

Chapitre 3

Poids et masse – Equilibre d'un objet

Sur les boîtes de conserve il est inscrit « **poids net** : 0,85 kg ». Pourquoi cette indication est-elle incorrectement formulée ?

Réponse : le kilogramme est l'**unité** de **masse** et non de poids. Quelle est la différence entre la masse et le poids ?

I) La masse d'un objet : (Voir livre p. 193)

Tous les objets sont constitués de **matière** mais certains contiennent plus de matière que d'autres. Lorsqu'on mesure la masse d'un objet à l'aide d'une **balance**, cela revient en fait à évaluer la **quantité** de matière qu'il contient. Un objet qui a une masse plus grande qu'un autre contient donc plus de matière. La masse reflète la **quantité** d'atomes qui constitue l'objet. Ce n'est donc pas une force.

La masse se mesure en **kilogrammes** (kg).
Rappel : 1 kg = 1000 g et 1 t = 1000 kg.

II) Le poids d'un objet : (Voir livre p. 192)

1. Les effets du poids :

Si on lâche une pomme tenue **immobile**, elle tombe à la **verticale**. Si on la lance en l'air, elle **ralentit** puis retombe.

- Pourquoi ? Comme la pomme a été mise en mouvement, c'est qu'elle est soumise au moins à une **force**. Cette dernière est due à l'action à distance appelée **attraction gravitationnelle** qu'exerce la Terre sur n'importe quel **objet**. Tous les objets sur la Terre sont soumis à cette force d'attraction appelée **poids**.

Le poids d'un objet est la force d'attraction exercée par la Terre sur cet objet.

2. Les caractéristiques du poids :

Dans cette force, l'**auteur** est la **Terre** et le **receveur** est l'**objet**. C'est une force à **distance** et **répartie** sur tout l'objet.

Comme toute force, le poids peut être représenté par un **vecteur** noté \vec{p} dont les **caractéristiques** sont les suivantes :

- son point d'application est le **centre de gravité** G de l'objet (Voir VII) ;
- sa direction est donnée par la **verticale** ;
- son sens est vers le **centre de la Terre** ;
- son intensité P est exprimée en **newtons** (symbole N) et mesurée avec un **dynamomètre** (Voir doc. 3 p. 192).

- *Remarque* : l'intensité du poids est souvent appelée simplement poids.

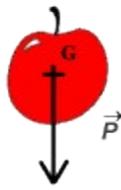
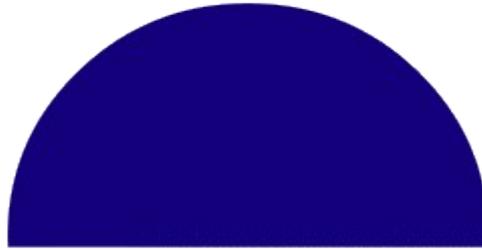


Schéma 1



Le poids d'une pomme

III) La relation entre la masse et le poids : (Voir livre p. 193)

