

7. Les forces

7.1. Mise en contexte

- Tu utilises le mot force souvent dans le langage courant. Tu dis par exemple :
«Un haltérophile («Gewichtheber») a besoin d'une grande force pour soulever son haltère.»
«Les forces de l'ordre ont dû intervenir.»
«Que la force soit avec toi !»

Est-ce que ces utilisations du mot force sont les mêmes que celle en physique ?

- Nous avons déjà rencontré une force : le poids. Nous allons généraliser cette notion dans ce chapitre^R.



Expérience 1

- a) Une voiture de jouet est initialement au repos (immobile). Tu pousses la voiture avec la main.

Observation

La voiture se met en mouvement.

- b) Tu donnes un coup supplémentaire, dans le sens de mouvement, à la voiture en mouvement.

Observation

La vitesse de la voiture augmente ; la voiture accélère.

- c) Tu bloques la voiture avec la main.

Observation

La vitesse de la voiture diminue ; la voiture décélère ; la voiture s'arrête.



Expérience 2

Tu approches un aimant d'une boule en fer en mouvement.

Observation

La boule dévie ; la boule change de direction.



Expérience 3

Tu tires des deux côtés sur un extenseur.

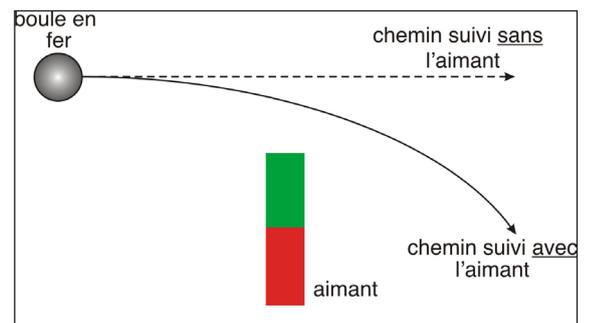
Observation

L'extenseur est étiré ; il change de forme.



Remarque : mécanique

La notion de force est une des notions fondamentales du domaine de la physique appelé «mécanique». La mécanique étudie les mouvements de corps et leurs causes.



7.2. Effets de forces

Comment remarque-t-on la présence de forces lors des expériences précédentes ?

Interprétation de l'expérience 1 : On dit dans tous les cas qu'une force (musculaire) est exercée sur la voiture.

Conclusion de l'expérience 1 : Une force peut changer l'intensité de la vitesse d'un corps.

Interprétation de l'expérience 2 : On dit que l'aimant exerce une force (magnétique) sur la boule.

Conclusion de l'expérience 2 : Une force peut changer la direction de déplacement d'un corps.

Interprétation de l'expérience 3 : On dit qu'une force (musculaire) est exercée sur l'extenseur.

Conclusion de l'expérience 3 : Une force peut changer la forme d'un corps.

Peux-tu voir les forces ?

La notion de force est une **notion abstraite**. On ne peut pas directement voir des forces, mais tu peux remarquer la présence de forces grâce aux effets qu'elles produisent.

Effets de forces

Changer la nature de mouvement d'un corps :

- Mettre en mouvement ou accélérer un corps (Exp. 1a et 1b) ;
- Arrêter ou décélérer un corps (Exp. 1c) ;
- Changer la direction de mouvement d'un corps (Exp. 2) ;

Changer la forme d'un corps^{R1} (Exp. 3)



Expérience

Reprends la voiture de l'expérience 1, remets-la en mouvement avec ta main et n'agis plus elle.

Observation

La vitesse de la voiture diminue et elle s'arrête après un certain temps.

Conclusion

La voiture s'arrête parce qu'une force agit sur elle. Cette force est appelée force de frottement^{R2}.

Remarque 1 : toujours une déformation

Une force provoque en réalité toujours une déformation, mais celle-ci peut être invisible à l'oeil nu.

Exemple : Un oiseau assis sur le toit d'une maison exerce une force sur la maison. Cette force provoque une déformation de la maison (invisible à l'oeil nu, car très faible).

Remarque 2 : force de frottement

Lorsque deux corps se déplacent l'un par rapport à l'autre, il existe des forces de frottement. Ces forces s'opposent au déplacement des objets.

Exemple : La voiture de l'expérience s'arrête après un certain temps, parce que des forces de frottements (entre les pneus et la route, entre les parties mobiles de la voiture, résistance de l'air) s'opposent au mouvement.

Types de forces

Lors des expériences précédentes nous avons rencontré deux types de forces :

- **Forces de contact** : forces musculaire, force de frottement,
- **Forces à distance** : force magnétique.

Il existe d'autres forces de contact et à distance^R.

Remarque :

- Autres forces de contact : force pressante.
- Autres forces à distance : force de gravitation (poids), force électrique.

Vocabulaire

En physique, on ne parle de force que si deux corps sont en interaction. La force indique comment deux corps interagissent.

Exemple :

«Jean exerce une force sur son sac à dos». (Interaction entre Jean et son sac à dos).

«L'haltérophile agit sur son haltère». (Interaction entre l'haltérophile et son haltère).

Un corps exerce donc une force sur un autre corps.

En physique, on ne dit pas «posséder une force» ou «avoir de la force», donc on ne dit pas : «Jean a une grande force.»

7.2.1. Exercices

EXERCICE 1 :*

Les affirmations suivantes sont-elles vraies ou fausses ? Justifie la réponse. Corrige les affirmations fausses pour qu'elles deviennent correctes.

- «Le haltérophile a une grande force».
- «Une force peut uniquement changer le mouvement d'un corps.»
- «Si une force agit pendant longtemps, elle est épuisée.»
- «Une boule en mouvement s'arrête parce que sa force est usée.»
- «Jean exerce une force sur son sac pour le maintenir à une hauteur de 50 cm au-dessus du sol.»
- «Le poids est une force magnétique, car un corps qui tombe est attiré par la Terre tout comme un clou est attiré par un aimant.»

EXERCICE 2 :*

Indique pour les situations suivantes l'effet (les effets) de la force exercée sur le corps marqué en *italique*.

- a) Une *voiture* passe de 80 km/h à 130 km/h sur autoroute.
- b) Une *voiture* s'écrase contre un mur.
- c) Tu formes une boule à partir d'une barre de *pâte à modeler*.
- d) Un athlète saute d'un *plongoir*.
- e) Un *tuyau en métal* est plié.
- f) Une *voiture* prend un virage à vitesse constante.
- g) Le gardien de but frappe avec la main contre le *ballon de foot*.
- h) Un *nageur* se pousse du bord de la piscine.
- i) Le père s'assied dans le *fauteuil*.
- j) L'athlète lance son *marteau*.

EXERCICE 3 :**

Pour chacune des illustrations suivantes :

- Identifie un corps sur lequel agit une (des) force(s) et
- Donne l'(es) effet(s) de cette force.



© Air force Link



Hammerwerfer © dpa

EXERCICE 4 :**

Montre que le poids est une force.

EXERCICE 5 :**

Cherche des situations où des forces agissent sur un corps et vérifie que dans chaque cas, la force a un des effets indiqués.

7.3. Mesure de forces

La force est une grandeur physique.

Symbole : F

Unité S.I. : le newton (symbole : N)^H

Définition :

Le **newton** est l'intensité (la valeur) d'une force qu'il faut exercer sur un mobile de masse 1 kg pour augmenter sa vitesse de 1 mètre par seconde (m/s) en 1 seconde^R.

Pour mieux apprécier la valeur de «1 newton» :

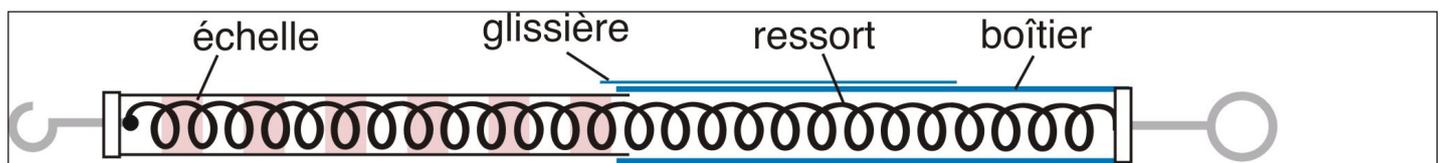
Pour soulever (à vitesse constante) un objet de masse 100 g, il faut exercer (sur Terre) une force d'environ 1 N.

Conversions d'unité :

$$1 \text{ kN} = 1000 \text{ N}$$

$$1 \text{ N} = 1000 \text{ mN}$$

Instrument de mesure : le dynamomètre



Un dynamomètre est formé d'un boîtier dans lequel se trouve un ressort muni d'une échelle graduée. Il contient généralement encore une glissière qui permet de régler le zéro.

