

Dans ce chapitre, nous allons étudier quelques exemples de forces ainsi que leurs effets produits sur un système.

## FORCES ET EFFETS DES FORCES

### I - INTERACTIONS MÉCANIQUES ET ACTIONS MÉCANIQUES

Avant de faire l'inventaire des forces, il faut définir le système d'étude.

#### 1 - Système d'étude et milieu extérieur

On appelle  **système** , le solide ou l'ensemble de solides qu'on étudie. Tout ce qui n'appartient pas au système et qui interagit directement avec celui-ci, constitue le milieu extérieur.

#### 2 - Les actions mécaniques

Voyons comment classer les différentes actions mécaniques.

#### Activité : Classement des actions mécaniques

Voici une liste de quelques actions mécaniques :

- a) Action mécanique exercée par l'archer sur la corde de son arc,
- b) Action mécanique exercée par l'air sur la voile du bateau,
- c) Action mécanique exercée par le pied du footballeur sur un ballon fixe dans le référentiel terrestre,
- d) Action mécanique exercée par la tête du footballeur sur un ballon en mouvement dans le référentiel terrestre,
- e) Action mécanique exercée par les doigts sur un crayon,
- f) Action mécanique exercée par la table sur un livre posé dessus,
- g) Action mécanique exercée par un aimant sur une bille d'acier située à quelques centimètres de celui-ci,
- h) Action mécanique exercée par un corps électrisé sur la boule de papier aluminium d'un pendule électrostatique,
- i) Action mécanique exercée par la Terre sur une pomme suspendue dans un arbre,
- j) Action mécanique exercée par le Soleil sur la Terre.

#### Questions :

- 1- Quelle différence majeure faites-vous entre les actions (a, b, c, d, e, f) et (g, h, i, j) ?
- 2- Quelle différence majeure faites-vous entre les actions (a, c, d, e) et (b, f, i, j) ?

#### Activité : Classement des actions mécaniques

Réponses aux questions :

- 1- Les actions mécaniques (a ; b ; c ; d ; e ; f) sont des actions mécaniques de contact tandis que les actions mécaniques (g ; h ; i ; j) sont des actions mécaniques à distance.
- 2- Les actions mécaniques (a ; c ; d ; e) sont des actions mécaniques localisées tandis que les actions mécaniques (b ; f ; i ; j) sont des actions mécaniques réparties sur toute une surface ou sur tout un volume.

Questions : A l'aide de ces exemples, donner la définition d'une action mécanique à distance ? D'une action mécanique de contact ? D'une action mécanique localisée ? D'une action mécanique répartie ?

## Bilan :

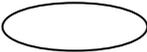
- Une action mécanique à distance ne nécessite pas de contact entre l'objet qui l'exerce et celui qui la subit.
- Une action mécanique de contact nécessite un contact entre l'objet qui l'exerce et celui qui la subit.
  - Une action mécanique localisée s'exerce sur une portion du système de dimensions très petites par rapport à celles du système lui-même.

Cette portion du système correspondra au point d'application de cette action mécanique.

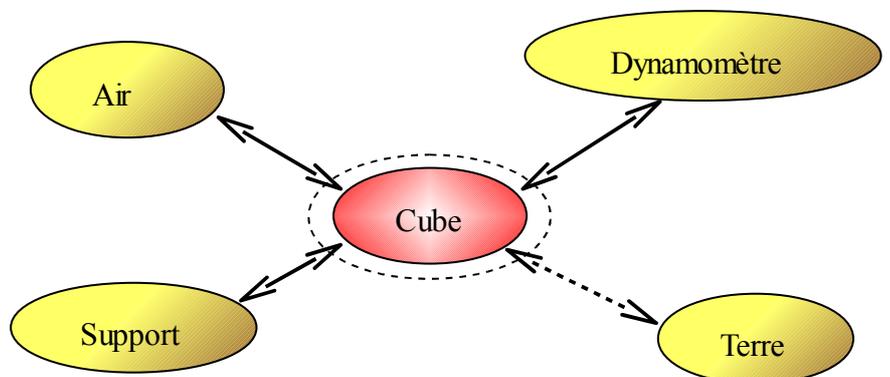
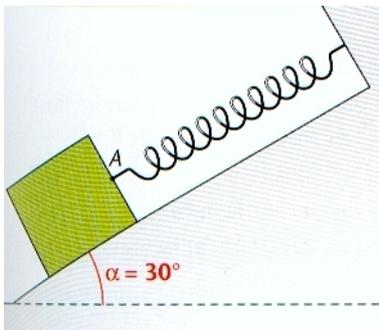
- Une action mécanique répartie s'exerce sur tout le volume ou sur toute la surface du système.

