

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

1 Notions de cinématique

1.1 Système de référence

1.1.1 Repos – Déplacement – Mouvement - Système de référence

Considérons un élève dans la classe. De deux choses l'une :

1. Ou bien il garde la même position, assis à sa table ;
2. Ou bien il ne conserve pas cette position et il se rend, par exemple, de son banc vers le tableau.

Dans le premier cas, les distances d'un point quelconque de l'élève aux parois de la classe ne varient pas. Nous disons qu'il est au **repos** dans la classe.

Dans le deuxième cas, les distances d'un point quelconque de l'élève aux parois de la classe varient. Mais nous pouvons considérer ce changement de position de deux façons différentes :

- a) Considérons seulement la position de départ et la position d'arrivée, sans tenir compte des positions intermédiaires ; nous disons que l'élève a effectué un **déplacement** dans la salle.
- b) Tenons compte en plus des positions initiales et finales, de toutes les positions intermédiaires occupées pour passer d'une position à l'autre. Nous disons que l'élève a effectué un **mouvement** dans la pièce.

Nous voyons donc que la notion de repos, de déplacement et de mouvement d'un corps exigent nécessairement le choix de **repères** (dans notre cas, les murs de la salle), par rapport auxquels on mesure les distances d'un point quelconque du corps considéré. Ces repères constituent **un système de référence ou de comparaison**. Si le corps était absolument seul dans l'espace, il n'existerait pas de repères et les notions de repos, déplacement ou de mouvement seraient dépourvues de sens.

L'étude des mouvements constitue l'objet de la **cinématique**.

1.1.2 Relativité du mouvement

Considérons un train en mouvement par rapport à la voie et un voyageur assis dans un wagon. Par rapport au repère-voie, le voyageur est en mouvement ; mais par rapport au repère-wagon, il est au repos. Pour le même voyageur, le paysage est animé par rapport à lui, d'un mouvement en sens inverse de celui de la marche du train par rapport aux rails. De même, pour l'observateur qui choisit la terre comme système de comparaison, c'est le soleil qui tourne autour de la terre en 24 heures.

Par contre, si l'observateur prend comme repère le soleil, c'est la terre qui tourne sur elle-même dans le sens inverse. En conséquence, les notions de repos et de mouvement n'ont de sens que si l'on définit avec précision le système de référence dans lequel on détermine la ou les positions d'un corps.

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

Nous dirons donc :

Un corps est au repos par rapport à un système de référence, lorsque les distances des points du corps à ceux du système de référence ne varient pas avec le temps. Il est en mouvement, si les distances changent avec le temps.

1.1.3 Mouvement - Trajectoire

Le mouvement d'un solide est déterminé quand la position de chacun de ses points est connue à chaque instant, dans un système de référence donné.

Le lieu des positions qu'occupe chaque point, à chaque instant, s'appelle trajectoire du point.

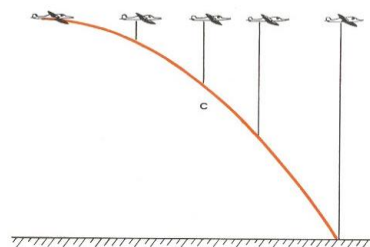
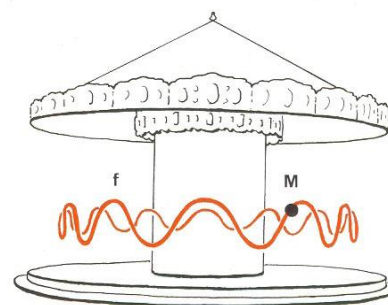
Nous avons vu que les notions de repos et de mouvement n'avaient de sens que relativement à un repère choisi. En est-il de même pour la notion de trajectoire ; autrement dit, l'aspect d'une trajectoire dépend-il du système de référence ?

- a) Un observateur est à califourchon sur un cheval de bois d'un « carrousel » galopant. Par rapport à lui, un point M du cheval est au repos et sa trajectoire se réduit à un seul point M.

Si l'observateur est debout sur le plancher, la trajectoire de M est un segment de droite verticale, parcouru alternativement de bas en haut et de haut en bas.

Si l'observateur est debout sur la place publique, la trajectoire de M est une courbe en feston.

De son appareil, un aviateur laisse tomber un objet. Pour un observateur terrestre, la trajectoire est la courbe c. l'aviateur par contre, voit continuellement le corps de plus en plus bas, mais toujours au-dessous de lui. Pour lui, la trajectoire du corps est une droite.



La notion de trajectoire, comme celle de repos ou de mouvement, n'a de sens que si l'on précise le système de référence choisi.

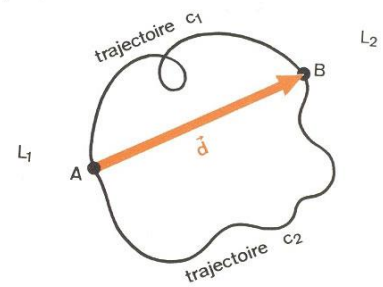
1.2 Déplacements

1.2.1 Déplacement

Supposons qu'au cours d'un voyage en auto, nous partions de Liège (L_1) pour nous rendre à Bruxelles (L_2). Si nous ne tenons compte que des positions de départ et d'arrivées, sans nous préoccuper des positions intermédiaires, nous dirons qu'un point quelconque de l'auto a effectué le déplacement de A en B.

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

Pour en trouver les caractéristiques, il faut considérer le segment AB, l'orienter à l'aide d'une flèche ayant sa pointe en B et d'en mesurer la longueur. Le déplacement du point est donc représenté par le segment de droite orienté AB qui possède :



1. un point d'origine A et un point extrémité B ;
2. une grandeur caractérisée par la mesure de la longueur du segment AB ;
3. une direction, celle de la droite à laquelle appartient AB ;
4. un sens bien déterminé, de A vers B.

Nous conviendrons de désigner ce segment orienté par la notation \overrightarrow{AB} , ou encore \vec{d} .

1.2.2 Notion de vecteur

Une distance, une masse, une durée..., sont caractérisées par un simple nombre qui en exprime la mesure avec une unité appropriée. On les appelle des **grandeurs scalaires**.

Nous voyons par contre, que le déplacement d'un point n'est déterminé que si nous fixons :

- a) son origine ;
- b) sa grandeur ;
- c) sa direction ;
- d) son sens.

On dit que le déplacement est une **grandeur vectorielle**. Une telle grandeur est conventionnellement représentée par un segment orienté auquel on donne le nom de vecteur.

Notation : \vec{V}

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

2 Notions de statique

2.1 Définition et mesure des forces

2.1.1 Notion de force

Une première idée de la notion de force nous est donnée par l'effort musculaire que nous devons fournir, par exemple :

- Pour mettre en mouvement une voiture arrêtée ou pour l'arrêter, si elle est en mouvement ;
- Pour faire varier la vitesse d'un mobile s'il est déjà en mouvement ;
- Pour comprimer une balle en caoutchouc ou pour allonger un ressort ;

L'existence d'une force se manifeste donc par ses effets qui sont :

- Modifier la vitesse d'un corps indéformable, c'est-à-dire produire une accélération ou une décélération ;
- Déformer un corps maintenu immobile.

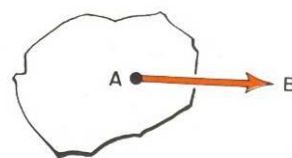
D'une manière générale, **on donne le nom de force à toute cause capable de produire une accélération (ou décélération) ou une déformation.**

Donner-moi des exemples de force dans la vie quotidienne ?

2.1.2 Élément caractéristique d'une force

Essayons de préciser davantage la notion de force. Pour cela, exerçons sur un solide une force de traction, par l'intermédiaire d'une corde AB attachée en un point A de l'objet.

Lorsque la force agit, la corde se tend et constitue l'image d'une droite AB. Les éléments de la force apparaissent ainsi immédiatement :



1. Le point d'attache A de la corde est son **point d'application**.
2. La droite AB, suivant laquelle la corde se tend, représente sa **direction** ou **ligne d'action**.
3. **Le sens** dans lequel nous tirons est celui de la force.
4. D'autre part, nous avons instinctivement la notion d'avoir à exercer un effort plus ou moins grand, suivant que nous voulons déplacer le solide plus ou moins rapidement ou lui faire subir une déformation plus ou moins importante. Pour achever de caractériser une force, il faut se donner un quatrième élément, qui est sa **grandeur** ou **intensité**.

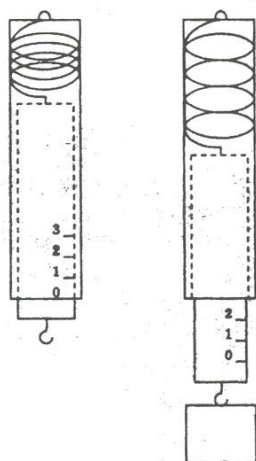
Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

2.1.3 Mesure statique d'intensité des forces

Pour comparer les intensités de deux ou plusieurs forces, nous pouvons nous adresser à l'un ou l'autre des deux effets qu'elles sont susceptibles de produire. Il est plus commode de comparer des déformations que des accélérations. Nous ferons donc agir les forces sur un même corps déformable, un ressort par exemple, auquel nous fixons une aiguille dont nous observons les déplacements devant une échelle.

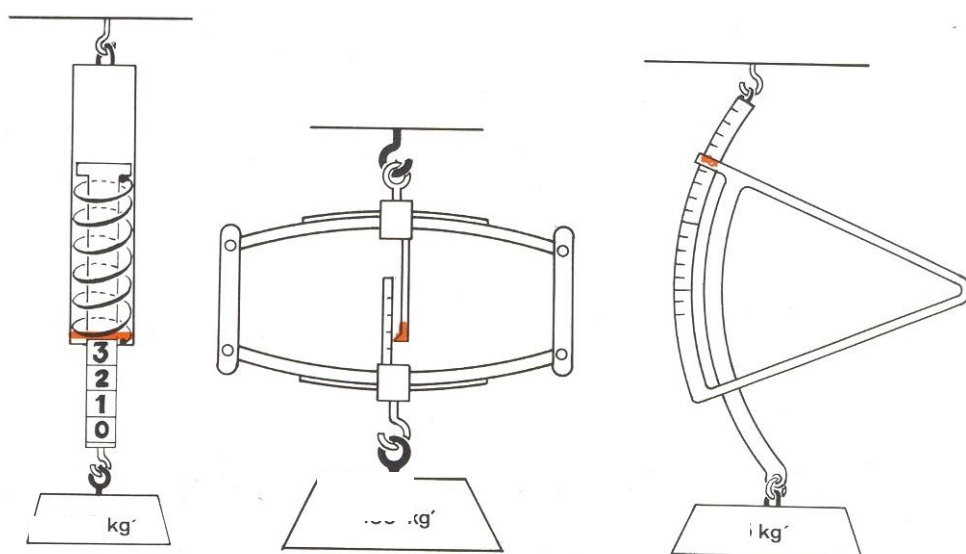
L'unité de mesure d'une force sera le **Newton**.

Le Newton est la force fournie à une masse de 1 kg qui subit une accélération de 1 m toutes les secondes



Faisons agir sur le ressort, des forces de 1N, 2N, 3N,... et nous notons chaque fois la position de l'aiguille. Nous obtenons ainsi un appareil gradué, que nous appelons **dynamomètre**.

Il existe plusieurs types de dynamomètre



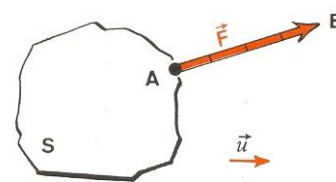
Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

2.1.4 Représentation graphique des forces

Tout comme un déplacement, une force est entièrement déterminée par 4 éléments :

1. Son point d'application,
2. Sa direction,
3. Son sens
4. Son intensité (sa grandeur)

Nous pouvons aussi la représenter complètement par un vecteur. Pour cela, on convient de représenter une force par un vecteur \vec{u} . Le vecteur AB représente une force de 4 Newtons appliquée en un point A du solide S, agissant suivant la direction AB et dans le sens de A vers B.



Chaque fois que nous considérons une force en un instant sur quatre éléments caractéristiques : son point d'application, sa direction, son sens et son intensité, nous la désignerons par la notion vectorielle \overrightarrow{AB} ou \vec{F} . Quand nous tiendrons uniquement compte de son intensité, nous supprimerons, dans sa désignation, la flèche caractéristique de la représentation vectorielle. Dans notre exemple, l'intensité de la force \vec{F} vaut $F = 4$ N.

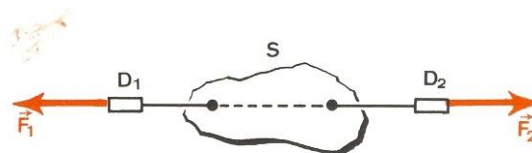
2.2 Equilibre d'un solide soumis à deux forces

2.2.1 Notion d'équilibre

Considérons un solide indéformable, au repos dans un système de référence (la terre). Nous dirons qu'il est en **équilibre** dans ce système. Nous allons étudier les conditions que doivent remplir des forces pour que, appliquées à un solide en équilibre, elles le laissent en équilibre.

2.2.2 Forces directement opposées

Appliquons la force \vec{F}_1 au solide S (plaque de carton par exemple), en équilibre sur une table. Nous constatons que pour le maintenir en équilibre, nous devons y appliquer une seconde force \vec{F}_2 , de même direction, de même intensité et de sens opposé. On exprime souvent ces conditions en disant que \vec{F}_2 est directement opposée à \vec{F}_1 .

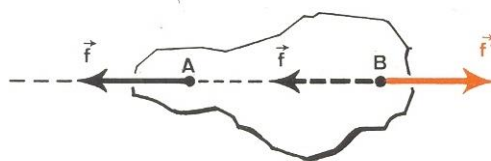


Lorsqu'on soumet un solide en équilibre à l'action de deux forces, il reste en équilibre si ces deux forces sont directement opposées.