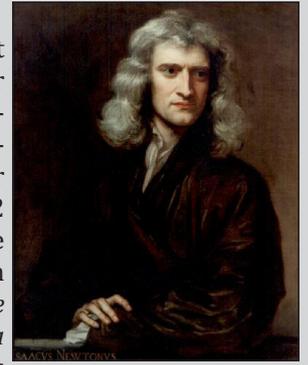
En tirant sur le dynamomètre le ressort est allongé et tu peux lire directement sur l'échelle l'intensité (la valeur) de la force avec laquelle tu tires.

Précaution : Pour garantir des mesures correctes, le dynamomètre doit être réglé à zéro avant d'appliquer une force.

La Fig. 1 montre différents types de dynamomètres avec différents domaines de mesure.

Historique :

L'unité de force est nommée en honneur de l'illustre physicien et mathématicien britannique Sir Isaac Newton (1642 - 1727). Il publie en 1687 dans son oeuvre «*Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*» les principes des mouvements des corps qui constituent les bases de la mécanique dite «classique» (ou encore mécanique newtonnienne), qui est le fondement de la physique moderne.



Remarque :

Exemple : Si la vitesse du mobile de masse 1 kg est de 0 m/s et une force de 1 N agit, la vitesse sera après une seconde de 1 m/s.

Si la vitesse est de 5 m/s et une force de 1 N agit, la vitesse sera après une seconde de 6 m/s.

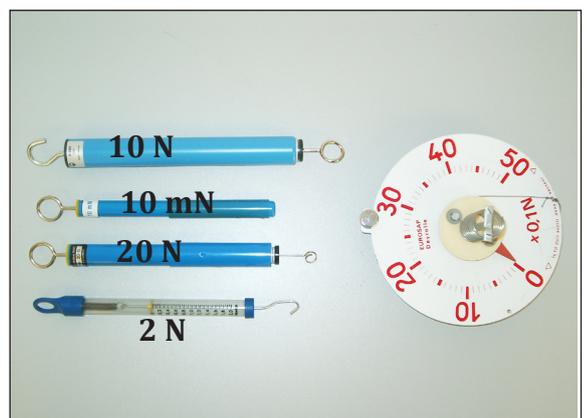


Fig. 1 : Différents types de dynamomètre

7.4. Représentation de forces

7.4.1. Mise en contexte

Situation-problème

Avant de faire du sport, Paul fait du «stretching» en se penchant contre un mur pour s'échauffer (voir Fig. 1).

Comment peux-tu représenter la force que Paul exerce avec sa main sur le mur ?

a) La force que Paul exerce sur le mur a un **point d'application** : c'est le point sur le mur où la main touche le mur.

b) La force a une **droite d'action** : c'est la droite selon laquelle agit la force. Dans l'exemple c'est la droite indiquée par le bras de Paul.

c) La force a une **intensité** (ou norme) : c'est la valeur de la force exercée. Par exemple : $F = 60 \text{ N}$. Pour la représenter, tu dois utiliser une échelle de longueur. Cette échelle fait correspondre une longueur à une intensité de force. Tu peux par exemple prendre comme échelle : 1 cm correspond à 20 N (on note : $1 \text{ cm} \hat{=} 20 \text{ N}$). La force d'intensité 60 N a donc un longueur de 3 cm . L'intensité de la force est donnée par la longueur.

d) Comme la force exercée par Paul agit vers la droite, on indique le **sens** par la pointe d'une flèche.

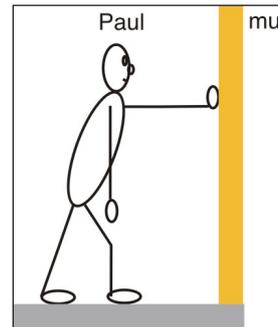
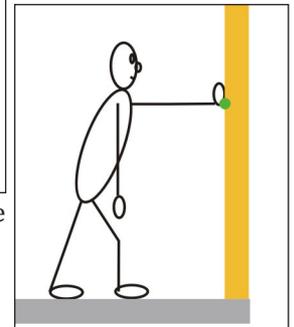
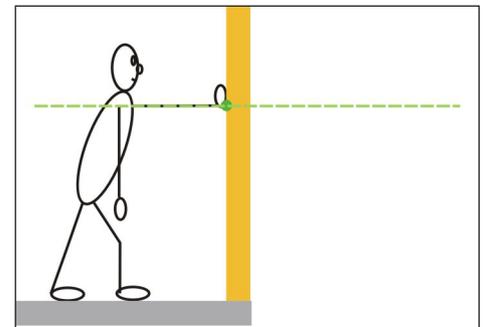


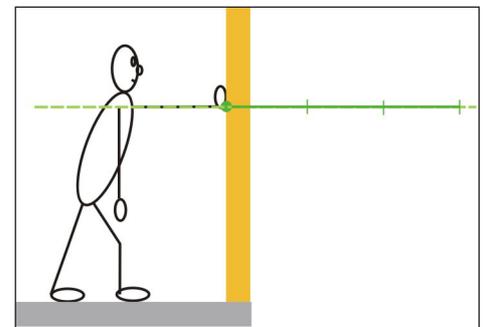
Fig. 1 : Paul se penche contre un mur



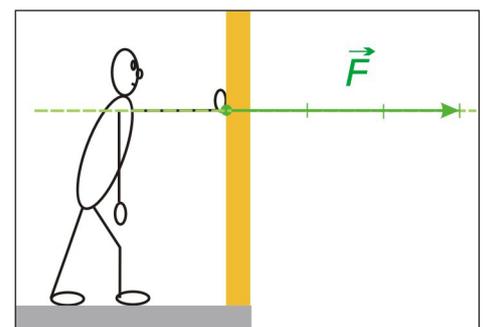
a) point d'application



b) droite d'action



c) intensité



d) sens

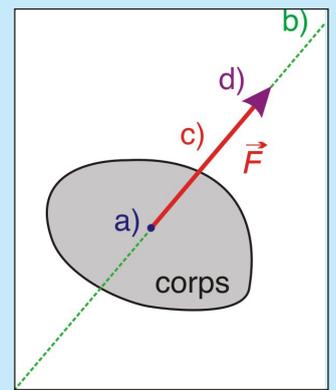
7.4.2. Caractéristiques de forces

Pour représenter l'ensemble des caractéristiques d'une force, on dessine une flèche («vecteur»), notée \vec{F} .

Le vecteur force a les caractéristiques suivantes :

- a) Point d'application ;
- b) Droite d'action (direction) ;
- c) Intensité (norme) F exprimée en newton (N)^R ;
- d) Sens.

Figure :



Remarque : F ou \vec{F} ?

Le symbole F est utilisé pour indiquer l'intensité de la force, alors que le symbole \vec{F} est utilisé pour le vecteur force avec ces 4 caractéristiques (intensité, sens, droite d'action, point d'application).

Exemple : On écrit $F = 5 \text{ N}$ et non pas $\vec{F} = 5 \text{ N}$.

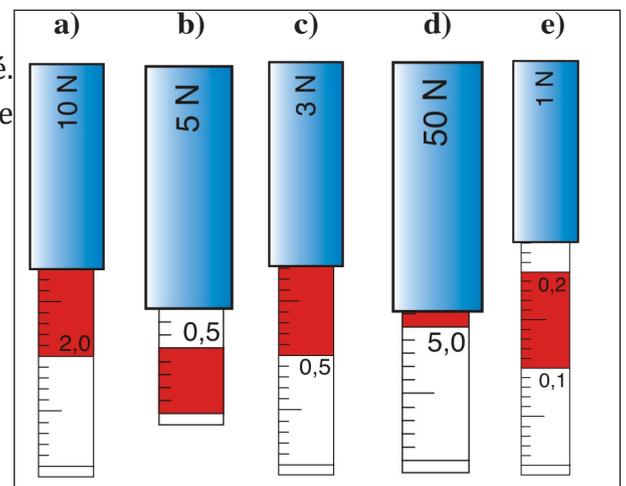
Méthode scientifique :

La représentation d'une force comme vecteur est un modèle. Les sciences naturelles utilisent des modèles pour passer de l'observation (ici : effet de force) à la représentation (ici : force ou vecteur force). Ces modèles permettent d'idéaliser des phénomènes, de les comprendre et décrire.

