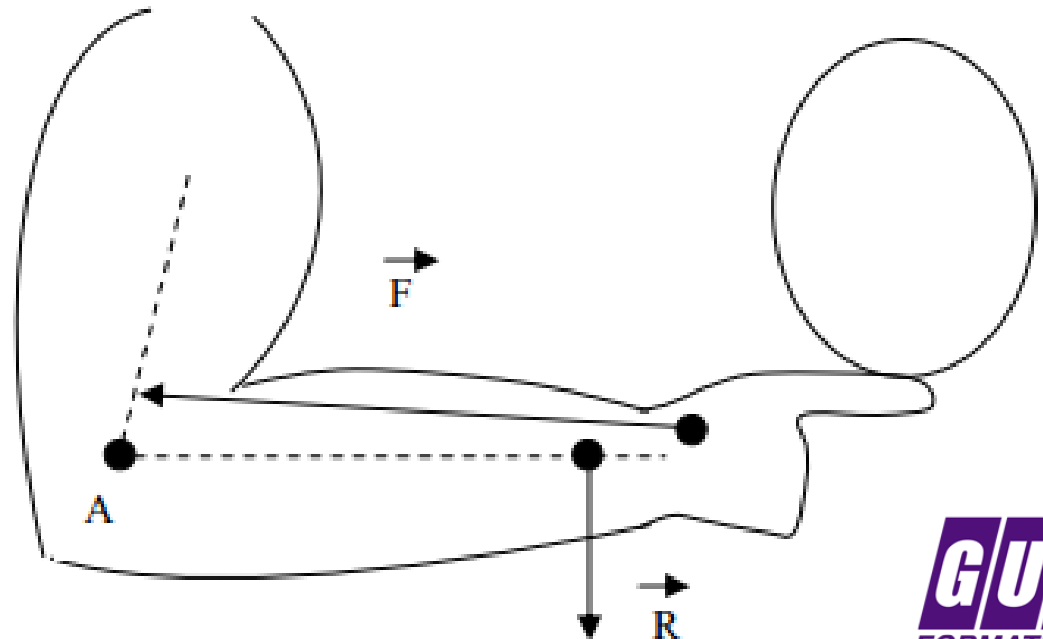
7.2 Les bases



- **Le levier inter-résistant**

La résistance est située entre l'articulation et le point d'application de la force. Moins fréquent dans l'organisme, il est souvent impliqué dans des mouvements précis et de faible amplitude.

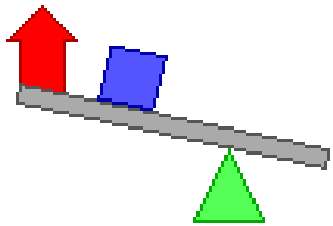
Le muscle développant la force possède une insertion sur le levier fixe, proche de l'articulation, et une insertion sur le levier mobilisé très



7.2 Les bases

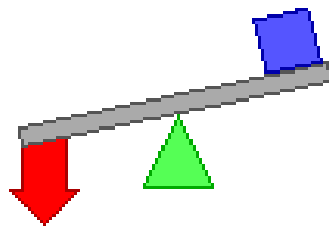
- **Les leviers**

Lever de 2ème genre ou inter-résistant

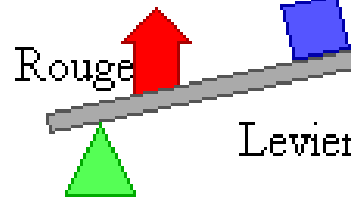


Effort = Rouge

Lever de 1ème genre ou d'équilibre

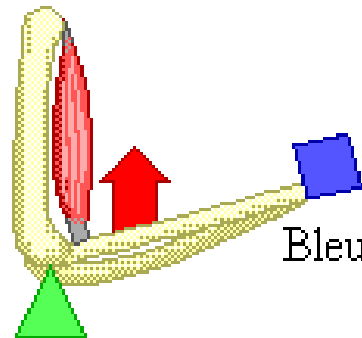
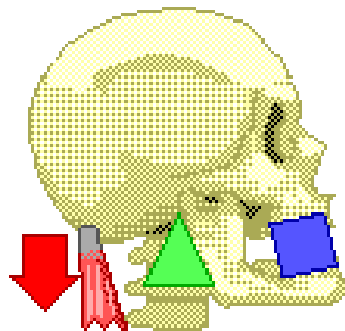
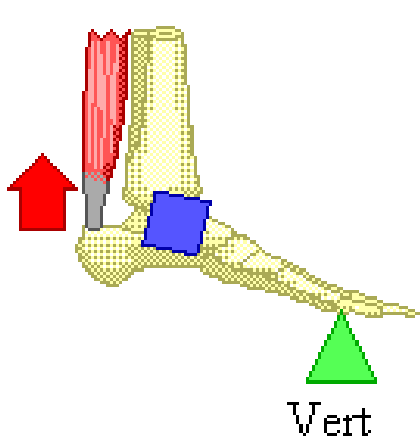


