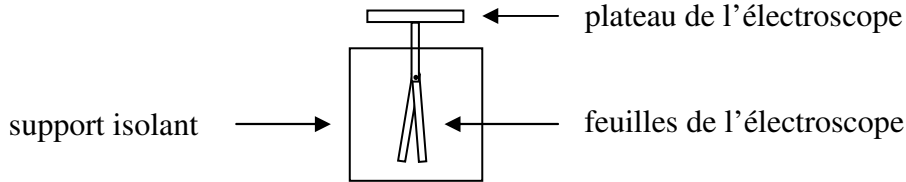
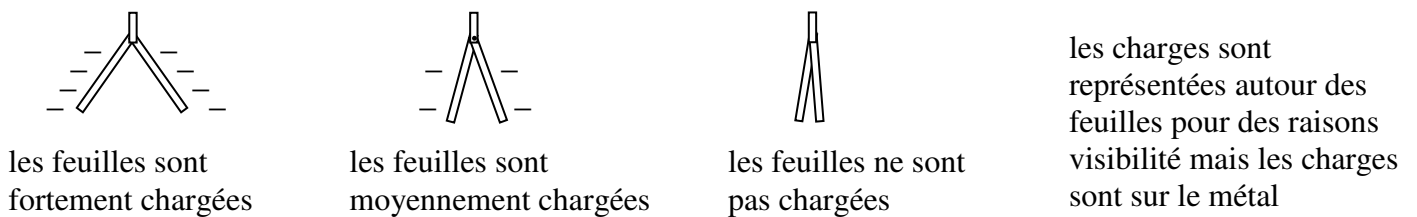


## Interpréter des expériences mettant en jeu l'interaction électrostatique

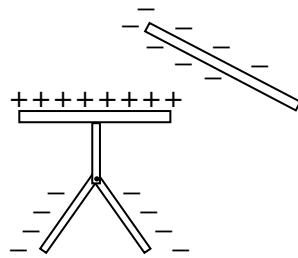
L'électroscope est constitué d'un métal bon conducteur de l'électricité. Un métal peut-être vu comme un édifice de cations immobiles baignant dans un fluide d'électrons. Les électrons du fluide peuvent se déplacer facilement dans tout le métal de l'électroscope. Un électron est porteur d'une charge négative. L'électroscope est isolé électriquement de son environnement par un support. Les électrons ne peuvent pas se déplacer dans le support.



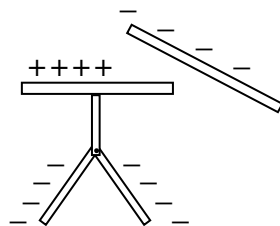
Si les feuilles de l'électroscope portent des charges électriques de même signe, les deux feuilles s'écartent l'une de l'autre.



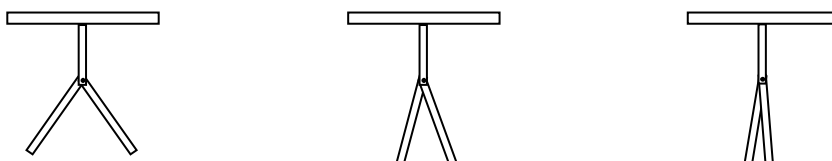
- 1 On approche une paille électrisée d'un côté du plateau de l'électroscope. La paille chargée négativement repousse les électrons vers les feuilles et le plateau devient positif.



On tapote plusieurs fois le plateau de l'électroscope avec la paille électrisée. Lors des contacts une partie des charges négatives de la paille se répartissent sur l'électroscope.