7.4.3. Exercices

EXERCICE 1 :*

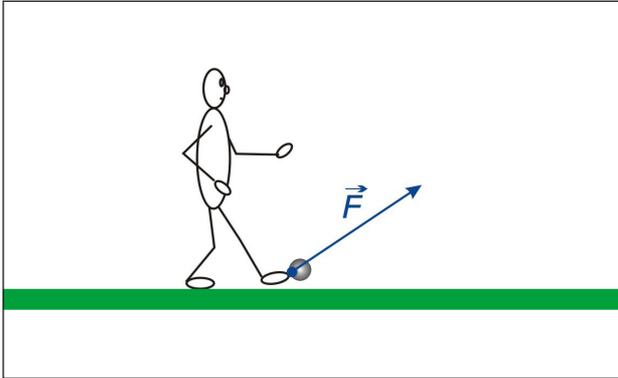
Donne les valeurs indiquées sur les dynamomètres à côté. Indique chaque fois le domaine de mesure et la précision de mesure de l'instrument.



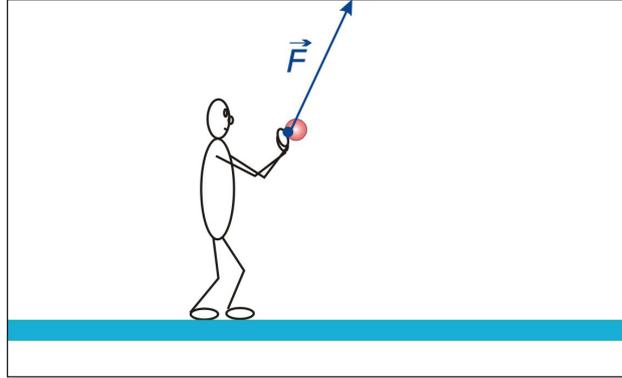
EXERCICE 2 :*

Détermine l'intensité de la force dans les situations suivantes.

a) Le footballeur tire au but
(échelle : 1 cm $\hat{=}$ 40 N)



b) Le basketteur réalise un lancer-franc
(échelle : 1 cm $\hat{=}$ 5 N)

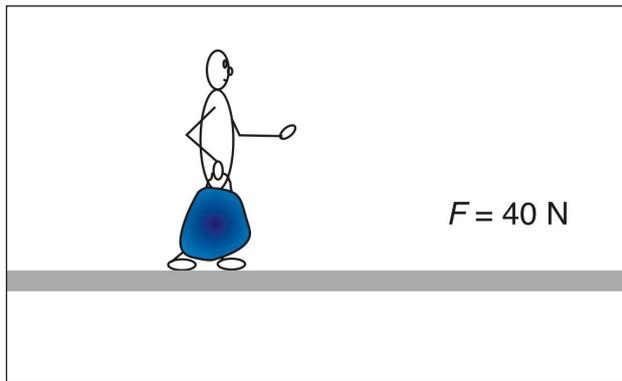
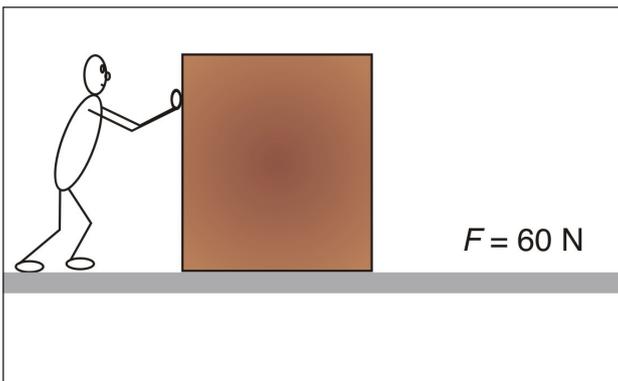


EXERCICE 3 :*

Représente le vecteur force dans les situations suivantes.

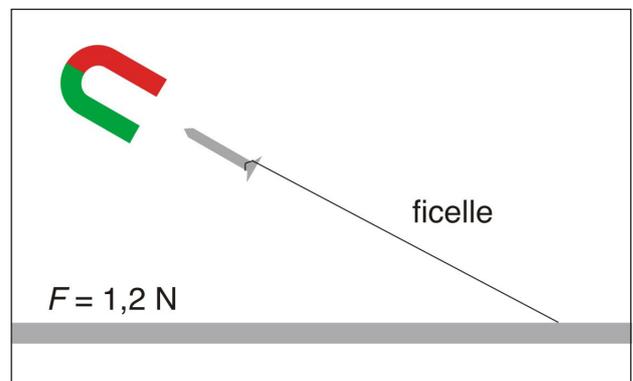
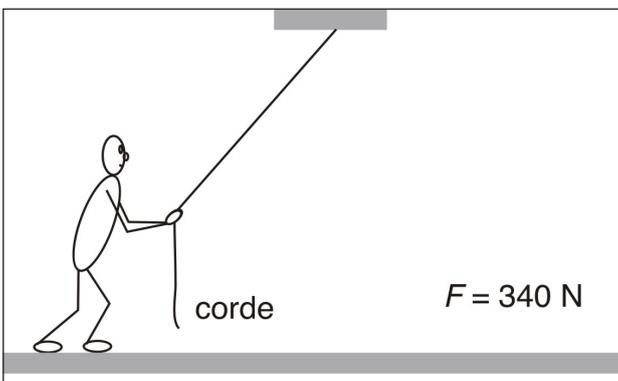
a) Force exercée par le menuisier sur la caisse

b) Force exercée par l'élève pour soulever son sac



c) Force exercée par l'élève tirant sur la corde

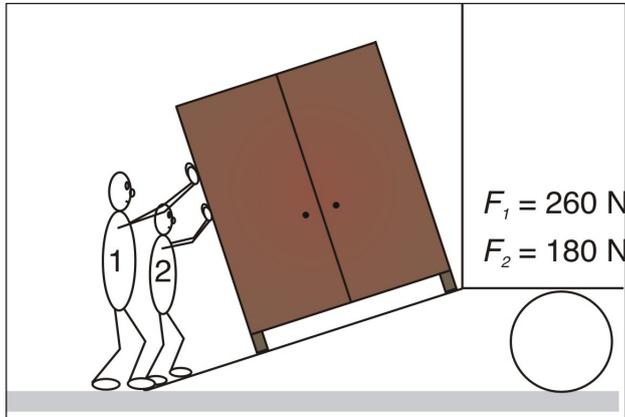
d) Force exercée par l'aimant sur le clou



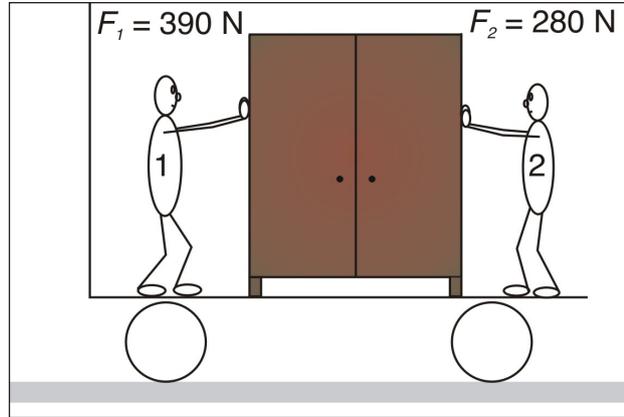
EXERCICE 4 : **

Représente les vecteurs forces dans les situations suivantes.

a) Forces exercées par les déménageurs sur le meuble pour le pousser dans le camion



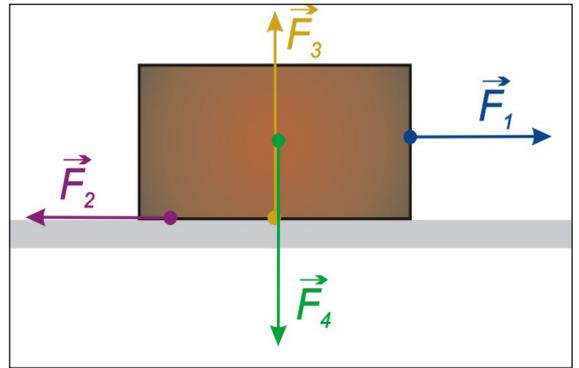
b) Forces exercées par les déménageurs sur le meuble (les déménageurs poussent en sens opposé)



c) Dans quel sens va se déplacer le meuble dans la situation b ?

EXERCICE 5 : **

Compare les caractéristiques des forces qui agissent sur le corps de la figure ci-contre.



EXERCICE 6 : **

Représente une force de 36 N qui fait un angle de 35° avec la verticale. Y a-t-il plusieurs possibilités ? Explique !

EXERCICE 7 : **

a) Donne les caractéristiques du poids d'un sac à dos de masse 5 kg.

