

MOHAMED AYADIM  
LAURENCE LADRIÈRE  
AOUATIF LAGHMICH

> **PHYSIQUE**  
> **CHIMIE**  
> **MATHÉMATIQUES**  
> **BIOLOGIE**

# Réussir le concours d'entrée en médecine

7<sup>e</sup> Édition

- 38 fiches de synthèse
- 33 cartes conceptuelles
- + de 600 QCM corrigés et commentés
- 224 Testez-vous pour le jour J

+ EN LIGNE

OFFERT

Corrigés des QCM  
Glossaire de biologie

deboeck  
SUPÉRIEUR B







**MOHAMED AYADIM  
LAURENCE LADRIÈRE  
AOUATIF LAGHMICH**

**> PHYSIQUE  
> CHIMIE  
> MATHÉMATIQUES  
> BIOLOGIE**

# Réussir le concours d'entrée en **médecine**

**7<sup>e</sup> Édition**

- **38 fiches de synthèse**
- **33 cartes conceptuelles**
- **+ de 600 QCM corrigés  
et commentés**
- **224 Testez-vous pour le jour J**



© De Boeck Supérieur s.a., 2025  
Rue du Bosquet, 7, B-1348 Louvain-la-Neuve

7<sup>e</sup> édition

Tous droits réservés pour tous pays.

Il est interdit, sauf accord préalable et écrit de l'éditeur, de reproduire (notamment par photocopie) partiellement ou totalement le présent ouvrage, de le stocker dans une banque de données ou de le communiquer au public, sous quelque forme et de quelque manière que ce soit.

Dépôt légal:  
Bibliothèque nationale, Paris: février 2025  
Bibliothèque royale de Belgique, Bruxelles: 2025/13647/031

ISBN: 978-2-8073-5951-2

# Table des matières

## PHYSIQUE

|                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>FICHE 1</b> : Cinématique à une et deux dimensions .....      | 3   |
| <b>FICHE 2</b> : Dynamique.....                                  | 19  |
| <b>FICHE 3</b> : Statique.....                                   | 31  |
| <b>FICHE 4</b> : Loi de la gravitation universelle .....         | 41  |
| <b>FICHE 5</b> : Travail, énergie et puissance.....              | 49  |
| <b>FICHE 6</b> : Ondes.....                                      | 61  |
| <b>FICHE 7</b> : Lois de la réflexion et de la réfraction .....  | 73  |
| <b>FICHE 8</b> : Lentilles et instruments d'optique simples..... | 85  |
| <b>FICHE 9</b> : Électrostatique .....                           | 99  |
| <b>FICHE 10</b> : Électrocinétique.....                          | 115 |
| <b>FICHE 11</b> : Électromagnétisme.....                         | 135 |
| Testez-vous pour le jour J.....                                  | 159 |

## CHIMIE

|                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>FICHE 1</b> : Les chiffres significatifs.....                               | 187 |
| <b>FICHE 2</b> : Notions de nomenclature chimique (composés inorganiques)..... | 191 |
| <b>FICHE 3</b> : Noyau atomique, atome.....                                    | 197 |
| <b>FICHE 4</b> : Masse molaire, mole, concentration massique, molarité, .....  | 203 |
| <b>FICHE 5</b> : Bilans de matière .....                                       | 211 |
| <b>FICHE 6</b> : Liaisons et structures de Lewis .....                         | 217 |
| <b>FICHE 7</b> : Loi des gaz .....                                             | 227 |
| <b>FICHE 8</b> : Thermodynamique et équilibre chimique .....                   | 233 |
| <b>FICHE 9</b> : Solubilité et produit de solubilité .....                     | 243 |
| <b>FICHE 10</b> : Acide, base et réaction acide-base .....                     | 249 |
| <b>FICHE 11</b> : Réaction de transfert d'électrons et les piles.....          | 261 |
| <b>FICHE 12</b> : Chimie organique : les groupements fonctionnels.....         | 273 |
| Testez-vous pour le jour J.....                                                | 281 |

## MATHÉMATIQUES

|                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>FICHE 1</b> : Rappel d'outils et concepts de base en algèbre ..... | 307 |
| <b>FICHE 2</b> : Calcul vectoriel.....                                | 323 |
| <b>FICHE 3</b> : Trigonométrie.....                                   | 331 |
| <b>FICHE 4</b> : Les fonctions .....                                  | 349 |
| <b>FICHE 5</b> : Dérivation.....                                      | 375 |
| <b>FICHE 6</b> : Les limites.....                                     | 391 |
| <b>FICHE 7</b> : Intégrale d'une fonction continue.....               | 405 |
| <b>FICHE 8</b> : Statistiques descriptives .....                      | 421 |
| Testez-vous pour le jour J.....                                       | 431 |

## BIOLOGIE

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| Avant-propos .....                                                 | 453 |
| <b>FICHE 1</b> : La cellule : unité de base du vivant.....         | 455 |
| <b>FICHE 2</b> : La génétique – l'hérédité .....                   | 479 |
| <b>FICHE 3</b> : La diversité – l'évolution – l'adaptabilité ..... | 505 |
| <b>FICHE 4</b> : L'écologie.....                                   | 519 |
| Testez-vous pour le jour J.....                                    | 531 |
| Glossaire en ligne                                                 |     |



Glossaire disponible sur

[www.lienmini.fr/59512-glossaire](http://www.lienmini.fr/59512-glossaire)



# Solutions des exercices et glossaire en ligne

Afin de rendre l'apprentissage plus dynamique et interactif, une partie des solutions des QCM est disponible en ligne. Pour y accéder, il suffit de scanner les QR codes répartis dans le livre avec un smartphone ou une tablette.

## Sommaire des solutions en ligne :

### Physique

- Fiche 1. Les solutions des exercices 1 à 7 p. 17
- Fiche 3. Les solutions des exercices 3 à 7 p. 40
- Fiche 4. Les solutions des exercices 5 à 7 p. 47
- Fiche 5. Les solutions des exercices 7 à 13 p. 59
- Fiche 6. Les solutions des exercices 4 à 12 p. 72
- Fiche 8. Les solutions des exercices 9 à 11 p. 98
- Fiche 9. Les solutions des exercices 7 à 15 p. 114
- Fiche 10. Les solutions des exercices 28 à 33 p. 134
- Fiche 11. Les solutions des exercices 9 à 20 p. 158
- Testez-vous pour le jour J. Les solutions des exercices 41 à 43 p. 179

### Chimie

- Fiche 2 Les solutions des exercices 8 à 12 p. 196
- Fiche 3 Les solutions des exercices 13 à 18 p. 202
- Fiche 4 Les solutions des exercices 15 à 20 p. 210
- Fiche 5. La solution de l'exercice 8 p. 215
- Fiche 6 Les solutions des exercices 9 et 10 p. 226
- Fiche 7 Les solutions des exercices 10 à 12 p. 232
- Fiche 8. Les solutions des exercices 7 à 29 p. 242
- Fiche 10. Les solutions des exercices 18 à 40 p. 260
- Fiche 11. Les solutions des exercices 14 à 27 p. 272
- Testez-vous pour le jour J. La solution de l'exercice 54 p. 300

### Mathématiques

- Fiche 2 Les solutions des exercices 3 à 9 p. 330
- Fiche 3. Les solutions des exercices 18 à 24 p. 348
- Fiche 6 Les solutions des exercices 9 à 11 p. 404
- Fiche 7. Les solutions des exercices 25 et 26 p. 420
- Testez-vous pour le jour J. Les solutions des exercices 44 à 47 p. 447

### Biologie

- Fiche 1. Les solutions des exercices 1 à 18 p. 477
- Fiche 2. Les solutions des exercices 1 à 14 p. 502

### Glossaire



## Repérez les ressources numériques dans l'ouvrage :



Solutions des exercices 1 à 7  
disponibles sur  
[www.lienmini.fr/31907-phys1](http://www.lienmini.fr/31907-phys1)



**Flashez le code avec votre téléphone  
ou votre tablette**



OU

**Tapez l'URL dans votre navigateur**



# Physique

|                                                        |     |
|--------------------------------------------------------|-----|
| ● FICHE 1 : Cinématique à une et deux dimensions       | 3   |
| ● FICHE 2 : Dynamique                                  | 19  |
| ● FICHE 3 : Statique                                   | 31  |
| ● FICHE 4 : Loi de la gravitation universelle          | 41  |
| ● FICHE 5 : Travail, énergie et puissance              | 49  |
| ● FICHE 6 : Ondes                                      | 61  |
| ● FICHE 7 : Lois de la réflexion et de la réfraction   | 73  |
| ● FICHE 8 : Lentilles et instruments d'optique simples | 85  |
| ● FICHE 9 : Électrostatique                            | 99  |
| ● FICHE 10 : Électrocinétique                          | 115 |
| ● FICHE 11 : Électromagnétisme                         | 135 |
| ● Testez-vous pour le jour J                           | 159 |



# Cinématique à une et deux dimensions

## DÉFINITIONS

### ■ La mécanique

La mécanique est la science qui étudie les mouvements des corps matériels. Elle comporte trois parties :

1. La **cinématique**, qui consiste à décrire les mouvements des objets en fonction du temps sans faire appel aux causes et aux effets de ces mouvements.
2. La **dynamique**, elle étudie les forces qui causent les mouvements et relie donc les forces au mouvement.
3. La **statique**, qui étudie les forces qui s'exercent sur un objet en équilibre ou au repos (par exemple : étude des leviers).