## 3 - Diagramme objets-interactions

Le **diagramme objets-interactions** :

- Représentation du système étudié : 
- Représentation des objets avec lesquels le système est en interaction : 
- Représentation des interactions :
  - ← — — → interaction à distance
  - ←—————→ interaction de contact

Application : Représenter toutes les interactions mécaniques entre le cube et le milieu extérieur.



*A l'aide du diagramme objets-interactions, on peut énoncer les actions mécaniques exercées sur le système d'étude.*

*Voyons, maintenant, comment modéliser une action mécanique.*

## II- MODÉLISATION D'UNE ACTION MÉCANIQUE

*Une action mécanique est modélisée par une force.*

### 1 - Caractéristiques et représentation d'une force

Lorsque le système est en **interaction** avec le **milieu extérieur**, il subit des **actions mécaniques** de la part de celui-ci. Chaque action mécanique est modélisée par une **force**.

Une **force F** <sub>acteur/receveur</sub> est caractérisée par :

- **un point d'application,**
- **une direction : droite parallèle à celle de la force,**
- **un sens : celui de la force**
- **une intensité** exprimée en **newton (N)**.

La valeur d'une force est déterminée soit par un calcul, soit en la mesurant avec un **dynamomètre**.

On représente une force par un **vecteur**.

## 2 - Exemples de forces

### - Le poids P :

#### a. Etude préliminaire

- Suspender la masse marquée de 100 g à l'extrémité du dynamomètre de 2 N.
- Faire un schéma de l'expérience puis noter la valeur indiquée par le dynamomètre.
- Le système choisi est la masse. Représenter le diagramme objets-interactions et dresser l'inventaire des forces exercées sur la masse.
- Donner la relation entre le poids P de la masse et la force F exercée par la masse sur le dynamomètre lorsque celle-ci est à l'équilibre.

#### b. Tracé de la caractéristique du poids P en fonction de la masse m

- Etablir le protocole expérimental permettant de tracer la caractéristique du poids P en fonction de la masse m. Préciser, dans le tableau ci-dessous, les valeurs choisies pour la masse m.
- Effectuer les différentes mesures puis regrouper les résultats obtenus dans le tableau ci-dessous.

Masse m (kg)							
Poids P (N)							

#### c. Exploitation

- Tracer la caractéristique du poids P en fonction de la masse m. Décrire son allure.
- Calculer le coefficient directeur. Comparer celui-ci à la valeur g de l'intensité de pesanteur.
- Etablir l'expression littérale du poids P en fonction de la masse m.
- Donner les caractéristiques du poids P et représenter cette force sur un schéma.

### - La force de rappel d'un ressort T :

#### d. Expérience

- Placer le ressort sur la potence puis mesurer la longueur à vide  $l_0$  de celui-ci.
- Accrocher une masse marquée m à l'extrémité du ressort puis mesurer la longueur l de celui-ci quand la masse est immobile.
- Répéter l'expérience avec d'autres masses marquées et réunir les résultats dans le tableau ci-dessous. (on prendra  $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$ )

Masse m (g)	100	150	200	250	300	350	400
Longueur l (m)							
Allongement $\Delta l = l - l_0$ (m)							
Poids P (N)							

Force de rappel T du ressort (N)							
-------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--

e. Exploitation

- Le système choisi est la masse. Représenter le diagramme objets-interactions et dresser l'inventaire des forces exercées sur la masse.
- Etablir la relation entre le poids P d'une masse marquée et la force de rappel T du ressort.
- Tracer la caractéristique de la force de rappel T du ressort en fonction de l'allongement  $\Delta l$ . Décrire son allure.
- Calculer le coefficient directeur. Il est noté k et correspond à la constante de raideur du ressort.
- Etablir l'expression littérale de la force de rappel T du ressort en fonction de l'allongement  $\Delta l$ .
- Donner les caractéristiques de la force de rappel T du ressort et représenter cette force sur un schéma.

- La poussée d'Archimède  $\pi$  :

f. Approche expérimentale

On plonge une balle de ping-pong au fond d'un cristalliseur et on la lâche.