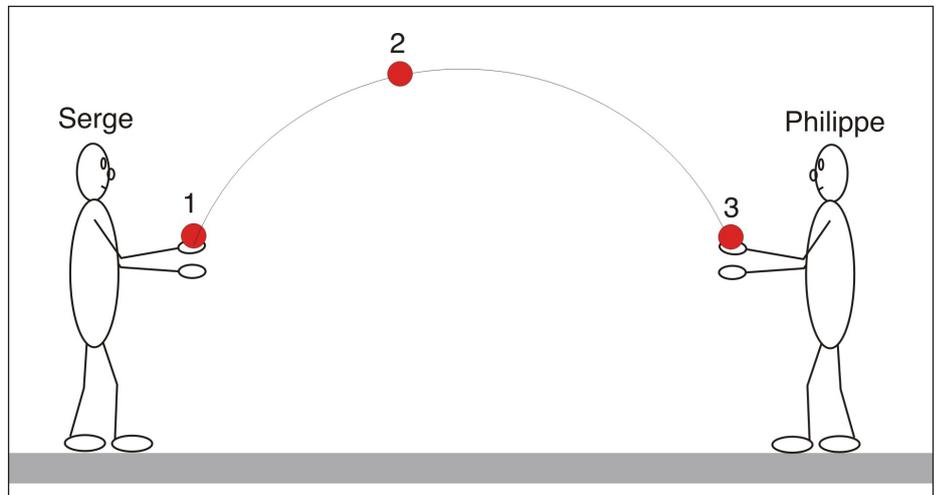
b) Dessine le sac à dos et représente le poids.

EXERCICE 8 : **

Serge et Philippe jouent avec une balle. Les positions 1, 2 et 3 donnent les positions de la balle à trois différents instants.

Pour les 3 positions :

- Donne les forces qui agissent sur la balle ;
- Indique le corps qui exerce ces forces ;
- Donne l'effet de ces forces ;
- Représente les forces sur la figure.



EXERCICE 9 : **

Une balle a été frappée obliquement («schräg») par un joueur et elle est en train de retomber (elle est encore en l'air).

- a) Dis si les affirmations suivantes sont correctes ou fausses !
Explique pourquoi les affirmations fausses sont fausses !
- La force, exercée par la Terre sur la balle est dirigée vers le haut.
 - La force, exercée par la Terre, a comme effet une augmentation de vitesse.
 - Le joueur exerce une force sur la balle.
 - La force, exercée par l'air, a comme effet une diminution de la vitesse
 - La force, exercée par la Terre, a comme effet un changement de direction.
 - Le sol exerce une force sur la balle.
- b) Dessine la balle en vol et toutes les forces qui agissent sur elle.

EXERCICE 10 ET EXPÉRIENCE : **

Laisse tomber une balle élastique.

- a) Décris le mouvement de la balle en indiquant pour les différentes phases du mouvement les forces qui agissent sur la balle et les effets qu'elles produisent.
- b) Fais une figure sur laquelle tu représentes les différentes phases et forces.

EXERCICES D'ENTRAÎNEMENT :**EXERCICE 1 : ***

Représente les forces suivantes en utilisant l'échelle $1 \text{ cm} \hat{=} 5 \text{ N}$:

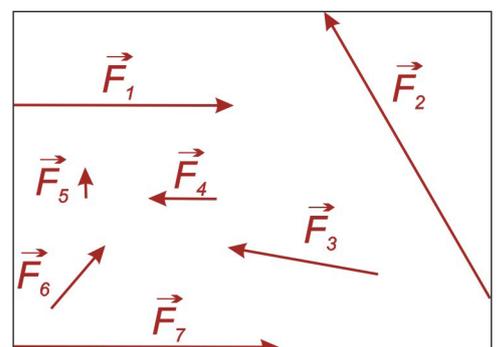
- a) $F_1 = 10 \text{ N}$; b) $F_2 = 2,5 \text{ N}$; c) $F_3 = 7 \text{ N}$; d) $F_4 = 33 \text{ N}$
e) $F_5 = 42 \text{ N}$; f) $F_6 = 2 \text{ N}$; g) $F_7 = 0,8 \text{ N}$

Représente les forces suivantes en utilisant l'échelle $1 \text{ cm} \hat{=} 20 \text{ N}$:

- g) $F_7 = 25 \text{ N}$; h) $F_8 = 47 \text{ N}$; i) $F_9 = 128 \text{ N}$; j) $F_{10} = 8 \text{ N}$

EXERCICE 2 : *

Pour les forces dessinées sur la figure ci-contre une échelle $1 \text{ cm} \hat{=} 2 \text{ N}$ a été utilisée. Détermine les intensités des forces.



7.5. Loi de Hooke

7.5.1. Mise en contexte

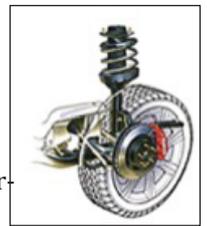
- Dans beaucoup de stylos à bille se trouve un ressort (Fig. 1). Le ressort est comprimé pour pouvoir utiliser le stylo. Estime l'intensité de la force nécessaire !
- Une voiture repose sur 4 ressorts (les ressorts font partie des amortisseurs^R; Fig. 2) qui sont comprimés lorsque tu charges la voiture.
- Un sportif fait de l'entraînement en tirant sur un extenseur formé de ressorts (Fig. 3).
- Les dynamomètres sont formés de ressorts à boudin («Schraubenfeder») avec une graduation. La loi que tu vas découvrir peut faciliter la construction des dynamomètres.



Fig. 1 : Stylo démonté



Fig. 2 : Ressorts des amortisseurs d'une voiture



Pour répondre aux questions précédentes, nous cherchons à déterminer une loi physique qui permet de relier la force appliquée à un ressort à boudin et la compression (ou l'allongement) correspondante. Cette force étant visiblement différente pour les ressorts d'une voiture et d'un stylo, il faut trouver une grandeur physique qui permet de caractériser le ressort en question.

Quelle relation existe entre la force appliquée et l'allongement (la compression) d'un ressort ? Formule une hypothèse !

Remarque :

Les amortisseurs servent en premier lieu à « absorber » une partie des chocs (forces) lorsqu'on



Fig. 3 : Extenseur

7.5.2. Expérience de mise en évidence



Expérience

Dispositif expérimental et déroulement

Accrochons différentes masses à un ressort à boudin fixé à un support. Chaque masse exerce une force sur le ressort. Mesurons pour différentes forces appliquées F les allongements correspondants x d'un même ressort. Les forces sont égales au poids des masses accrochées : $F = P = m \cdot g$.

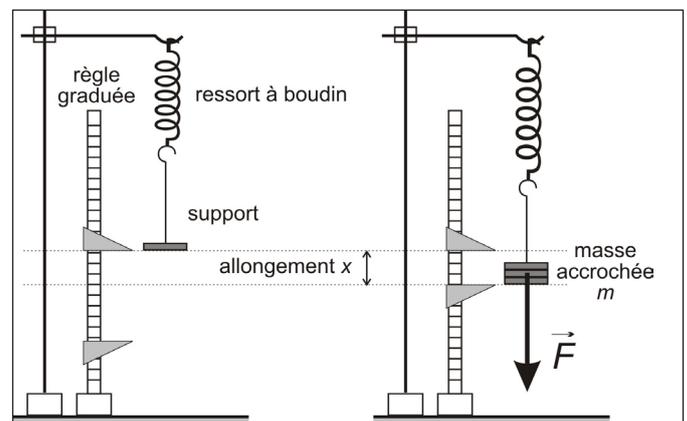
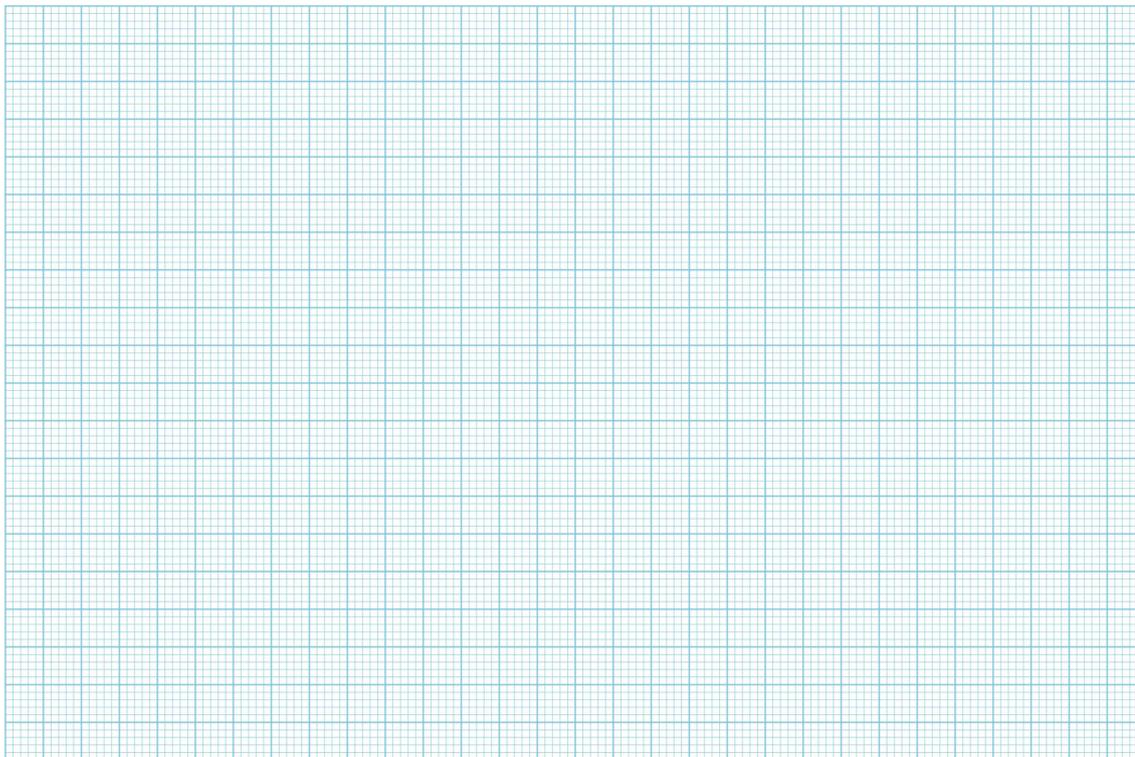