Choisir la bonne position des feuilles et dessiner la nouvelle répartition des charges sur l'électroscope si on enlève la paille :

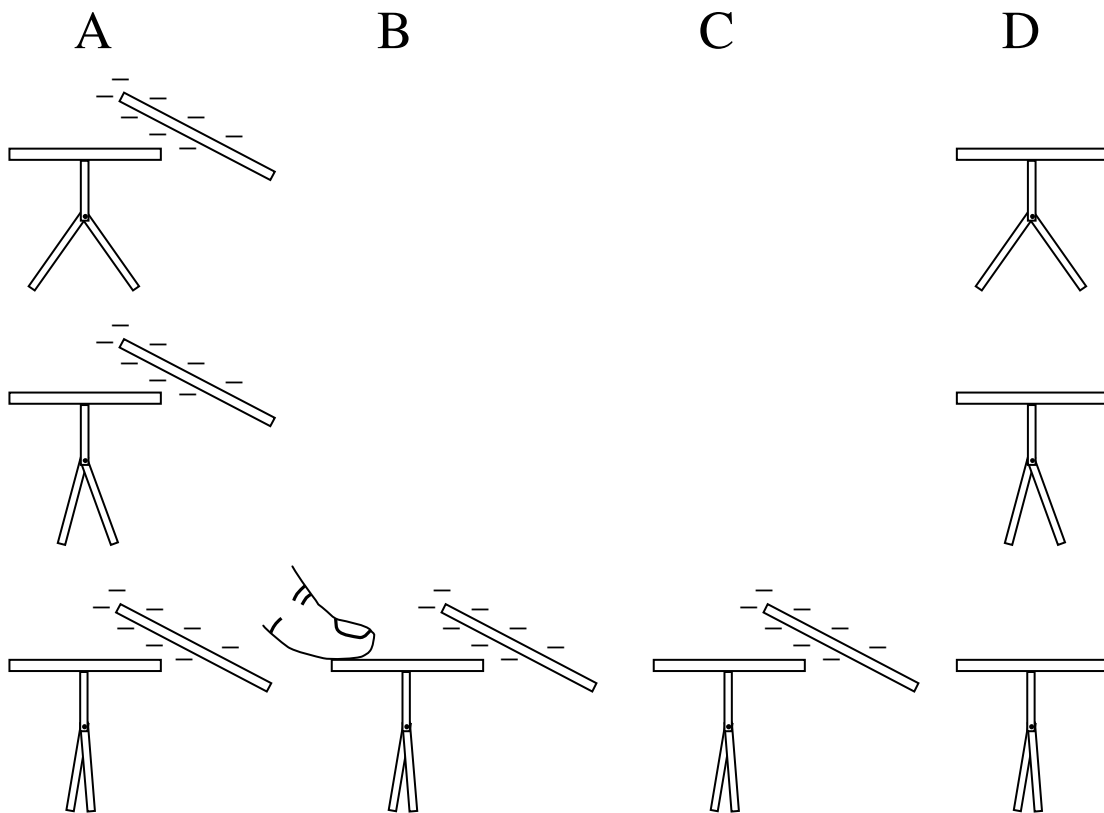


## 2 Document

L'électroscope est chargé négativement. On touche du doigt le plateau : les feuilles retombent. A l'instant du contact, l'électroscope et le corps de l'opérateur ne forment plus qu'un seul conducteur à la surface duquel les charges (initialement sur l'électroscope) se répartissent. La surface de l'électroscope étant très petite par rapport à celle du corps, il ne reste quasiment plus de charges sur l'électroscope. Cela est d'autant plus vrai que, à moins que l'opérateur ne soit isolé du sol, le conducteur en contact avec l'électroscope est en fait la terre, dont la surface est immense !

### Question

- A) On approche une paille électrisée d'un côté du plateau de l'électroscope sans le toucher
- B) Puis on touche du doigt l'autre côté (la paille est toujours présente) : les feuilles retombent
- C) Puis on retire le doigt : rien ne change.
- D) Puis on retire la paille.



Choisir la bonne position des feuilles (pour les étapes A) et D) et dessiner la répartition des charges sur l'électroscope dans chaque cas.

### Utiliser la loi de Coulomb

« Si vous vous teniez à un bras de distance de quelqu'un et que chacun d'entre vous ait un pour cent de plus d'électrons que de protons, la force d'interaction serait incroyable. De quelle grandeur ? Suffisante pour soulever l'Empire State Building ? Non ! Pour soulever le Mont Everest ? Non ! L'interaction serait suffisante pour soulever une masse égale à ... celle de la Terre entière ! »

D'après Richard Feynman (colauréat du prix Nobel de physique 1965). « Le cours de physique » 1980.