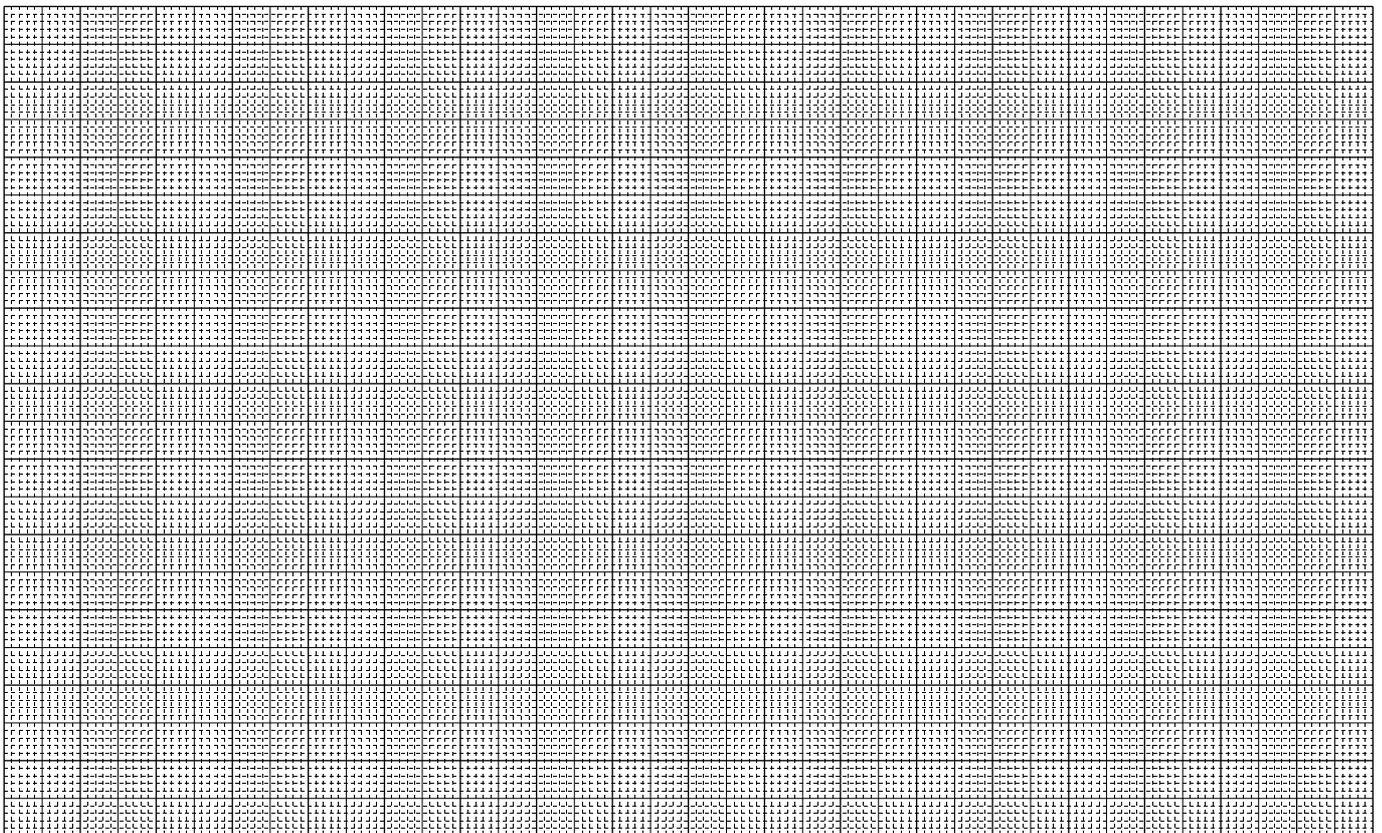
1. Mesures :

On utilise des masses marquées et un dynamomètre. Remplissez le tableau ci-dessous :

masse (en kg)	m ₁ =	m ₂ =	m ₃ =				
poids (en N)	P ₁ =						

2. Exploitation des mesures :

Tracer, ci-dessous, la courbe donnant le poids en fonction de la masse.



Le graphe obtenu est une **droite** passant par l'**origine**, donc le poids d'un objet est **proportionnel** à sa masse.

Le coefficient de proportionnalité s'appelle la constante de pesanteur (ou **intensité** de la pesanteur), on la note g , déterminer sa valeur en remplissant le tableau ci-dessous

P/m							
-----	--	--	--	--	--	--	--

Puisque P le poids est exprimé en Newton (comme toute force) que m la masse l'est en kg, alors le rapport P/m aura pour unité le **N/kg** (ou **N.kg⁻¹**).

- Si la masse et le poids sont des grandeurs **différentes**, elles n'en sont donc pas moins **liées**. On a constaté que plus la masse m est grande, plus le poids P mesuré **augmente** et ceci de manière proportionnelle. Le poids d'un objet est donc proportionnel à sa masse.

On peut donc écrire $\frac{P}{m} = g$ ou $P = m \times g$ où g est le coefficient de proportionnalité entre ces deux grandeurs. Ce coefficient s'exprime en N/kg et s'appelle l'intensité de la pesanteur.

IV) Les variations de la masse et du poids d'un objet : (Voir livre p. 193)

1. La masse est invariable :

La masse représentant la **quantité de matière** contenue dans un objet, elle n'a aucune raison de changer avec le **lieu** où se trouve l'objet. La masse est la même au **niveau** de la mer, en haut de l'**Everest**, dans la **station Mir**, sur la **Lune**, dans tout l'**univers**.