Tableau de mesures

F (N)	x (cm)	

Représentation graphique**Nous remarquons :**

- Si la force F exercée est doublée (triplée), alors l'allongement x du ressort à boudin est également approximativement doublé (triplé) ;
- Le rapport $\frac{F}{x}$ est constant : $\frac{F}{x} = \text{constant}$;
- La représentation graphique de la force appliquée F en fonction de l'allongement x est une droite passant par l'origine.

7.5.3. Loi de Hooke

Conclusion : La loi de Hooke^H

Pour un ressort à boudin étiré, de façon élastique*, la force appliquée F est directement proportionnelle à l'allongement x du ressort :

$$F \sim x \quad \text{ou} \quad \frac{F}{x} = \text{constant.}$$

La constante de proportionnalité est notée k et est appelée constante de raideur : $k = \frac{F}{x}$.

Unité S.I. :

Si une force de $F = 1 \text{ N}$ provoque un allongement du ressort de $x = 1 \text{ m}$, alors $k = \frac{F}{x} = \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ m}} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}}$. L'unité S.I. de la constante de raideur est le $\frac{\text{N}}{\text{m}}$.

Conversion d'unité :

$$1 \frac{\text{N}}{\text{cm}} = 1 \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ cm}} = 1 \frac{1 \text{ N}}{0,01 \text{ m}} = 100 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Formule pour la loi de Hooke :

$$F = k \cdot x$$

Grandeur physique	Symbole	Unité S.I.
Force appliquée	F	N
Allongement du ressort	x	m
Constante de raideur	k	$\frac{\text{N}}{\text{m}}$

Signification de la constante de raideur :

La valeur de la constante de raideur d'un ressort (en $\frac{\text{N}}{\text{m}}$) indique l'intensité de la force qu'il faut appliquer pour l'allonger de 1 m. Plus cette force est grande, plus il est difficile à allonger le ressort. On dit que le ressort est raide. La constante de raideur est une mesure pour la raideur du ressort.

Exemple :

Un premier ressort a une constante de raideur de $k_1 = 3,5 \frac{\text{N}}{\text{m}}$. Si tu appliques une force de 3,5 N sur le ressort il va s'allonger de 1 m.

Un deuxième ressort a une constante de raideur de $k_2 = 5 \frac{\text{N}}{\text{m}}$, c'est-à-dire tu dois appliquer une force de 5 N pour l'allonger de 1 m.

Historique

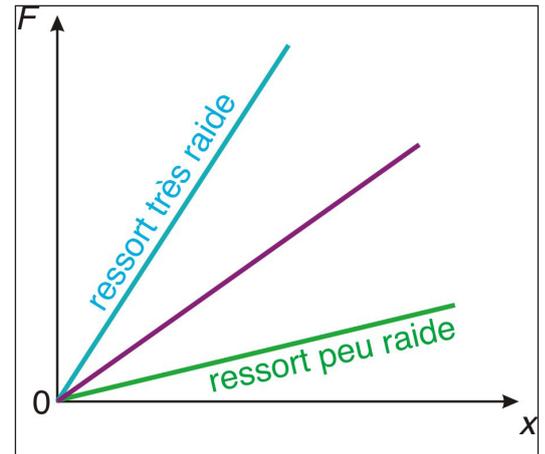
La loi de Hooke est nommée après le physicien britannique Robert Hooke (1635 - 1703). Il est un des grands physicien expérimentaux du XVIIe siècle. En plus de cette loi, il contribua également à des recherches en biologie, optique et astronomie.



* voir remarque à la page 139

Le deuxième ressort est plus raide, tu dois exercer une plus grande force pour l'allonger d'une même longueur.

Plus la droite dans la représentation graphique de la force en fonction de l'allongement est inclinée, plus le ressort utilisé pour obtenir cette droite est raide, c'est-à-dire a une constante de raideur plus élevée.



7.5.4. Exploitation des mesures de l'expérience

Déterminons la constante de raideur du ressort utilisé à partir des mesures de l'expérience précédente :

a) *A partir du tableau de mesure :*

Le quotient $\frac{F}{x}$ calculé dans le tableau de mesure est égal à la constante de raideur. Comme résultat final tu peux considérer la moyenne des valeurs obtenues. Dans notre cas, ceci donne :

b) *A partir de la représentation graphique :*

En suivant la procédure expliquée en annexe 7 (trace une droite de régression ; choisis un point de la droite ; détermine les coordonnées de ce point), nous trouvons comme valeur de la constante de raideur :

7.5.5. Validité de la loi de Hooke

Est-ce que l'allongement est toujours proportionnel à la force appliquée ?

La loi de Hooke est valable^M pour tous les ressorts en acier, aussi longtemps qu'on ne dépasse pas leur limite d'élasticité.

Si on continue à étirer un ressort, il existe un allongement à partir duquel le ressort ne reprend plus sa forme initiale si la force n'agit plus, mais il reste déformé : c'est la limite d'élasticité.

Si les différentes spires du ressort ne se touchent pas, la loi de Hooke reste aussi valable si un ressort est comprimé.



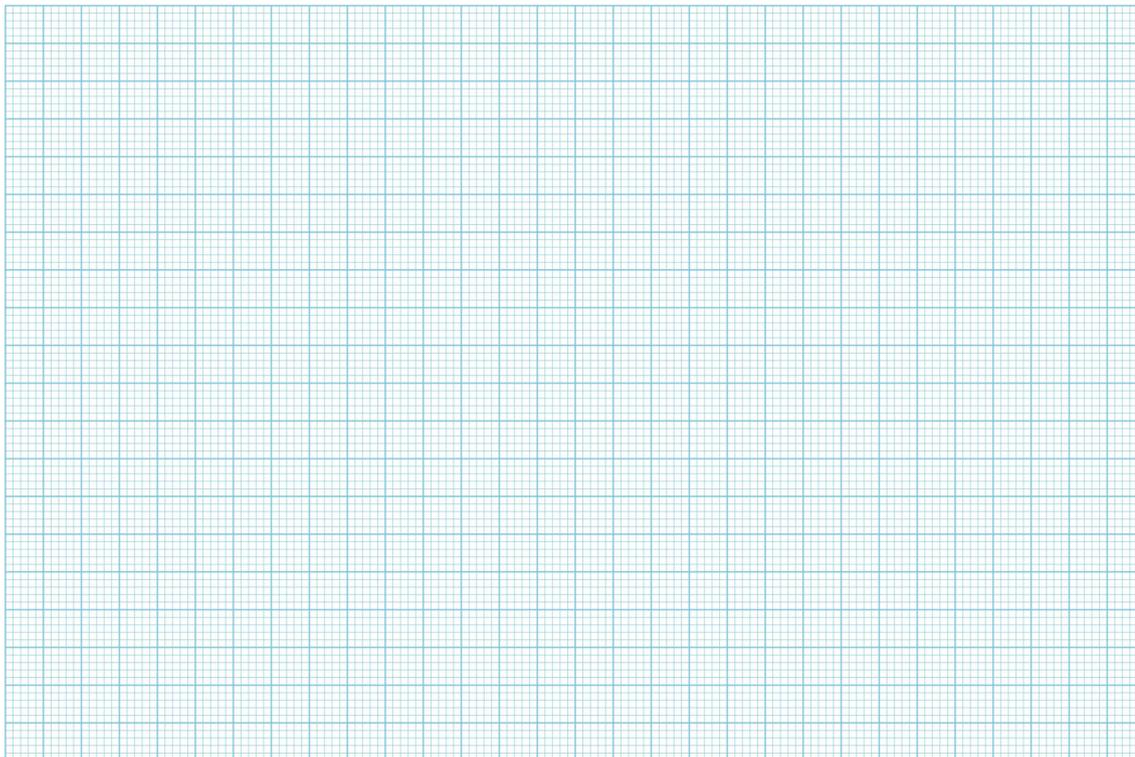
Expérience

Répetons l'expérience précédente pour un élastique.

