

## But de l'activité : Comprendre le lien entre la somme des forces et le vecteur variation de vitesse.

Il est évident pour quiconque observant un peu autour de lui qu'il existe une relation entre les forces appliquées à un objet et le mouvement de ce dernier. Nous allons ici essayer de comprendre quel est ce lien.

### Document 1 : Les lois de Newton

#### Première loi de Newton (principe d'inertie)

Tout corps qui n'est soumis à aucune force ou dont les forces qui s'exercent sur lui se compensent, demeure en son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme, et réciproquement.

#### Troisième loi de Newton (principe des actions réciproques)

Si un système {A} exerce une force  $\vec{F}_{A/B}$  sur un système {B}, alors le système {B} exerce réciproquement et simultanément une force  $\vec{F}_{B/A}$  sur le système {A}. Ces forces sont de mêmes directions et de mêmes normes, mais ont des sens opposés, tels que  $\vec{F}_{B/A} = -\vec{F}_{A/B}$ .



### Méthode : exercice de mécanique

Avant de commencer un exercice de mécanique, il faut **TOUJOURS** :

- préciser le **système** (= objet dont on étudie le mouvement).
- préciser le **référentiel** d'étude (= objet par rapport auquel on étudie le mouvement).
- Réaliser le **bilan des forces** (avec, idéalement, un schéma ET une liste)

## Partie I : Les forces

### A. De l'infiniment grand à l'infiniment petit

#### Document 2 : Bref histoire de l'infiniment petit

Dans l'antiquité, deux philosophies s'opposaient sur le sujet de la composition de la matière : Démocrite prône l'idée que la matière est constituée de particules infiniment petites et indivisibles, qu'il appelle « atomos » (grec pour « insécable ») ; La philosophie d'Aristote, quant à elle, suppose que le monde est constitué de cinq éléments (terre, eau, air, feu et éther) qui occupent tout l'espace (donc le vide n'existe pas) et que ces éléments sont divisibles à l'infini, présents à toutes les échelles. C'est cette idée de la matière qui va prévaloir jusqu'au début du XVIII<sup>e</sup> siècle.

En 1808, en suivant les idées d'Antoine de Lavoisier, le physicien anglais John Dalton confirme que la matière est constituée d'atomes, qui se combinent entre eux pour former les molécules. Dans les années 1890, Jean Perrin et Joseph Thomson déterminent que les atomes contiennent des charges négatives, les électrons (de charge  $q_e = -e$  \*\*), puis Pierre et Marie Curie montrent qu'un atome peut se « casser » pour former d'autres atomes : c'est la radioactivité. En 1912, à l'aide de ces résultats et de différentes expériences, Ernest Rutherford conclut que l'atome se compose d'un noyau contenant des charges positives (protons de charge  $q_p = e$ ) et neutres (neutrons) autour duquel orbitent des électrons. Ce modèle, dit planétaire, de l'atome sera complété par Bohr, qui précisera que les électrons ne peuvent occuper que des orbites précises. C'est la naissance de la physique quantique.

Au cours du XX<sup>e</sup> siècle, on découvrira entre autres que les particules élémentaires sont elle-même composées d'autres particules, les quarks... mais cela est une autre histoire...

\*\* La charge élémentaire est une constante physique et a pour valeur  $e = 1,6 \times 10^{-19}$  C, où C est le symbole du coulomb, l'unité S.I. de la charge

#### Document 3 : Interaction électrostatique - la loi de Coulomb

L'interaction électrostatique fait se repousser deux charges électriques de même signe (deux protons, par exemple), et s'attirer deux charges de signes opposés (un électron et un proton par exemple).

L'intensité de l'interaction (en Newton) est proportionnelle aux charges de chaque particule (exprimées en coulomb, C) et décroît avec le carré de la distance (en mètre) entre les charges. Enfin, l'intensité est aussi proportionnelle à une constante k, appelée constante de Coulomb.

Note : Pour calculer l'intensité de la force électrostatique, on utilisera des valeurs absolues pour les charges (une intensité étant toujours positive).

