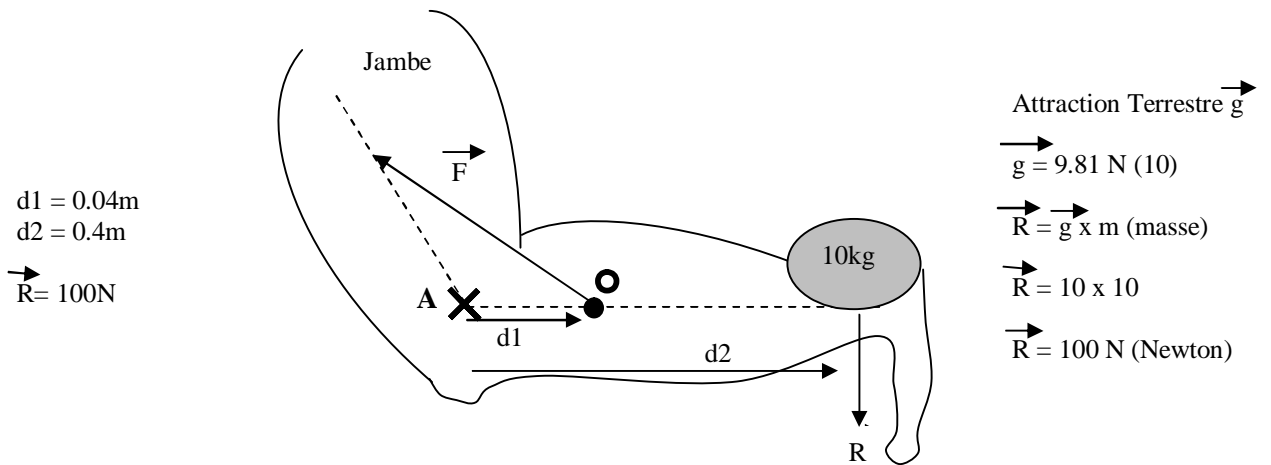


NOTION DE BIOMECHANIQUE



$$\vec{M} = \text{Moment} \quad \vec{M} = \vec{F} \times \vec{d}$$

Pour qu'ils soient égaux (isométrique) !

$$\vec{F} \times d1 = \vec{R} \times d2 \quad \implies \quad \vec{F} \times 0.04 = 100 \times 0.4$$

$$\vec{F} = \frac{\vec{R} \times d2}{d1} \quad \implies \quad \vec{F} = \frac{100 \times 0.4}{0.04} = 1000N$$

1 DEFINITION

La biomécanique c'est :

- L'application des lois physiques, au mouvement humain. Pour comprendre la constitution du squelette et l'action des muscles sur les différents segments du corps, on doit connaître la nature des forces. On représente une force par une flèche qui indique à la fois son importance, sa direction et son sens. Si un corps pèse 5kg on dit que l'attraction terrestre qui s'exerce sur lui est de 50 N. Si une force agit à une certaine distance (d) d'un point, on dit que cette force exerce un moment M par rapport à ce point, ce moment se calcule comme suit $M = F \times d$. Une même force exerce un moment M différent en fonction de la distance.

Il n'y a pas une technique, mais des principes techniques avec des références biomécaniques Les techniques peuvent être différentes, mais il y a des constantes biomécaniques

Le rôle de la biomécanique est de :

1. **Décrire** : (ce que l'on voit, importance du langage),

La biomécanique est une science qui permet de décrire les éléments structuraux de l'organisme impliqué dans le mouvement et définir l'ensemble des forces qui leurs sont impliquées

- Biomécanique = quantitatif
- Technique = qualitatif

2. **Comprendre** : (les actions principales)

Connaître le meilleur moyen de réaliser un mouvement pour une plus grande efficacité
Connaissance des contraintes pour éviter les accidents

3. **Enseigner** : (mise en place d'ateliers, consignes).

Elle se décompose en deux parties principales :

1. Une partie descriptive
2. Une partie fonctionnelle

Permettant l'ANALYSE TECHNIQUE d'un élément.

Les lois physiques mises en œuvre sont

- La statique : étude des conditions d'équilibre d'un corps,
- La dynamique : étude de la relation force – mouvements,
- La cinétique : étude des mouvements (ou cinématique.)