Tableau de mesures

F (N)	x (cm)	

Représentation graphique



Méthode scientifique : validité

La plupart des lois physiques ne sont pas toujours valables. Elles ne sont valables que sous certaines conditions. Il est donc nécessaire de connaître les **conditions de validité** des lois.

Conclusion

Pour un élastique l'allongement x n'est pas directement proportionnel à la force appliquée F . L'élastique ne vérifie pas la loi de Hooke.

7.5.6. Pour en savoir plus

Technique : test de matériaux (essai à la rupture)

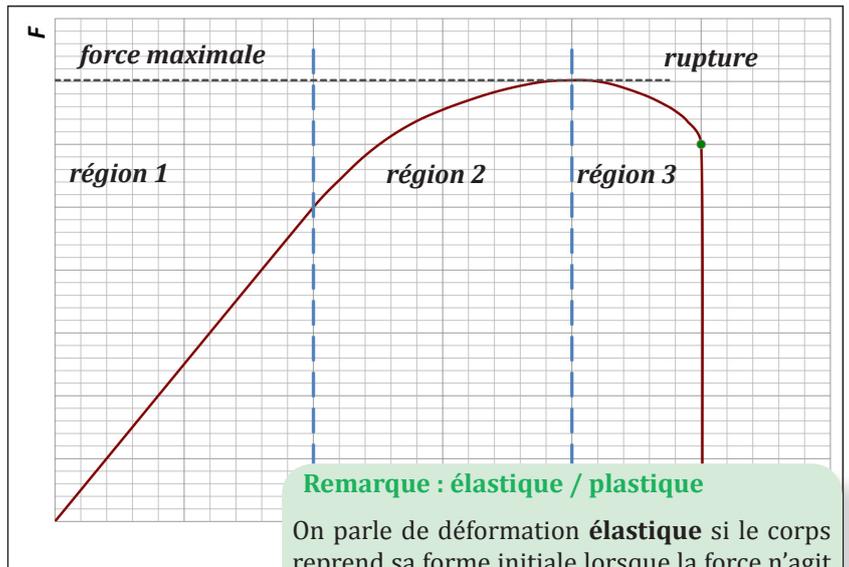
Pour tester la qualité d'un matériau on réalise des essais à la rupture. Le matériau à tester est étiré et un dispositif mesure la force d'étirement. On augmente cette force jusqu'à ce que le matériau casse.

On peut représenter graphiquement la force appliquée en fonction d'allongement et ainsi obtenir des informations sur la qualité du matériau et les forces maximales que celui-ci peut supporter. Un tel graphique est représentée sur le diagramme ci-contre.

Région 1 : le matériau obéit à la loi de Hooke, la force appliquée est proportionnelle à l'allongement. La déformation est dite élastique^R.

Région 2 : la force n'est pas proportionnelle à l'allongement. La déformation est dite plastique^R. La force mesurée à l'extrémité de la région 2 est la force maximale que le matériau peut supporter.

Région 3 : le matériau se rétrécit («verengen») en un endroit. Pour un certain allongement, le matériau casse et la force mesurée passe à zéro (rupture).



Remarque : élastique / plastique

On parle de déformation **élastique** si le corps reprend sa forme initiale lorsque la force n'agit plus sur le corps.

Exemple : Si tu n'exerces plus de force sur une éponge, l'éponge reprend sa forme initiale. L'éponge a été déformée de façon élastique.

On parle de déformation **plastique** si le corps ne reprend plus sa forme initiale lorsque la force n'agit plus sur le corps.

La destruction d'un objet peut également être considéré comme une déformation plastique.

Exemple : Si tu exerces une force sur un morceau de pâte à modeler, celle-ci est déformée. La pâte à modeler a été déformée de façon plastique.

7.5.7. Exercices résolus

EXERCICE RÉSOLU 1 :

Calcule la force maximale que l'on peut appliquer à un ressort à boudin de constante de raideur $46,8 \frac{\text{N}}{\text{m}}$, qui vérifie la loi de Hooke, pour que l'allongement ne dépasse pas 9 cm.

Solution :

Données : constante de raideur : $k = 46,8 \frac{\text{N}}{\text{m}}$

allongement : $x = 9 \text{ cm}$

Cherché : force maximale : F

Appliquons la formule de la loi de Hooke :

$$F = k \cdot x = 46,8 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot 0,09 \text{ m} = 4,21 \text{ N}$$

On peut appliquer au maximum une force de 4,21 N.

EXERCICE RÉSOLU 2 :

A un ressort à boudin de constante de raideur $19,2 \frac{\text{N}}{\text{m}}$, qui vérifie la loi de Hooke, est appliquée une force de 7,3 N. Calcule l'allongement du ressort.

Solution :

Données : constante de raideur : $k = 19,2 \frac{\text{N}}{\text{m}}$

force appliquée : $F = 7,3 \text{ N}$

Cherché : allongement : x

Partons de la formule pour la loi de Hooke : $F = k \cdot x$

Pour calculer l'allongement x , il faut d'abord transformer cette formule. Nous obtenons^M : $x = \frac{F}{k}$.

$$\text{Donc : } x = \frac{F}{k} = \frac{7,3 \text{ N}}{19,2 \frac{\text{N}}{\text{m}}} = 0,38 \text{ m} = 38 \text{ cm}$$

L'allongement du ressort sera de 38 cm.

Méthodes de transformation d'équations:

- Mathématiquement :

$$F = k \cdot x \quad | \div k$$

$$\Leftrightarrow x = \frac{F}{k}$$

- Par la «méthode du triangle» : voir annexe 8

7.5.8. Exercices

EXERCICE 1 :*

Convertis les unités suivantes ! Indique toutes les étapes !

0,83 cm = ... m	$673,2 \frac{\text{N}}{\text{m}} = \dots \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
39 N = ... kN	$12,5 \frac{\text{N}}{\text{cm}} = \dots \frac{\text{N}}{\text{m}}$
243,2 mN = ... N	$3,9 \frac{\text{N}}{\text{mm}} = \dots \frac{\text{N}}{\text{m}}$
57,8 mm = ... m	$13000 \frac{\text{N}}{\text{m}} = \dots \frac{\text{N}}{\text{cm}}$

EXERCICE 2 :*

Un ressort à boudin qui vérifie la loi de Hooke devient 5 cm plus long si on y applique une force de 3 N.

- Calcule la constante de raideur du ressort.
- Calcule l'allongement du ressort si une force de 1,2 N est appliquée.
- Calcule la force qu'il faut appliquer pour que le ressort s'allonge de 3 cm.

EXERCICE 3 :*

Un stylo à bille contient un ressort de constante de raideur 27,5 N/m. Calcule la force à appliquer pour utiliser le stylo si le ressort est comprimé de 0,6 cm.

EXERCICE 4 :*

Lesquelles des grandeurs physiques suivantes dépendent du lieu où l'on se trouve ? Justifie la réponse!

- Le poids, **b)** la masse, **c)** la masse volumique, **d)** la force, **e)** le volume **f)** la constante de raideur

EXERCICE 5 :**

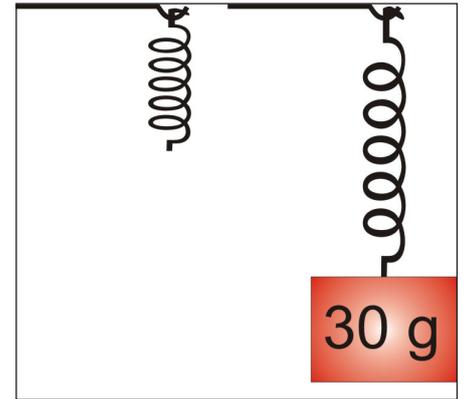
La mesure de l'allongement en fonction de la force appliquée à un ressort et à un élastique donne le tableau de mesure suivant.