**I.1.** Grâce à quelle interaction les planètes orbitent-elles autour du Soleil ?

Compléter la fiche d'identité de cette interaction dans l'annexe A (avec les schémas), pour deux particules A et B de masse  $m_A$  et  $m_B$  séparées d'une distance  $d$ .

**I.2.** Quels sont les particules élémentaires composant un atome ? Donner leur charge en coulomb.

**I.3.** Grâce à quelle interaction les électrons orbitent-ils autour du noyau ?

Compléter la fiche d'identité de cette interaction dans l'annexe A (avec les schémas), pour deux particules A et B de charge  $q_A$  et  $q_B$ , séparées d'une distance  $d$ .

#### Annexe A : Fiches d'identité des interactions gravitationnelle et électrostatique

| Interaction gravitationnelle                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Interaction électrostatique                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>L'interaction gravitationnelle est modélisée par des forces attractives <math>\vec{F}_{g\_B/A}</math> et <math>\vec{F}_{g\_A/B}</math> dont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La direction est la droite (AB)</li> <li>Le sens est .....</li> </ul> <p>.....</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Le point d'application se trouve au centre de la masse subissant la force</li> <li>La valeur de l'intensité est identique pour les deux forces <math>F_{g\_A/B}</math> et <math>F_{g\_B/A}</math> : (formule)</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> <math display="block">F_{g\_A/B} = F_{g\_B/A} =</math> </div> <p>Avec <math>G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}</math>, la constante de gravitation.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Schéma :</li> </ul> <div style="text-align: center;"> </div> | <p>L'interaction électrostatique est modélisée par des forces ..... ou .....</p> <p><math>\vec{F}_{e\_B/A}</math> et <math>\vec{F}_{e\_A/B}</math> dont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La direction est la droite (AB)</li> <li>Le sens dépend de .....</li> </ul> <p>.....</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Le point d'application se trouve au centre de la charge subissant la force</li> <li>La valeur de l'intensité (<b>loi de Coulomb</b>) est identique pour les deux forces <math>F_{e\_A/B}</math> et <math>F_{e\_B/A}</math> : (formule)</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> <math display="block">F_{e\_A/B} = F_{e\_B/A} =</math> </div> <p>Avec <math>k = 9.0 \times 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2}</math>, la constante de Coulomb.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Schémas :</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Si signes opposés</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Si mêmes signes</p> </div> </div> |

## B. Autres forces communes

### Document 4 : Caractéristiques de quelques forces communes

| Poids $\vec{P}$                                                                                                 | Résistance du support $\vec{R}$                                                                              | Tension d'un câble $\vec{T}$                                                                            | Frottements $\vec{f}$          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Force d'attraction d'une planète sur un objet à sa surface, <i>toujours</i> orientée verticalement vers le bas. | Force liée à un objet posé sur un support, <i>toujours</i> orientée perpendiculaire et opposée au support**. | Force liée à un objet attaché par un câble, toujours orientée le long du câble vers le point d'attache. | Force s'opposant au mouvement. |

**\*\*Note :** La norme de la force de résistance du sol est identique à celle de la composante du poids perpendiculaire au support.

On considère les 3 situations ci-dessous, où, dans chaque cas, le système présenté est soumis au moins à son poids ET immobile.

| Système : Boule | Système : Pomme | Système : Livre<br>(axes en pointillés pour vous aider) |
|-----------------|-----------------|---------------------------------------------------------|
|                 |                 | <p>(support incliné en bois)</p>                        |

**I.4.** D'après le principe d'inertie, que peut-on dire de la résultante des forces s'appliquant sur chaque systèmes présentés ?

**I.5.** Pour chaque système présentés :

- Faire le bilan des forces s'appliquant sur le système, en choisissant les forces parmi celles présentées dans le document 4.
- Dessiner les forces sur le schéma, en respectant autant que possible l'échelle imposée par le vecteur poids.