2. Le poids est variable :

- Si en haut du Mont Everest, on mesurait à nouveau **très précisément** le poids des masses marquées, on constaterait qu'elles n'ont pas le **même** poids qu'au niveau de la mer. Comme $P = m \times g$ et que la masse m est **invariable**, cela signifie que l'intensité de la pesanteur g **varie**. De fait, g varie avec l'**altitude** (Voir doc. 4 p 193) mais faiblement :
 - sa valeur est de 9,81 N/kg à Paris et de 9,78 N/kg à 9 km d'altitude ;
 - il faut s'élever à 6 400 km pour voir sa valeur divisée par **4** et à 12 800 km pour qu'elle soit divisée par **9**. Tous les objets qui naviguent à ces altitudes-là sont donc encore **soumis** à la pesanteur **terrestre**.
- Comme la Terre n'est pas sphérique (elle est aplatie aux pôles), tous les points de sa surface ne se situent pas à la même distance du centre de la Terre et l'intensité de la pesanteur g varie donc avec la **latitude** (Voir doc. 4 p 193) : elle vaut 9,81 N/kg à Paris, 9,83 N/kg aux pôles et 9,78 N/kg à l'équateur.

Même si elles existent, ces **variations** sont cependant **très faibles** et on considère que l'intensité de la pesanteur g sur la Terre est d'environ **9,8 N/kg**. Cette valeur signifie qu'une masse de 1 kg sur Terre aura pour poids 9,8 N.

- Il n'en sera pas de même sur d'autres **astres**. L'intensité de la pesanteur g est d'autant plus **grande** que la masse de la planète est **grande**. Ainsi, sur la Lune, l'intensité g de la pesanteur étant 6 fois **moins** grande que celle de la Terre, une masse de 1 kg a un poids 1,6 N. Sur Jupiter, une masse de 1 kg a un **poids** de 25,9 N.

V) L'apesanteur :

- Ne **rien** peser ou être en apesanteur signifie être suffisamment loin de tout astre pour ne ressentir aucune **attraction**. Est-ce possible ? Cela paraît difficile quand on sait que, certaines comètes, pourtant situées à une année-lumière ($300000 \times 365 \times 24 \times 3600 = 9460800000000$ km) du Soleil, sont encore attirées par ce corps céleste.

Sur les vidéos ou photographies des astronautes dans les stations orbitales, on les voit pourtant **flotter** dans leur cabine. Sont-ils en **apesanteur** ?

A la distance où se situe la station Mir (300 km d'altitude), l'attraction de la Terre est encore bien **présente** et les astronautes sont donc encore soumis à leur **poids**. Pourtant, manifestement ils ne le ressentent plus ; cette absence de sensation de poids s'appelle l'**impesanteur** (absence de **sensation** de pesanteur).

- Pourquoi les astronautes ne ressentent-ils plus leur **poids** ? La station, comme tous les satellites artificiels de la Terre, est en **orbite** autour de celle-ci. Essayons d'abord de comprendre ce que cela signifie avant de répondre à la question.

A la surface de la Terre, lorsqu'on jette un caillou devant soit, il tombe d'autant plus loin qu'on l'a lancé **fort** (voir schéma 2). Comme la Terre n'est pas **plate**, si Robert était vraiment très costaud, le caillou pourrait tomber derrière l'**horizon** (voir schéma 3). Et s'il l'était encore plus, il aurait intérêt de se **baisser** (voir schéma 4) ...

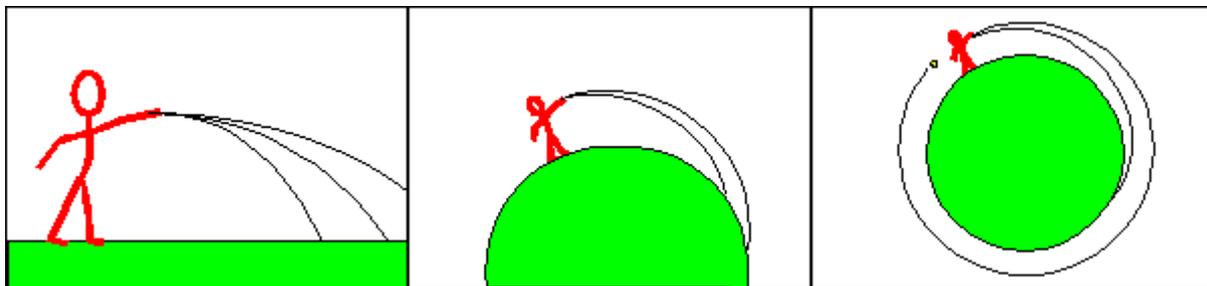


Schéma 2

Schéma 3

Schéma 4

Tirés de <http://perso.wanadoo.fr/philippe.boeuf/robert/physique/impesanteur.htm>

Bien sûr, à la main, ce serait difficile, et les frottements de l'air feraient tomber le caillou trop vite. Mais si on dépasse l'atmosphère, et qu'une fusée lance le caillou, il sera bel et bien **satellisé**.