### ■ Cinématique

La position d'un objet est déterminée dans un référentiel. Ce dernier est constitué d'un repère d'espace et d'un repère de temps.

L'ensemble des positions successives qu'occupe un objet en fonction du temps est appelé trajectoire de l'objet.

## 1 Vitesse

Dans cet ouvrage, sauf indication contraire, les vitesses des objets en mouvement sont toujours déterminées par rapport à la surface de la Terre (par rapport à un point fixe sur Terre).

### 1.1 Vitesse moyenne en une dimension

Sur une période donnée  $\Delta t = t_2 - t_1$ , si un mobile parcourt une distance  $\Delta x = x_2 - x_1$ , sa vitesse moyenne est égale à  $v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{(x_2 - x_1)}{(t_2 - t_1)}$  (en m/s). Deux points (positions) et deux temps sont donc nécessaires pour déterminer une vitesse moyenne.

En choisissant le sens du mouvement (axe de position), la vitesse sera positive si le déplacement est dans le même sens, et négative si le mobile se déplace dans le sens inverse.



### REMARQUE

Pour un déplacement à des vitesses différentes, la vitesse moyenne se calcule en divisant la distance totale parcourue par la durée totale du trajet.

## 1.2 Vitesse instantanée en une dimension

La vitesse instantanée, c.-à-d. la vitesse d'un mobile à chaque instant, est calculée en dérivant la coordonnée spatiale  $x$  (m) par rapport au temps  $t$  (s) :

$$v(t) = \frac{dx}{dt} \text{ (m/s)} \Leftrightarrow dx = v(t)dt$$

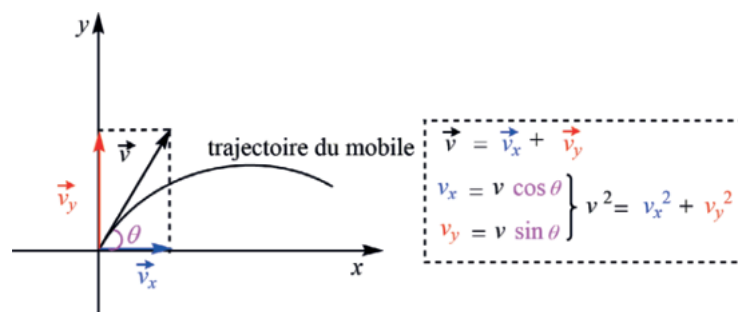
À partir de cette formule, on peut déterminer l'équation de la position. Pour cela, il suffit de calculer l'intégrale de l'équation :

$$\int_{t_0}^t dx = \int_{t_0}^t v(t)dt \Rightarrow x(t) = x(t_0) + \int_{t_0}^t v(t)dt \quad (1)$$

Si  $x(t_0) = 0$  m et  $t_0 = 0$  s,  $x(t) = \int_0^t v(t)dt$

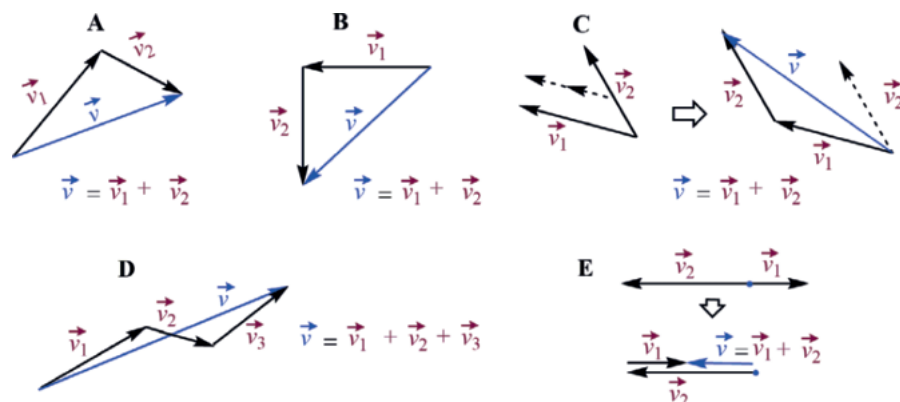
## 1.3 Grandeurs vectorielles (deux dimensions)

La vitesse est un vecteur qui peut être la résultante de plusieurs vecteurs. Dans un repère cartésien, on décrit souvent la décomposition du vecteur vitesse  $\vec{v}$  selon l'axe des  $x$  et des  $y$  pour déterminer  $\vec{v}_x$  et  $\vec{v}_y$ . Les deux vecteurs remplaçant le vecteur résultant sont perpendiculaires. La méthode de décomposition utilisée est appelée projection orthogonale.



**Rappel** sur l'addition des vecteurs vitesses : application de la *loi de Chasles* ( $\vec{AB} + \vec{BC} = \vec{AC}$ )

Cette loi n'est appliquée que si les deux vecteurs ont un point en commun qui correspond à l'extrémité de l'un et à l'origine de l'autre. Dans le cas **C**, on a dû réaliser une translation sur le vecteur  $\vec{v}_2$  pour remplir les conditions de la *loi de Chasles* :



Le cas **A** peut être considéré comme un exemple concret représentant la vitesse d'un avion par rapport au sol :

- $\vec{v}_1$  est la vitesse de l'avion par rapport à l'air,
- $\vec{v}_2$  est la vitesse d'air par rapport au sol et

- $\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$  est la résultante de ces deux vecteurs qui donne la vitesse de cet avion par rapport au sol.

## 1.4 Vitesse et Vecteur vitesse

Le vecteur vitesse (grandeur vectorielle) décrit à la fois la direction, le sens et la norme (intensité). Par exemple, lorsqu'une voiture se déplace en mouvement rectiligne sur un axe AB à 90 km/h,



- la direction est (AB),
- le sens est de A vers B et
- la norme de la vitesse est égale à 90 km/h, soit 25 m/s.

Dans cet ouvrage, la vitesse constante signifie que sa norme (grandeur scalaire) est constante. Attention, le vecteur vitesse constant exige à la fois que la norme, le sens et la direction soient constants. C'est le cas d'un mouvement rectiligne uniforme (MRU), par exemple.

Le vecteur vitesse d'une voiture se déplaçant en MRU à 90 km/h de **A** à **B** n'est pas le même que celui d'une autre voiture qui se déplace en MRU de **B** à **A**, à la même vitesse (90 km/h).

## 2 Accélération

### 2.1 Accélération moyenne en une dimension

Pour calculer l'accélération moyenne  $a$ , il suffit de disposer de deux vitesses à deux instants quelconques. On retient  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ . Par exemple :  $a = \frac{(v_1 - v_0)}{(t_1 - t_0)}$

Sur une ligne droite (même direction), en choisissant un sens du mouvement,

- si  $a > 0$ , alors le mouvement accéléré a lieu dans le sens de déplacement.
- si  $a < 0$ , alors le mouvement accéléré a lieu dans le sens inverse de déplacement.

### 2.2 Accélération instantanée en une dimension

Sauf indication contraire, l'accélération des objets en mouvement est toujours calculée par rapport à la surface de la Terre (par rapport à un point fixe sur Terre).

L'accélération est la variation de la vitesse en fonction du temps.

L'accélération instantanée est calculée en dérivant la vitesse  $v(t)$  par rapport au temps  $t$  :

$$a(t) = \frac{dv}{dt} \text{ (m/s}^2\text{)} \Leftrightarrow dv = a(t)dt$$

La vitesse peut être retrouvée en calculant simplement l'intégrale :

$$\int_{t_0}^t dv = \int_{t_0}^t a(t)dt \Rightarrow v(t) = v(t_0) + \int_{t_0}^t a(t)dt \quad (\text{II})$$



### REMARQUE

Comme la vitesse est une grandeur vectorielle, nous définissons le vecteur accélération d'un objet comme étant la variation du vecteur vitesse par unité de temps :

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

Attention ! Une variation du vecteur vitesse peut avoir lieu même si la vitesse (norme) reste constante. C'est le cas des déplacements en trajectoire courbe, par exemple. Un objet en mouvement circulaire uniforme subit une accélération même si sa vitesse (norme) reste constante. Cela est dû au fait que la direction du vecteur vitesse change à chaque instant.

Comme évoqué antérieurement, un mouvement est toujours décrit par rapport à un corps fixe (surface de la Terre = référentiel). Retenez d'ailleurs que lorsque nous parlons d'accélération (ou de vitesse) nous faisons toujours référence à la grandeur scalaire, sa norme.

## 3 Les types de mouvement

### 3.1 Mouvement rectiligne uniforme (MRU)

Le MRU est un mouvement où la vitesse au cours du temps reste constante.