On se propose de vérifier l'affirmation du texte. Pour simplifier le problème, on suppose que :

- les deux personnages en interaction ont une masse  $m$  (H) égale à 80,0 kg

- un bras humain a une longueur  $L_b$  égale à 60,0 cm
- le corps humain est composé uniquement de molécules d'eau

### Données

masse de la Terre	$m(T) = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
constante de Coulomb	$k = 9,00 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$
constante d'Avogadro	$\mathcal{N} = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
charge électrique élémentaire	$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
pesanteur sur la Terre	$g = 9,80 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ (ou $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ )
masse molaire de l'eau	$M(\text{H}_2\text{O}) = 18,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

nom de la particule	charge	masse
électron	$-e$	$9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
proton	$+e$	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
neutron	0	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

$1 \text{ H}$ hydrogène							$2 \text{ He}$ hélium
$3 \text{ Li}$ lithium	$4 \text{ Be}$ béryllium	$5 \text{ B}$ bore	$6 \text{ C}$ carbone	$7 \text{ N}$ azote	$8 \text{ O}$ oxygène	$9 \text{ F}$ fluor	$10 \text{ Ne}$ néon

- 1 Si le corps humain est composé uniquement de molécules d'eau, le nombre  $N_o$  de molécules d'eau contenues dans le corps de chaque personnage est

$$N_o = \mathcal{N} * n(\text{H}_2\text{O}) = m_H / M(\text{H}_2\text{O}) = 6,023 \cdot 10^{23} * 80,0 \cdot 10^3 / 18,0 = 2,7 \cdot 10^{27}$$

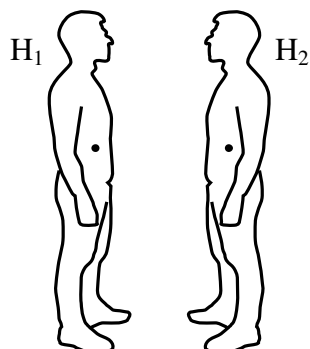
Une molécule d'eau possède 10 protons (1 atome d'oxygène possède 8 protons et 2 atomes d'hydrogène possèdent 2 protons). Le nombre de protons  $N_p$  contenus dans le corps de chaque personnage est

$$N_p = 10 * N_o = 10 * 2,7 \cdot 10^{27} = 2,7 \cdot 10^{28}$$

Calculer la charge électrique « q » portée par le corps d'un personnage qui aurait un pour cent de plus d'électrons que de protons.

On suppose que la valeur de la charge électrique « q » portée par le corps d'un personnage est égale à  $-4,50 \cdot 10^7 \text{ C}$  et on prendra cette valeur pour la suite de l'exercice.

- 2 La force d'interaction entre les deux personnages est-elle attractive ou répulsive ? Justifier.
- 3 Représenter ces forces sur le schéma ci-dessous (le point d'application des forces est représenté).



- 4 Calculer la valeur de la force «  $\vec{F}$  » exercée par un personnage sur l'autre.
- 5 La force d'attraction que la Terre exerce sur un corps est nommée son poids. Calculer la valeur du poids «  $\vec{P}$  » qu'aurait un objet d'une masse équivalente à celle de la Terre posée à la surface de la Terre.
- 6 L'ordre de grandeur d'une valeur est la puissance de 10 qui s'en approche le plus (exemple 255 892 a pour ordre de grandeur 100 000 c'est à dire  $1,00 \cdot 10^5$  avec deux chiffres significatifs).  
L'ordre de grandeur de la force d'interaction entre les personnages et l'ordre de grandeur de la force nécessaire pour soulever la Terre sont-ils égaux ? Justifier et conclure.

### **Analogies entre la loi de Coulomb et la loi d'interaction gravitationnelle**

« Considérons une interaction analogue à la gravitation qui varie comme l'inverse du carré de la distance, mais qui soit environ ***un milliard de milliard de milliard de milliard de fois plus intense***. Et avec une autre différence : il y a deux espèces de matière, que nous pouvons appeler positive et négative. Celles de la même espèce se repoussent et celle d'espèces différentes s'attirent. Une telle interaction existe : c'est ... »

D'après Richard Feynman (colauréat du prix Nobel de physique 1965).