Traduction : un satellite est un objet qui **tombe** vers la Terre en ratant sans arrêt sa surface, car elle est ronde ... En fait, la station orbitale dans laquelle se trouvent les astronautes se déplace à la même **vitesse** qu'eux, ce qui leur donne l'impression d'être **immobiles** dans le référentiel lié à la fusée. Ainsi les astronautes en orbite autour de la Terre « tombent » en tournant autour de la Terre, mais vu leur vitesse importante (28.000 km/h), ils tombent en restant sur une orbite.

VI) L'équilibre d'un objet soumis à deux forces : (Voir livre p. 194)

Lors d'un tir à la corde, deux personnes se **neutralisent** lorsqu'elles tirent sur la corde aussi fort l'une que l'autre : la corde est alors en **équilibre**. Comment rompre cet équilibre ?

Réponse : il suffit que l'une des personnes exerce sur la corde une force **plus grande** que l'autre.

1. Les conditions de l'équilibre :

- Dans le tir à la corde, cette dernière est soumise à deux forces qui ont la même **direction** mais qui sont de **sens contraire**. La corde est immobile donc en **équilibre** si les deux forces ont des **intensités** égales. Sinon la corde est mise en mouvement dans le sens de la personne qui **exerce** la force d'intensité la plus grande.
- Un objet quelconque soumis à deux forces est donc **en équilibre** si les forces ont la **même direction** et la **même intensité** mais sont de **sens contraires**. Si l'une de ces conditions n'est pas respectée, l'équilibre est rompu et l'objet se met en **mouvement**. Nous n'avons pas toujours **conscience** qu'un objet immobile est en fait soumis à au moins deux forces. Étudions quelques exemples simples.

2. Des exemples d'équilibre :

- Un ballon de foot immobile sur un terrain est soumis comme tout objet à son **poids**. S'il n'était soumis qu'à cette seule force, le ballon se mettrait en mouvement dans le sens de la force. On constaterait alors que le ballon s'enfonce dans le sol et ce n'est bien évidemment pas le cas ! Le sol exerce donc sur le ballon une force de contact de même direction et même intensité que le poids mais de sens contraire. Cette force est appelée la **réaction** du sol.

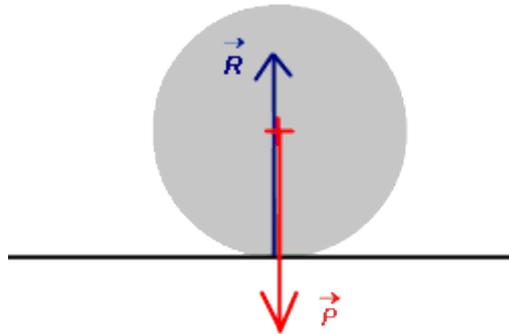


Schéma 5

Un ballon en équilibre

- Un objet suspendu par un fil est également soumis à son **poids**. Sans l'action d'une seconde force, il tomberait. Le fil exerce donc sur l'objet une force de contact de même direction et de même intensité que le poids mais de sens contraire. Cette force est appelée la **tension** du fil.

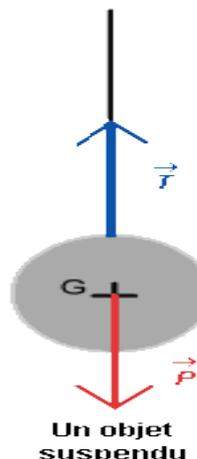


Schéma 6

Un objet suspendu

- Un objet qui flotte sur l'eau est immobile car son poids est **compensé** par une force répartie sur tout l'objet, de même direction et intensité que le poids, mais de sens contraire. Cette force s'appelle la **poussée d'Archimède** (Voir VII).