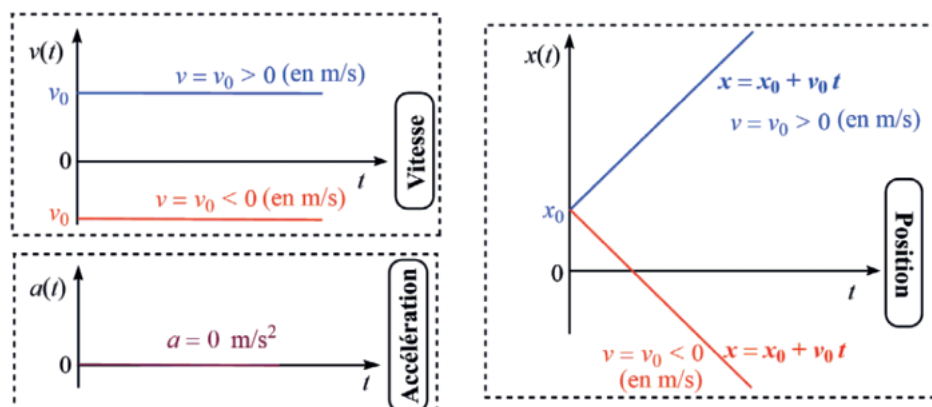
$$- v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \text{cte} = v_0 \text{ (m/s)}$$

- La résolution de l'équation (I) donne l'équation de la position :

$$x(t) = x_0 + v_0(t - t_0) \text{ avec } x(t_0) = x_0$$

- L'accélération est nulle car  $a(t) = \frac{dv}{dt} = 0 \text{ (m/s}^2\text{)}$  : la variation de la vitesse au cours du temps est nulle.

Présentation dans un référentiel :



### 3.2 Mouvement rectiligne uniformément accéléré/décéléré (MRUA/MRUD)

Le MRUA est un mouvement où l'accélération au cours du temps reste constante.

$$- a = \text{Cte (en m/s}^2\text{)}$$



- La résolution de l'équation (II) donne l'équation de la vitesse :

$$v(t) = v_0 + a(t - t_0) \text{ (III) avec } v(t_0) = v_0$$

- Si on calcule l'intégrale de la vitesse (équation III), on retrouve l'équation de la position :

$$x(t) = x_0 + \frac{1}{2}at^2 + v_0t$$

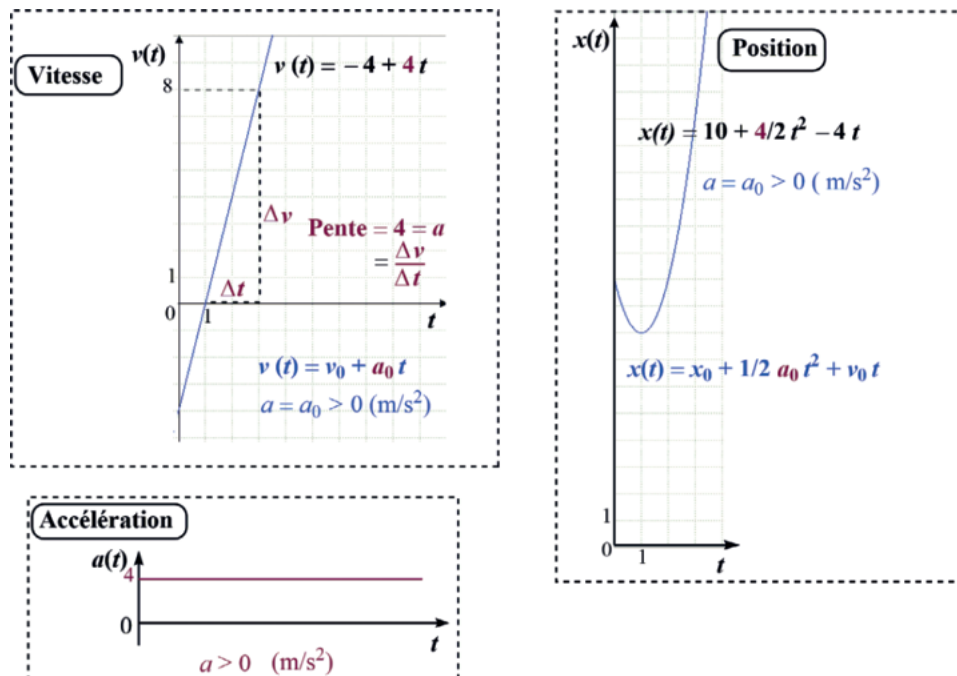
(si on suppose que  $x(t_0) = x_0$  m et  $t_0 = 0$  s)



### REMARQUE

Toutes ces équations restent valables si  $a$  est une constante négative. Dans ce cas, le mouvement est appelé Mouvement Rectiligne Uniformément Décéléré (MRUD). Par exemple, lors d'un freinage d'un véhicule.

Sur un référentiel, ceci se présente, par exemple, comme suit :



Dans le cas d'un MRUD, l'équation de la vitesse est une droite de pente négative et l'équation parabolique de la position  $x(t)$  admet une concavité orientée vers les  $y$  négatifs.

### 3.3 Corps en chute libre

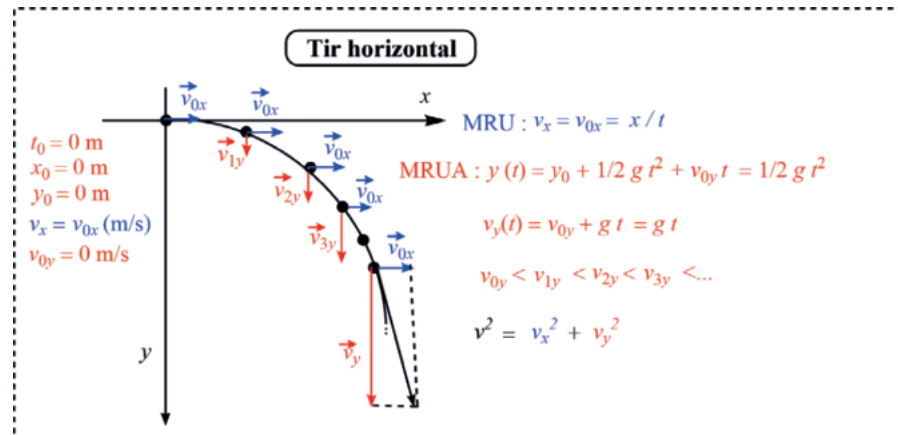
La chute libre étudie le mouvement du corps soumis à la gravité dans le vide (sans frottement). Elle est régie par les lois suivantes :

- $a = g = \text{Cte (m/s}^2\text{)}$  ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ , variable selon la latitude)
- $v(t) = v_0 + g(t - t_0)$
- $h(t) = h_0 + \frac{1}{2}gt^2 + v_0t$
- $h(t) = \frac{1}{2}gt^2$  (si on suppose que  $h(t_0) = 0$  m et  $t_0 = 0$  s)

### 3.3.1 Mouvements horizontaux

Tout corps lancé horizontalement avec une vitesse  $\vec{v}_x$  tombe en suivant un mouvement :

- MRU selon l'axe des  $x$  (horizontalement)
- MRUA selon l'axe des  $y$  (verticalement) = corps en chute libre

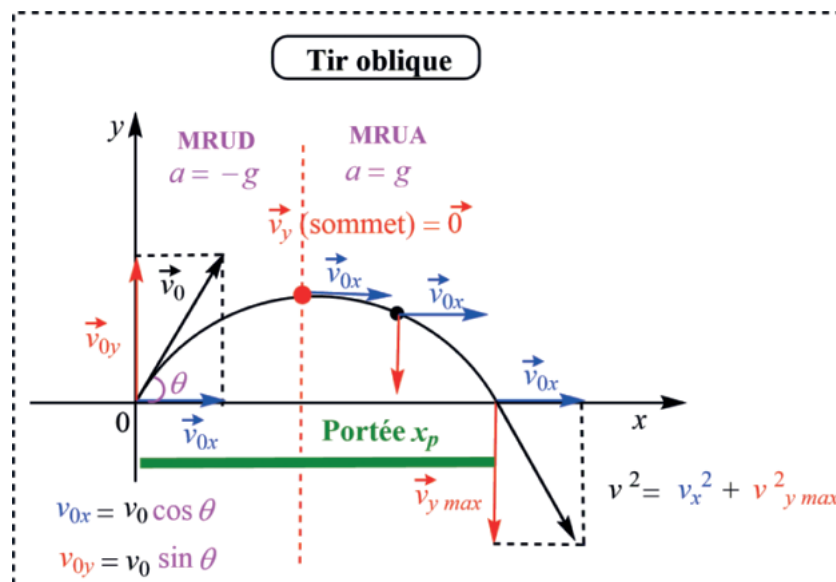


### 3.3.2 Mouvements obliques

Tout corps lancé obliquement avec une vitesse  $\vec{v}_0$  suit un mouvement composé de :

- MRU selon l'axe des  $x$  (horizontalement)
- MRUD et MRUA selon l'axe des  $y$  (verticalement)

Le schéma suivant illustre la trajectoire du mobile et les équations importantes à retenir :



Si on suppose que  $t_0 = 0$  s,  $y_0 = 0$  m et que le mouvement est symétrique, le temps nécessaire pour atteindre le sommet de la parabole est calculé à partir de l'équation de l'accélération :

$$-g = \frac{v_{y \text{ sommet}} - v_{0y}}{t_{\text{sommet}} - 0} \Leftrightarrow t_{\text{sommet}} = \frac{-v_{0y}}{-g} = \frac{v_{0y}}{g}$$

On en déduit la hauteur maximale,  $y_{\text{sommet}}$  ( $t_s = t_{\text{sommet}}$  et  $y_0 = 0$  m)

$$\begin{aligned}
 y_{\text{sommet}} &= y_0 + \frac{1}{2}(-g)t_s^2 + v_{0y}t_s \Leftrightarrow y_{\text{sommet}} = \frac{1}{2}(-g)t_s^2 + v_{0y}t_s \\
 &= \frac{1}{2}(-g)\left(\frac{v_{0y}}{g}\right)^2 + v_{0y} \times \left(\frac{v_{0y}}{g}\right) \\
 &= +\frac{1}{2} \times \frac{v_{0y}^2}{g} = +\frac{1}{2} \times \frac{v_0^2}{g} \sin^2 \theta
 \end{aligned}$$

La portée est la projection horizontale par rapport à son point de lancement. Elle est exprimée dans le schéma ci-dessus par  $x_p$  ( $p$  = portée).