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

2.2.3 Déplacement du point d'application d'une force le long de sa ligne d'action

Nous savons que nous ne modifions pas l'équilibre d'un solide indéformable, en appliquant en deux de ses points A et B, deux forces \vec{f} et \vec{f}' directement opposées. Mais la force \vec{f}' peut être équilibrée par la force \vec{f} aussi bien lorsque celle-ci est appliquée en A qu'en B, ou n'importe quel autre point de la droite AB. La force \vec{f} produit toujours le même effet sur le solide, si on la fait glisser le long de sa ligne d'action. D'où la conclusion :

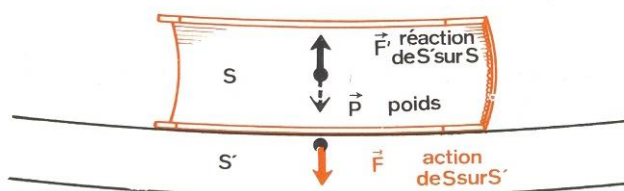


On peut déplacer le point d'application d'une force le long de sa ligne d'action, sans en modifier les effets.

Ceci nous permettra de placer son point d'application dans la position qui nous conviendra le mieux.

2.2.4 Principe de l'égalité de l'action et de la réaction (troisième loi de Newton)

I. Posons un objet très lourd S sur un rayon d'armoire S'. Le corps S agit sur la planche S' avec une force \vec{F} dont intensité est égale à celle de son poids \vec{P} . La planche subit une flexion ; mais une fois cette déformation obtenue, le corps S reste immobile. Il ne faudrait pas en conclure que son poids \vec{P} a cessé d'exister. Au contraire, une nouvelle force \vec{F}' doit être intervenue pour équilibrer le poids \vec{P} de manière à laisser S au repos. Nous pouvons en effet nous rendre compte de son existence. Enlevons l'objet et appuyons avec la main sur la planche, de manière à maintenir la même flexion. Nous sentons que la planche pousse sur la main. Donc, elle réagissait de façon identique sur le corps qui y était pose.

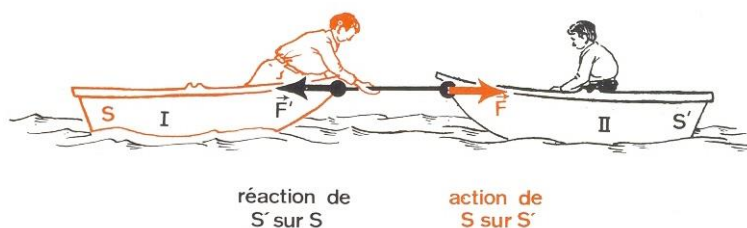


\vec{F} est **l'action** exercée par le corps S sur l'étagère S'.

\vec{F}' est **la réaction** exercée par étagère S' sur S (pour maintenir équilibre).

II. Une personne se trouve dans la barque I : c'est le système S ; une autre dans la barque II : c'est le système S'. A l'aide d'une rame, la première personne exerce sur S' une force \vec{F} qui met S' en mouvement. Mais simultanément, S se met aussi en mouvement, comme s'il était soumis de la part de S' a une force \vec{F}' directement opposée

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides



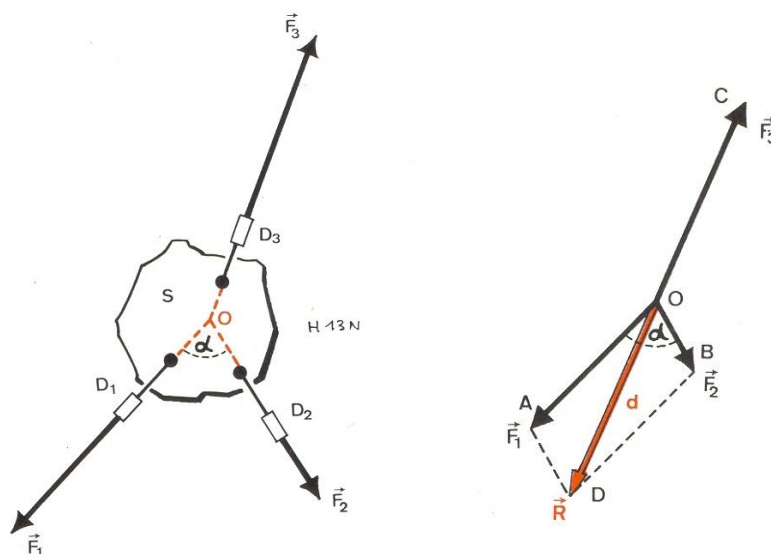
III. Nous pouvons aussi citer comme exemple une charge pendue au plafond.

Si un corps S exerce sur un autre corps S' une force \vec{F} (action), simultanément S' exerce sur S une force \vec{F}' (réaction) égale intensité, de même direction et de sens opposé.

2.3 Equilibre d'un solide soumis à des forces concourantes

Envisageons maintenant le cas où les forces sont concourantes, c'est-à-dire celui où les lignes d'action des forces se coupent en un même point.

2.3.1 Les forces sont au nombre de trois



Soumettons le solide S, à l'action de deux forces concourantes \vec{F}_1 et \vec{F}_2 . L'expérience montre que pour maintenir le corps en équilibre, il faut lui appliquer une troisième force \vec{F}_3 concourante avec les deux autres et située dans le plan déterminé par \vec{F}_1 et \vec{F}_2 .

En général, les forces ne sont pas appliquées au point O de leurs lignes d'action. Transportons alors les points d'application en O. Choisissons un échelle et traçons les vecteurs \vec{OA} , \vec{OB} et \vec{OC} respectivement équivalents aux vecteurs forces \vec{F}_1 , \vec{F}_2 et \vec{F}_3 . Construisons le parallélogramme AODB ayant pour côtés \vec{F}_1 et \vec{F}_2 .

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

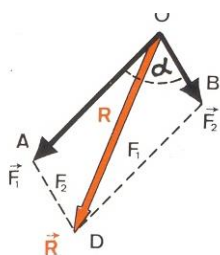
Nous constatons, qu'aux erreurs expérimentales près, \vec{F}_3 est directement opposée au vecteur \vec{OD} porté par la diagonale du parallélogramme

De cette expérience nous tirons comme corollaire, la règle qui permet de trouver la résultante de deux forces concourantes.

2.3.2 Résultante de deux forces concourantes

Le système de deux forces \vec{F}_1 et \vec{F}_2 équilibre \vec{F}_3 . La force unique \vec{R} , directement opposée à \vec{F}_3 équilibrerait aussi \vec{F}_3 . \vec{R} est donc la force qui, à elle seule, produit le même effet que l'ensemble \vec{F}_1 et \vec{F}_2 : c'est leur **résultante**. En vertu de l'expérience précédente, \vec{R} coïncide avec la diagonale d du parallélogramme construit sur \vec{F}_1 et \vec{F}_2 .

La résultante de deux forces concourantes \vec{F}_1 et \vec{F}_2 est le vecteur force \vec{R} porté par la diagonale du parallélogramme construit sur les deux vecteurs forces donnés, en prenant comme origine commune le point de concours de leur ligne d'action.



2.3.3 Intensité de la résultante

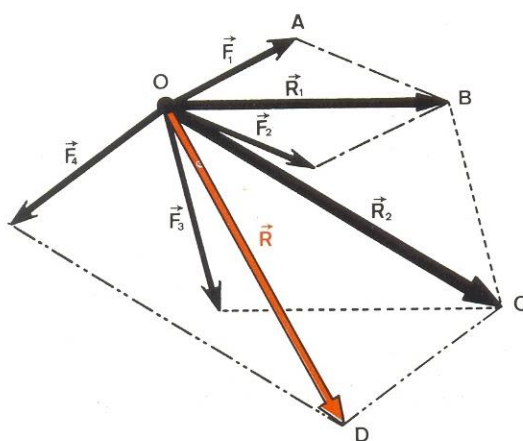
La grandeur de \vec{R} dépend de l'intensité des composantes \vec{F}_1 et \vec{F}_2 et de la valeur de l'angle α qu'elles forment. Si α augmente, R diminue et inversement.

Si $\alpha = 0$, les forces \vec{F}_1 et \vec{F}_2 ont même direction et même sens ; \vec{R} a même direction et même sens et son intensité vaut $F_1 + F_2$.

Si $\alpha = 180^\circ$, les forces \vec{F}_1 et \vec{F}_2 ont la même direction et des sens opposés ; \vec{R} a la même direction, le sens de la plus grande et son intensité vaut $F_1 - F_2$.

2.3.4 Nombre quelconque de forces concourantes

Prenons le système ci-dessous. Trouvons d'abord la résultante de deux de ces forces ; nous sommes ramenés à un système équivalent comprenant une force de moins. Opérons de même sur celui-ci et ainsi de suite. Dans le cas des quatre forces considérées, le système est finalement réduit à deux forces : \vec{R}_2 et \vec{F}_4 .



Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

Le solide est en équilibre si \vec{F}_4 est directement opposée à \vec{R}_2 , c'est-à-dire si la résultante du système est nulle.

Sinon, nous composons \vec{R}_2 et \vec{F}_4 et leur résultante \vec{R} est la résultante générale du système de forces proposées.

Notons que nous sommes absolument maître de l'ordre dans lequel nous opérons la composition, à condition de ne pas considérer la même force deux fois.

Un système de forces concourantes admet toujours une résultante. Si elle est nulle, le solide est en équilibre.

2.4 Equilibre d'un solide soumis à des forces parallèles

Envisageons également le cas où les forces sont parallèles, c'est-à-dire celui où les lignes d'action des forces sont parallèles

2.4.1 Les forces sont au nombre de trois

Soumettons le solide S à l'action de deux forces parallèles et de même sens \vec{F}_1 et \vec{F}_2 . L'expérience montre que pour le maintenir en équilibre, il faut lui appliquer une troisième force \vec{F}_3 , dont les caractéristiques sont les suivantes :

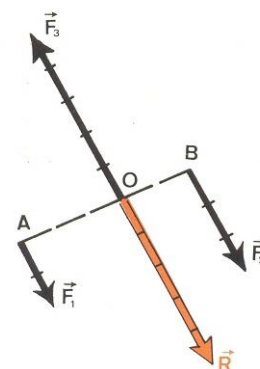
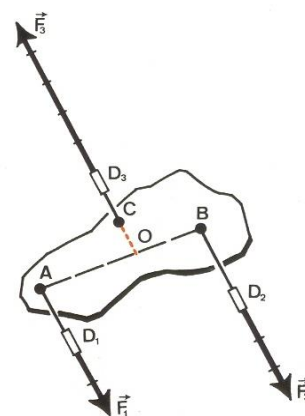
- elle est située dans le plan formé par \vec{F}_1 et \vec{F}_2 ;
- sa direction est parallèle à celle de \vec{F}_1 et \vec{F}_2 ;
- son sens est opposé au deux autres forces ;
- son intensité est égale $F_1 + F_2$;
- son point d'application ramené sur la droite AB qui joint les points d'applications des forces données, est au point O, tel que :

$$F_1 \cdot x_{AO} = F_2 \cdot x_{BO}$$

2.4.2 Résultante de deux forces parallèles et de même sens

Le système des deux forces \vec{F}_1 et \vec{F}_2 équilibre \vec{F}_3 .

La force unique \vec{R} , directement opposée à \vec{F}_3 , équilibrerait aussi \vec{F}_3 . \vec{R} produit donc à elle seule, le même effet que l'ensemble \vec{F}_1 et \vec{F}_2 : c'est la résultante.

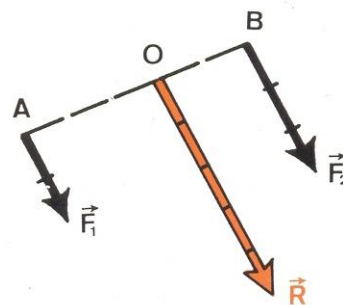


Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

La résultante de deux forces parallèles et de même sens, appliquées aux points A et B d'un même solide, est la force \vec{R} :

- Parallèle aux directions ;
- De même sens ;
- Intensité égale à la somme de leurs intensités ;
- Dont le point d'application ramené sur la droite AB qui joint leurs points d'application, est le point O situé entre A et B et tel que :

$$F_1 \times AO = F_2 \times BO$$



2.4.3 Résultante de deux forces parallèles et de sens contraires

Reprenons l'exemple précédent qui est en équilibre, mais désignons par \vec{F}_2 la force \vec{F}_1 et par B son point d'application. Désignons par contre, par \vec{F}_3 la force \vec{F}_2 et par O son point d'application. L'expérience montre que les longueurs des segments AO et BO sont encore telles que :

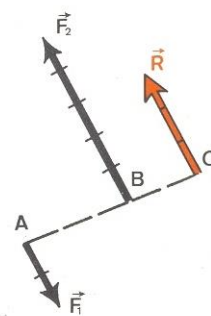
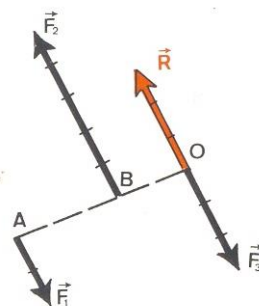
$$F_1 \times AO = F_2 \times BO$$

On peut encore dire que le système des deux forces \vec{F}_1 et \vec{F}_2 équilibrent \vec{F}_3 . Mais la force unique \vec{R} directement opposée à \vec{F}_3 équilibrerait aussi \vec{F}_3 . \vec{R} produit donc à elle seule le même effet que l'ensemble \vec{F}_1 et \vec{F}_2 : c'est leur résultante

La résultante de deux forces, parallèles et de sens contraire appliquées aux points A et B d'un même solide, est la force \vec{R} :

- Parallèle aux deux forces ;
- De même sens que la plus grande ;
- Intensité égale à la différence de leurs intensités ;
- Dont le point d'application, ramené sur la droite AB qui joint leurs points d'application, est le point O situé à l'extérieur du segment AB, du côté de la plus grande force et tel que :

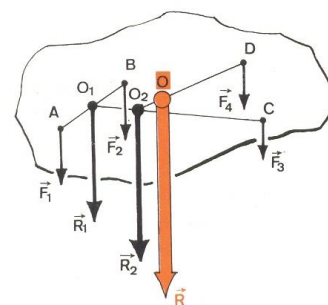
$$F_1 \times AO = F_2 \times BO$$



Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

2.4.4 Nombre quelconque de force parallèle et de même sens

Les forces ne sont pas nécessairement toutes situées dans un même plan. Composons d'abord deux de ces forces ; nous sommes ramenés à un système équivalent comprenant une force de moins. Opérons de même sur celui-ci et ainsi de suite. La résultante finale \vec{R} du système a la même direction que les composantes et le même sens ; son intensité est égale à la somme des intensités. Elle n'est jamais nulle ; le solide n'est donc pas en équilibre.