Méthodologie de l'analyse technique

- 1) définition d'un élément par rapport au code de pointage
- 2) analyse schématique
- 3) analyse technique (descriptif dans la réalisation du geste par ordre chronologique)
- 4) analyse mécanique
- 5) aspect rythmique
- 6) analyse musculaire
- 7) faute caractéristique de l'élément
- 8) circuit pédagogique d'apprentissage
- 9) définir un circuit d'apprentissage de préparation physique spécifique
- 10) évolution, combinaison, complexification de l'élément

LES PREMIERS PRINCIPES DE BIOMECHANIQUE

DEFINITION :

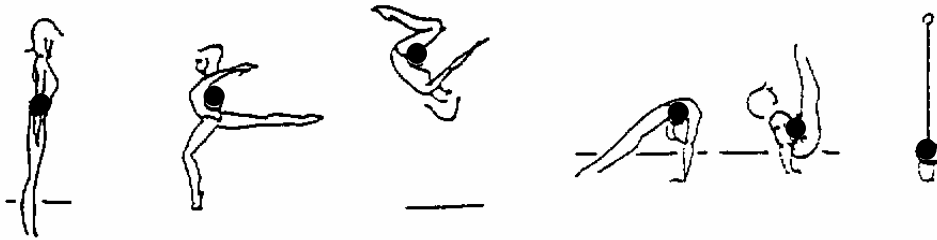
Masse : la masse est une quantité de matière mesurée par kg

Poids : c'est la masse multipliée par l'attraction terrestre

Centre de gravité : point théorique qui représente le centre de la masse. Point qui se déplace en fonction de la position du corps

Centre de gravité = centre des masses :

- Point d'application (de la résultante des actions) de la pesanteur (sur toutes les parties du corps).
- Quand le corps est en mouvement, le centre de gravité se déplace constamment en raison de la modification permanente de la répartition des masses.
- L'intérêt de sa connaissance : sa position permet de déterminer un état d'équilibre ou de déséquilibre.



Les forces : une force est une action qui est tentée de causer ou cause un mouvement ou un changement de mouvement

- 2 types de forces :
- interne = force musculaire
 - externe = attraction terrestre

Force :

- Cause capable de déformer un corps, de créer ou de modifier un mouvement.

]	force interne	action musculaire (contraction)
]	force externe	contrainte (gravite, réaction ...)

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



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

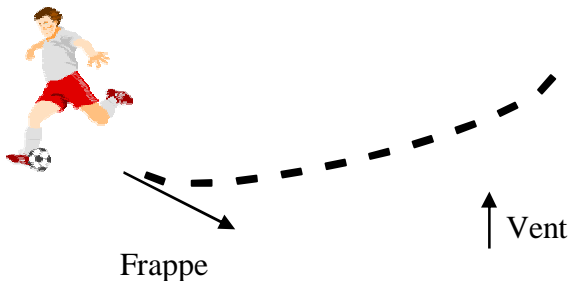
Exemples de forces

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 (de masse) de l'objet
- De sens = du haut vers le bas
- D'intensité = la masse de l'objet (proportionnelle au poids)

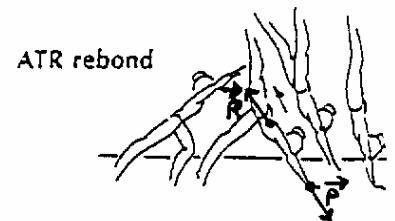
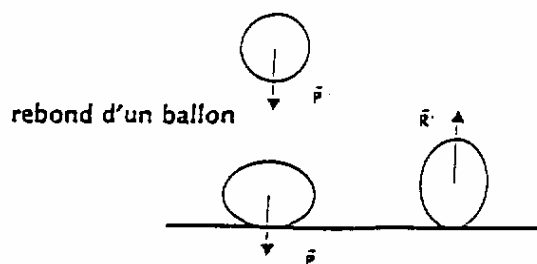
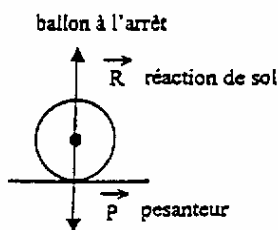


Vent latéral : nécessité pour le footballeur de composer avec cette force extérieure en changeant l'orientation de sa frappe (modification d'application de la force).