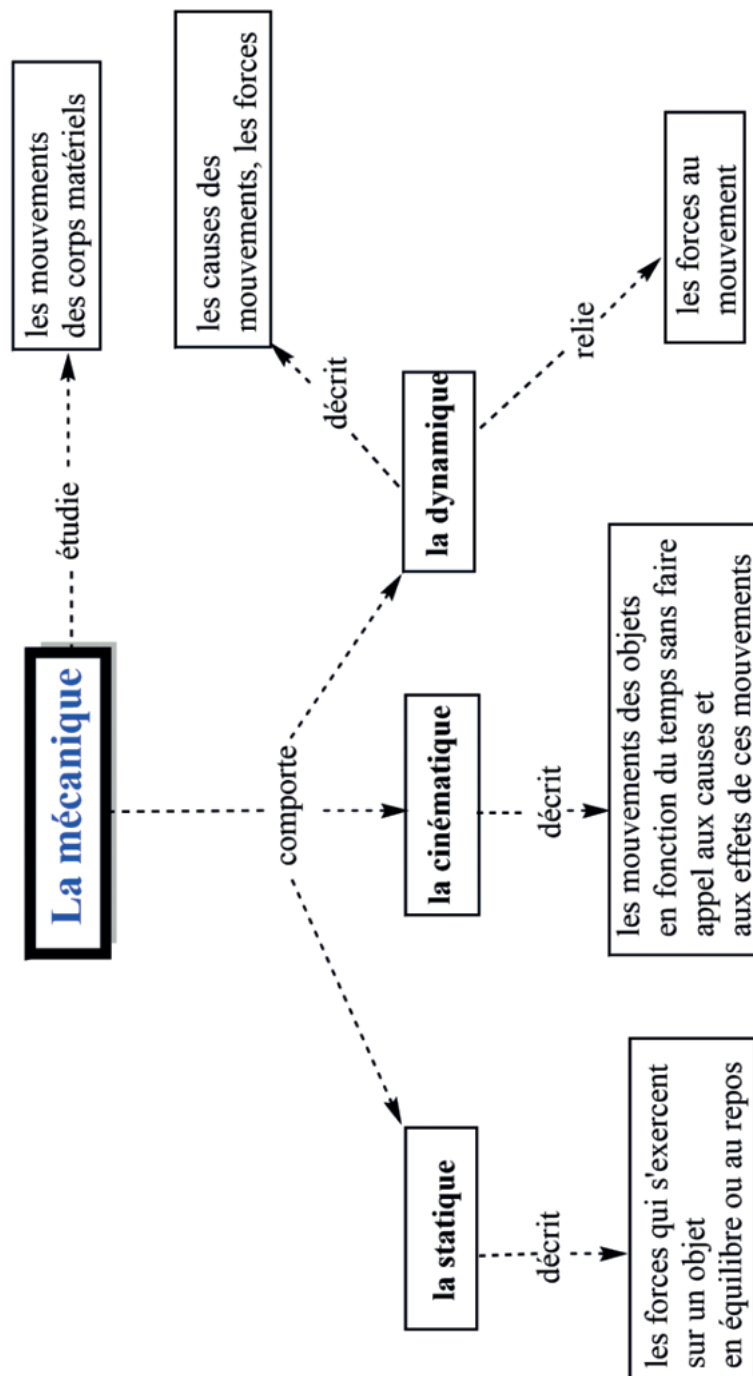
La durée du mouvement est égale à  $2 \times t_s = 2 \times \left(\frac{v_{0y}}{g}\right)$  et donc  $x_p = v_{0x} \times 2t_s$  car le mouvement est de type MRU selon l'axe des abscisses.

Si on remplace  $v_{0x}$  par sa valeur  $v_0 \times \cos \theta$  et  $2t_s$  par  $2 \times \left(\frac{v_{0y}}{g}\right) = 2 \times \left(\frac{v_0}{g} \times \sin \theta\right)$ , alors on trouve :

$$x_p = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\theta$$

Enfin, on conclut que la portée est maximale si  $\sin 2\theta = 1$ , c'est-à-dire si l'amplitude de l'angle  $\theta = 45^\circ$ .

## Cinématique à une et deux dimensions

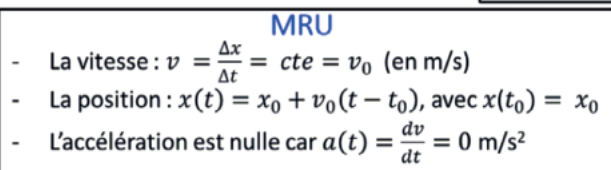
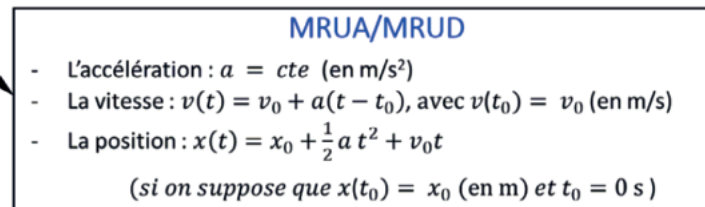
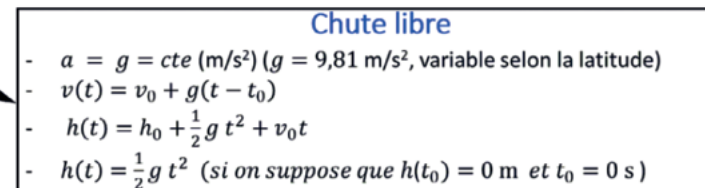
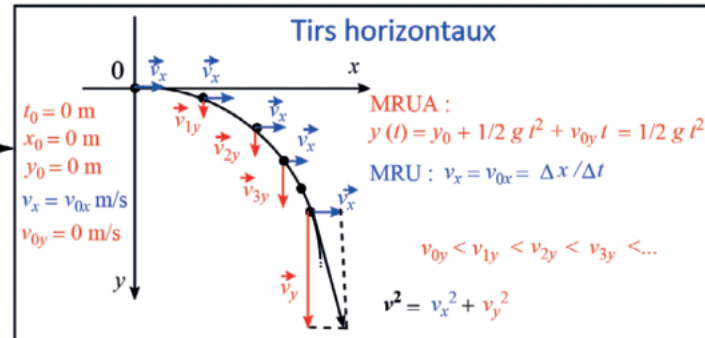
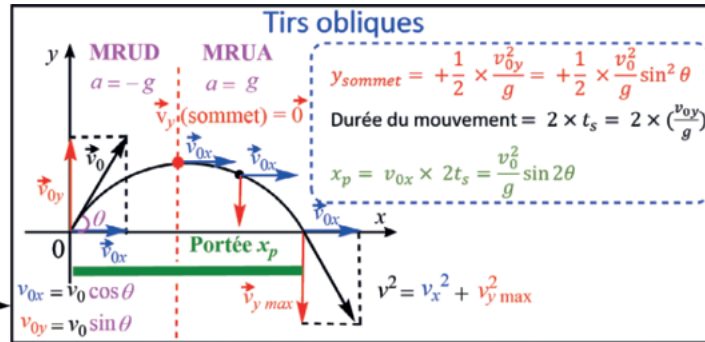


## Cinématique

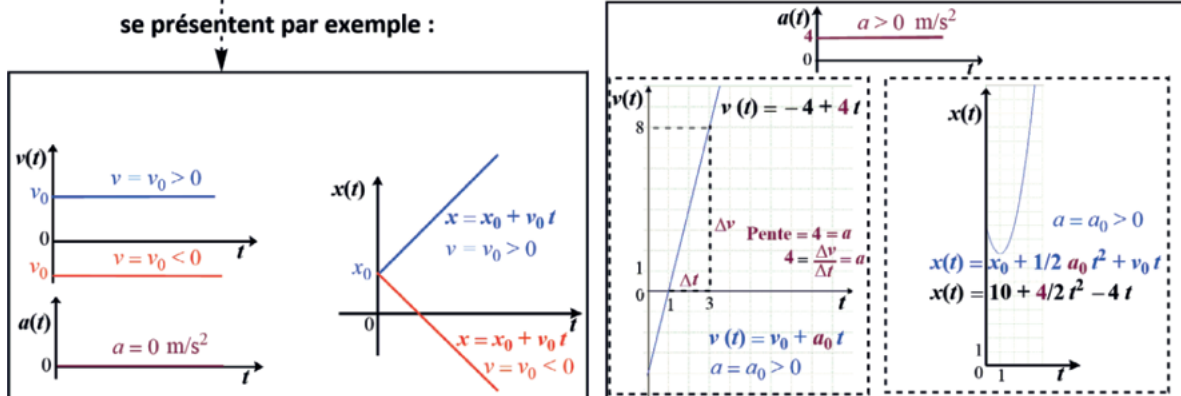
décrit

les mouvements des objets en fonction du temps sans faire appel aux causes et aux effets de ces mouvements

dont

 MRUD et MRUA (verticalement !)  
et  
MRU (horizontalement !)


se présentent par exemple :