Point d'appui = Vert



Lever de 3ème genre ou inter-puissant

Résistance = Bleu



La majorité des leviers dans le corps sont inter-puissant !

7.2 Les bases

- **Les leviers : moyen mnémotechnique**

1^{er} ordre : P O F

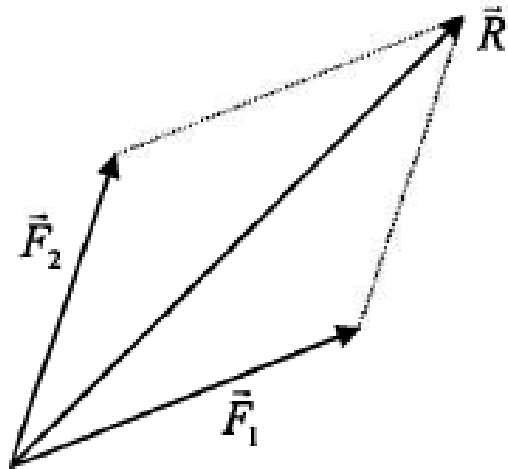
2^{ème} ordre : O P F

3^{ème} ordre : O F P

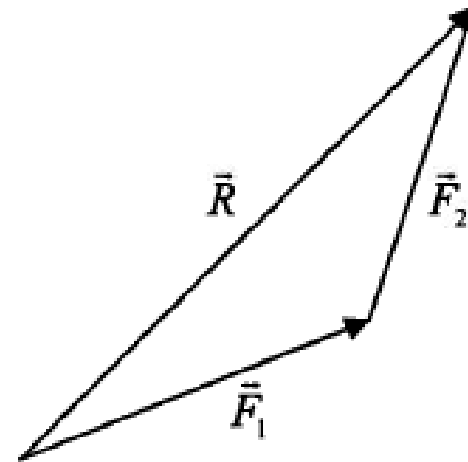
7.3 L'addition des forces

- Une force interne ou externe peut être décomposée. Cela permet de comprendre SES COMPOSANTES :
A l'inverse, si plusieurs forces s'exercent sur le corps ou un segment, il est nécessaire de pouvoir définir LA RESULTANTE (R) = la somme des forces.

Méthode du parallélogramme:



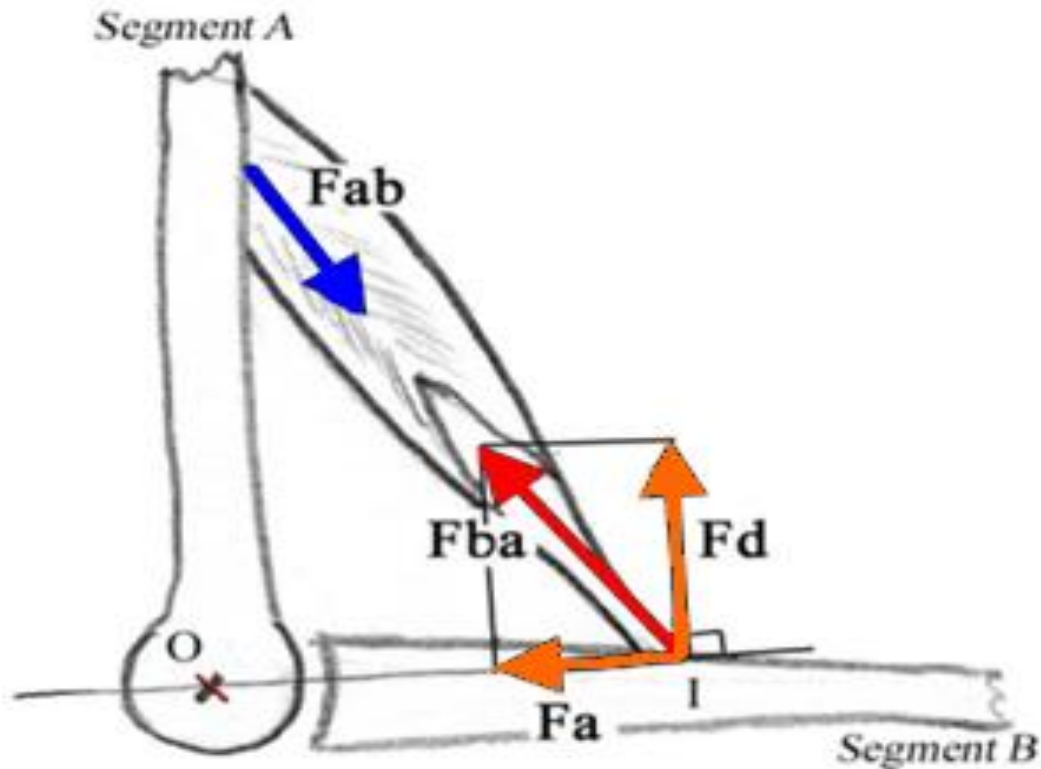
Méthode du triangle:



$$\vec{R} = \sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

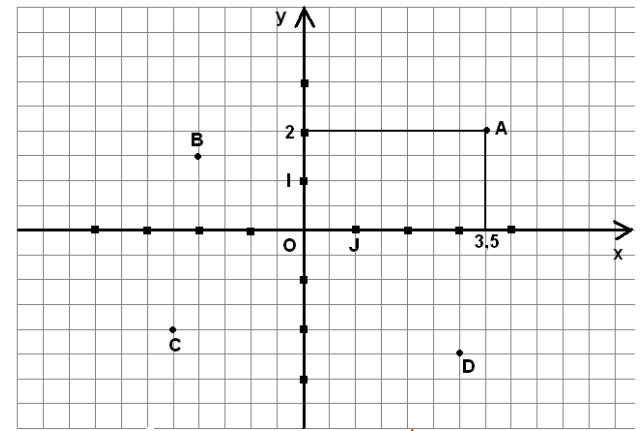
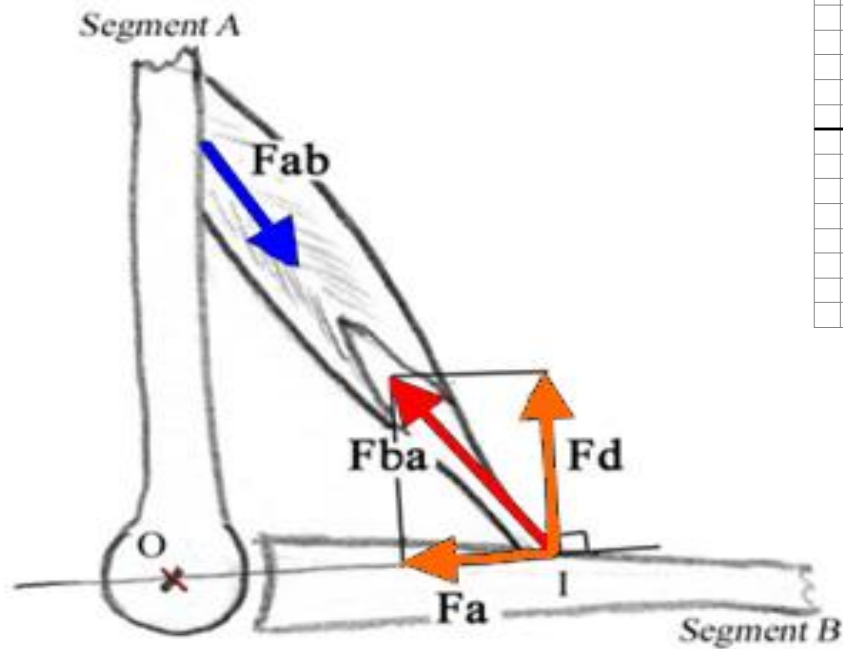
7.3 L'addition des forces

- Comment décomposer la force du biceps lors d'une flexion de coude ?



F_{ba} : fléchir l'avant bras sur le bras / F_{ab} : fléchir le bras sur l'avant bras

7.3 L'addition des forces



Le **vecteur force F** peut être placé dans un repère **orthonormé**.