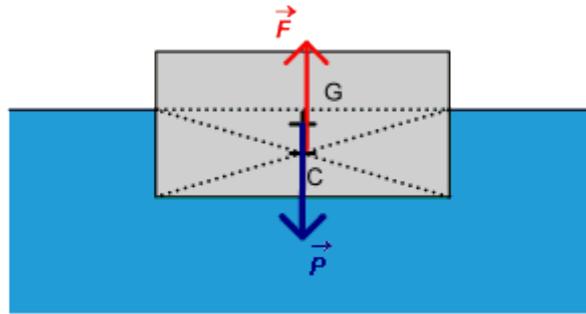


Schéma 7

Un objet qui flotte

Si l'objet coule, cela signifie que l'intensité du poids est plus **grande** que l'intensité de la poussée d'Archimède. Cependant, cette dernière reste toujours bien présente et compense une partie du poids : c'est pour cela que dans l'eau, on a l'**impression** de peser moins lourd.

3. Conclusion :

Lorsqu'un objet soumis à deux forces est en équilibre, les deux forces ont :

- la même droite d'action, donc la même direction : on dit qu'elles sont **colinéaires** ;
- des sens opposés ;
- la même intensité.

Ces forces sont représentées par deux segments fléchés (vecteurs), de même longueur (norme) et de sens opposés.

VII) Expériences :

1. Centre de gravité : (Voir livre p. 195)

a) Manipulation :

Tout faire au crayon de papier.

Le point d'application du poids de la plaque de carton est le centre de gravité G dont nous allons déterminer la position.

- Suspends la plaque de carton à la potence par un fil fixé au point A (Voir doc. 1 schéma a).
- A l'équilibre, la tension du fil a la même direction que le poids de la plaque et donc le centre de gravité se trouve dans le prolongement du fil.
- Prolonger la direction du fil sur la plaque en la traçant au crayon.
- Répéter l'opération en suspendant la plaque par les autres fils (points B et C du schéma b).

Le centre de gravité cherché correspond au point de croisement des 3 droites.

Noter ce point sur votre plaque.

b) Remarque :

Si cette méthode est utile pour déterminer le centre de gravité de plaques de formes quelconques, dans le cas des formes géométriques remarquables que vous avez pu étudier en mathématiques, (**triangle**, **carré**, **rectangle**, **disque** ...), cette détermination est rendue aisée par leurs **propriétés** comme vous le montre les documents 2 et 3 de la page 195.

2.La poussée d'Archimède : (Voir VI 2.)

" Tout corps plongé dans un fluide subit une poussée verticale, dirigée de bas en haut, égale au poids du fluide déplacé. "

a) Histoire :

Il en est d'**Archimède** comme de nombreux personnages de cette époque : sa vie est mal connue. Les informations, que nous possédons, proviennent principalement de **Plutarque** (46/49 - 125) , moraliste et chroniqueur grec, très postérieur au physicien.

Archimède serait né vers 287 av. J.-C. à **Syracuse**. Il était alors, selon ses propres dires, le fils de l'astronome Phidias. Il passe son enfance à Syracuse et très tôt se rend à **Alexandrie** pour apprendre auprès de **Euclide**. Il y rencontre **Ératosthène**, le conservateur de la grande bibliothèque. Après des voyages en **Égypte** et en **Espagne**, il s'installe définitivement à Syracuse. Protégé par le tyran **Hiéron II**, puis par son fils **Gélon** et mis à l'abri des soucis matériels et peut alors se consacrer à ses recherches scientifiques.

Nous sommes donc au 3ème siècle avant notre ère, à Syracuse, en Sicile, qui est alors un territoire grec. Hiéron II, le tyran de Syracuse, a un sérieux problème. Il vient de se faire confectionner une nouvelle couronne et il soupçonne l'orfèvre de l'avoir trompé. Est-ce que tout l'or qui lui a été remis a bien été utilisé ? L'orfèvre n'a-t-il pas mélangé quelques quantités d'argent aux bijoux ? Hiéron va alors consulter son ami Archimède, ingénieur et physicien de Syracuse. En réfléchissant au problème dans son bain, Archimède fut frappé par la diminution de poids de ses membres dans l'eau constatant que, plus son corps s'enfonçait dans l'eau, et plus l'eau débordait de la baignoire. Il comprit alors que cette perte de poids correspondait au poids de l'eau déplacée et qu'il y avait un lien entre le type de matériau qu'on immergeait et le volume d'eau qui était libéré.