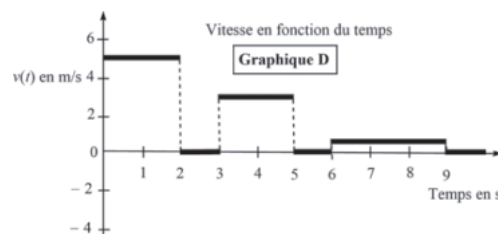
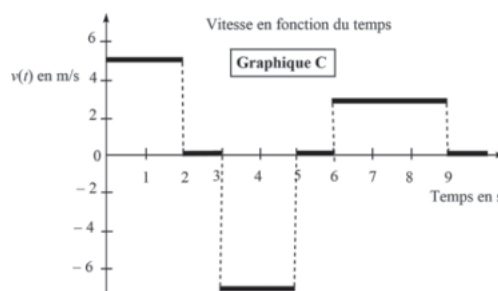
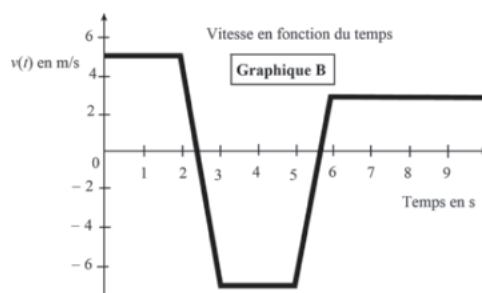
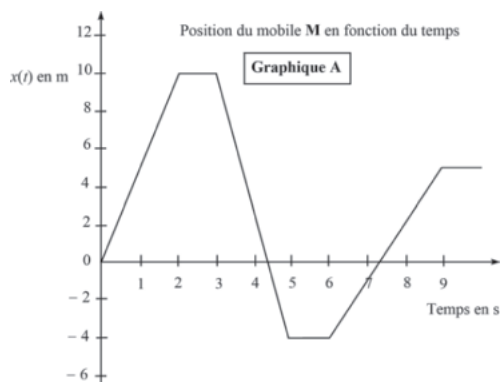
## Cinématique à une et deux dimensions

**1** Répondre par **Vrai** ou **Faux**.

- A. Le vecteur vitesse décrit uniquement la norme de la vitesse d'un objet en mouvement.  
☐ V ☐ F
- B. Deux voitures roulant en sens opposé à 100 km/h sur une piste rectiligne n'ont pas le même vecteur vitesse.  
☐ V ☐ F
- C. Le vecteur vitesse d'un corps en MCU change de sens et de direction le long de sa trajectoire. Ce vecteur vitesse n'est pas constant.  
☐ V ☐ F
- D. La grandeur scalaire d'une vitesse d'un corps en mouvement mesure uniquement sa « rapidité ».  
☐ V ☐ F
- E. Toute grandeur vectorielle est caractérisée par une intensité (norme), un sens et une direction.  
☐ V ☐ F
- F. Tout corps en mouvement dont le vecteur vitesse n'est pas constant est en état d'accélération.  
☐ V ☐ F
- G. Tout corps en mouvement décrivant une trajectoire courbe est en état d'accélération.  
☐ V ☐ F

**2** Voici des figures indiquant les caractéristiques du mouvement rectiligne d'un mobile le long d'un axe  $x'Ox$ .

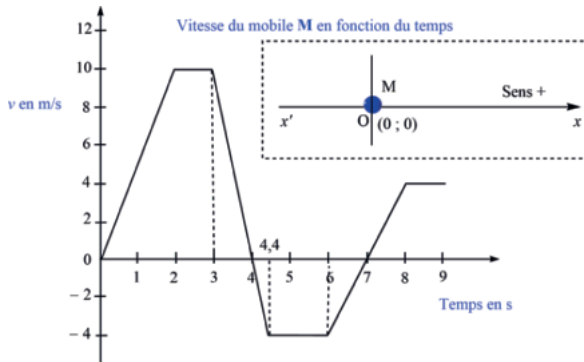
Le graphique A décrit la position du mobile **M** en fonction du temps, tandis que les autres décrivent la vitesse en fonction du temps.



Parmi les énoncés suivants, indiquer la(les) proposition(s) exacte(s).

- ☐ A. Le graphique D représente la vitesse du mobile **M** en fonction du temps.
- ☐ B. Le graphique B représente la vitesse du mobile **M** en fonction du temps.
- ☐ C. Le graphique C ne peut représenter la vitesse du mobile **M** en fonction du temps car il comprend une vitesse négative.
- ☐ D. La vitesse instantanée de **M** à  $t = 1$  s est supérieure à celle à  $t = 8$  s.
- ☐ E. Il y a un écart de 12 m/s entre les vitesses enregistrées à  $t = 1,2$  s et  $t = 4$  s.
- ☐ F. L'accélération du mobile **M** entre  $t = 0$  s et  $t = 9$  s est égale à  $0 \text{ m/s}^2$ .
- ☐ G. Aucune de ces six propositions n'est correcte.

**3** Soit un mobile **M** se déplaçant le long de l'axe  $x'Ox$  selon un mouvement rectiligne et à des vitesses différentes. Le graphique suivant signale ces changements de vitesse en fonction du temps.



Répondre par **Vrai** ou **Faux**.

- ☐ A. Entre  $t = 3$  s et  $t = 4$  s, le mouvement se fait dans le sens contraire de l'axe  $Ox$ .
- ☐ B. Le mobile est en MRUA entre  $t = 6$  s et  $t = 7$  s.
- ☐ C. De  $t = 6$  s à  $t = 7$  s, le mouvement se fait dans le sens contraire de l'axe  $Ox$ .
- ☐ D. Durant l'intervalle de temps  $[0 \text{ s}, 2 \text{ s}]$ , l'accélération du mobile est égale à  $5 \text{ m/s}^2$ .
- ☐ E. Durant l'intervalle de temps  $[2 \text{ s}, 3 \text{ s}]$ , le mobile **M** est en MRU.
- ☐ F. Durant l'intervalle de temps  $[4 \text{ s}, 7 \text{ s}]$ , le mobile **M** a exécuté chacun des trois types de mouvements dans le sens contraire de l'axe  $Ox$ : MRU, MRUA et MRUD.
- ☐ G. Pendant les 4 premières secondes, le mobile a parcouru 35 m.
- ☐ H. De  $t = 4$  s à  $t = 7$  s, le mobile a parcouru 8,8 m.
- ☐ I. Durant l'intervalle de temps  $[0 \text{ s}, 7 \text{ s}]$ , le mobile **M** est à 15,8 m du point de départ O.
- ☐ J. La distance parcourue par le mobile entre  $t = 3$  s et  $t = 4$  s est déterminée par :

$$\int_0^1 (-5t^2 + 10t) dt$$

- ☐ K. La distance parcourue par le mobile entre  $t = 3$  s et  $t = 4$  s est déterminée par :

$$\int_0^1 (-5t + 10) dt$$

- ☐ L. La distance parcourue par le mobile entre  $t = 3$  s et  $t = 4$  s est déterminée par :

$$\int_0^1 (-10t + 10) dt$$

- ☐ M. La distance parcourue par le mobile entre  $t = 7$  s et  $t = 8$  s est égale à  $\int_0^1 (4t + 4) dt$ .

- ☐ N. Par rapport à un seul sens donné, la distance totale parcourue par le mobile entre  $t = 6$  s et  $t = 8$  s est nulle.

- ☐ O. Durant les deux premières secondes, les équations de la position, de la vitesse et de l'accélération du mobile **M** sont respectivement  $x(t) = 5/2t^2$ ,  $v(t) = 5t$  et  $a = 10 \text{ m/s}^2$ .

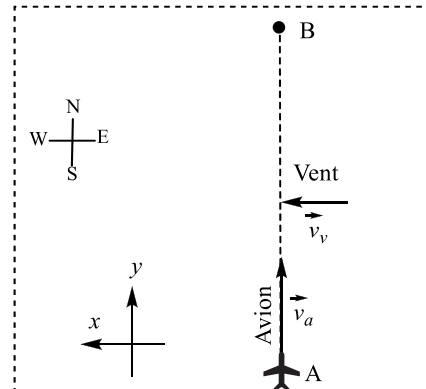
- ☐ P. La vitesse moyenne de ce mobile entre  $t = 0$  s et  $t = 9$  s est environ égale à 4,5 m/s.

**4** Deux mobiles se déplacent le long d'un axe linéaire  $x'Ox$  en MRU l'un vers l'autre avec une vitesse de 5 m/s pour le mobile A et 7 m/s pour le mobile B. Le mobile A freine avec une décélération de  $1 \text{ m/s}^2$  au moment où l'autre décélère à  $2 \text{ m/s}^2$ .

La collision aura lieu si la distance entre les deux mobiles au début du freinage était : Indiquer la ou les bonne(s) réponse(s)

- ☐ A. inférieure à 10 m
- ☐ B. supérieure à 30 m
- ☐ C. égale à 12,8 m
- ☐ D. entre 20 m et 24,5 m
- ☐ E. aucune de ces quatre réponses

**5** Soit  $v_a = 70 \text{ m/s}$ , la vitesse qui caractérise un avion se dirigeant vers le Nord et  $v_v = 10\sqrt{15} \text{ m/s}$ , la vitesse du vent soufflant de l'Est (perpendiculaire à l'axe de l'appareil). On considère que l'avion passe par le point A pour voler vers le Nord (vers le point B). A et B sont distants de 1 000 km et on suppose que ces vitesses sont constantes.