Comme dans le cas des forces concourantes, nous pouvons opérer la composition des forces dans un ordre quelconque.

Le point O, par ou passe la ligne d'action de la résultante finale et dont la position par rapport aux points A, B, C, D, ...reste invariable est le **centre des forces parallèles**.

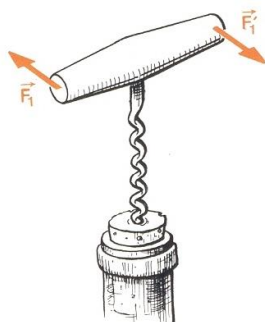
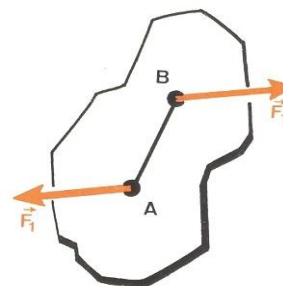
Un système de forces parallèles et de même sens admet toujours une résultante non nulle.

2.5 Couples de forces

2.5.1 Définition

Le système de deux forces d'égale intensité et de sens contraire, situées dans le prolongement l'une de l'autre, laisse le solide auquel il est appliqué, en équilibre.

Si, au lieu d'être confondues, les lignes d'actions de ces deux forces \vec{F}_1 et \vec{F}_1' de même intensité sont parallèles, l'expérience montre qu'il n'y a pas équilibre. Le solide prend, sous leur action, un mouvement de rotation autour d'un axe perpendiculaire au plan formé par les deux vecteurs.



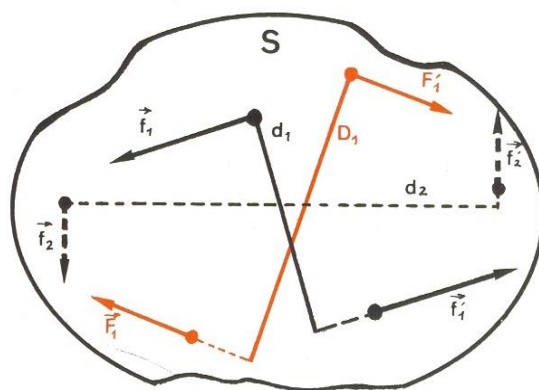
Un couple de force est un système de deux forces d'égale intensité, parallèles et de sens contraires, appliquées en des points différents d'un solide et qui a pour effet de communiquer au corps auquel il est appliqué, un mouvement de rotation.

Pour que le corps tourne d'une façon continue, il faut que les deux forces, tout en restant parallèles entre elles, changent continuellement de direction.

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

2.5.2 Moment d'un couple

Découpons dans une plaque de carton un solide S . Appliquons-lui le couple (\vec{F}_1, \vec{F}_1') ; nous pouvons le maintenir en équilibre en lui appliquant un second couple (\vec{f}_1, \vec{f}_1') de sens opposé. Celui-ci est-il le seul couple capable d'équilibrer (\vec{F}_1, \vec{F}_1') ?



Nous constatons :

1. Qu'on peut l'équilibrer avec le couple (\vec{f}_2, \vec{f}_2') par exemple
2. Que l'intensité des forces dépend de la distance de leur ligne d'action. Plus les lignes d'action s'écartent les unes des autres, plus l'intensité commune des forces du couple diminue.

D'une manière générale :

La mesure du moment d'un couple est le produit de la mesure de l'intensité commune des forces par la mesure de la *distance entre leurs directions*. On appelle cette distance le bras d'un couple.

Deux couples de même moment, agissant dans le même sens, produisent le même effet.

Lorsqu'on soumet un solide en équilibre à l'action de deux couples agissant dans des sens opposés, il reste en équilibre si les mesures de leurs moments sont égales.

On désigne symboliquement le moment par la notion \mathcal{M} .

$$\mathcal{M} = fxd$$

Tout corps persévère dans l'état de repos ou de mouvement uniforme en ligne droite dans lequel il se trouve, à moins que quelque force n'agisse sur lui, et ne le contraigne à changer d'état.

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

Equilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe

2.6 Equilibre des leviers

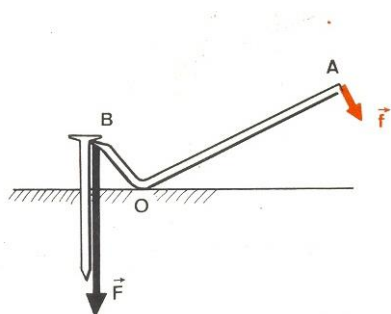
2.6.1 Définition

Un levier est constitué d'une barre rigide qui tourne autour d'un axe d'appui et qui est soumise à l'action de deux forces (une *force motrice* et une *force résistante*) qui ont tendance à faire tourner le levier dans des sens opposés.

2.6.2 Classification des leviers

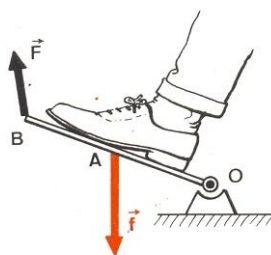
2.6.2.1 Levier inter-appui

L'axe d'appui est situé entre la force motrice et la force résistante.



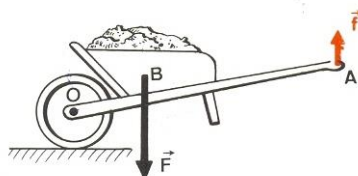
2.6.2.2 Levier inter-moteur

La force motrice est située entre l'axe d'appui et la force résistante



2.6.2.3 Levier inter-résistant

La force résistante est située entre l'axe d'appui et la force motrice



Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

2.6.3 Condition d'équilibre des leviers

$$F_m \times B_m = F_r \times B_r$$

Un levier est en équilibre lorsque les mesures des moments des forces motrices et résistantes autour de l'axe d'appui sont égales.

Cette règle est d'application pour les trois genres de leviers.

2.6.4 Classification des différents leviers

Un levier est **avantageux** lorsqu'il permet de développer une force motrice inférieure à la force résistante.

Or : $F_r \times B_r = F_m \times B_m$

Donc : $\frac{F_m}{F_r} = \frac{B_r}{B_m}$

Nom du levier	B_r/B_m	F_m/F_r	Conclusion	Schéma
Levier inter-appui	$B_r/B_m = 1$	$F_m/F_r = 1$	$F_m = F_r$ Levier indifférent	
	$B_r/B_m > 1$	$F_m/F_r > 1$	$F_m > F_r$ Levier désavantageux	
	$B_r/B_m < 1$	$F_m/F_r < 1$	$F_m < F_r$ Levier avantageux	
Levier inter-moteur	$B_r/B_m > 1$	$F_m/F_r > 1$	$F_m > F_r$ Levier désavantageux	
Levier inter-résistant	$B_r/B_m < 1$	$F_m/F_r < 1$	$F_m < F_r$ Levier avantageux	

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

2.7 Equilibre des poulies

2.7.1 Définition

Une poulie est constituée d'un disque qui tourne autour d'un axe horizontal soutenu par une fourche. Sur l'épaisseur du disque se trouve une rainure appelée gorge destinée à recevoir une corde, un câble ou une chaîne.

2.7.2 Classification des poulies

2.7.2.1 Poulie fixe

Nous supposons que la poulie est suffisamment mobile autour de son axe pour que la corde ne puisse pas glisser. Alors, les forces agissantes \vec{f} et \vec{F} peuvent être considérées comme appliquées respectivement en M et N, tangentiellement à la circonférence intérieure de la gorge. L'expérience montre que dans ces conditions

$$f = F$$

Nous pouvons d'ailleurs assimiler la poulie à un levier inter appui MON dont les bras de levier OM et ON sont égaux. La condition d'équilibre est donc

$$f \times OM = F \times ON$$

Avantage : changer le sens de la force motrice. On tire le poids vers le bas.

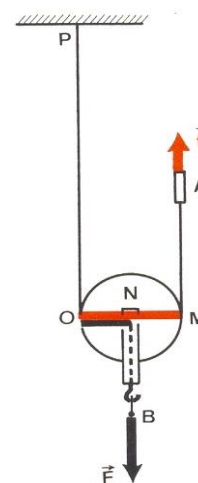
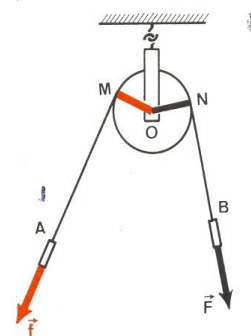
Désavantage : la force motrice doit être égale à la force résistante.

2.7.2.2 Poulie mobile

Nous ne considérons que le cas où les cordons PO et AM sont parallèles. L'expérience montre que $f = \frac{F}{2}$. D'ailleurs, la poulie étant en équilibre, nous pouvons considérer le point O comme l'axe d'un levier. La poulie est alors assimilable à un levier inter résistant, dont l'axe se réduit au point O et dont les bras de levier sont OM et ON. La condition d'équilibre est donc encore $f \times OM = F \times ON$. Comme $OM = 2 \times ON$, on a bien $f = \frac{F}{2}$.

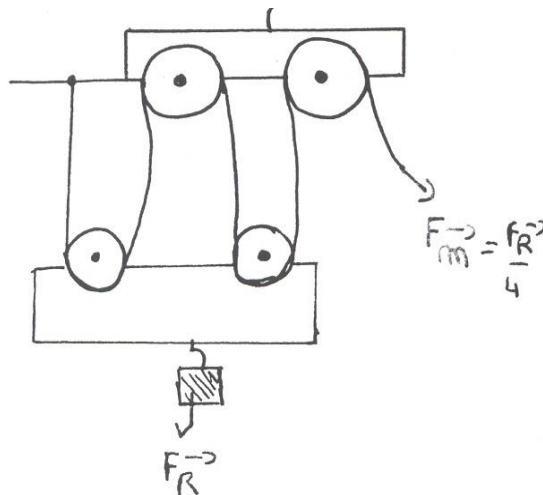
Avantage : elle permet de développer une force motrice qui vaut la moitié de la force résistante.

Désavantage : il faut exercer la force motrice vers le haut. Il faut tirer l'extrémité du fil du double de la longueur de la hauteur de déplacement.



Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

2.7.2.3 Le palan



Le palan combine la poulie fixe et la mobile (dans l'exemple ci-dessus 2 mobiles et 2 fixes)

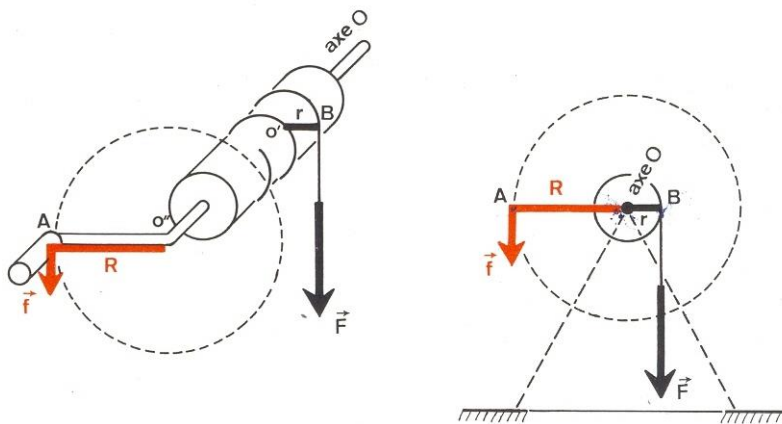
Avantage : on réduit la force motrice. Il permet de diriger la force motrice vers le bas.

Désavantage : il faut tirer la longueur du fil de n fois la longueur du déplacement où n désigne le nombre de poulies.

2.7.3 Equilibre du treuil

L'expérience montre que :

$$f \times R = F \times r$$



Le mécanisme se comporte donc comme un levier d'axe O , dont les bras de levier sont respectivement $O'A$ et $O'B$.

Dans toute position d'équilibre du treuil, l'intensité de la force motrice est donnée par la relation

$$f = Fx \frac{r}{R}$$

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

2.8 Règle des moments

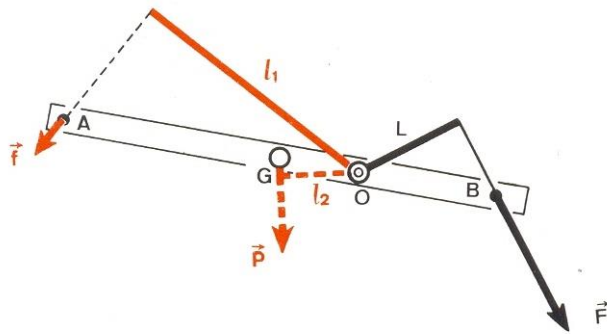
- I. Les leviers, les poulies, le treuil que nous venons d'étudier sont des solides rigides assujettis à tourner sans frottement autour d'un axe fixe O et que l'on soumet uniquement à l'action de deux forces \vec{f} et \vec{F} qui tendent à leur imprimer des rotations de sens inverses.