L'histoire raconte aussi que, dans l'enthousiasme de sa découverte et distrait comme tout savant qui se respecte , il s'est alors précipité nu dans les rues de Syracuse en criant "*Eurêka, Eurêka*", ce qui, en grec de l'époque, signifie "*J'ai trouvé, j'ai trouvé*".



Tirée de

http://www.csvt.qc.ca/patriotes/pei/travaux/archi_el/archi3.html !

Arrivé au château du tyran, l'expérience est aussitôt mise en place : "*Donnez-moi votre couronne, donnez-moi une masse équivalente d'or que vous avez remise à l'orfèvre et je vous dirai si oui ou non, votre couronne est bien de l'or pur*". Dès qu'on a plongé la couronne dans l'eau, on s'est rendu compte qu'elle déplaçait un volume d'eau supérieur à celle d'une quantité équivalente d'or pur. La fraude était ainsi établie; l'orfèvre avait effectivement utilisé de l'argent (ou du cuivre) et gardé une certaine quantité d'or pour lui. Ce que l'histoire ne raconte pas...

b) Théorie : (Voir schéma 7 p. 6)

•Lorsqu'on plonge un objet dans l'eau, il subit 2 forces. Son **poids** et la **poussée d'Archimède** qui s'exercent sur lui.

•La poussée d'Archimède notée F a les caractéristiques suivantes:

⇒**point d'application**: le centre de poussée (souvent confondu avec le centre de gravité),

⇒**direction**: verticale,

⇒**sens**: vers le haut,

⇒**intensité**: F s'exprime en newton (N).

c) Expérience :

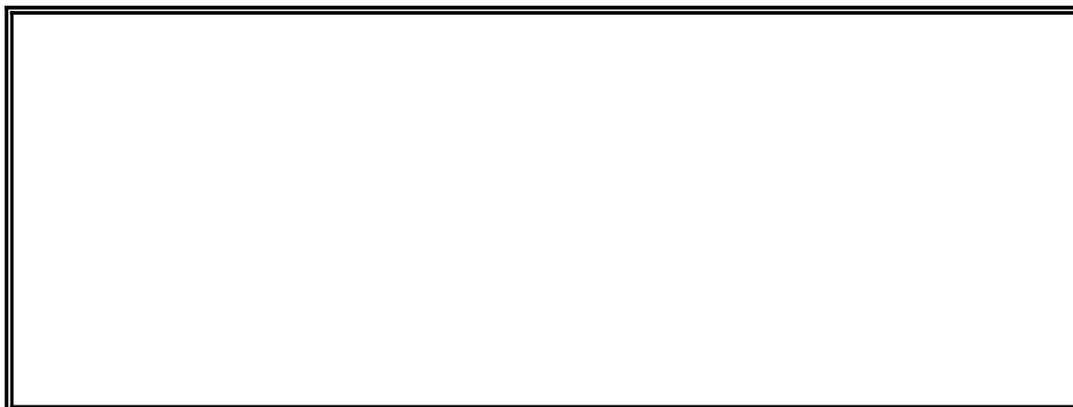
•Avec le dynamomètre, détermine l'intensité du poids du morceau de bois : $P = \dots\dots\dots$

•Mets le morceau de bois dans l'eau. Quel est alors son comportement ? $\dots\dots\dots$

•Qu'indique alors le dynamomètre ? $\dots\dots\dots$

•Sachant que le morceau de bois est en équilibre, déduis-en l'intensité de la poussée d'Archimède F : $\dots\dots\dots$

Dessine le morceau de bois et représente son poids et la poussée d'Archimède qu'il subit. Tu indiqueras, sur le schéma, l'échelle utilisée.



L'essentiel à retenir absolument :

Le poids d'un objet est l'attraction que la Terre exerce sur cet objet.

Le poids d'un objet est une force de direction verticale, dirigée vers le bas, de valeur déterminée par le dynamomètre et appliquée au centre de gravité G de l'objet.

En un lieu donné, le poids d'un objet est proportionnel à sa masse : $P=m.g$ (avec $g \approx 10$ N/kg).

Lorsqu'un objet soumis à deux forces est en équilibre, ces deux forces sont colinéaires, de sens opposés et ont même valeur.