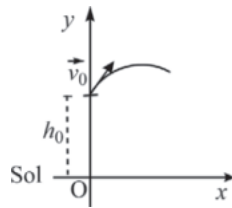


Parmi les assertions suivantes, indiquer la(les) proposition(s) correcte(s).

- ☐ A. La vitesse de l'avion par rapport au sol est égale à 80 m/s.
- ☐ B. Le temps que met l'avion pour parcourir 800 km selon l'axe des  $y$  est  $1 \times 10^4$  s.
- ☐ C. L'avion va avoir une trajectoire déviée vers l'Ouest d'un angle égal à  $\arctan\left(\frac{\sqrt{15}}{7}\right)$ .
- ☐ D. Après une traversée de 1 000 km selon  $y$ , l'avion aura parcouru 553,3 km selon l'axe des  $x$ .
- ☐ E. À partir du point A, pour que l'avion atterrisse au point B, il faut que le cap fasse un angle de  $29^\circ$  par rapport à l'axe des  $y$ , à l'Ouest.
- ☐ F. Aucune de ces cinq assertions n'est correcte.



**6** Une bille de masse  $m$  est lancée à  $t = 0$  s, d'une certaine hauteur  $h_0$ , avec une vitesse initiale de  $v_0 = 20$  m/s et faisant un angle de  $60^\circ$  avec l'horizontale :



On suppose que  $g = 10$  m/s<sup>2</sup> et que les frottements de l'air sont négligeables.

Parmi les propositions suivantes, indiquer la(les) proposition(s) correcte(s).

- ☐ A. La hauteur maximale atteinte par la bille (par rapport au sol) est égale à  $h_0$  augmentée de 45 m.
- ☐ B. La portée  $x_p$  est égale à  $20\sqrt{3}$  m.
- ☐ C. Si la bille touche le sol à  $t = 4\sqrt{3}$  s, la hauteur  $h$  atteinte depuis le sol est égale à 120 m.
- ☐ D. À  $x_p$ , la vitesse du projectile est supérieure à celle du départ  $v_0 = 20$  m/s.
- ☐ E. La vitesse  $v$  de la bille lorsqu'elle touche le sol est  $\sqrt{v_0^2 \cos^2 \theta + 2gh_0}$ .

**7** Répondre par **Vrai** ou **Faux**.

(Dans le cas des mouvements cités ci-après, on suppose que le **frottement** des corps avec l'air est **négligeable**.)

- A. En chute libre, le vecteur accélération est constant.  
☐ V ☐ F
- B. En chute libre, l'accélération du mobile est proportionnelle à sa masse.  
☐ V ☐ F
- C. En chute libre, la vitesse totale varie durant le parcours.  
☐ V ☐ F
- D. En chute libre, le mouvement de translation horizontale est uniformément accéléré.  
☐ V ☐ F
- E. Un MRUA débute toujours par une vitesse non nulle.  
☐ V ☐ F
- F. La durée de l'ascension d'une balle lancée verticalement de bas en haut avec une vitesse de 30 m/s est de 3 s. ( $g = 10$  m/s<sup>2</sup>)  
☐ V ☐ F
- G. La distance parcourue en 15 s par un corps tombant sans vitesse initiale au pôle Nord est supérieure à celle enregistrée si l'expérience sur le même corps est réalisée à l'équateur. ( $g$  équateur = 9,78 m/s<sup>2</sup> et  $g$  pôle Nord = 9,81 m/s<sup>2</sup>)  
☐ V ☐ F

H. Le temps nécessaire pour qu'une barque de vitesse  $\vec{v}_{\text{barque}}$  traverse une rivière (supposons qu'aucun courant n'ait lieu) partant d'un point A pour arriver au point B en face sur l'autre rive est  $t$ . Ce temps ( $t$ ) est exactement le même en cas d'un courant d'eau ( $\vec{v}_{\text{eau}} \perp \vec{v}_{\text{barque}}$ ) qui sera nécessaire à la même barque pour arriver à un point C à côté de B sur l'autre rive. On suppose que les deux vitesses sont constantes.

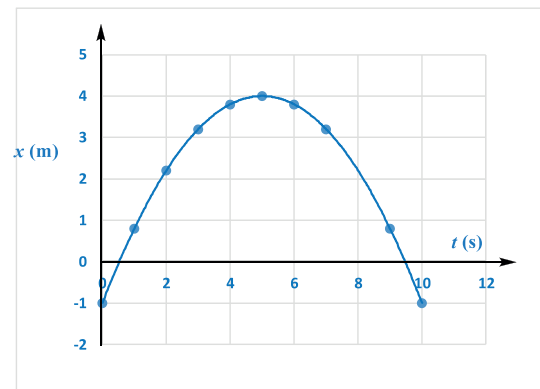
☐ V ☐ F

I. La vitesse d'un mobile en MRUA dont la position

$$x(t) = \frac{1}{2}t^2 - 3t + 1 \text{ devient nulle lorsque } t = 3 \text{ s.}$$

☐ V ☐ F

**8** Soit un mobile M se déplaçant en mouvement rectiligne suivant l'axe  $x'Ox$ . Les composantes cartésiennes de sa distance parcourue en fonction du temps sont représentées sur la figure ci-dessous.



Parmi les propositions suivantes, indiquer celle qui est correcte.

- ☐ A. La vitesse du mobile M à  $t = 5$  s est nulle.
- ☐ B. La vitesse augmente de  $t = 0$  s à  $t = 5$  s.
- ☐ C. L'accélération du mobile change de signe de  $t = 4$  s à  $t = 6$  s.
- ☐ D. Le mobile est en état d'accélération (MRUA) de  $t = 5$  s à  $t = 10$  s.
- ☐ E. La vitesse enregistrée à  $t = 4$  s est négative.

**9** Pour mieux assimiler le concept physique de cet exercice, n'utilisez surtout pas la calculatrice ni des formules mathématiques.

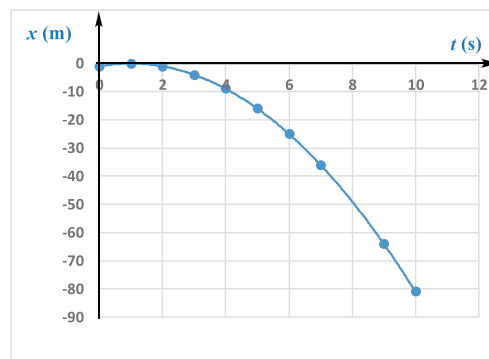
On laisse tomber un objet de masse  $m$  d'une hauteur  $h = 125$  m avec une vitesse initiale nulle. Sachant que la chute est libre (sans résistance de l'air) et  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>, quelle est la proposition **FAUSSE** ?

- ☐ A. Une accélération de 10 m/s<sup>2</sup> veut dire que la vitesse de l'objet augmente de 10 m/s chaque seconde. L'accélération peut être exprimée comme  $g = \frac{10 \text{ m/s}}{s}$ .



- ☐ B. Une seconde après que l'objet commence sa chute, sa vitesse passe de 0 à 10 m/s. Deux secondes après sa vitesse est 20 m/s, trois secondes après la vitesse est 30 m/s, etc.
- ☐ C. Si la vitesse initiale de l'objet était de 15 m/s, une seconde après, sa vitesse deviendrait 25 m/s.
- ☐ D. La distance parcourue par l'objet durant sa chute peut être calculée à partir de l'équation  $5 \times (\Delta t)^2$ .
- ☐ E. Le temps nécessaire pour toucher le sol est 5 s.
- ☐ F. La norme de la vitesse au moment où le corps touche le sol est 40 m/s.

**10** Un mobile M se déplace en mouvement rectiligne selon l'axe  $x'Ox$ . Les composantes cartésiennes de sa distance parcourue en fonction du temps sont représentées sur la figure ci-dessous.



Parmi les propositions suivantes, indiquer celle qui est correcte.

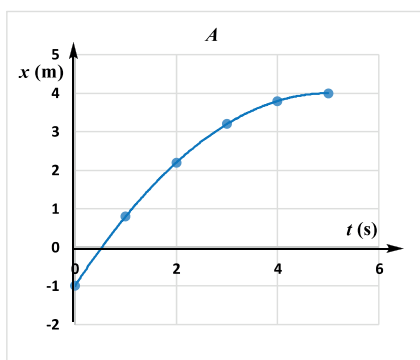
- ☐ A. La vitesse du mobile M à  $t = 8$  s est positive.
- ☐ B. La vitesse de ce mobile est proportionnelle au temps  $t$ .
- ☐ C. La courbe de la vitesse en fonction du temps est une droite de pente positive.
- ☐ D. Le mobile se déplace dans le sens contraire de  $\vec{Ox}$  en MRU.
- ☐ E. La vitesse change de signe entre 0 s et 10 s.

**11** On fait déplacer un mobile M en mouvement rectiligne selon l'axe  $x'Ox$ . Dans chacune des quatre expériences qui ont été réalisées, les composantes cartésiennes de sa distance parcourue en fonction du temps sont présentées dans les figures A, B, C et D ci-

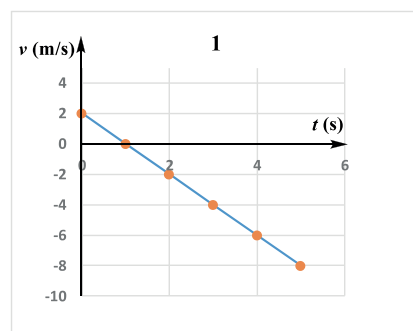
après. Ensuite, les vitesses ont été calculées et exposées dans les figures numérotées de 1 à 4.