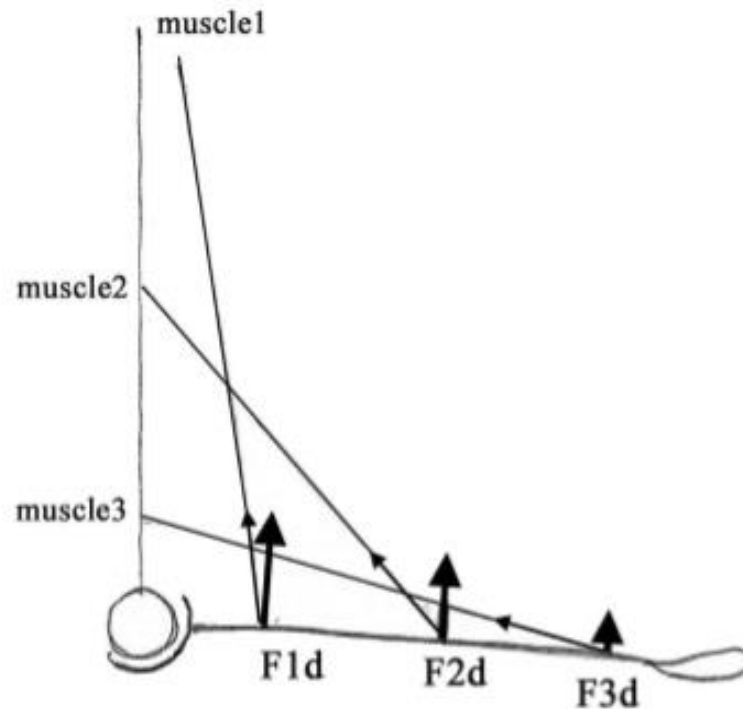
On le décompose en deux forces :

- Le **vecteur F_d** : force dynamique perpendiculaire à l'axe, passant par le point d'application de la force. C'est elle qui va occasionner le mouvement.
- Le **vecteur F_a**. Cette force ne sert à rien car elle s'exerce vers le centre. C'est une **force axiale** qui sert à coapter (ou décoapter) l'articulation.

7.3 L'addition des forces

- Conséquence sur le fonctionnement d'un muscle :

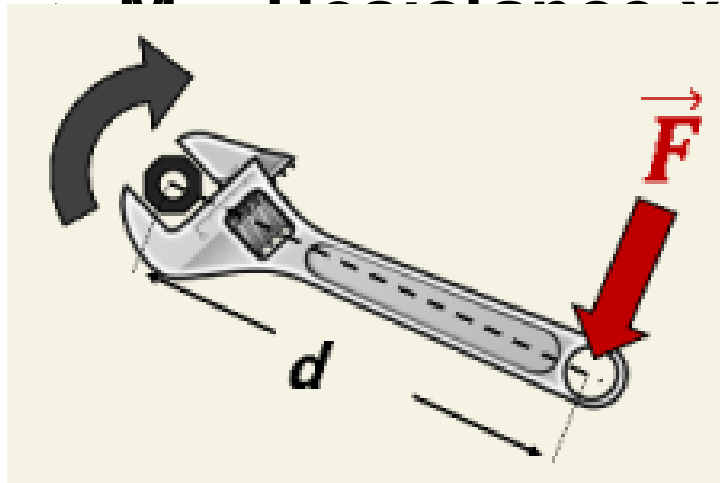
L'action du muscle dépend de son **orientation**, de son **volume** (nombre de fibres musculaires), de son **lieu d'insertion** par rapport au centre \odot et de la **position de l'articu**



7.4 Le moment de force ou cinétique

- **Moment cinétique** (que l'on nomme : M) : si une résistance (R) ou une force (F) agit à une distance (d) d'un point, on dit que cette R ou F exerce un moment cinétique (contrainte) par rapport à ce point.

- **M Résistance** **Longueur du levier**



Ici le moment de force est
Représenté par la flèche
Arrondie.