Loi d'action / réaction :

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



Important :

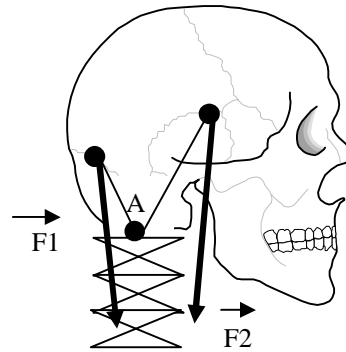
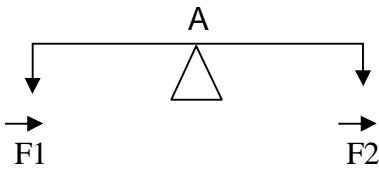
- La réaction du sol pour cet exemple est transmise à l'ensemble du corps **uniquement** si il y a blocage des articulations (gainage) et alignement des segments. Dans le cas contraire, il y a fuite d'énergie (pas de gainage). L'énergie est alors absorbée par les articulations = Danger
- Le muscle a des propriétés élastiques, quand on l'étire, il a tendance à revenir à son état initial (réflexe myotatique). Exemple : courbette.

NOTION DE LEVIER :

- 3 types de levier : - 1 levier d'équilibre (inter appui)
- 2 levier inter puissant
- 3 levier inter résistant

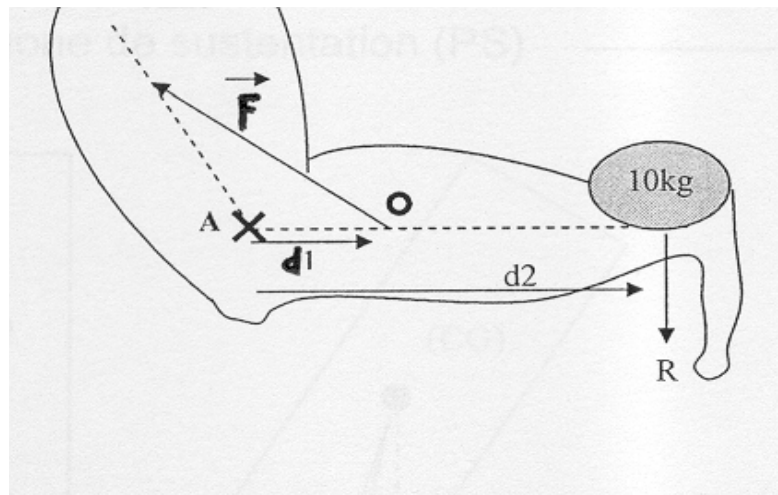
1) inter appui : le point d'application de la force \vec{F}_1 et \vec{F}_2 est situé de part et d'autre de l'axe

exemple : la tête



2) 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

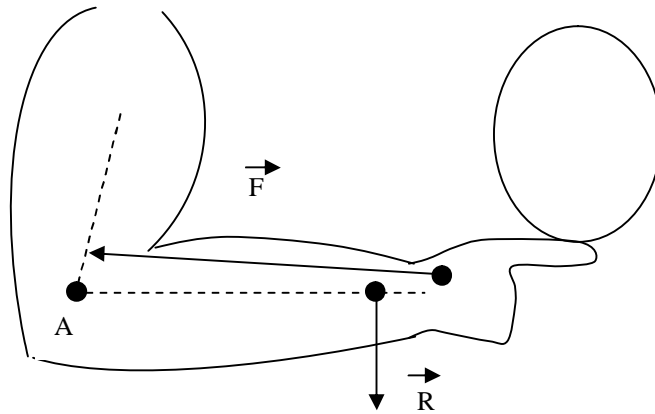
Exemple : la cuisse



Dans l'exemple de la course, les muscles postérieurs de la cuisse agissent sur la jambe dont le point est **O**. le mouvement de la jambe sur la cuisse mobilise l'articulation du genou **A**. Un tel levier permet donc à un muscle d'engendrer un déplacement rapide des extrémités du membre, pour un petit raccourcissement. Par contre cet avantage dynamique nécessite en contre partie une forte action musculaire \vec{F} , pour une faible résistance \vec{R} , parce que d_1 est bien inférieur à d_2 .

3) 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 éloigné de l'articulation.