- Noter les observations.
- Le système choisi est la balle. Représenter le diagramme objets-interactions et dresser l'inventaire des forces exercées sur la balle.

g. Expérience et exploitation

- Mesurer le poids P d'un objet, par exemple : une masse marquée de 100 g.
- Disposer 100 mL d'eau dans l'éprouvette graduée.
- Immerger entièrement l'objet, toujours suspendu à l'extrémité du dynamomètre, sans toucher les parois de l'éprouvette graduée. Mesurer le poids P' appelé **poids apparent** de l'objet. Comparer cette valeur au poids P.
- Calculer la valeur de la poussée d'Archimède  $\Pi$  en utilisant la relation suivante :  $\Pi = P - P'$
- Mesurer le volume d'eau déplacée  $V_{\text{eau déplacée}}$  lors de l'immersion de l'objet.
- Calculer la masse d'eau déplacée  $m_{\text{eau déplacée}}$  (Rappel :  $\rho_{\text{eau}} = 1,00 \text{ g.cm}^{-3}$ )
- Calculer le poids du volume d'eau déplacée  $P_{\text{eau déplacée}}$ . (Rappel :  $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$ )
- Comparer à la valeur de la poussée d'Archimède  $\Pi$ .
- Donner l'expression littérale de la poussée d'Archimède  $\Pi$  en fonction de la masse d'eau déplacée  $m_{\text{eau déplacée}}$ .

h. Généralisation

La poussée d'Archimède s'applique à tout corps plongé dans un fluide. Donner les caractéristiques de la poussée d'Archimède  $\Pi$  et représenter cette force sur un schéma.

- La force exercée par un fil ou un câble T' :

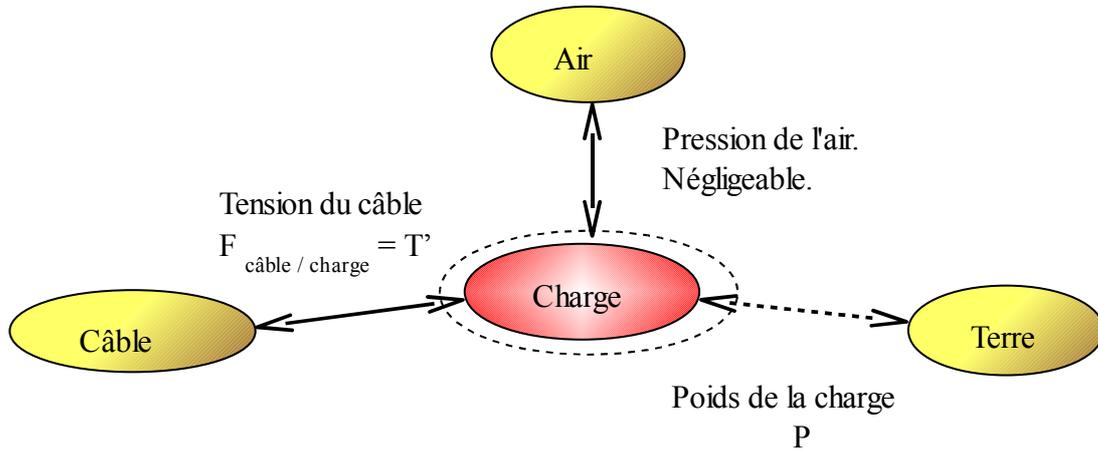
Activité :

**Objectif :** Etudier la force exercée par un câble sur un objet (une charge) appelée tension d'un câble. Une charge de masse  $m = 100 \text{ kg}$  est suspendue à une grue.

**Donnée :** Intensité de pesanteur  $g = 9,81 \text{ N/kg}$ .

- Le système choisi est la charge. Représenter le diagramme objets-interactions et dresser l'inventaire des forces exercées sur la charge.
- Donner leurs caractéristiques.
- Représenter ces vecteurs forces sur un schéma.