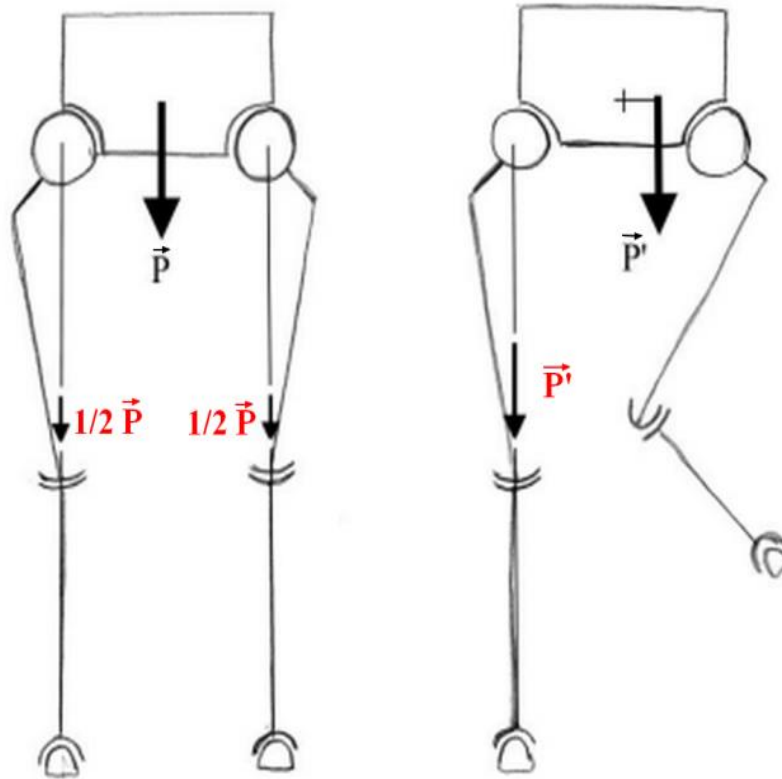
Pour une même intensité, plus la longueur est grande, plus le moment sera grand. C'est le principe du bras de

7.4 Le moment de force ou cinétique

- Globalement, on a de force si notre levier est petit (avant-bras court) et si notre bras de levier est (distance entre l'insertion du muscle et l'articulation).
- Ceci explique pourquoi dans des sports tels que l'haltérophilie, la gymnastique ou le CrossFit, les athlètes de petite taille et/ou avec des bras de levier importants (plus difficile à avoir) ont un avantage compétitif

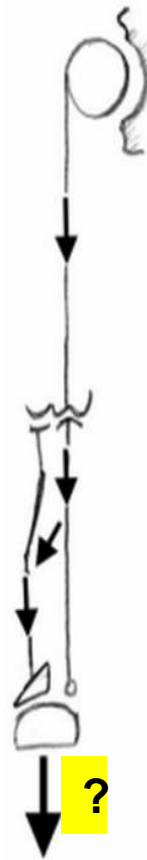
7.5 Applications

- Appui bipodal ou unipodal



7.5 Applications

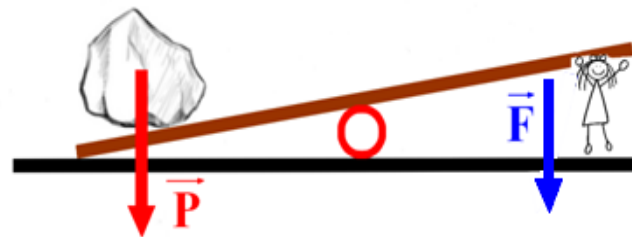
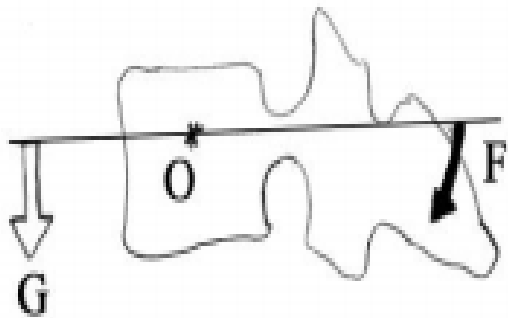
- **Quelle force entraine une tension ligamentaire au niveau des articulations du membre supérieur, notamment lorsque celles-ci sont appendues ?**



7.5 Applications

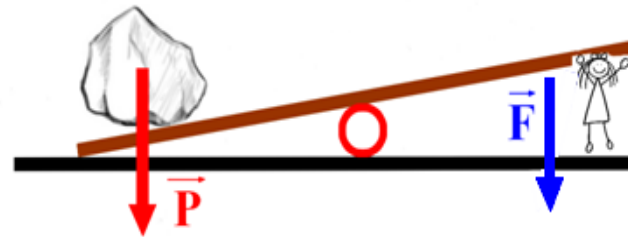
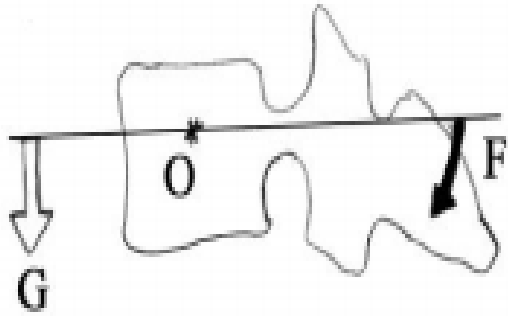
- **En quoi le rachis fait l'objet d'un levier de premier ordre ?**

Le poids du corps, notamment du ventre est en avant du rachis.