Dans ces conditions :

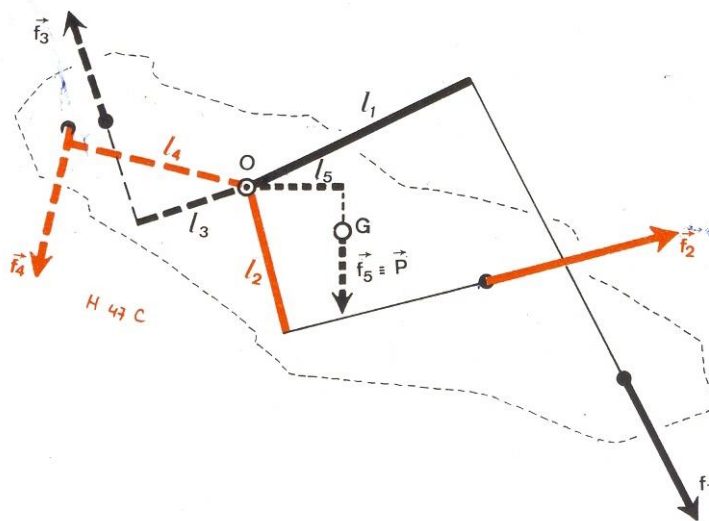
Pour toutes positions d'équilibre, les mesures des moments des forces \vec{f} et \vec{F} autour de l'axe sont égales : $\mathcal{M}_O \vec{f} = \mathcal{M}_O \vec{F}$

- II. Si l'axe d'un levier est horizontal et si son poids n'est pas négligeable il faudra en tenir compte.*

$$\mathcal{M}_O \vec{F} = \mathcal{M}_O \vec{f} + \mathcal{M}_O \vec{P}$$



- III. On peut généraliser d'avantage et considérer un nombre plus grand de forces agissantes.



Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

La règle des moments :

Quand un solide mobile sans frottement autour d'un axe fixe est en équilibre sous l'action de plusieurs forces, la somme des mesures des moments des forces qui tend à produire une rotation dans un sens est égale à la somme des mesures des moments des forces qui tendent à produire une rotation de sens contraire.

La condition d'équilibre de la figure ci-dessus s'écrit :

$$\mathcal{M}_o \vec{f}_1 + \mathcal{M}_o \vec{f}_3 + \mathcal{M}_o \vec{f}_5 = \mathcal{M}_o \vec{f}_2 + \mathcal{M}_o \vec{f}_4$$

2.9 Equilibre d'un solide pesant reposant sur un plan horizontal

2.9.1 Le centre de gravité

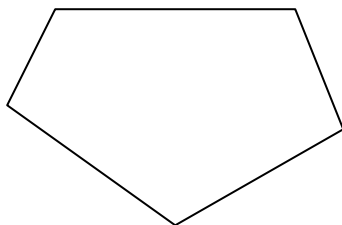
Un objet ponctuel placé dans le voisinage de la terre est soumis à une force : son poids.

(Déterminez les caractéristiques du poids si cet objet a une masse de 200g ?)

- _____.
- _____.
- _____.
- _____.

Représenter cette force sur un schéma :

Envisageons, à présent, un objet d'un certain volume.

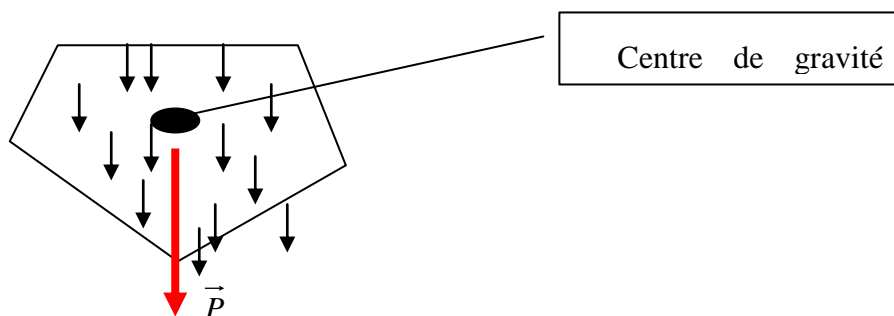


Si nous voulons représenter le poids de cet objet, il est nécessaire de connaître le point d'application. Où se situe-t-il ?

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

Nous pouvons considérer l'objet comme un ensemble d'objets ponctuels. Le poids de chaque objet ponctuel est une force verticale dirigée vers le bas. Le poids de l'objet dans son entièreté est la résultante de toutes les forces parallèles (voir point 3.3.4.).

Le point d'application de cette force résultante est un point particulier appelé **centre de gravité** (symbole : **G**).

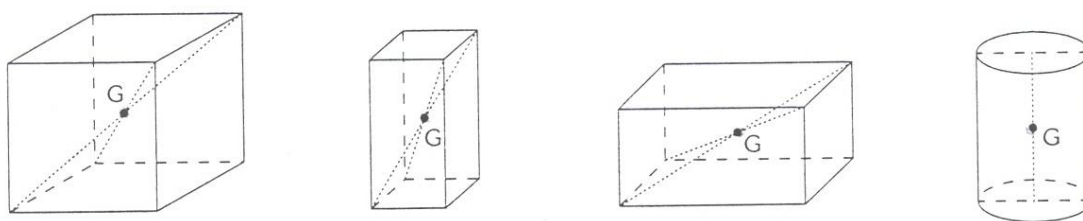


Déterminer le centre de gravité des surfaces régulières et homogènes suivantes :



De même le centre de gravité d'un solide régulier et homogène coïncide avec le centre géométrique du solide.

Exemple :



La méthode du fil de suspension : suspendre le corps par un point et tracer sur ce corps le prolongement du fil de suspension ; suspendre le corps par un deuxième point et tracer à nouveau le prolongement du fil. A l'intersection des deux prolongements se trouve le point G.

Définition : le centre de gravité d'un corps est un point fixe par rapport aux autres points de ce corps, par où passe la ligne d'action du poids de ce corps, quels que soient son orientation et le lieu où il se trouve.

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

Exercices :

1) *Cocher la ou les affirmations(s) fausse(s) :*

- Le centre de gravité peut se trouver à l'extérieur de la matière constituant l'objet.
- Le centre de gravité est plus proche des parties les plus denses d'un objet.
- Le centre de gravité coïncide toujours avec le centre de géométrie d'un objet.
- Le centre de gravité est fixe pour un objet donné.

2) *Cocher la ou les affirmation(s) correcte(s) :*

- Si on fore un trou à l'endroit du centre de gravité, l'objet n'a plus de centre de gravité.
- Si on fore un trou à l'endroit du centre de gravité, le centre de gravité se situe toujours au même endroit, donc au centre du trou.
- Si on fore un trou à l'endroit du centre de gravité, le centre de gravité se déplace et se met au bord du trou.
- Si on fore un trou à l'endroit du centre de gravité, l'objet prend un nouveau centre de gravité situé dans la matière.

2.9.2 Equilibre d'un solide sur un plan horizontal

2.9.2.1 Question

- Trois boîtes cylindriques placées sur un plan incliné :
- la première descend en roulant sur le plan incliné,
 - la deuxième reste immobile,
 - la troisième monte en roulant sur le plan incliné.

Pourquoi ?

- La tasse de bébé se redresse seule.

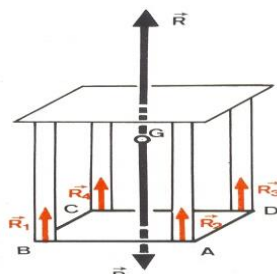
Pourquoi ?

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

2.9.2.2 Base d'appui

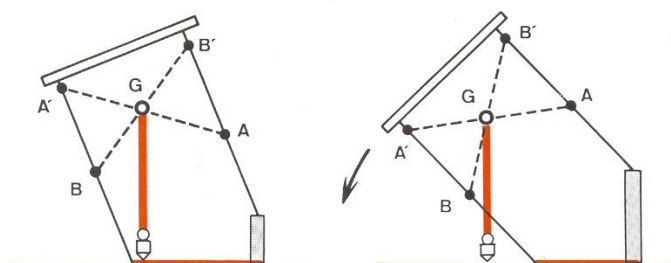
Un meuble repose sur le pavement par plusieurs points d'appui : *La surface limitée par la ligne convexe obtenue en joignant les points de contact du solide avec le plan, de façon à n'en laisser aucun extérieur, forme la base d'appui ou de sustentation.*

Exemple :



2.9.2.3 Equilibre

Reprenons l'escabeau ci-dessus. En son centre de gravité G suspendons un fil à plomb. Faisons reposer l'escabeau sur un plan horizontal, en plaçant sous deux pieds voisins des cales de hauteurs croissantes. L'expérience montre que l'équilibre est rompu dès que la verticale du fil à plomb quitte la base de sustentation.



Un solide pesant reposant sur un plan horizontal est en équilibre si la verticale passant par son centre de gravité ne tombe pas en dehors de sa base de d'appui.

2.9.2.4 Types d'équilibres

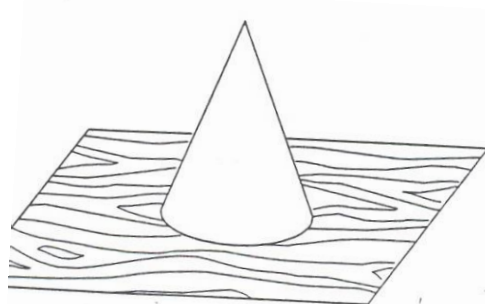
2.9.2.4.1 Equilibre stable

Considérons un cône homogène posé sur sa base. A ce moment, il est immobile : on dit qu'il est en équilibre ; cela signifie que la résultante des forces qui s'exercent sur lui est nulle.

Ecartons le légèrement de sa position d'équilibre. Que se passe-t-il ?

Un tel équilibre est appelé **équilibre stable**.

Un objet est en **équilibre stable** si, lorsqu'on l'écarte légèrement de sa position initiale, il y revient.



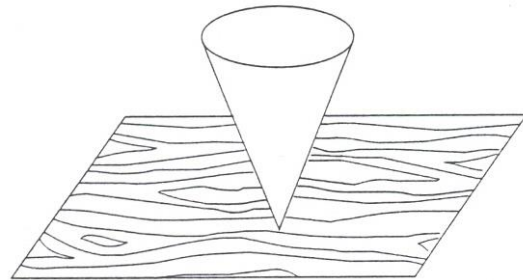
Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

2.9.2.4.2 Equilibre instable

Considérons un cône homogène placé sur sa pointe. A ce moment, il est en **équilibre** (la résultante qui s'exerce sur lui est nulle).

Ecartons-le légèrement de sa position d'équilibre. Que se passe-t-il ?

Un tel équilibre est appelé **équilibre instable**.



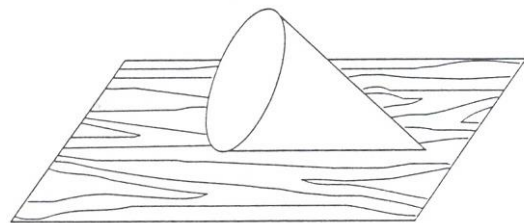
Un objet est en **équilibre instable** si, lorsqu'on l'écarte légèrement de sa position d'équilibre, il s'en écarte d'avantage.

2.9.2.4.3 Equilibre indifférent

Considérons un cône homogène placé sur le côté. A ce moment, il est en **équilibre**.

Ecartons-le légèrement de sa position d'équilibre en se faisant pivoter. Que se passe-t-il ?

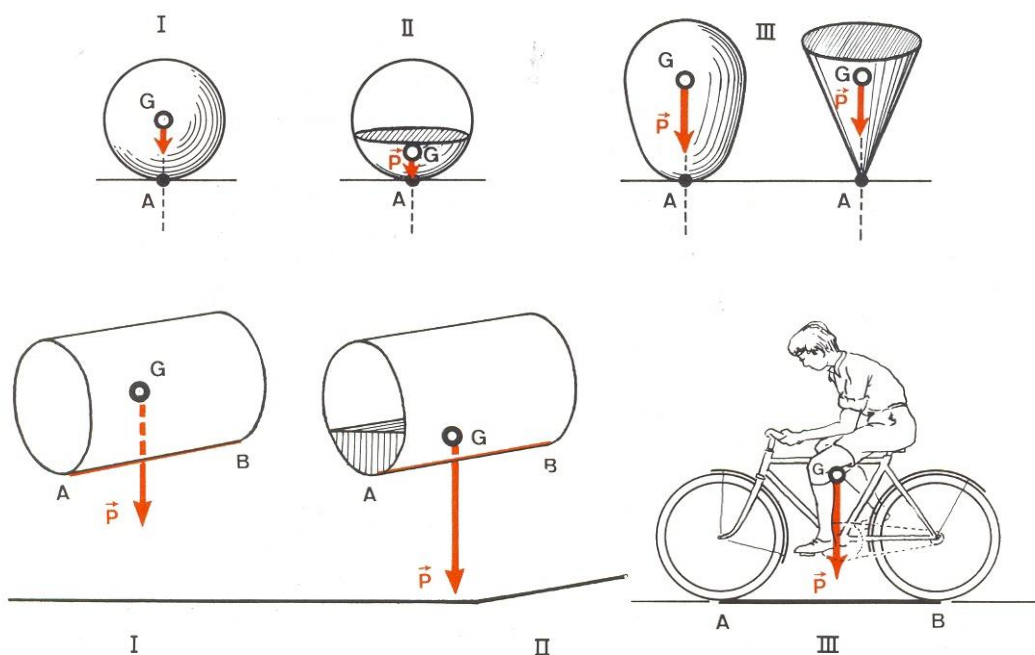
Un tel équilibre est appelé **équilibre indifférent**.