#### Données

masse de la Terre	$m(T) = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
constante de Coulomb	$k = 9,00 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$
constante d'Avogadro	$N = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
charge électrique élémentaire	$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
pesanteur sur la Terre	$g = 9,80 \text{ N.kg}^{-1}$ (ou $\text{m.s}^{-2}$ )
constante de gravitation	$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$
masse d'un électron	$m(e^-) = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
masse du noyau d'hélium 4	$m({}_2^4\text{He}) = 6,644 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

nom de la particule	charge	masse
électron	- e	$9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
proton	+ e	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
neutron	0	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

- 1 Quelle est l'interaction évoquée par Feynman dans le texte ? (on l'appellera l'interaction « X » dans la suite de l'exercice).

Feynman évoque deux interactions dont l'une serait « un milliard de milliard de milliard de milliard de fois plus intense » que l'autre.

Si on note  $F_x$  la valeur de la force de l'interaction la plus intense et  $F_g$  la valeur de la force de l'interaction la plus faible, on aurait donc  $F_x / F_g =$  un milliard de milliard de milliard de milliard.

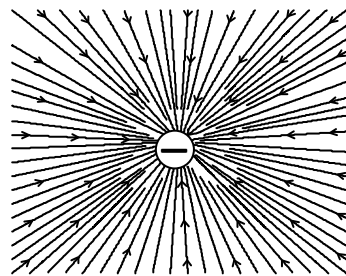
On souhaite vérifier cette affirmation et pour cela calculer le rapport  $F_x / F_g$  dans un cas concret. On prendra des objets qui ont une masse et qui sont électriquement chargés. Le noyau d'hélium  ${}_2^4\text{He}$  et l'électron de l'ion  $\text{He}^+$  qui lui est associé conviendront.

- 2 Donner l'expression littérale de  $F_G$  la valeur de la force d'interaction gravitationnelle s'exerçant entre deux particules de masse «  $m_1$  » et «  $m_2$  » et séparées d'une distance «  $d$  » (loi d'interaction gravitationnelle).

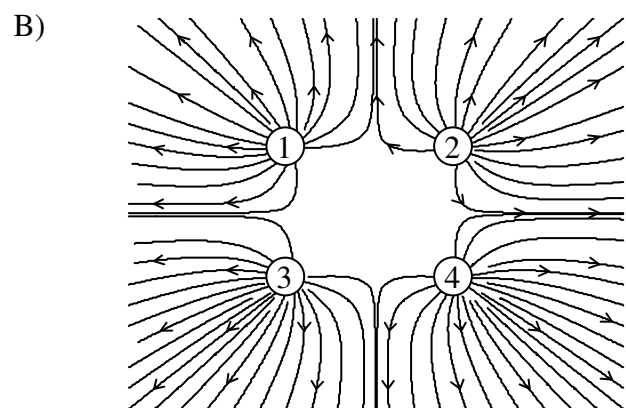
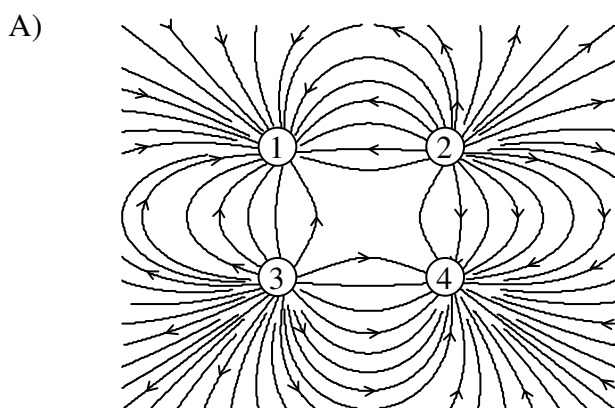
- 3 Donner l'expression littérale de  $F_x$  la valeur de la force de l'interaction « x » s'exerçant entre deux particules de charge «  $q_1$  » et «  $q_2$  » et séparées d'une distance « d » (loi de Coulomb).
- 4 Donner l'expression littérale du rapport  $F_x / F_G$ . Montrer que la valeur de la distance « d » n'est pas nécessaire pour calculer ce rapport.
- 5 La composition (nombres de proton, neutron et électron) de l'ion  $\text{He}^+$  est la suivante :  
 nb de protons :  $Z = 2$   
 nb de neutrons :  $N = A - Z = 4 - 2 = 2$   
 nb d'électrons :  $N_e = 1$  (l'atome He a perdu un électron pour former l'ion  $\text{He}^+$ )  
 Calculer « q ( $\text{He}^+$ ) » la charge du noyau de cet ion.
- 6 Calculer le rapport  $F_x / F_G$ .
- 7 L'ordre de grandeur d'une valeur est la puissance de 10 qui s'en approche le plus (exemple 85 892 a pour ordre de grandeur 100 000 c'est à dire  $1,00 \cdot 10^5$  avec deux chiffres significatifs).  
 Donner l'ordre de grandeur rapport  $F_x / F_G$  calculé à la question précédente et dire si l'affirmation en italique est vérifiée dans ce cas (un milliard =  $10^9$ ).