F (N)	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
x₁ (cm)	0	1,6	3,2	3,0	?	8,4	10,0
x₂ (cm)	0	2,0	4,8	8,4	?	13,0	18,2

- Fais la représentation graphique des deux séries deux mesures sur un même graphique.
- Laquelle des séries de mesure correspond à celle pour l'élastique, laquelle à celle pour le ressort? Justifie la réponse !
- Introduis les valeurs manquantes dans le tableau !
- Détermine la constante de raideur du ressort.

EXERCICE 6 : **

En utilisant la figure ci-contre calcule la constante de raideur du ressort si la figure est à l'échelle (1 mm correspond à 1 mm).



EXERCICE 7 : **

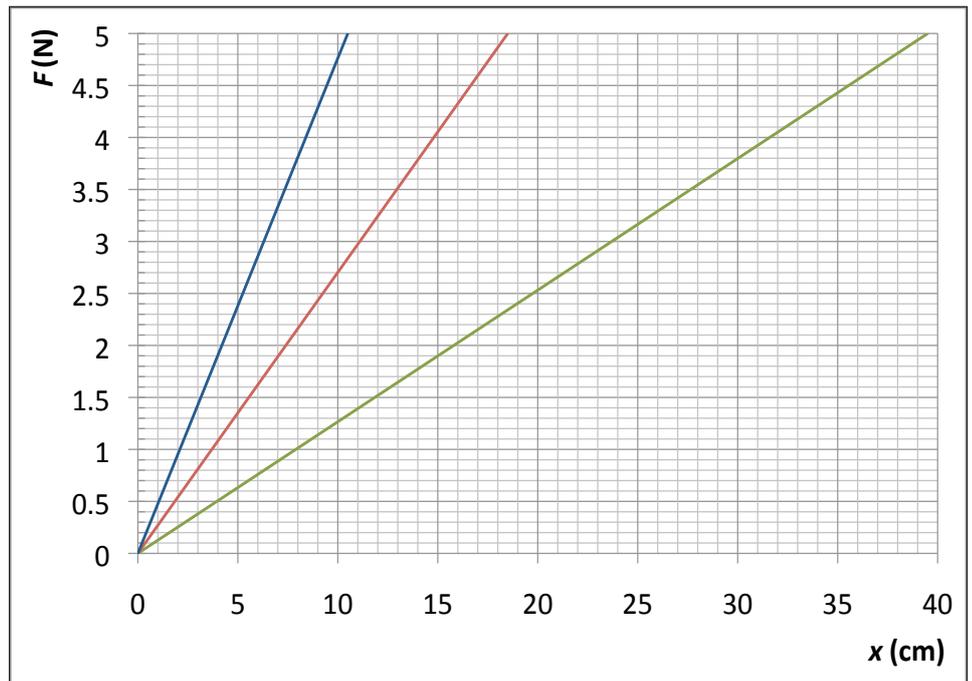
Les affirmations suivantes sont-elles vraies ou fausses ? Justifie la réponse.

- a) « Si on double la force exercée à un ressort qui vérifie la loi de Hooke, la constante de raideur est doublée. »
- b) « Si on double la force exercée à un ressort, l'allongement est doublé. »
- c) « Un ressort avec une constante de raideur plus grande s'allonge plus qu'un ressort avec une constante de raideur plus faible. »
- d) « La représentation graphique de la force en fonction de l'allongement pour un ressort qui vérifie la loi de Hooke est une droite. »

EXERCICE 8 : **

En exerçant des forces F sur trois ressorts différents et en mesurant l'allongement x des ressorts, on a obtenu les représentations graphiques.

- a) Les trois ressorts vérifient-ils la loi de Hooke ? Comment le remarques-tu ?
- b) Détermine les constantes de raideur des trois ressorts.
- c) Quelle droite correspond au ressort le plus raide ? Justifie la réponse.



EXERCICE 9 : **

Complète le tableau ci-dessous sachant que chacun des ressorts utilisés vérifie la loi de Hooke.

F	? N	0,045 kN	2490 N	15 N
x	1,4 cm	0,91 m	? cm	? mm
k	$25 \frac{N}{m}$	$? \frac{N}{cm}$	$63 \frac{N}{mm}$	$240 \frac{N}{m}$

EXERCICE 10 : **

Tu as accroché des masses marquées à un ressort et mesuré les allongements correspondants. Le tableau suivant donne les mesures obtenues.

F (N)	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
x (cm)	1,2	2,3	3,5	4,8	6,1	7,3

- Fais la représentation graphique de F en fonction de x .
- Le ressort vérifie-t-il la loi de Hooke ? Justifie la réponse.
- Si le ressort vérifie la loi de Hooke détermine la constante de raideur du ressort. Explique la méthode.

EXERCICE 11 : **

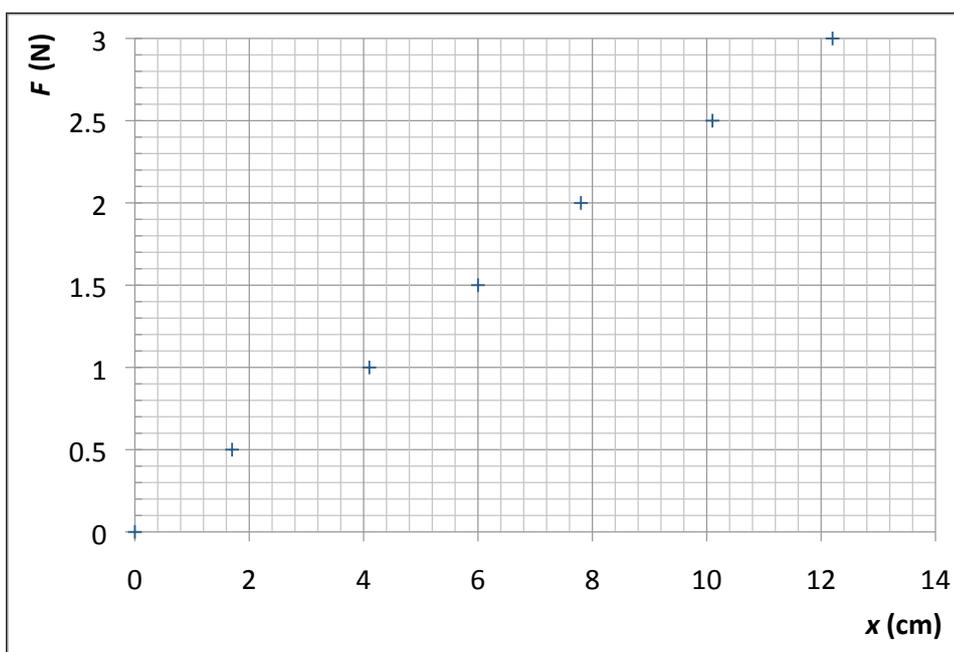
Un ressort à boudin, qui vérifie la loi de Hooke, s'allonge de 7 cm si tu appliques une force de 4 N.

- Fais la représentation graphique de la force en fonction de l'allongement pour ce ressort.
- Détermine la constante de raideur du ressort
- Détermine par un calcul et graphiquement la force nécessaire pour étirer le ressort de 5 cm.
- Détermine par un calcul et graphiquement l'allongement du ressort si on applique une force de 2,5 N.
- Trace sur le graphique de la question a) la représentation d'un ressort plus raide et d'un ressort moins raide.

EXERCICE 12 : **

Tu as accroché des masses à un ressort à boudin. Des mesures de forces et d'allongement conduisent à la représentation graphique ci-contre.

Détermine à partir du graphique la constante de raideur du ressort ! Explique la méthode !



EXERCICE 13 : **

Des ressorts sont caractérisés par les valeurs suivantes :

a) $234 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ b) $19,6 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$ c) $0,482 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ d) $1,40 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$

Lequel des ressorts est le plus «facile» à étirer? Explique !
Classifie les ressorts par ordre croissant de la raideur.

EXERCICE 14 : **

Tu veux utiliser un ressort à boudin de constante de raideur 10 N/cm comme balance. Tu accroches un jouet au ressort. Le ressort s'allonge de 7 cm . Calcule la masse du jouet.

EXERCICE 15 : **

Les amortisseurs d'une voiture contiennent des ressorts qui vérifient la loi de Hooke. On suppose qu'un ressort de constante de raideur de 24 N/mm est utilisé pour chaque pneu.

a) Calcule la force qu'il faut exercer pour étirer le ressort de $1,2 \text{ cm}$.

La voiture est chargée. La masse totale de la charge vaut 360 kg . On suppose que la charge se répartit uniformément sur toutes les roues.

b) Calcule de combien les ressorts sont comprimés.