Un objet est en **équilibre indifférent** si, lorsqu'on l'écarte légèrement de sa position initiale, il conserve sa nouvelle position.

2.9.2.4.4 Exercices

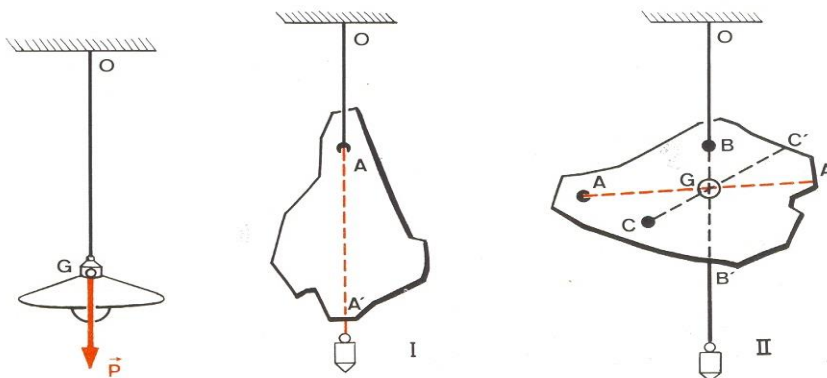
Pour les objets suivant donner les types d'équilibres ?



Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

2.10 Equilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe

Un solide pesant, mobile sans frottement autour d'un axe vertical fixe, est en équilibre dans toutes les positions où la verticale passant par le centre de gravité rencontre l'axe.

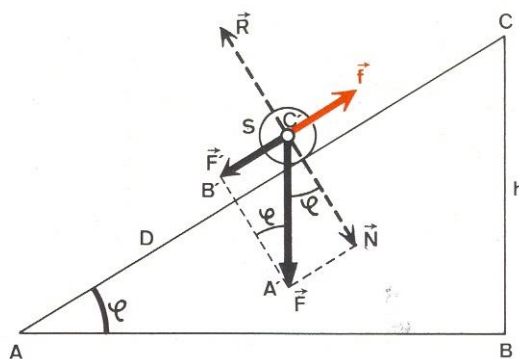


Donner des exemples d'équilibre stable, instable et indifférent ?

2.11 Equilibre d'un solide sur un plan incliné sans frottement

2.11.1 Définition

C'est un plan qui forme avec tout plan horizontal un angle aigu φ , appelé angle d'inclinaison.



2.11.2 Conclusion

En l'absence de frottements, un solide uniquement soumis à l'action de son poids \vec{F} ne peut être en équilibre sur un plan incliné. Dans ces conditions, pour le maintenir en équilibre, il faut le soumettre à une force \vec{f} parallèle à la pente et d'intensité valant :

$$f = F \frac{h}{D}$$

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

3 Principes de dynamique

3.1 Principe de l'inertie (première loi de Newton)

Il comporte deux parties :

- L'observation courante nous montre qu'un solide, au repos dans son système de référence, ne peut se mettre en mouvement que s'il est sollicité par une force (définition d'une force). D'où :

Quand un solide est soumis à un ensemble de forces dont la résultante est nulle, s'il est au repos dans son système de référence, il reste au repos et réciproquement.

- Considérons maintenant un solide en mouvement dans un système de référence. Il se meut en ligne droite. Si le polissage est parfait, les forces de frottements tendraient à devenir nulles et le mouvement serait effectivement rectiligne et uniforme. D'où :

Quand un solide est soumis à un ensemble de forces dont la résultante est nulle, s'il est en mouvement, son mouvement est une translation rectiligne uniforme et réciproquement.

Dans le deux cas, repos ou translation rectiligne uniforme, le mobile ne possède pas d'accélération.

3.2 Principe de proportionnalité entre forces et accélérations (deuxième loi de Newton)

La deuxième loi de Newton permet de calculer les effets sur le mouvement d'un corps causés par l'application de forces. C'est une relation de cause à effet.

- Lorsqu'une seule force est exercée sur un corps, on a :

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

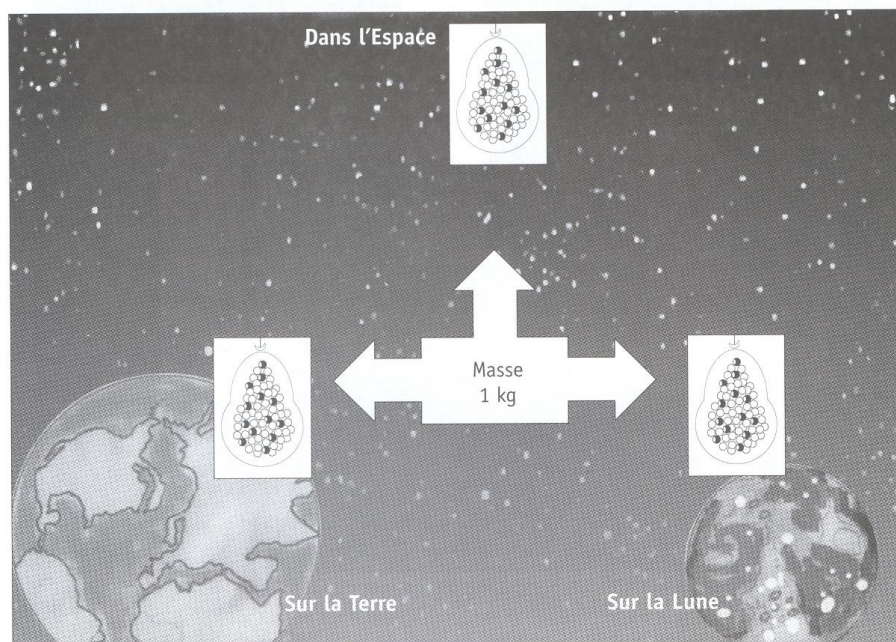
- Lorsque plusieurs forces sont exercées sur un corps, on a :

$$\vec{F}_R = m\vec{a}$$

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

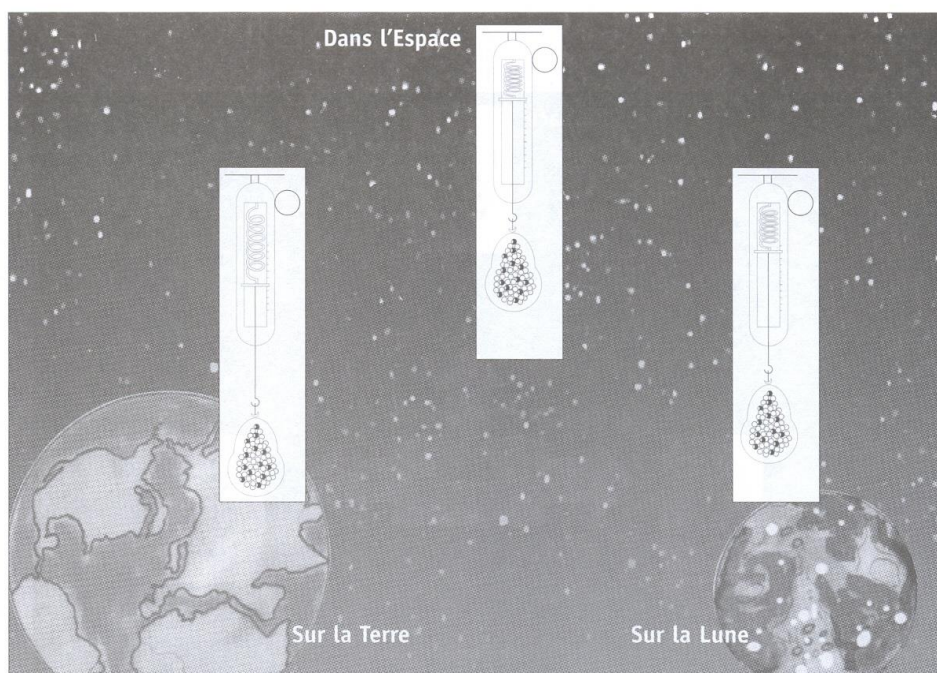
3.3 Relation entre poids et masse

3.3.1 Masse et poids



La masse d'un corps est la quantité de matière de ce corps. Elle s'exprime en kilogramme et se mesure à l'aide d'une balance. Quel que soit le lieu où l'on considère l'objet, sa masse reste la même.

Imaginer et schématiser une procédure expérimentale simple pour montrer que la masse d'un objet qui ne flotte pas sur l'eau est identique dans l'air et dans l'eau.



Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

Ce même sac de billes allonge plus le ressort du dynamomètre sur terre que sur la lune et plus sur la lune que dans l'espace. Il est soumis à une force différente suivant l'endroit. L'intensité de la force de pesanteur que subit un corps est le poids de ce corps. Le sac de bille a donc une force de pesanteur qui dépend de son emplacement dans l'univers.

Résumé :

Poids d'un corps	Masse d'un corps
1. Le poids est _____ _____	1. La masse est _____ _____
2. Le poids _____ suivant le lieu où se trouve le corps.	2. La masse _____ suivant le lieu où se trouve le corps.
3. Le poids se mesure à l'aide d'un _____	3. La masse se mesure à l'aide d'une _____
4. L'unité de poids est le _____	4. L'unité de masse est le _____
5. Symbole : P	5. Symbole : m

3.3.2 La force de pesanteur

Au voisinage de la terre, de la lune, d'un astre, tous les corps sont soumis à une force appelée force de pesanteur.

Déterminer ses éléments :

- direction :
- sens :
- intensité :
- point d'application :

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

La lune ayant une masse six fois moindre, l'attraction de celle-ci sur les objets est six fois moindre

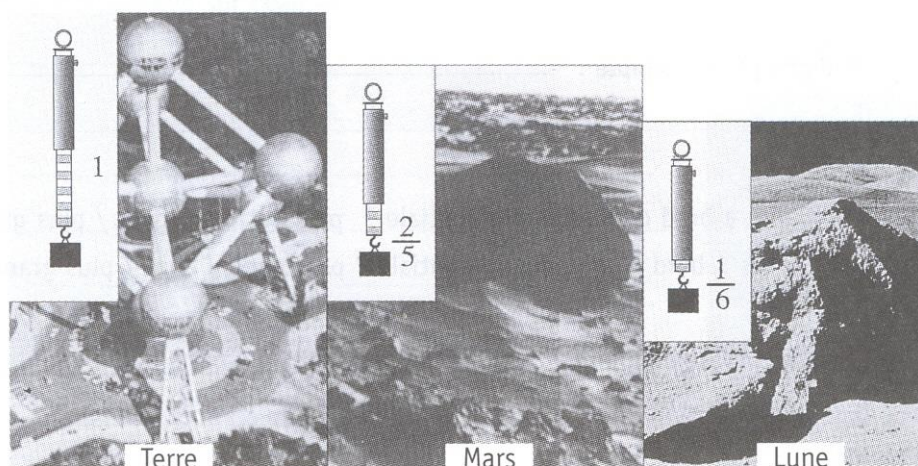


Voici un astronaute, son poids total avec son matériel sur la terre s'élève à 1400 N. Vu son poids élevé, il se déplace difficilement.

Sur la lune, le même astronaute aura un poids six fois plus petit que 1400 N.

Sa masse sur la lune sera $\frac{1400N}{9,81m/s^2} \approx 140kg$. Sa masse sur la lune sera égale à sa masse sur la terre.

Justifier les affirmations ci-dessus ?



Une personne a un poids de 600 N sur la Terre, quel sera son poids sur :

la Lune :

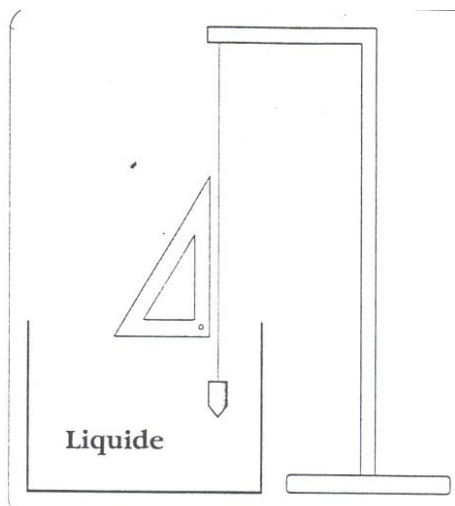
Mars :

Et toi ? _____ Sur la terre ? _____ Sur la lune ? _____ Sur Mars ?

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

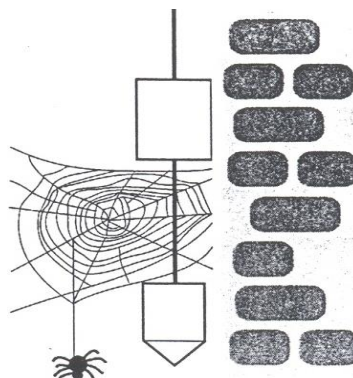
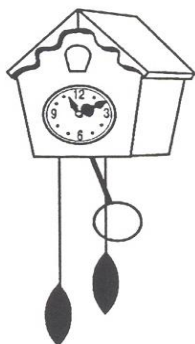
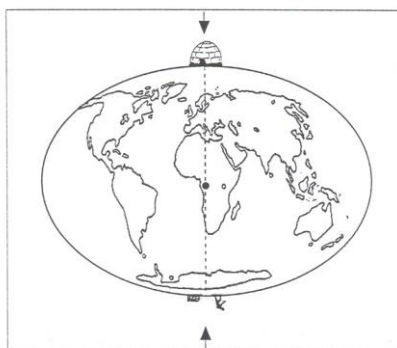
3.3.2.1 La direction de la force pesanteur

En un lieu donné, la droite d'action de la force pesanteur est matérialisée par le fil à plomb en équilibre. Cette direction est *verticale*.



Sur le schéma ci-dessous trace la direction de quatre forces de pesanteur de différents endroits.