## Partie II : Relation forces – variation de vitesse

Une table à coussin d'air est un appareil permettant de faire glisser des palets, appelés mobiles autoportés, sans frottement. Il est, entre autre, bien connu des habitués des stands de jeu sous le nom de « table de air hockey ».

Un enregistrement réalisé sur une table à coussin d'air est donné dans l'annexe B. La première partie de l'enregistrement a été obtenue en faisant tourner un mobile, lié par un fil inextensible (pas élastique) autour d'un axe fixe. Dans la deuxième partie, le fil a été coupé.

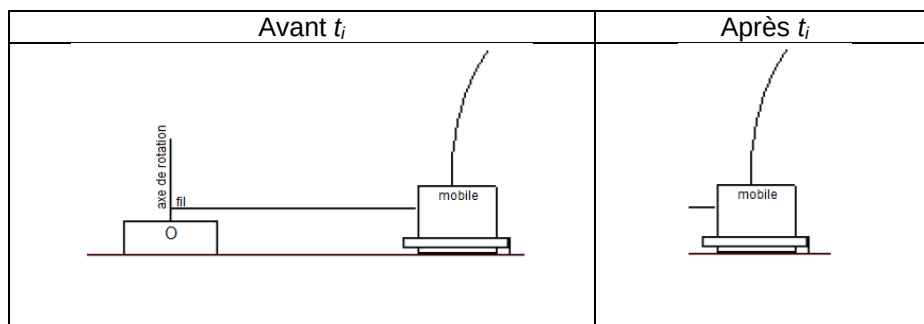
L'intervalle de temps entre 2 points consécutifs est  $\tau = 20$  ms.

**II.1.** A quelle date  $t_i$  a-t-on coupé le fil ? Justifier clairement en mentionnant la nature du mouvement avant et après cette date.

**II.2.** A l'aide des échelles données, calculer la valeur puis tracer en bleu sur l'annexe B les vecteurs vitesse suivants :  $\vec{v}_1$ ,  $\vec{v}_3$ ,  $\vec{v}_{18}$  et  $\vec{v}_{20}$ .

**II.3.** A partir des vecteurs vitesse, tracer (le cas échéant) en vert sur l'annexe B les vecteurs variation de vitesse suivants :  $\Delta\vec{v}_2$  et  $\Delta\vec{v}_{19}$ .

**II.4.** Les schémas ci-dessous représentent le mobile lors des 2 parties du mouvement. Dessiner, pour chaque partie, les forces extérieures s'appliquant sur le mobile. Reporter en rouge, le cas échéant, aux points  $M_2$  et  $M_{19}$  du schéma de l'annexe B, le vecteur  $\Sigma\vec{F}_{ext}$  correspondant à la résultante de toutes ces forces (sans soucis d'échelle).



**II.5.** Commenter sur la direction et le sens des vecteurs  $\Delta\vec{v}$  et  $\Sigma\vec{F}_{ext}$ . Quelle type de relation lie alors les deux vecteurs ?

*C'est le principe de la seconde loi de Newton approchée ! A noter, le coefficient correspondant pour cette relation dépend de la masse de l'objet et de la durée entre 2 enregistrements de position (comme vous le verrez dans le CQFR).*

### Ce qu'il faut retenir

- ❖ **Interaction électrostatique (Loi de Coulomb)** (Sujet)
- ❖ **Résistance du sol, Tension d'un câble, Force de frottement** (Sujet)
- ❖ **Expression approchée de la 2<sup>nd</sup>e loi de Newton**

Dans un référentiel galiléen, la relation *approchée* entre le vecteur variation de vitesse  $\Delta\vec{v}$  d'un système de masse  $m$  et la somme des forces appliquées à ce système  $\Sigma\vec{F}_{ext}$  pendant une durée  $\Delta t$  entre deux *instants voisins* est:

### Savoir faire

- ❖ Connaître les règles à suivre pour commencer un exercice de mécanique
- ❖ Faire un bilan de forces

Annexe : Enregistrement du mobile sur la table à coussin d'air

Durée entre 2 points consécutifs :  $\tau = 20 \text{ ms}$