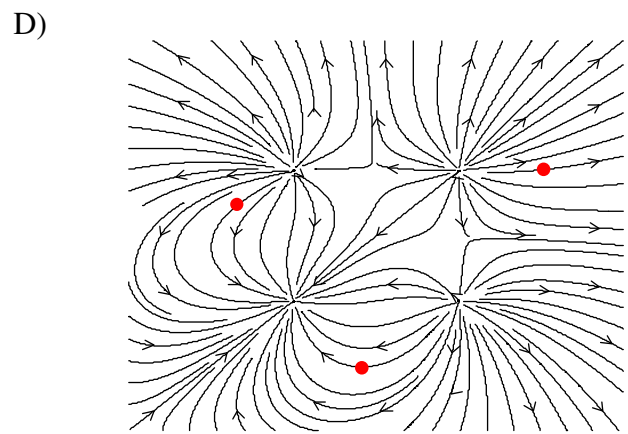
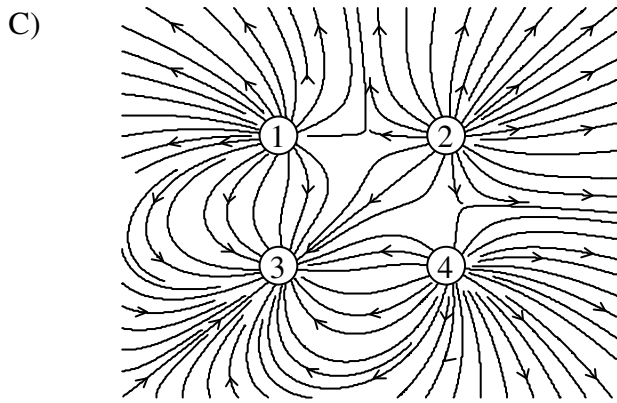
### Lignes de champ électrostatique ou de champ de gravitation

Une charge électrique engendre autour d'elle un champ électrostatique :



- 1 Quatre charges électriques immobiles sont placées aux quatre sommets d'un carré. Déterminer, pour les figures A, B et C, le signe des charges 1, 2, 3 et 4.
- 2 Dessiner, sans souci d'échelle, les trois vecteurs champ électrique ayant pour origine les trois points mis en évidence sur le schéma D).