Ces verticales sont-elles parallèles ?



Sur ces dessins les verticales semblent parallèles. *Comment cela se fait-il ?*

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

3.3.2.2 Le sens de la force pesanteur

Au pôle nord comme au pôle sud, les corps tombent vers le bas. *Que signifie vers le bas ?*

3.3.2.3 Facteurs influençant le poids (ou l'intensité de la force pesanteur)

A Paris, latitude 49°

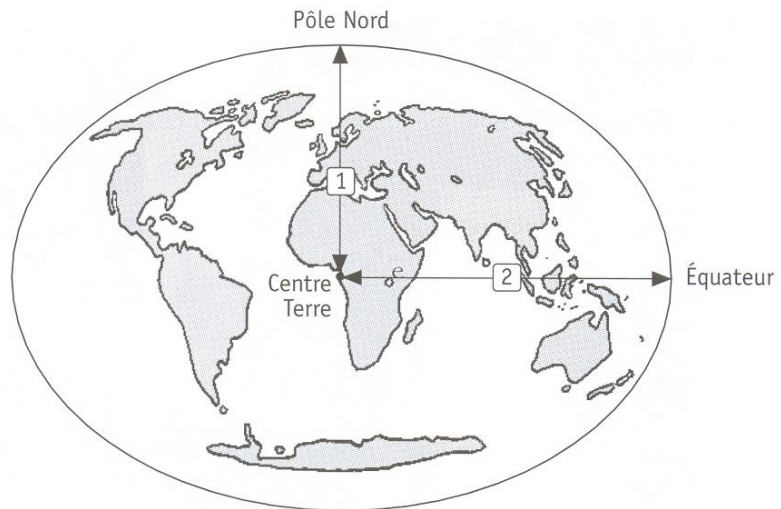
1 kg équivaut à 9,81 N

Au pôle Nord, latitude 90°

1 kg équivaut à 9,83 N

A l'équateur, latitude 0°

1 kg équivaut à 9,78 N



1. Distance pôle-centre de la Terre
2. Distance équateur-centre de la Terre

Comment sera ta masse à l'équateur ?

plus petite / égale / plus grande

Comment sera ton poids aux pôles ?

plus petit / égal / plus grand

Comment sera ta masse sur le Mont Blanc ?

plus petite / égale / plus grande

Comment sera ton poids sur le Mont Blanc ?

plus petit / égal / plus grand

Comment sera ta masse dans la navette spatiale ?

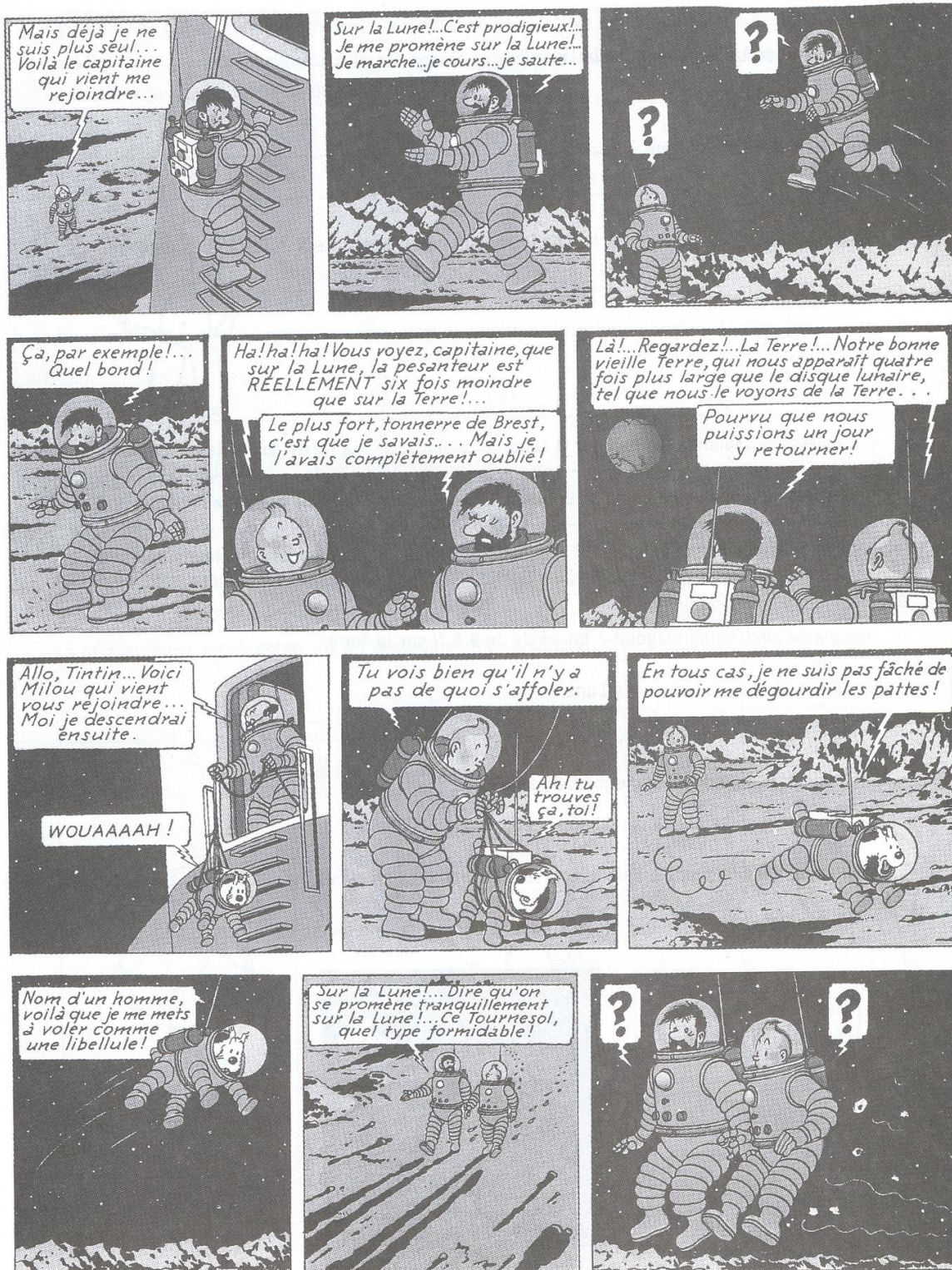
plus petite / égale / plus grande

Comment sera ton poids dans la navette spatiale ?

plus petit / égal / plus grand

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

3.3.3 Résumé



Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

- Sur la lune, une masse a-t-elle aussi un poids ? Pourquoi ?

- Qu'est-ce que la pesanteur sur la Lune ?

- Qu'est-ce que l'apesanteur ?

- En créant le vide dans une cloche sur Terre, suis-je en apesanteur ? Justifie ta réponse.

- Complète par $<$, $>$, $=$.

La masse du capitaine Haddock sur la Lune.	_____	La masse du capitaine Haddock sur la Terre.
Le poids du capitaine Haddock sur la Lune.	_____	Le poids du capitaine Haddock sur la Terre.
La force de pesanteur sur la Lune.	_____	La force de pesanteur sur la Terre.

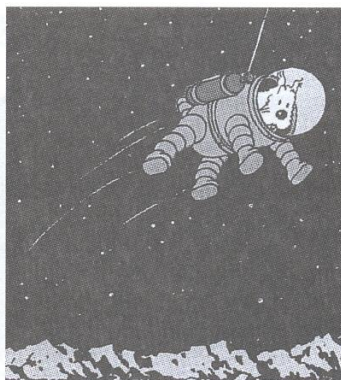
- Une masse de 1 kg correspond à un poids de 9,8 N sur la Terre.

1. Quelle sera sa masse sur la Lune ?

2. Quel sera le poids de cette masse sur la Lune ?

- Un homme dont le poids est de 120 N sur la Lune aura un poids de _____ sur Terre.

- Un homme dont la masse est de 68 kg sur la Lune aura une masse de _____ sur Terre.



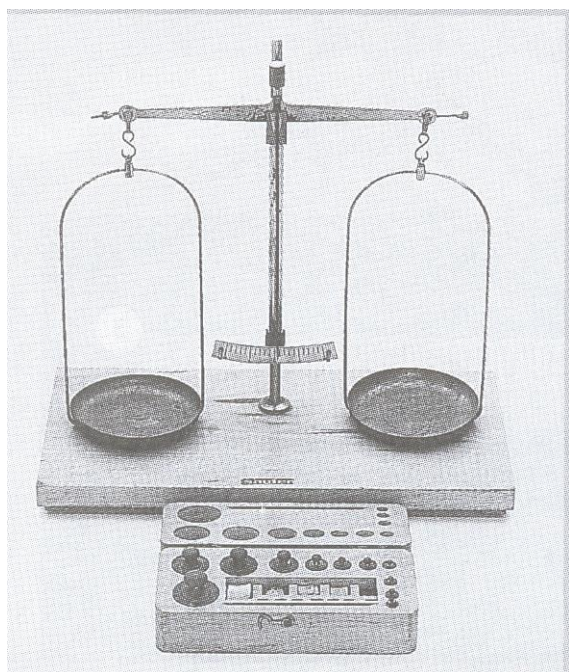
© Éditions Casterman

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

3.4 Equilibre de la balance et mesure des masses

La balance permet de mesurer la masse d'un corps par comparaison avec des masses marquées. La masse d'un corps est la quantité de matière qui constitue ce corps. Pour un même corps elle est invariable.

3.4.1 Description de la balance



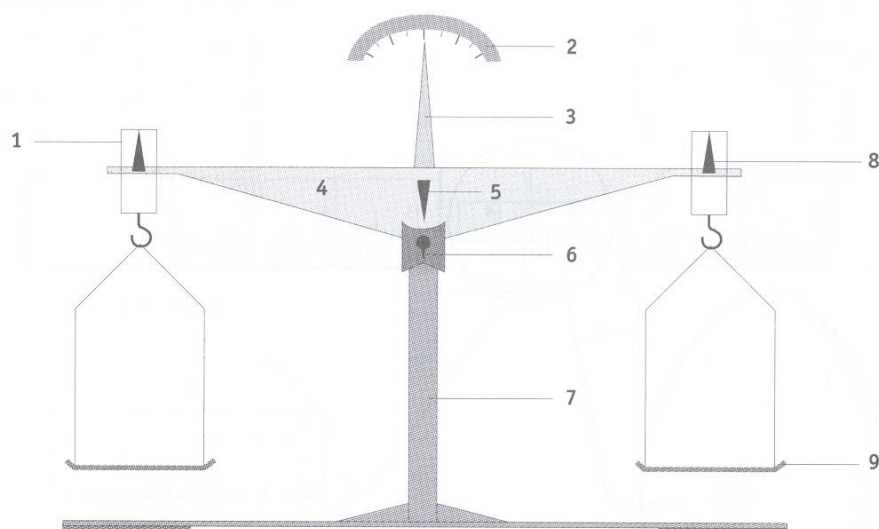
Une tige rigide et légère, le fléau (4), porte en son milieu un prisme dont une arête, le couteau central (5), est tournée vers le bas.

Le couteau central repose sur une petite surface très dure, le coussinet (6), attachée à la colonne servant de socle (7) au système.

Chaque extrémité du fléau porte un prisme dont une arête, appelée couteau latéral (8), est dirigé vers le haut.

Chaque couteau latéral supporte un étrier (1) auquel s'accroche un plateau (9).

Le fléau est muni d'une longue aiguille (3) dont la pointe se déplace devant une échelle graduée (2) fixée au socle.



Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

3.4.2 Les qualités d'une bonne balance

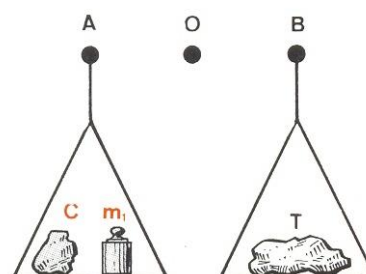
1. **Fidélité** : une balance est fidèle si elle reprend la même position d'équilibre lorsque, après les avoir enlevées, on remet les mêmes masses dans les plateaux. Une telle balance doit toujours donner le même résultat quand on recommence la même pesée.
2. **Justesse** : une balance est juste quand, le fléau étant dans une position d'équilibre, on ne modifie pas cette position d'équilibre en changeant les plateaux de masses égales.
3. **Sensibilité** : une balance est sensible à une surcharge donnée quand l'aiguille balaie un angle perceptible lorsqu'on ajoute cette surcharge à l'un des plateaux.
4. **Exactitude** : une balance est exacte si le déplacement des masses dans les plateaux ne modifient pas la position d'équilibre du fléau.

3.4.3 Les types de pesées

1. **Pesée simple** : Le corps de masse inconnue étant placé dans un des plateaux, on rétablit l'équilibre en déposant des masses marquées dans l'autre plateau.
2. **Pesée double** : Si nous avons une balance non juste il faut utiliser ce système.

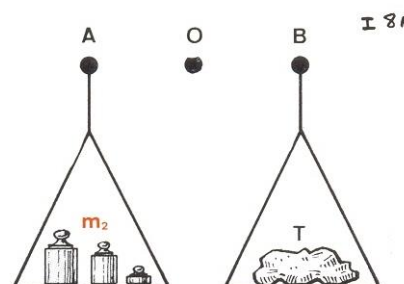
Premier équilibre :

Placer le corps C sur l'un des plateaux, soit A . Placer sur B une tare T dont le poids fait pencher le fléau de son côté. Rétablir l'équilibre en plaçant à côté de C des masses marquées valant m_1 grammes, par exemple.



Deuxième équilibre :

Enlever le corps C et les masses additionnelles. Equilibrer la même tare T en plaçant en a uniquement des masses marquées valant m_2 grammes, par exemple.