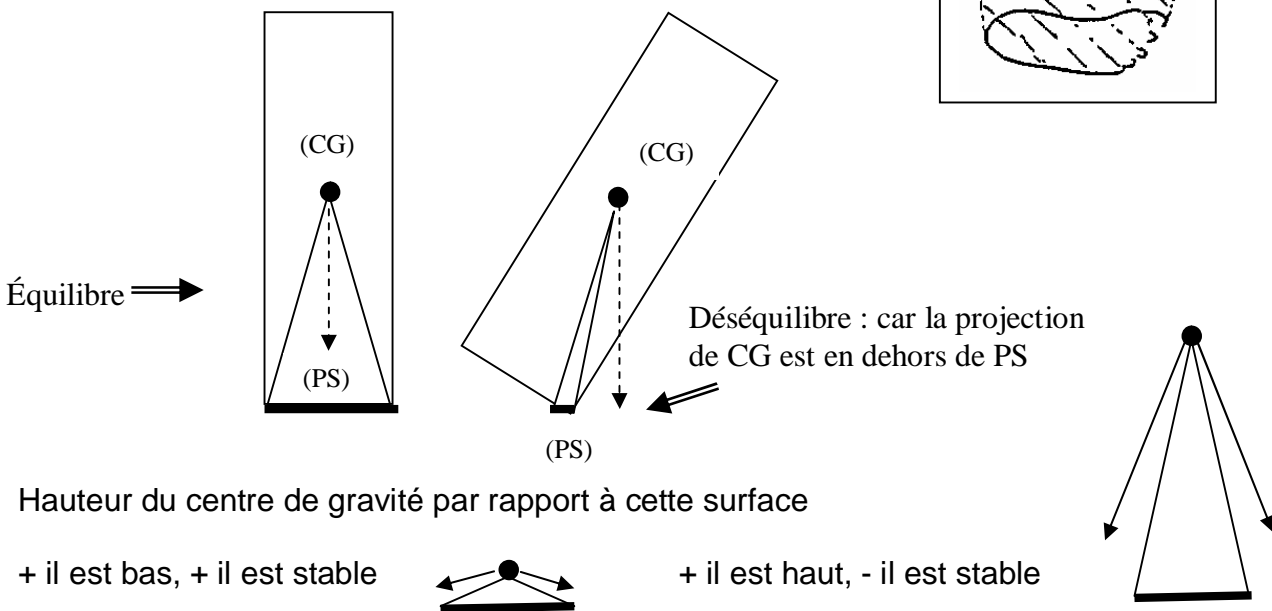
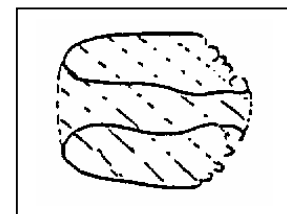
En résumé : Les facteurs d'efficacité des leviers varient selon

- la distance entre le point d'application de \vec{F} et l'axe de rotation
- la distance entre le point d'application de \vec{R} et l'axe de rotation

2 NOTION D'EQUILIBRE

Un corps est en équilibre lorsque son centre de gravité se projette verticalement sur sa surface d'appui

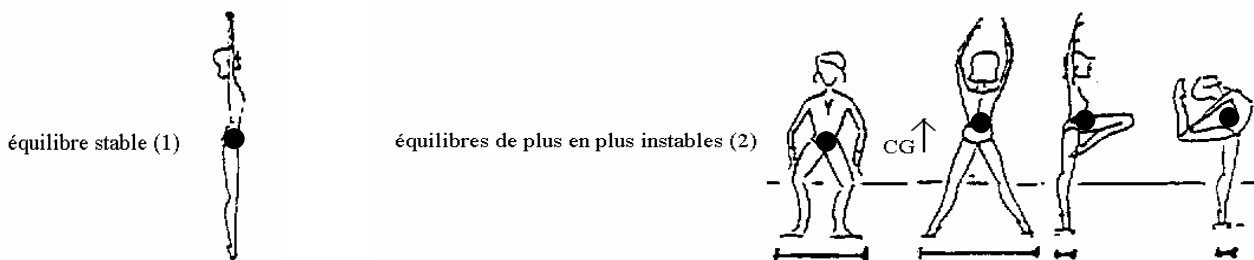
Surface d'appui = polygone de sustentation (PS)



La statique = corps à l'arrêt

Equilibre à l'arrêt :

- Un corps est en équilibre quand les forces qui agissent sur lui se neutralisent, quand le centre de gravité (CG) se projette verticalement sur le polygone de sustentation (PS).
- Plus le CG est bas et plus l'équilibre est stable.



- Si le CG se projette hors du PS, il y a déséquilibre (donc mouvement).

(1) Si le CG est en dessous du PS, l'équilibre est stable, le corps revient à sa position initiale s'il est déplacé (suspension).
(2) Si le CG est au dessus du PS, l'équilibre est instable (la stabilité dépend de la surface du PS et de la hauteur du CG).