### Lien entre grandeurs macroscopiques et comportement microscopique

Donnée pression atmosphérique  $P$  (atm) = 101 300 Pa

- 1 Une bouteille vide en plastique est reliée à une pompe qui évacue l'air contenu dans la bouteille. La bouteille s'effondre sur elle-même. Donner une interprétation microscopique de ce phénomène en utilisant les mots : « particule(s) », « choc(s) », « paroi interne », « paroi externe », « force(s) ». L'emploi du mot « pression » est interdit.
- 2 La bouteille commence à s'effondrer quand la pression à l'intérieur vaut 10 % de moins que la pression atmosphérique. Quelle est alors la pression  $P$  dans la bouteille ?
- 3 Quelle est alors la valeur de la force pressante s'exerçant sur chaque  $\text{cm}^2$  de la surface de la bouteille ? Exprimer le résultat avec 4 chiffres significatifs.
- 4 A la Réunion, on a gonflé un ballon de baudruche au « Pas de Bellecombe » à 2 300 m d'altitude. Là haut, la masse volumique de l'air est de  $0,977 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Le ballon a été placé dans le coffre de la voiture pour une descente vers la plage. A l'ouverture du coffre de la voiture, le ballon paraissait dégonflé. Au niveau de la mer, la masse volumique de l'air est de  $1,225 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Donner une interprétation microscopique de ce phénomène. L'emploi du mot « pression » est interdit.

### Utiliser la loi de Mariotte

Un plongeur doit remonter les vestiges archéologiques qu'il a récoltés. A la profondeur à laquelle il se trouve, la pression est de 401 300 Pa. Pour cela il accroche à son sac un grand ballon vide dans lequel il injecte d'1,50 L d'air. Le ballon paraît alors presque dégonflé.

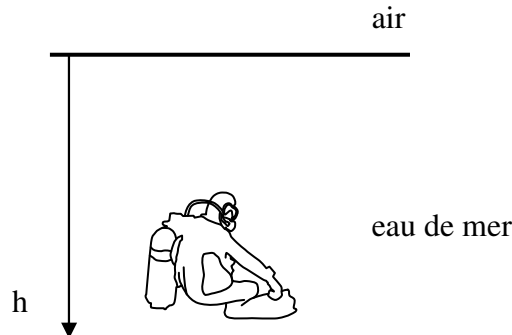
- 1 Quel sera le volume du ballon quand il arrivera à la surface où la pression est celle de l'atmosphère (101 300 Pa) ?
- 2 Si le plongeur avait injecté 6,00 L d'air, le ballon aurait paru bien gonflé car c'est le volume maximum du ballon (qui n'est pas élastique).  
Quel sera la pression dans le ballon contenant 6,00 L d'air quand il arrivera à la surface où la pression est celle de l'atmosphère (101 300 Pa) ?
- 3 Expliquer pourquoi il est dangereux pour un plongeur de remonter vers la surface en bloquant sa respiration.

### Loi fondamentale de la statique des fluides

Données masse volumique de l'eau de mer :  $\rho$  (eau de mer) =  $1\,025 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

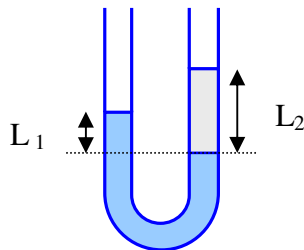
pesanteur sur Terre :  $g = 9,80 \text{ N.kg}^{-1}$  (ou  $\text{m.s}^{-2}$ )  
 pression atmosphérique :  $P_{\text{atm}} = 101\,300 \text{ Pa}$

- 1 Un plongeur immobile est immergé dans l'eau de mer. A la profondeur  $h$  (plongeur) à laquelle il se trouve, la pression est de  $401\,300 \text{ Pa}$ . Calculer la profondeur  $h$  (plongeur).



- 2 Le plongeur doit respecter un palier de décompression de 6 minutes à  $3,00 \text{ m}$  de profondeur en fin de plongée. Quelle est la pression à cette profondeur ?