En comparant les deux équilibres, il vient : $x = m_2 - m_1$

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

3.5 Masse volumique et densité des solides et des liquides

3.5.1 La masse volumique

3.5.1.1 Définition

Placer un récipient identique sur chacun des plateaux d'une balance. Verser dans ces récipients des volumes égaux d'eau et d'alcool.

Que constatez-vous ?

L'expérience journalière nous apprend que, parmi les métaux, l'aluminium est léger et le plomb lourd. Quel est le sens précis de ces expressions courantes ?

Pour le savoir, cherchons à traduire les faits en langage scientifique. Prenons deux corps de même volume, l'un en plomb, l'autre en aluminium : la masse du premier est beaucoup plus grande que celle du second. La sensation qui se traduit par la phrase ci-dessus correspond donc à la notion de masse pour un volume donné, c'est-à-dire de **masse volumique** (on disait aussi masse spécifique).

La masse volumique est une caractéristique importante d'une substance homogène. Si m et v représentent respectivement la masse et le volume d'un corps, sa masse volumique ρ est donnée par la formule :

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ ou } \mu = \frac{m}{V}$$

$$\frac{kg}{m^3} = \frac{kg}{m^3} \text{ (unités internationales)}$$

3.5.1.2 Unités

Dans le système d'unité international (S.I.), on mesure les masses en kilogramme et les volumes en mètres cubes ; l'unité de masse volumique est donc le kilogramme par mètre cube (symbole : kg/m^3)

On utilise parfois d'autres unités, notamment :

- Le gramme par centimètre cube (g/cm^3)
- Le gramme par litre (g/l)
- La tonne par mètre cube (t/m^3)

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

3.5.1.3 Quelques valeurs

Calcule la masse volumique de ces différents corps.

Voici les masses de ces corps pour un volume de 1 cm³.

Matériau	Masse de 1 cm ³ de matériau	Masse volumique en kg/m ³
Polystyrène expansé	0,02 g	
Alcool	0,8 g	
Huile	0,9 g	
Eau	1 g	
Trichloréthylène	1,4 g	
Aluminium	2,7 g	
Fer	7,9 g	
Cuivre	8,9 g	
Argent	10,5 g	
Mercure	13,6 g	
Uranium	18,7 g	
Or	19,3 g	

3.5.2 La densité

Pour déterminer la masse volumique d'une substance, il faut mesurer la masse et le volume d'une certaine quantité de cette substance. La mesure de la masse se fait sans difficultés grâce à une bonne balance. Par contre, la détermination précise d'un volume est difficile ; elle n'est possible que pour un solide ayant une forme géométrique simple.

Il est beaucoup plus aisé de comparer deux masses volumiques, car toutes les opérations sont alors des pesées. C'est ainsi que se justifie l'introduction de la notion de *densité*.

Pour des raisons dues à la technique des mesures, il est nécessaire que le corps de comparaison soit un liquide ; de tout temps, le choix de l'eau s'est imposé, car c'est un liquide abondant qu'on peut assez facilement obtenir à l'état pur.

$$\text{densité} = \frac{\rho_x}{\rho_{\text{eau}}}$$

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

Définition : *la densité d'un corps est le rapport entre le nombre qui mesure la masse volumique d'un corps et le nombre qui mesure la masse du même volume d'eau pure à 4°C (1000 kg/m³)*

Le nombre qui exprime la densité d'un corps est un rapport et est donc sans unité.

3.5.3 Application

Détermination de la densité d'un corps liquide grâce au densimètre à poids constant.

Densimètre : *c'est un corps flottant constitué d'un lest surmonté d'une tige fine graduée qui nous donne par simple lecture la densité du liquide concerné.*

Il existe un densimètre pour des densités inférieures et supérieures à l'eau.

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

4 Statique des fluides

4.1 Notion de pression

4.1.1 Pression entre solide

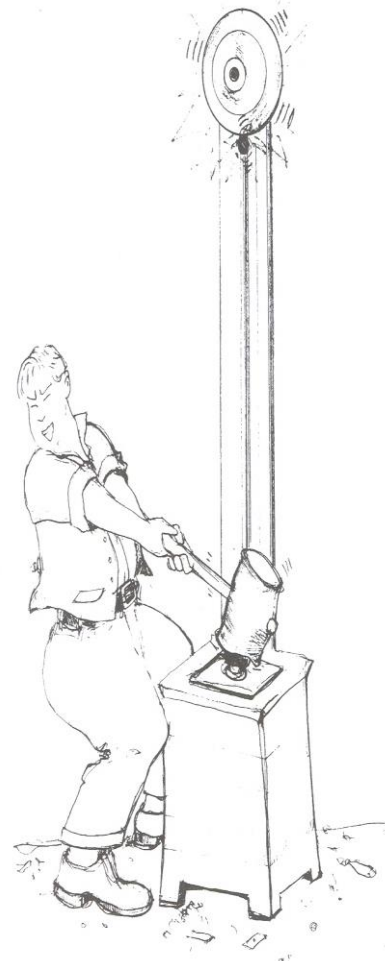
4.1.1.1 Définition

Voici une attraction rencontrée à la foire. Elle consiste à faire retentir une cloche, située au sommet du système, en propulsant une masse actionnée par une frappe énergétique sur la surface d'un plateau.

Deux personnes vont réfléchir à des situations adéquates pour gagner à ce jeu.

Elles réalisent différentes manipulations soit en variant la force de frappe, soit en modifiant la taille du plateau sur lequel s'applique la force.

Voici leur résultat repris dans les tableaux ci-dessous. Compléter-les.



Force (N)	Surface (cm ²)	Élévation du jeton (cm)
20	100	50
20	200	25
20		12,5
20	150	

Que pouvons-nous en conclure ?

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

Force (N)	Surface (cm ²)	Elévation du jeton (cm)
20	100	50
40	100	100
	100	200 « dong »
15	100	

Que pouvons-nous en conclure ?

La pression est le rapport entre la force exercée et la surface sur laquelle elle s'exerce.

$$p = \frac{F}{S}$$

pa ou $\frac{N}{m^2}$

1. Calculer la pression exercée sur le plateau lors du « dong » ?
2. quelle devrait être la surface du plateau sur laquelle s'applique la force pour que le « dong » retentisse en développant une force de 20 N ?
3. Réaliser un graphique pour chaque tableau :
 - a) La pression en fonction de la surface
 - b) La pression en fonction de la forceQuelle est l'allure du graphique ?
4. Comment varie la pression exercée par une force si celle-ci double, et que sa surface ne change pas ?
5. Comment varie la pression si la surface sur laquelle agit la force est réduite de moitié ?
6. Indiquer une croix en face des propositions correctes :

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

La pression exercée est directement proportionnelle à la force	
La pression exercée est inversement proportionnelle à la force	
La pression est directement proportionnelle à la surface	
La pression est inversement proportionnelle à la surface	

7. Quelle est la pression exercée par une lame de couteau dont la tranche a une longueur de 20 cm et une largeur de 0,05 mm lorsqu'on appuie sur la lame avec une force de 40 N ?
8. Voici la carte d'identité de la tour Eiffel.

Date de naissance :

31 mars 1889, pose du drapeau au sommet.

Édifiée pour l'Exposition universelle qui devait célébrer le centenaire de la Révolution française.

Entrepreneur :

Gustave Eiffel.

Construction :

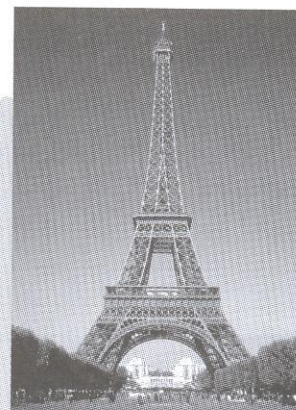
2 ans 2 mois et 5 jours.

Masse de la charpente métallique :

7 300 tonnes.

Masse totale :

10 100 tonnes.



Hauteur :

324 mètres.

Pression au sol :

450 000 Pa.

Quelle est la surface de contact au sol ?

9. On veut enfoncer un piquet verticalement dans le sol. Chaque coup de marteau représente une force de 120 N ? La section du piquet est de 4 cm²

Quelle est la pression exercée sur le sol à chaque coup de marteau ?

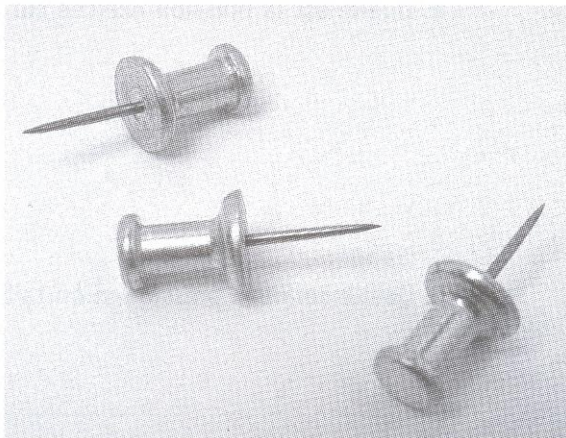
Quelle serait la pression si on taillait le piquet et si la pointe mesurerait 3 mm² ?

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

4.1.1.2 Variation de la pression

1. Dans certaines situations, il est intéressant d'augmenter la pression sans modifier la force. Que fait-on alors ?
2. Dans d'autres situations, il est intéressant de diminuer la pression sans modifier la force. Que fait-on alors ?

Voici des situations dans lesquelles l'homme ou la nature ont tiré profit de ce phénomène. Justifier dans chaque cas.



Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

4.2 Statique des gaz (air)

4.2.1 Propriété de l'air

L'air est partout autour de nous, mais il est difficile de s'en rendre compte car on ne le voit pas : il est incolore.

Pourtant, nous pouvons à partir d'exemples simples, le mettre en évidence.

Imagine quelques expériences simples qui montrent la présence de l'air autour de nous.

-
-
-
-

Nous pouvons donc dire que l'air est une matière et nous pouvons dès lors rappeler ses caractéristiques.

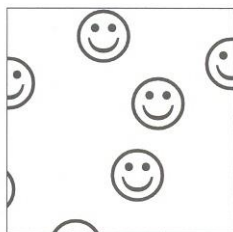
L'air est un corps simple car il est constitué de molécule identique.

C'est un mélange homogène car on ne peut pas distinguer les différents constituants.

Les proportions des différents constituants de l'air sont les suivantes :

- 21 % : (symbole chimique :)
- 78 % : (symbole chimique :)
- 0,03 % (symbole chimique :)

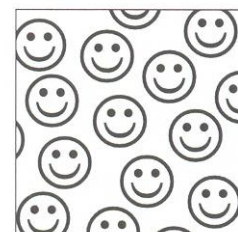
Quelle est la représentation moléculaire qui correspond le mieux à l'air ?



A



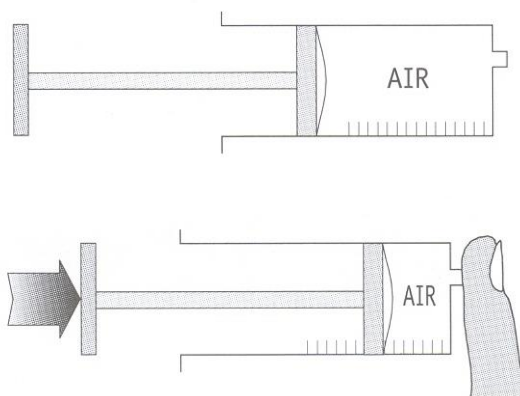
B



C

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

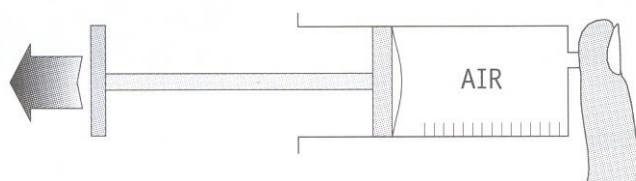
1. A partir des schémas suivants, énonce les caractéristiques de l'air ?



L'air est ...

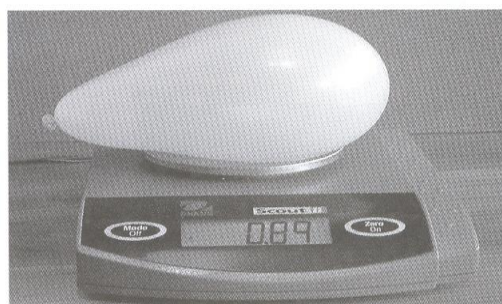
2. Si l'on bouche l'orifice de la seringue et ensuite on tire sur le piston.

Que se passe-t-il quand on lâche le piston ?



L'air est ...

3. Comment peser de l'air ?



Synthèse :

L'air est incolore, inodore et insipide.

L'air est compressible, extensible, élastique et pesant.

C'est un gaz, il n'a donc ni forme, ni volume propres.

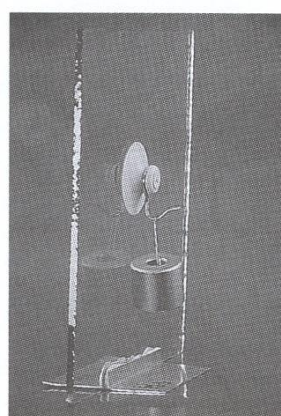
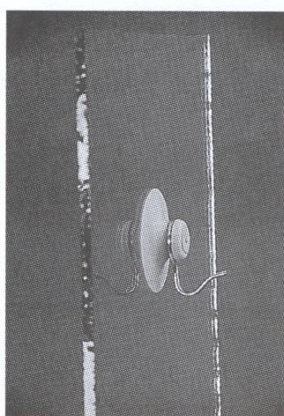
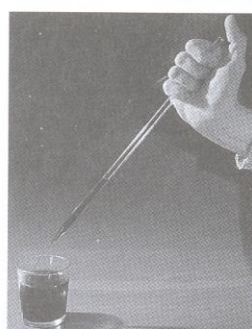
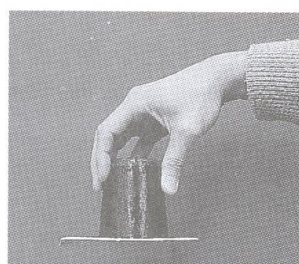
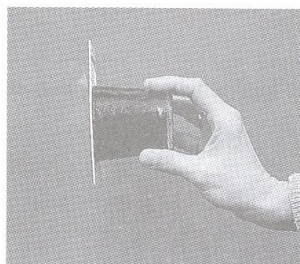
Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

4.2.2 La pression atmosphérique

L'air étant pesant, il exerce sur toute surface en contact avec lui, une pression. La pression due au poids de l'air est appelée pression atmosphérique.