1- Diagramme objets-interactions ; Inventaire des forces



2- Caractéristiques :

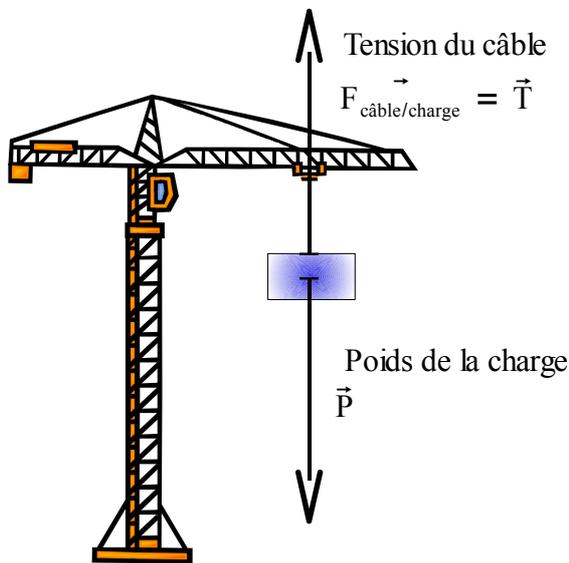
- *-point d'application : centre de gravité G*
- *-direction : verticale*
- *-sens : vers le bas*
- *-norme :  $P = m g = 100 \times 9,81 = 981 \text{ N}$*

Poids de la charge  
 $P$

- *-point d'application : C (point d'attache du câble)*
- *-direction : verticale (celle du câble)*
- *-sens : vers le haut*
- *-norme :  $T' = 981 \text{ N}$  (système à l'équilibre dans le réf. terrestre)*

Tension du câble  
 $F_{\text{câble} / \text{charge}} = T'$

3- Représentation des vecteurs force :



Echelle :

1 cm  $\longleftrightarrow$  300 N

Soit 3,27 cm  $\longleftrightarrow$  981 N

- La réaction du support R :

*Activité expérimentale :*

**Objectif :** Etudier la force exercée par un support (une plaque en bois) sur un objet (un livre) appelée réaction du support et notée R.

On incline une plaque en bois d'un angle  $\alpha = 15^\circ$  par rapport à l'horizontale. On dispose dessus un livre qui reste immobile.

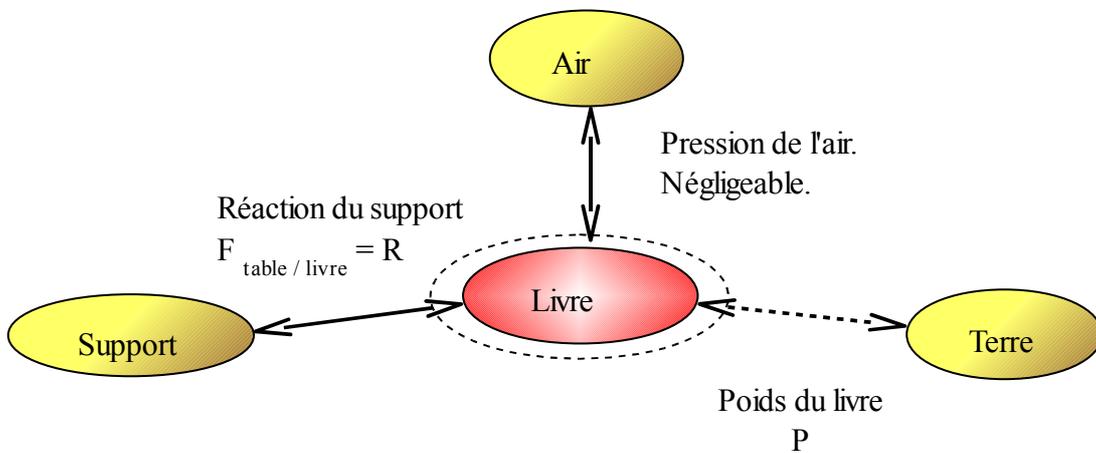
Le système d'étude est le livre. Le référentiel d'étude est un référentiel terrestre lié à la salle de classe.  
Puisque le livre est immobile dans le référentiel d'étude (référentiel terrestre), il est à l'équilibre dans ce référentiel.

**Questions :**

- Représenter le diagramme objets-interactions et dresser l'inventaire des forces exercées sur le livre.
- Représenter les vecteurs forces. Que peut-on dire de leur somme ?
- Décomposer le vecteur force associé à l'action exercée par la plaque sur le livre en un vecteur force  $R_N$  perpendiculaire à la plaque et un vecteur force  $R_T$  tangente à la plaque.
- Quel nom donne-t-on à la force  $R_T$  ?
- On incline la plaque du même angle mais de l'autre côté. Représenter les vecteurs forces qui s'exercent sur le livre.