3 La dynamique = corps en mouvement

Il existe deux sortes de mouvements (vitesse) :

- Mouvement de translation (vitesse linéaire) >> exemple : la marche ou la course
- Mouvement de rotation (vitesse angulaire) >> exemple : le salto, le balancé

En gymnastique on recherche la vitesse optimale (meilleure) et non maximale

Equilibre en mouvement :

- Un corps est en équilibre quand les forces qui agissent sur lui se neutralisent, quand le centre de gravité (CG) se projète verticalement sur le polygone de sustentation (PS).

>> Equilibre pendant une translation : patineur qui effectue une planche.

>> Equilibre pendant une rotation : tour pivot sur une jambe.

QUELQUE DÉFINITION

Transfert d'énergie : quantité d'énergie d'une partie du corps qui se transmet à l'ensemble du corps

Efficacité des mouvements : alignement des segments pour une meilleure transmission d'énergie
Vitesse optimale et non maximale quels que soient les mouvements
Vitesse d'exécution segmentaire
Utilisation de l'énergie élastique musculaire

Un mouvement est efficace ou efficient lorsque l'on consomme le moins d'énergie possible pour le réaliser = notion de rendement musculaire.



Moment de force : mesure la capacité d'une force à créer une rotation $M = F \times d$

Couple de rotation : rotation créée par deux forces égales de sens opposé autour du centre de gravité

Energie : capacité d'un corps à produire un travail

3 types d'énergie :
Énergie cinétique
Énergie potentielle
Énergie élastique

Energie cinétique : énergie que possède un corps en mouvement, par sa vitesse

Energie potentielle : énergie que possède un corps en fonction de sa position par rapport au sol (hauteur)

Energie élastique : énergie emmagasinée par un corps à la suite d'une déformation sous l'action d'une force. Les muscles, les ligaments et les tendons ont une énergie élastique

Transformation des mouvements :

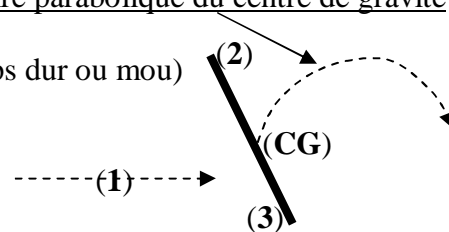
Une fois que le centre de gravité perd le contact avec le sol, on ne peut plus modifier sa trajectoire. Elle peut être modifiée que par une force extérieure

Mouvement de translation + impulsion verticale = trajectoire parabolique du centre de gravité

3 facteurs pour la trajectoire : 1 la vitesse

2 la qualité d'impulsion (corps dur ou mou)

3 l'angle d'impulsion



Efficacité de l'impulsion :

1) dépend de l'alignement des segments

+ la vitesse de contact au sol est importante + le corps doit être rigide (pour éviter les pertes d'énergie)

2) élasticité du matériel

3) placement du bassin en rétroversion et en légère extension (pour le salto arrière)

4) l'angle d'impulsion détermine l'élévation du corps.

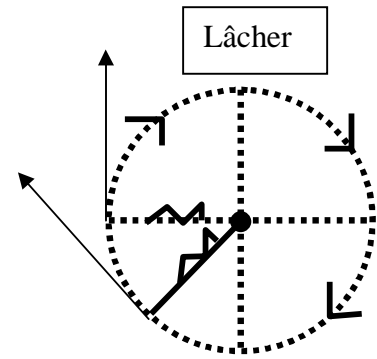
Mouvement angulaire + lâcher : (ex : barre fixe)

Angulaire + lâcher = trajectoire parabolique

Déterminé par plusieurs facteurs

- vitesse de rotation
- l'angle au moment du lâcher

- si on lâche la barre à l'horizontal, on monte à la verticale (généralité)



Mouvement autour du centre de gravité :

Rotation dans l'espace

Les rotations sont créées d'après un point d'appui au sol ou sur agrès

Quand on parle de rotation, on parle de moment cinétique (MC)

$MC = R$ (Moment d'inertie) \times MV (vitesse de déplacement)

Dès qu'on a quitté le sol le moment cinétique est constant, il ne peut plus augmenter

Création de salto : (rotation)

- 1) poussée excentrique = force excentrique
- 2) transfert d'énergie par action segmentaire
- 3) blocage du mouvement rectiligne

Transformation des mouvements autour du centre de gravité :

Moyen qui permet de modifier la vitesse de rotation

Variation du moment d'inertie

Inertie : tout corps non soumis à une force extérieure a tendance à garder sa position de repos ou sa vitesse initiale

L'inertie est la résistance opposée au mouvement lors d'une rotation, elle dépend de la masse du corps et du rayon, donc de la répartition de la masse autour du centre de gravité