Comment la mettre en évidence ? (expliquer moi l'expérience de Magdebourg et de Torricelli)

Expliquer les photographies suivantes



L'atmosphère exerce sur les corps une pression appelée pression atmosphérique qui s'exerce dans toutes les directions et sur toutes les parois d'un objet.

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

Comment expliquer que nous ne ressentons pas habituellement les effets de la pression atmosphérique ?

4.2.2.1 Le baromètre

On appelle baromètre les instruments destinés à la mesure de la pression atmosphérique. Le moyen le plus sûr de mesurer une pression est de l'équilibrer par une colonne de liquide ; c'est pourquoi l'instrument fondamental pour la mesure de la pression atmosphérique est le baromètre à mercure, c'est-à-dire en somme le tube de Torricelli.

Diverses raisons imposent le choix du mercure comme liquide barométrique :

1. sa très forte densité fait que la hauteur de la colonne est relativement faible, environ 75 cm ;
2. le mercure est un liquide qu'on sait obtenir très pur et dont la masse volumique est connue avec précision ;
3. enfin et surtout, nous verrons que tout liquide, placé dans le vide, se vaporise d'autant plus qu'il est volatil ; le mercure l'est extrêmement peu, de sorte que la pression de vapeur dans la chambre barométrique au-dessus du liquide est toujours parfaitement négligeable.



Usage du baromètre :

➤ Météorologie

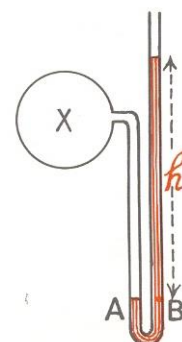
➤ La mesure d'altitude

4.3 Statique des liquides

4.3.1 Pression à l'intérieur des liquides

4.3.1.1 Appareil de mesure

La capsule manométrique : est constitué d'un tube en « U » contenant un liquide (généralement du mercure (Hg) ou de l'eau) ; une branche est en communication avec le vase où l'on veut mesurer la pression ; l'autre branche est ouverte à l'atmosphère. La dénivellation h mesure l'écart entre la pression cherchée X et la pression atmosphérique p_a .



Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

4.3.1.2 Pression à l'intérieur des liquides

Réalisons deux expériences :

1. Plaçons le manomètre à deux hauteurs différentes dans un récipient contenant de l'eau. (schématiser l'expérience)
2. Plaçons la capsule à même hauteur dans deux récipients différents : contenant de l'eau et l'autre de l'alcool (schématiser l'expérience).

Conclusion : La pression à l'intérieur d'un liquide est directement proportionnelle à la hauteur ainsi qu'à la densité du liquide.

4.3.2 Poids réel et poids apparent

Calcule, à l'aide d'un dynamomètre, le poids d'un corps de ton choix. Il pèse par exemple 50 N.

Plonge ce corps suspendu au dynamomètre dans l'eau.

Schématise ton expérience

Que constates-tu ?

Le dynamomètre indique une valeur plus faible. Il pèse maintenant 30 N.

Comment expliquer cette différence ?

Il y a une force verticale dirigée vers le haut qui diminue le poids du corps.

Le poids du corps hors du liquide est son *poids réel*

Le poids du corps dans un liquide est son *poids apparent*.

La poussée sera égale à : $\overrightarrow{P}_{réel} - \overrightarrow{P}_{apparent} = \overrightarrow{Poussée}$

Cette poussée s'appelle ***la poussée d'Archimède***.

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

4.3.3 La poussée d'Archimède

4.3.3.1 Le principe

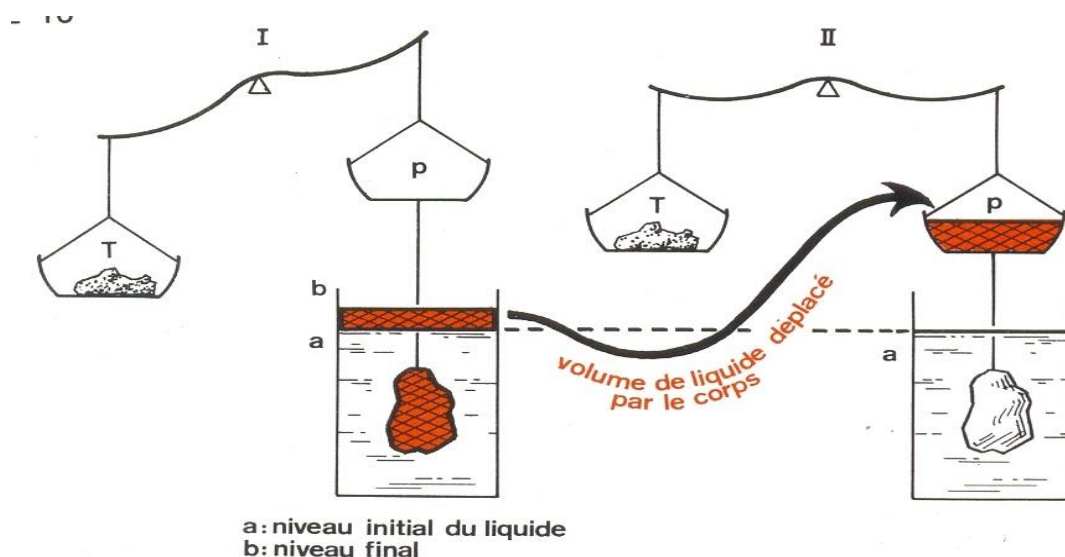
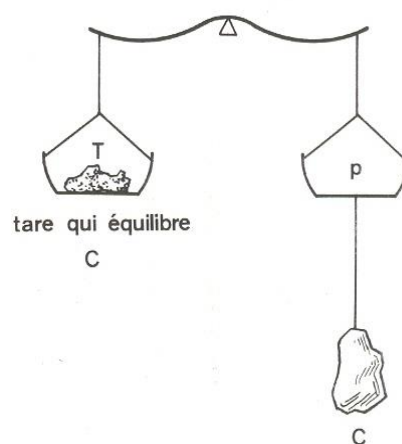
Tout corps plongé dans un fluide, subit de la part de ce fluide une force :

1. verticale (*direction*)
2. dirigée vers le haut (*sens*)
3. appliquée en un point appelé le centre de poussée (*point d'application*)
4. égale au poids du fluide déplacé (*intensité*).

Expérience :

En I, dès que le corps est plongé dans le liquide, le fléau s'incline sous l'action de la poussée d'Archimède. A l'aide d'une pipette, transportons du liquide du récipient dans le plateau p.

Nous constatons que, quelles que soient la nature du liquide, la forme du corps, son orientation, sa profondeur, l'équilibre est toujours rétabli lorsque nous avons transporté un volume de liquide égal à celui déplacé par le corps. La poussée est donc égale, en intensité, au poids du volume de liquide déplacé par le solide.



Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

4.3.3.2 Position d'un solide dans un liquide

Dessiner les trois cas possibles ($\vec{F}_A = \vec{P}$, $\vec{F}_A < \vec{P}$ et $\vec{F}_A > \vec{P}$)

4.3.3.3 Conditions d'équilibre des corps flottant

Un corps flottant est en équilibre lorsque :

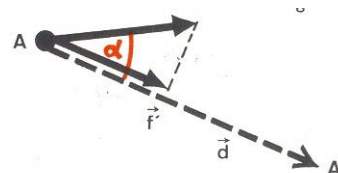
- Le centre de poussée et le centre de gravité sont sur la même verticale.
- La force d'Archimède est égale au poids total du corps.

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

5 Travail des forces et puissance

5.1 Travail des forces

La mesure du travail d'une force \vec{f} constante en grandeur, direction et sens, dont le point d'application subit un déplacement \vec{d} , est égal au produit de la mesure de \vec{d} par la mesure f' de la projection orthogonale de \vec{f} sur la direction du déplacement.



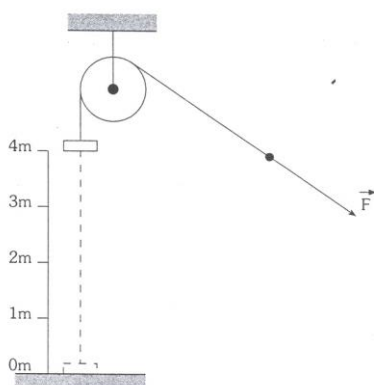
On écrit :

$$T = f' \cdot dx \cdot \cos \alpha$$

C'est l'expression générale du travail.

Notion plus simple :

Supposons que nous devions amener un objet de 60 N à une hauteur de 4 m.



Quelle est l'intensité de la force exercée ?

Sur quelle distance l'objet a-t-il été déplacé ?

Sur quelle distance le point d'application de la force a-t-il été déplacé ?

Quel est le travail fourni ?

Nous pouvons donner une définition simple du travail :

Le produit $F \cdot d$ caractérise le travail. Le travail (W ou T) effectué par une force sur un objet se mesure par le produit de l'intensité de la force exercée par la distance parcourue.

Cette définition n'est valable que dans le cas où le déplacement et la force ont même direction et même sens.

L'unité du travail est le **joule** (J). Un joule est le travail effectué par une force de 1 N qui déplace un objet sur une distance de 1 m dans la même direction et le même sens.

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

5.2 Puissance

- Une machine est deux fois plus puissante qu'une autre si elle effectue un travail deux fois plus grand en un même temps.
- Une machine est deux fois plus puissante qu'une autre si elle effectue le même travail deux fois plus vite.

La *puissance* (P) d'une machine est donc une grandeur directement proportionnelle au travail effectué et inversement proportionnelle au temps mis pour accomplir ce travail.

$$P = \frac{T \text{ ou } W}{\Delta t}$$

Δt = temps en seconde

T ou W = travail en J

P = Puissance (J/s ou W)

Un watt est la puissance d'une machine qui effectue un travail de 1 joule en 1 seconde.

Autres types d'unité :

- *W.h*
- *kW.h*
- *cal*
- *kcal*

Donner moi le lien entre toutes ces unités ?

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

6 Résumé

- Enoncer le principe d'Archimède ?
- Donnez la définition d'une force, de l'unité de la force, ainsi que l'instrument qui permet de mesurer une force ?
- Définissez la pression et donner la formule ?
- Définissez la résultante de plusieurs forces de direction différentes (+ exemple) ?
- Quel phénomène permet à la ventouse de se fixer ?
- Pourquoi un tank est-il souvent équipé de chenille et pas de roue ?
- Au moyen de quel instrument mesure-t-on la pression atmosphérique et quelle est sa valeur ?
- Qu'est-ce que le poids d'un corps ? Donnez les caractéristiques de la force pesanteur et le nom de l'instrument permettant de la mesurer.
- Y a-t-il une différence entre le poids et la masse d'un corps ?
- Qu'est-ce que le travail ? Définissez son unité (+exemple)
- Qu'est-ce que la puissance ? Définissez son unité (+ exemple) ?
- Définissez un levier ainsi que les différentes familles de leviers ? Donnez un exemple de chaque famille avec un schéma ?
- On immerge dans l'eau deux sphères de même volume ; l'une en plomb et l'autre en aluminium. Dans quel cas la force d'Archimède sera-elle plus grande ?
- Tous les leviers inter-appui sont-ils avantageux ? expliquer et démontrer ?
- Qu'est-ce qu'une poulie ? Citez les différents types (+ exemple)
- Décrivez la balance de précision ?
- Expliquer pourquoi la pression et la surface sont deux grandeurs inversement proportionnelles ? Donnez deux exemples.
- Citez les différents modes de pesée et expliquez-les ?
- Qu'est-ce qu'un plan incliné ? Expliquer ses avantages et inconvénients, indiquer également sa condition d'équilibre ?
- Enoncer le principe d'inertie (+exemple) ?
- Donnez la définition d'une force, de l'unité de la force, ainsi que l'instrument qui permet de mesurer une force ?
- Comment représente-t-on une force ?
- Si j'immerge 1 kg de plomb et 1 kg de bois laquelle des deux matières va flotter et pourquoi ?
- Que faut-il pour qu'un solide posé sur un plan horizontal soit en équilibre ? Définissez les trois types d'équilibre (+ 1 exemple par types)

Chap. I : Mécanique des solides et des fluides

- Définissez la base de sustentation ? (+ exemple)
- Quelle est la condition d'équilibre d'un objet suspendu par un point ? Citez les différents types que l'on peut rencontrer (+ exemple) ?
- Expliquer l'expérience de Magdebourg ainsi que la conclusion de celle-ci ?
- Définissez la pression atmosphérique (+unité) ? Comment peut-on mettre en évidence son existence.
- A l'aide de quel instrument de mesure peut-on mesurer la densité d'un liquide ?
- Comment peut-on déterminer la masse volumique d'un corps liquide (expliquer) ?
- Définissez la masse volumique et la densité d'un corps. Donnez la formule et les unités respectives ?
- Énoncer les conditions d'équilibre des leviers et donner la formule ? Qu'est-ce qu'un levier avantageux ?
- Donnez les conditions d'équilibre des corps flottants ?
- Que connaissez-vous à propos de la pression dans les liquides ? Comment peut-on la mesurer ?
- Définissez les qualités d'une balance ?
- Donnez l'unité de pression et citez deux multiples de celle-ci ?