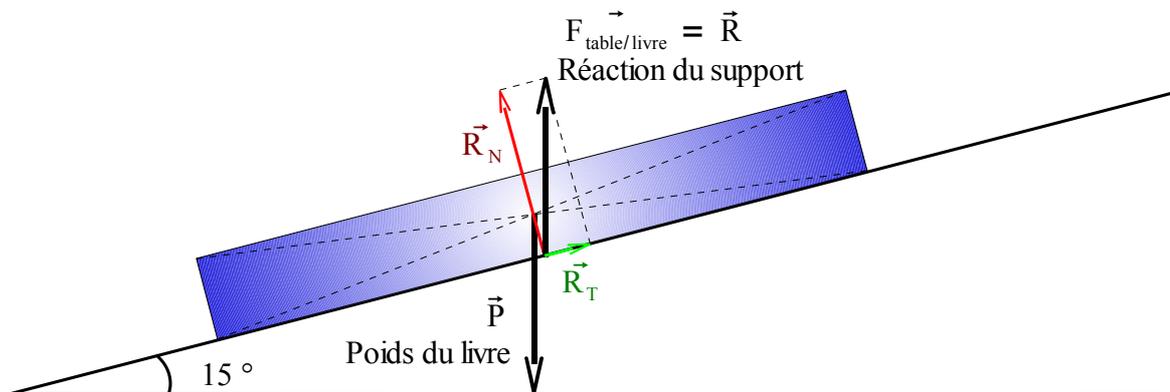
**Réponses :**

1- Diagramme objets-interactions ; Inventaire des forces



2- Représentation des vecteurs forces :

*Le système est à l'équilibre dans le référentiel d'étude, donc :  $P + R = 0$   
 $\Rightarrow P$  et  $R$  ont la même droite d'action, la même norme mais des sens opposés.*



*Remarque : le point d'application de la réaction du support correspond au point de contact à la verticale du centre de gravité  $G$ .*

### 3- Décomposition :

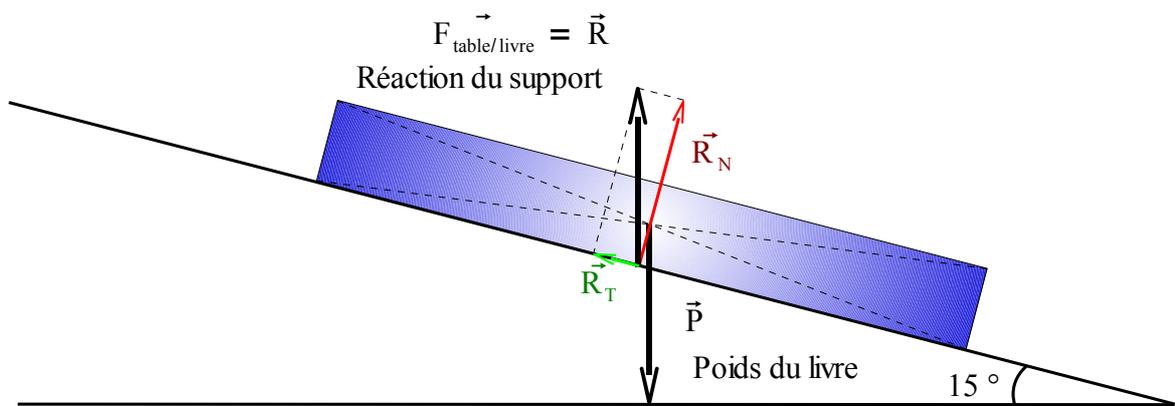
La réaction du support  $R$  peut-être décomposée en deux forces :  $R = R_N + R_T$

- $R_N$  : réaction normale (elle empêche le solide de pénétrer dans le support)
- $R_T = f$  : réaction tangentielle (elle empêche le solide de glisser sur le support)

### 4- Nom de la force $R_T$ ?

Cette force s'oppose à la mise en mouvement du solide  $\Rightarrow$  elle est appelée force de frottement.

### 5- Représentation des vecteurs forces :



## III- LES EFFETS D'UNE FORCE

Livre *Didapages* Actions mécaniques et forces

Une force peut :

- Déformer un système,
- Mettre en mouvement (de rotation ou de translation) un système,
- Modifier le mouvement (vecteur vitesse du centre d'inertie  $v_G$ , trajectoire) d'un système.

Exercice 7 p 55

Question supplémentaire : Effectuer la somme des vecteurs forces appliquées à l'anneau.

Un ensemble de forces peut maintenir un système à l'équilibre. Il faut pour cela que :

- les forces soient concourantes,
- les forces soient coplanaires,
- la somme des forces soient nulles.

Exercices sur les forces.doc