On trouve un flacon contenant un liquide inconnu. On soupçonne qu'il peut s'agir d'un solvant utilisé couramment au laboratoire : éther éthylique, cyclohexane ou toluène. Quelques gouttes du liquide inconnu versé dans un tube à essai contenant de l'eau montre que le liquide inconnu et l'eau ne sont pas miscibles et que le liquide inconnu constitue la phase supérieure. On se propose de mesurer la masse volumique du liquide qui est une donnée physique qui permettra de l'identifier, on procède de la manière suivante à l'aide d'un tube en U :



Données masses volumiques :  
 $\rho$  (cyclohexane) =  $779 \text{ kg.m}^{-3}$        $\rho$  (éther éthylique) =  $0,714 \text{ kg.m}^{-3}$   
 $\rho$  (toluène) =  $867 \text{ kg.m}^{-3}$        $\rho$  (eau) =  $1\,000 \text{ kg.m}^{-3}$

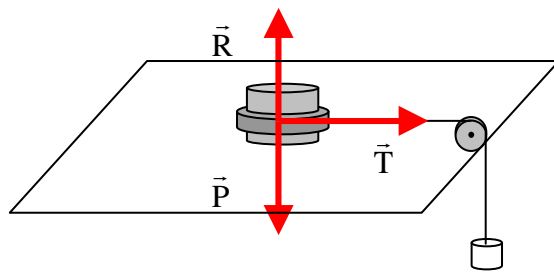
On mesure  $L_2 = 10,00 \text{ cm}$  et  $L_1 = 7,80 \text{ cm}$ .

- 3 Appliquer la loi fondamentale de la statique des fluides à l'eau et au liquide inconnu et montrer que :  
 $\rho$  (liq. inc.) \*  $L_2 = \rho$  (eau) \*  $L_1$
- 4 Identifier le liquide inconnu du flacon.

### Relation approchée de la 2ème loi de Newton

Un mobile auto porteur, de masse égale à  $631,7 \text{ g}$ , glisse sur une table horizontale. Le mobile actionne sa soufflerie et les frottements sont négligeables. Le mouvement est étudié dans le référentiel terrestre.

Un fil, de masse négligeable, attaché au mobile rejoint horizontalement la gorge d'une poulie. Ce fil est attaché à sa deuxième extrémité à un objet dont le poids est 0,20 N (et qui est aussi égal à la tension du fil).



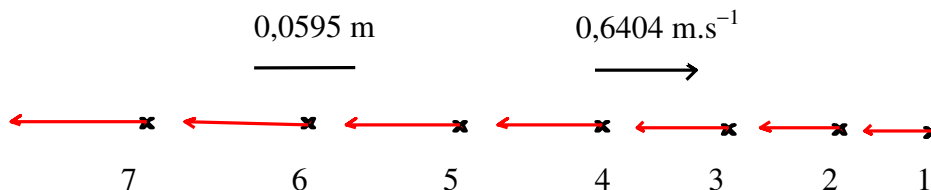
La réaction de la table  $\vec{R}$  et le poids du mobile  $\vec{P}$  se compensent.

- 1 Calculer la valeur du vecteur variation de vitesse du mobile entre deux instants séparés de 120 ms.
- 2 On a obtenu expérimentalement les valeurs suivantes de la vitesse :

vitesse ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )	0,307	0,343	0,380	0,417	0,454	0,490	0,527	0,564	0,601	0,637
temps (s)	0,84	0,96	1,08	1,20	1,32	1,44	1,56	1,68	1,8	1,92

Calculer  $\Delta v$  et conclure sur la cohérence du calcul avec les valeurs expérimentales.

- 3 On a utilisé exactement le même montage que précédemment mais on a remplacé l'objet attaché à la deuxième extrémité du fil par un autre objet plus lourd. On a obtenu les résultats expérimentaux suivants :



En utilisant la relation approchée de la 2ème loi de Newton, calculer le nouveau poids de l'objet attaché à la deuxième extrémité du fil (qui est aussi égal à la tension du fil).

- 4 On a représenté la position de la planète Mars tous les 50 jours. Les vecteurs vitesse de la planète Mars ont été dessinés aux mêmes instants.
  - 4.1 Dessiner les vecteurs  $\Delta \vec{v}_{6,5} = \vec{v}_6 - \vec{v}_5$  et  $\vec{v}_{13,12}$ .
  - 4.2 Déterminer la valeur (la norme) de ces deux vecteurs :  $\Delta v_{6,5}$  et  $\Delta v_{13,12}$  compte-tenu de l'échelle. Le mouvement de Mars est-il uniforme ?