7.5 Applications

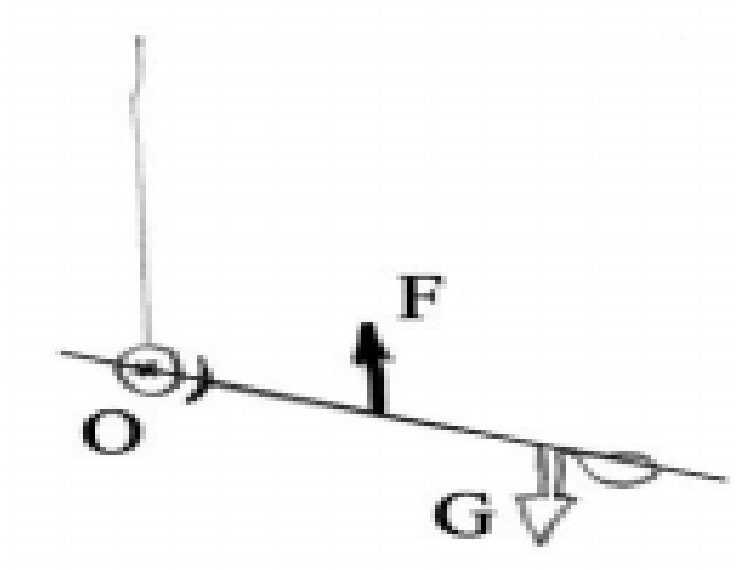
- En quoi le rachis fait l'objet d'un levier de premier ordre ?



Pour lutter contre le poids, les muscles qui s'insèrent en arrière : **les muscles érecteurs (extenseurs) du rachis** sont en permanence contractés. C'est un bras de levier.

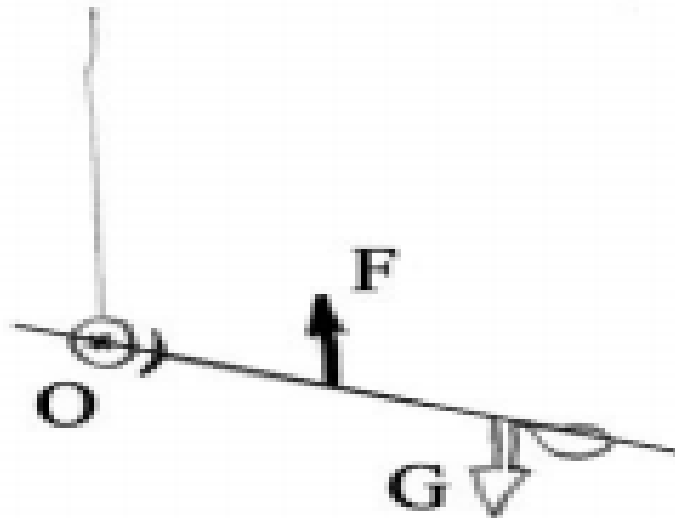
7.5 Applications

- En quoi le fait de porter un sac à main ou une haltère fait l'objet d'un levier de 3^{ème} ordre ?



7.5 Applications

- En quoi le fait de porter un sac à main ou une haltère fait l'objet d'un levier de 3^{ème} ordre ?



La gravité et le poids du sac à main exerce une force qui est compensée par l'action des muscles fléchisseurs (F). Le centre de rotation est en amont

7.5 Applications

- Sur ce schéma, l'adhérent travaille dans le plan frontal en abduction. Le vecteur rouge correspond à un élastique ayant une force de résistance R_2 ou R_1 tel que $R_2 = R_1 = 1 \text{ kg}$.

L'élastique est tendu entre sa main droite et son pied droit.

d = distance entre épaule et main,
tel que $d = 1 \text{ mètre}$.

- Quel muscle il travaille ?
- Détaillez les types de contraction musculaire
- Donnez la valeur du moment M , traduisant la force de rotation au niveau de l'épaule droite.
- Où placeriez-vous l'élastique sur le bras pour que ce moment soit plus important et donc que le muscle travail avec une plus forte charge ?