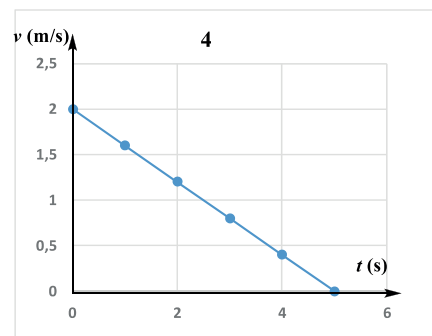
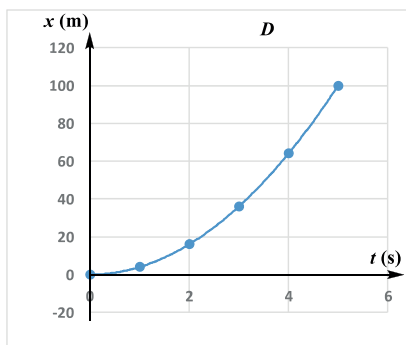
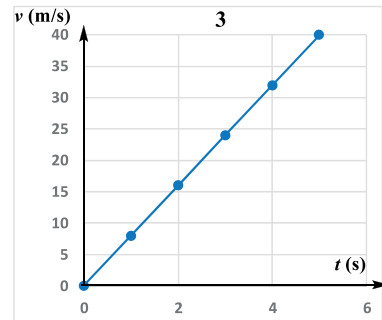
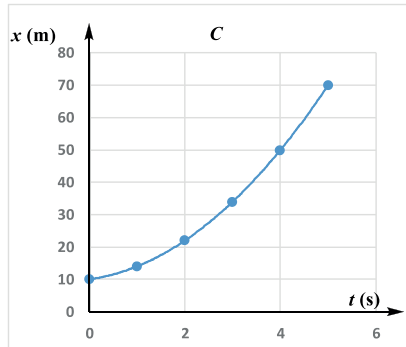
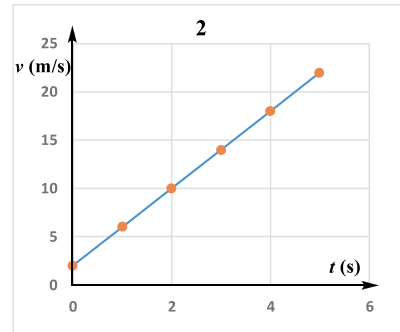
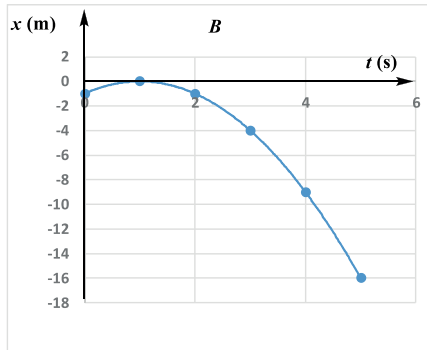
Associer chaque figure A, B, C, et D à son unique correspondant de 1 à 4.

Les figures A, B, C, et D représentent la distance parcourue par M en fonction du temps :



Les figures 1, 2, 3, et 4 représentent la vitesse de M en fonction du temps :





La bonne association est :

- ☐ A.  $A \rightarrow 2$  ;  $B \rightarrow 3$  ;  $C \rightarrow 1$  et  $D \rightarrow 4$
- ☐ B.  $A \rightarrow 4$  ;  $B \rightarrow 1$  ;  $C \rightarrow 3$  et  $D \rightarrow 2$
- ☐ C.  $A \rightarrow 1$  ;  $B \rightarrow 4$  ;  $C \rightarrow 2$  et  $D \rightarrow 3$
- ☐ D.  $A \rightarrow 4$  ;  $B \rightarrow 2$  ;  $C \rightarrow 1$  et  $D \rightarrow 3$

- ☐ E.  $A \rightarrow 4$  ;  $B \rightarrow 1$  ;  $C \rightarrow 2$  et  $D \rightarrow 3$
- ☐ F.  $A \rightarrow 3$  ;  $B \rightarrow 2$  ;  $C \rightarrow 1$  et  $D \rightarrow 4$
- ☐ G.  $A \rightarrow 1$  ;  $B \rightarrow 4$  ;  $C \rightarrow 3$  et  $D \rightarrow 2$

## Cinématique à une et deux dimensions

1 à 7



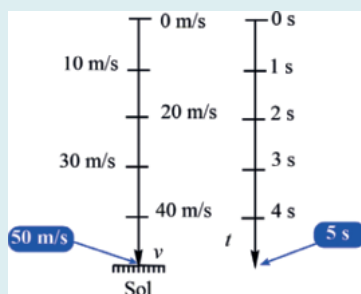
Solutions des exercices 1 à 7  
disponibles sur  
[www.lienmini.fr/31907-phys1](http://www.lienmini.fr/31907-phys1)



**8** Seule la proposition A convient. Il s'agit d'un MRUD (parabole orientée vers le bas) dont la vitesse est nulle à  $t = 5$  s. La vitesse est positive entre  $t = 0$  s et  $t = 5$  s, car  $x(t)$  est croissante et elle est négative à  $t > 5$  s. À  $t > 5$  s le mobile se déplace dans le sens opposé à l'axe  $Ox$ .

**9** Réponse F.

L'objet touche le sol à  $t = 5$  s. Après une seconde de chute la vitesse passe de 0 à 10 m/s, et après 5 s la vitesse n'est pas égale à 40 m/s, mais à 50 m/s.



**10** Seule la proposition B est correcte. Il s'agit d'un MRUD dont la vitesse est nulle à  $t = 0$  s, puis devient négative durant tout le parcours, car la fonction  $x(t)$  est décroissante. Par conséquent, le mobile se déplace dans le sens opposé à l'axe  $Ox$ . L'équation de la vitesse est  $v = a \times t$ , avec  $a < 0$ .

**11** La bonne association est E. Piste :

- MRUA = parabole orientée vers le haut  $\Rightarrow a > 0$   
( $a$  = pente de l'équation de  $v$  en fonction de  $t$ ),
- $v = 0$  m/s au sommet de la parabole,
- $v > 0$  m/s si  $x(t)$  est croissante et
- $v < 0$  m/s si  $x(t)$  est décroissante.



# Dynamique

## DÉFINITIONS

La **dynamique** a pour objet la description des causes des mouvements, c'est-à-dire les forces. Elle relie donc les forces au mouvement.

Par ailleurs, connaissant le mouvement d'un corps, on peut déterminer les forces qui agissent sur lui.

La dynamique est régie par des lois fondamentales, à savoir les trois lois de Newton.

### 1 Première loi de Newton

Dans un référentiel inertiel lorsqu'un solide est soumis à un ensemble de forces extérieures dont la résultante est nulle ( $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$ ), ce solide est au repos ou en MRU.

Dans ce cas, l'accélération du solide est nulle.

### 2 Deuxième loi de Newton

Quand un mobile est en mouvement sous l'action d'une force résultante constante (en intensité, direction et sens), il est animé d'un mouvement rectiligne uniformément accéléré ou décéléré.

$\vec{F}_{résultante} = \sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$ , le vecteur  $\vec{F}_{résultante}$  est colinéaire au vecteur accélération  $\vec{a}$  (même sens et même direction).

L'accélération est proportionnelle à la force résultante et inversement proportionnelle à la masse de l'objet :

$$Accélération = \frac{F_{résultante}}{Masse}$$

Si  $F_{résultante}$  augmente, l'Accélération augmente d'un même facteur.

Si la Masse augmente, l'Accélération diminue d'un même facteur.

Le vecteur accélération et  $\vec{F}_{résultante}$  présentent toujours la même direction.

Attention ! Ce n'est pas l'accélération qui entraîne la force mais bien la force qui provoque (entraîne) l'accélération.

#### 2.1 Accélération d'un corps en chute libre

Quand un corps de masse  $m$  tombe en chute libre (sous l'action de la force d'attraction terrestre agissant sur le corps (force de pesanteur) et sans frottement), il subit un mouvement de type MRUA. En appliquant cette deuxième loi, on obtient :

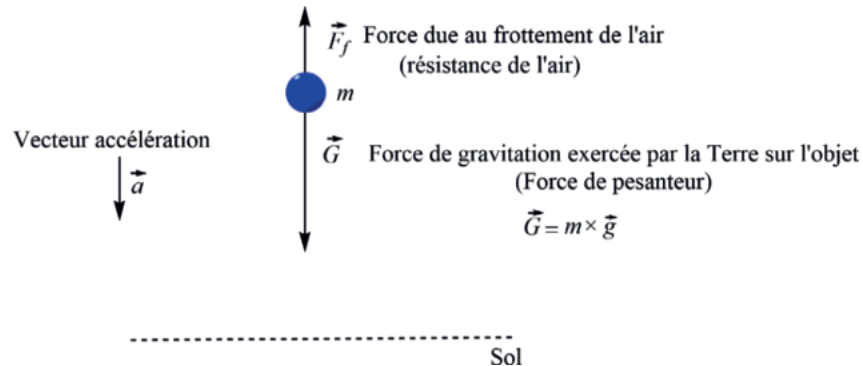
$$\vec{G} = m\vec{a}$$

Dans le sens du mouvement, nous avons  $a = \frac{G}{m} = \frac{mg}{m} = g$ . Par conséquent, l'accélération due uniquement à la gravité est égale à  $g$ .