EXERCICE 16 : ***

Un ressort à boudin a une longueur initiale de 9 cm si aucune force n'y est appliquée. Si on y applique une force de 16 N , sa longueur finale est de 14 cm .

a) Calcule la constante de raideur du ressort.

b) Calcule la longueur du ressort si on applique une force de 12 N .

c) Calcule la force nécessaire pour que la longueur du ressort soit de 11 cm .

EXERCICE 17 : ***

En appliquant une force de $0,6 \text{ N}$ à un ressort à boudin de longueur 10 cm il s'allonge de 2 cm . Si on applique une force supplémentaire au ressort le ressort prend une longueur de $17,3 \text{ cm}$. Calcule la deuxième force appliquée.

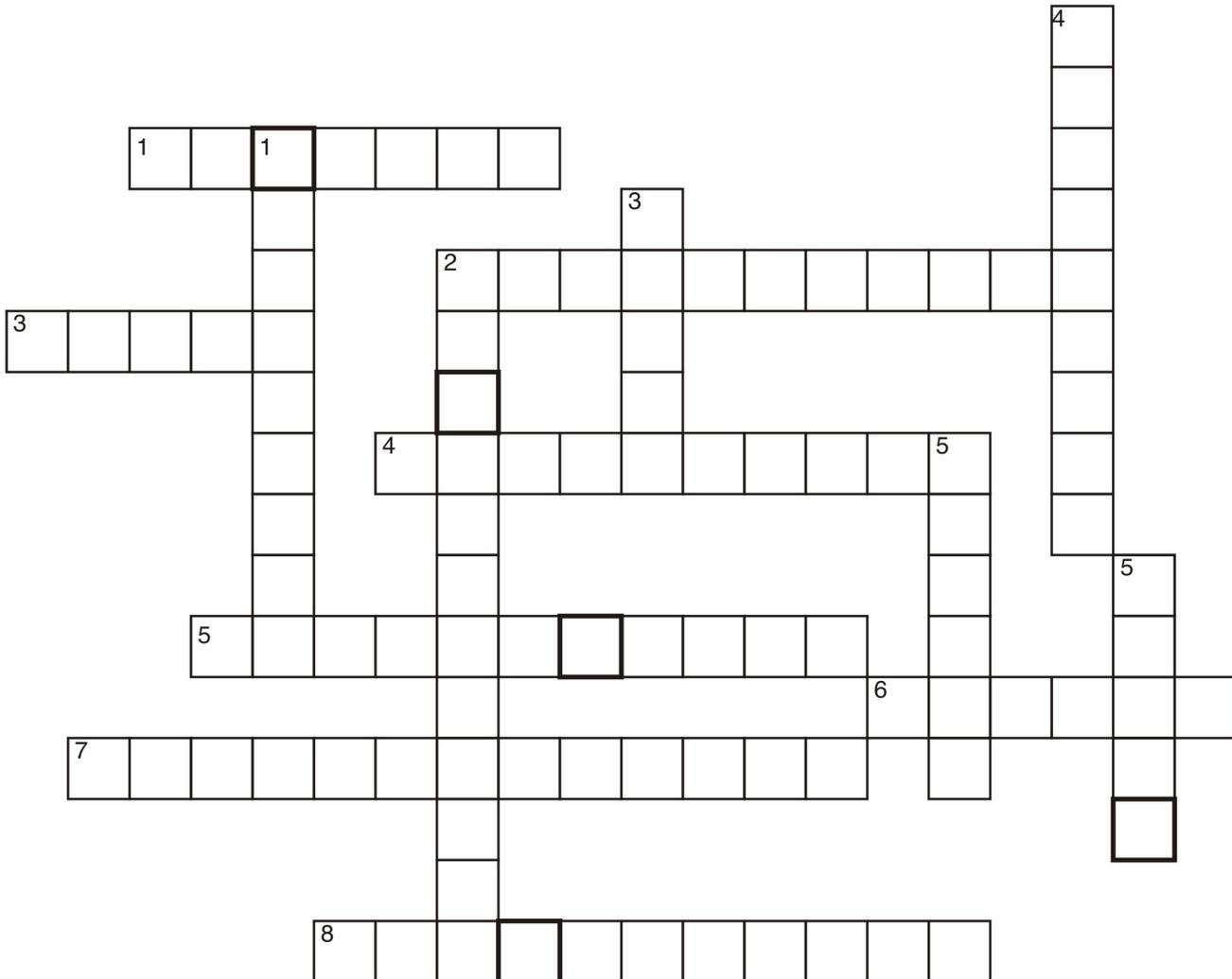
EXERCICE 18 : ***

Un cylindre en aluminium de hauteur 5 cm et de diamètre 2 cm est attaché à un ressort à boudin. Le ressort s'allonge de 3 cm . Calcule la constante de raideur du ressort.

EXERCICE 19 :***

On dispose d'un ressort qui vérifie la loi de Hooke et d'une masse marquée de 2 kg. On connaît l'intensité de la pesanteur sur Terre. Explique comment on peut déterminer avec ce matériel l'intensité de pesanteur sur la Lune.

MOTS CROISÉS : FORCES



horizontal

- 1 Constante de ...
- 2 Variation de longueur.
- 3 Loi de ...
- 4 Droite qui tient compte des incertitudes de mesure.
- 5 Peut être élastique ou plastique.
- 6 Ressort à ...
- 7 Relation entre force et allongement unité de force.
- 8 Instrument de mesure de forces.

vertical

- 1 Caractéristique d'une force.
- 2 Effet d'une force.
- 3 Grandeur ayant «*F*» comme symbole.
- 4 Lorsque le corps ne reprend plus sa forme initiale, la déformation est ...
- 5 Unité de force.
- 6 Force d'attraction.

Les lettres en gras mis dans le bon ordre donnent le prénom d'un physicien célèbre : _____

7.6. Résumé / Questions de cours

La présence d'une force ne peut être remarquée grâce aux effets qu'elle produit. La force est une notion abstraite.

Une force peut changer la nature du mouvement d'un corps ou déformer un corps.

Une force est une grandeur physique et peut être mesurée avec un dynamomètre. Son unité est le newton.

Une force est représentée par une flèche (un vecteur) caractérisé par son sens, sa direction, son intensité et son point d'application.

La loi de Hooke dit que pour un ressort à boudin étiré de façon élastique, la force appliquée F est directement proportionnelle à l'allongement x du ressort :

$$F \sim x \text{ ou } \frac{F}{x} = \text{constant.}$$

La constante de proportionnalité, notée par le symbole k , est appelée constante de raideur et caractérise le ressort utilisé.

L'unité de la constante de raideur est le $\frac{\text{N}}{\text{m}}$.

La formule pour la loi de Hooke est :

$$\boxed{F = k \cdot x}$$

Grandeur physique	Symbole	Unité S.I.
Force appliquée	F	N
Allongement du ressort	x	m
Constante de raideur	k	$\frac{\text{N}}{\text{m}}$

La loi de Hooke n'est pas valable pour un élastique. Pour un élastique la force n'est pas directement proportionnelle à l'allongement.

7.7. Check-list

Cette liste sert à contrôler tes connaissances et capacités.

Elle peut être utile pour la préparation du devoir en classe.

Pour les affirmations suivantes, coche la case qui te semble la plus adaptée !

	Je sais, je connais, ...	oui	non
1	Je sais donner les effets d'une force.		
2	Je sais reconnaître la présence d'une force.		
3	Je sais utiliser correctement le terme force.		
4	Je sais donner les caractéristiques d'une force.		
5	Je sais représenter une force à l'échelle.		
6	Je connais la différence entre les notations F et \vec{F} .		
7	Je sais déterminer l'intensité d'une force à partir de sa représentation.		
8	Je sais dessiner les forces qui agissent sur un corps.		
9	Je sais expliquer le terme «allongement».		
10	Je connais la relation entre la force appliquée à un ressort (qui vérifie la loi de Hooke) et son allongement.		
11	Je sais reconnaître une proportionnalité entre grandeurs physiques (de 3 façons différentes).		
12	Je sais énoncer la loi de Hooke.		
13	Je connais la formule de la loi de Hooke.		
14	Je sais donner l'unité S.I. de la constante de raideur.		
15	Je sais expliquer la signification de la constante de raideur.		
16	Je sais transformer la formule de la loi de Hooke.		
17	Je connais l'instrument de mesure de forces.		
18	Je sais lire correctement l'indication sur un dynamomètre.		
19	Je sais me servir correctement d'un dynamomètre.		
20	Je sais représenter graphiquement la force appliquée en fonction de l'allongement.		
21	Je sais déterminer à partir d'une représentation graphique la constante de raideur.		
22	Je sais expliquer comment nous avons trouvé la formule pour la loi de Hooke.		