+ le moment d'inertie va être faible + la vitesse de rotation va être élevée

La vrille sans point d'appui au sol est un transfert des moments cinétiques

$$\begin{array}{ccccc} MC & = & MC & + & MC \\ \text{Constant} & & \text{salto} & & \text{vrille} \end{array}$$

La vrille est déclenchée par le point le plus éloigné du point d'appui

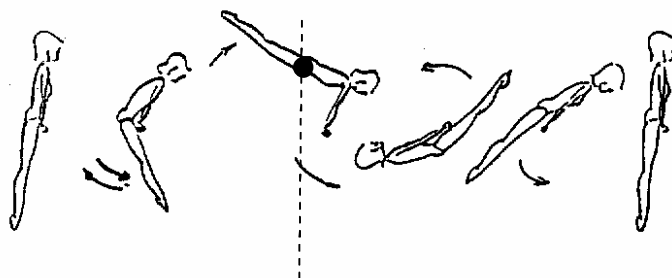
Au sol, la vrille est déclenchée par les bras

Au saut de cheval et aux barres, la vrille est déclenchée par les pointes de pieds

4 UN EXEMPLE : LE TOUR D'APPUI ARRIERE

4.1 *Décrire ce que l'on voit (en 3 parties : 1 départ, 2 réalisation, 3 arrivée)*

1. De l'appui facial, prise d'élan en arrière à l'appui libre.
2. A la fin de la prise d'élan, les épaules se situent en avant de la verticale des appuis (de la barre), le dos rond et la tête droite.
Le tour d'appui est déclenché :
 - surtout par l'action de la pesanteur sur les jambes et le tronc,
 - par projection des épaules vers l'arrière (dos rond, bassin en rétroversion, menton poitrine) sans fermeture jambes / tronc,
 - les cuisses sont ramenées vers la barre par fermeture de l'angle bras / tronc.
3. Maintien de cette position jusqu'au retour à l'appui facial.



4.2 *Comprendre comment ça marche (analyse biomécanique et musculaire)*

1. Lors de la prise d'élan (1), le bassin est élevé pour augmenter l'énergie potentielle (2)
2. A la fin de la prise d'élan (épaules au-dessus et en avant de la barre), le centre de gravité se trouve en arrière de l'appui | poussée excentrée | rotation (poids du corps + poussée des bras), à la prise d'élan et durant la descente des jambes, l'axe de rotation se situe au niveau des épaules.

Par la suite, l'axe de rotation est la barre (blocage de la ceinture scapulaire : épaules). Les épaules sont projetées vers l'arrière et les cuisses amenées près de la barre pour augmenter la vitesse de rotation (donc l'énergie cinétique (3))

3. L'énergie accumulée dans la phase descendante (vitesse de rotation) permet la remontée.

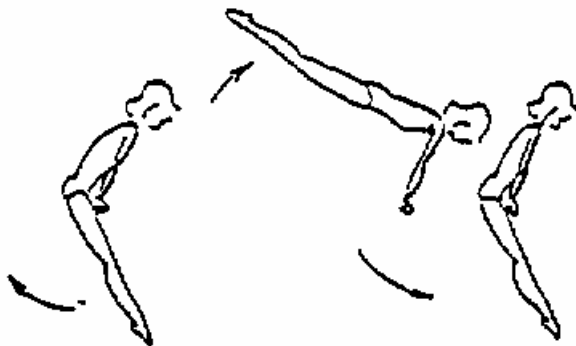
Les principales actions motrices sont :

- ouverture jambes-tronc et antéimpulsion pendant la prise d'élan (+ répulsion si prise d'élan bras fléchis),
- rétroimpulsion pendant la rotation (maintien du blocage de l'angle bras / tronc),
- Gainage (action musculaire non motrice)

-
- (1) Projection des jambes vers l'arrière et blocage de la ceinture pelvienne (bassin) = **transfert d'énergie** à tout le corps
 - (2) **Energie potentielle** : énergie que possède un corps en fonction de sa position par rapport au sol (hauteur)
 - (3) **Energie cinétique** : énergie que possède un corps en mouvement, par sa vitesse

4.3 Comment l'enseigner (situations pédagogiques, consignes)

Prise d'élan (ouverture jambes-tronc et antéimpulsion pendant la prise d'élan + gainage)



Renversement en position mi-renversée (rétropulsion statique + gainage)



Tour d'appui arrière départ sur caisse (projection des épaules, maintien gainage et bras tendus)