## 2.2 Accélération d'un corps en chute non-libre

En présence du frottement de l'air, on obtient, dans le sens du mouvement, l'équation :

$$G - F_f = ma$$



$$a = \frac{G - F_f}{m} = \frac{mg - F_f}{m} = g - \frac{F_f}{m}$$

Par conséquent, en présence de la résistance d'air, l'accélération est toujours inférieure à  $g$ . On dit que la chute est non-libre.

## 3 Troisième loi de Newton

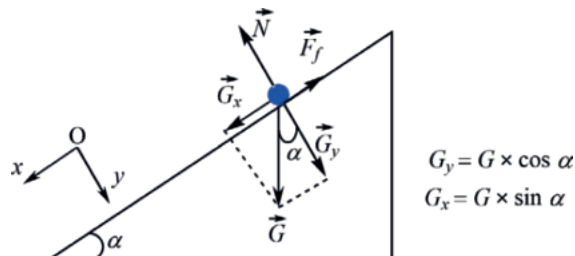
Il s'agit du principe des actions réciproques (loi d'action-réaction) qui s'énonce comme suit :

« Tout corps A exerçant une force sur un corps B subit une force d'égale intensité, de même direction mais de sens opposé, exercée par le corps B. »

Les deux forces action-réaction participent de manière équivalente à une même interaction. L'existence de l'une dépend toujours de l'autre. Ces deux forces peuvent être aléatoirement appelées force d'action et force de réaction.

Attention, contrairement à la masse (inertie), un objet ne possède pas une force en soi. L'interaction entre deux objets se caractérise toujours par une force.

Pour illustrer ces lois, imaginons les forces extérieures exercées sur un corps en mouvement sur un plan incliné faisant avec l'horizontale un angle  $\alpha$ .



Ces forces sont :

- le vecteur force d'attraction terrestre  $\vec{G}$ . Il est décomposé en deux vecteurs :  $\vec{G} = \vec{G}_x + \vec{G}_y$ .
- la réaction  $\vec{N}$  du plan incliné. Elle est *neutralisée* par  $\vec{G}_y$  :  $N = G_y$ .
- la résultante  $\vec{F}_f$  des forces de frottement. Il s'agit d'une force qui s'oppose à la force appliquée  $\vec{G}_x$ . Elle a une direction parallèle au vecteur vitesse et est de sens opposé, son intensité statique étant inférieure ou égale à  $\mu_s \times N$  ( $\mu_s$  est le

coefficient de frottement statique qui dépend de la nature des deux matériaux en contact). En cas de glissement, son intensité est égale au coefficient de frottement cinétique multiplié par le poids apparent  $\mu_c \times N$ , où  $\mu_c$  est le coefficient de frottement cinétique.

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{N} + \vec{G} + \vec{F}_f = m\vec{a}$$

Nous devons constater que si le corps est en équilibre (MRU), l'intensité de  $\vec{F}_f$  est égale à celle de la résultante des deux forces  $\vec{G}$  et  $\vec{N}$ .

Dans le cas où l'objet subit un mouvement rectiligne uniformément accéléré, l'intensité de  $\vec{F}_f$  est inférieure à celle de la résultante des forces  $\vec{G}$  et  $\vec{N}$ , soit  $\vec{G}_x$ .

Selon Ox :  $G_x - F_f = ma$

Selon Oy :  $G_y - N = 0$

Pour les interactions entre des objets de masses différentes, il est important de mettre en évidence la relation qui existe entre la force d'action (ou de réaction) et leurs accélérations. En effet, nous supposons qu'un corps A de masse  $m_A$  exerce une force  $F$  sur un autre corps B de masse  $m_B$  ( $m_A \neq m_B$ ). La force  $F$  est à la fois la force de réaction et d'action. Par contre, les accélérations ne sont pas les mêmes, leurs grandeurs sont déterminées par les rapports suivants :

$$a_A = \frac{F}{m_A} \text{ et } a_B = \frac{F}{m_B}$$

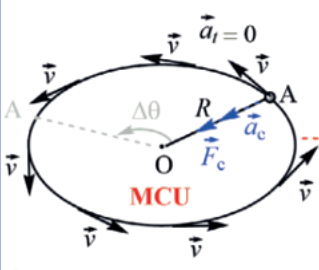
Donc, l'objet le plus léger subit une accélération supérieure à celle d'un objet plus lourd. C'est le cas d'un canon qui recule avec une accélération plus faible que celle du boulet, d'un ballon rempli d'azote ( $N_2$ ) qui accélère vers le haut en se vidant de son gaz ( $a_{Azote} > a_{Ballon}$ ) ou d'une route qui produit le mouvement accéléré d'une moto en exerçant une force de réaction sur la roue ( $a_{Moto} \gg a_{Terre}$ ).

## Mouvement circulaire uniforme (MCU)

Soit un objet A de masse  $m_A$  accroché par un fil tourne horizontalement autour d'un axe. Dans un référentiel choisi, si l'ensemble des positions successives qu'occupe l'objet A en fonction du temps forme un cercle de centre O, de rayon  $R$  et dont la vitesse tangentielle (grandeur scalaire) est constante, le mouvement est appelé mouvement circulaire uniforme (MCU).

Synthèse 1

La norme de  $\vec{v}$  est égale à une constante :  $v = \text{Cte}$ .



Formules à retenir :

$$f = \frac{1}{T} \text{ (s}^{-1} \text{ ou Hz)}$$

$$v = \omega \times R \text{ (m s}^{-1}) \text{ ou } v = \frac{2\pi \times R}{T} \text{ (m s}^{-1})$$

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} \text{ (rad s}^{-1})$$

$$a_c = \frac{v^2}{R} \text{ (m s}^{-2}) \quad F_c = m_A \times \frac{v^2}{R} \text{ (N)}$$

A est un objet de masse  $m_A$

$\vec{F}_c$  et  $\vec{a}_c$  ont la même direction et le même sens.

Le temps nécessaire pour que l'objet A fasse un tour complet est appelé **période** ( $T$ ).

La **fréquence** ( $f$ ) est le nombre de tours parcouru par l'objet en une seconde, soit

$$f = \frac{1}{T} \text{ (s}^{-1} \text{ ou Hz)}.$$

La **vitesse linéaire** ( $v$ ) est la distance parcourue par l'objet A par unité de temps. Lorsque l'objet fait un tour complet, i) la distance parcourue est égale au périmètre du cercle, soit  $d = 2\pi R$ , et ii) le temps écoulé pour faire ce trajet est égal à  $T$  (période). Par conséquent,  $v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{2\pi R}{T}$  ( $\text{m s}^{-1}$ ).

La **vitesse angulaire** ( $\omega$ ) est la mesure de l'angle parcouru par l'objet par unité de temps. Lorsque l'objet fait un tour complet, i) l'angle exprimé en radians (rad) parcouru par l'objet est  $\Delta\theta = 2\pi$ , et ii) l'intervalle de temps pour réaliser ce tour complet est égal à  $T$  (période). On obtient,  $\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T}$  ( $\text{rad s}^{-1}$ ), et on en déduit donc que  $v = \omega \times R$  ( $\text{m s}^{-1}$ ).

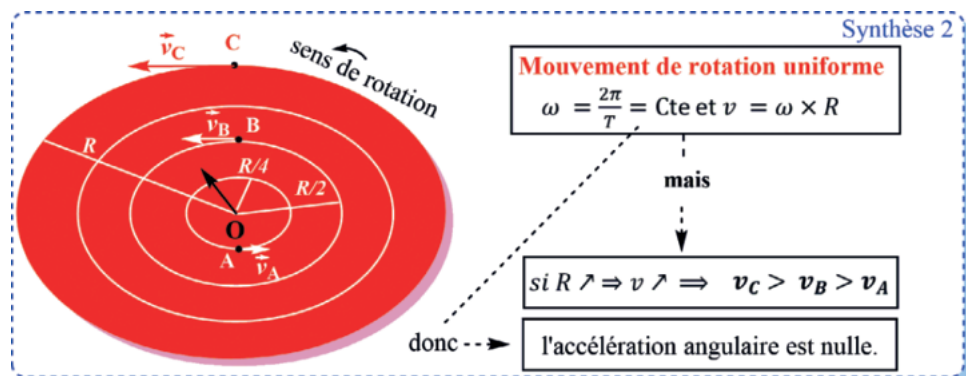
Attention, le mouvement circulaire uniforme subit une accélération même si sa vitesse (norme) reste constante. Cela s'explique par le changement de direction du vecteur vitesse à chaque instant. Le vecteur vitesse n'est donc pas constant. L'**accélération tangentielle** est nulle car le mouvement circulaire se fait à vitesse angulaire constante. En ignorant la *gravité*, le déplacement horizontal de l'objet A sur une trajectoire circulaire est dû uniquement à la force dirigée vers le centre O, appelée **force centripète** ( $\vec{F}_c$ ) (ou **normale**). Cette force responsable de la variation du vecteur vitesse est donc à l'origine de l'accélération produite, appelée **accélération centripète** ( $\vec{a}_c$ ). Les grandeurs scalaires des deux derniers vecteurs se calculent à partir des formules suivantes :

$$a_c = \frac{v^2}{R} \text{ (m s}^{-2}\text{) et } F_c = m_A \times \frac{v^2}{R} \text{ (N), avec } m_A \text{ la masse de l'objet A}$$

Enfin, si le fil se casse, deux scénarios se présentent :

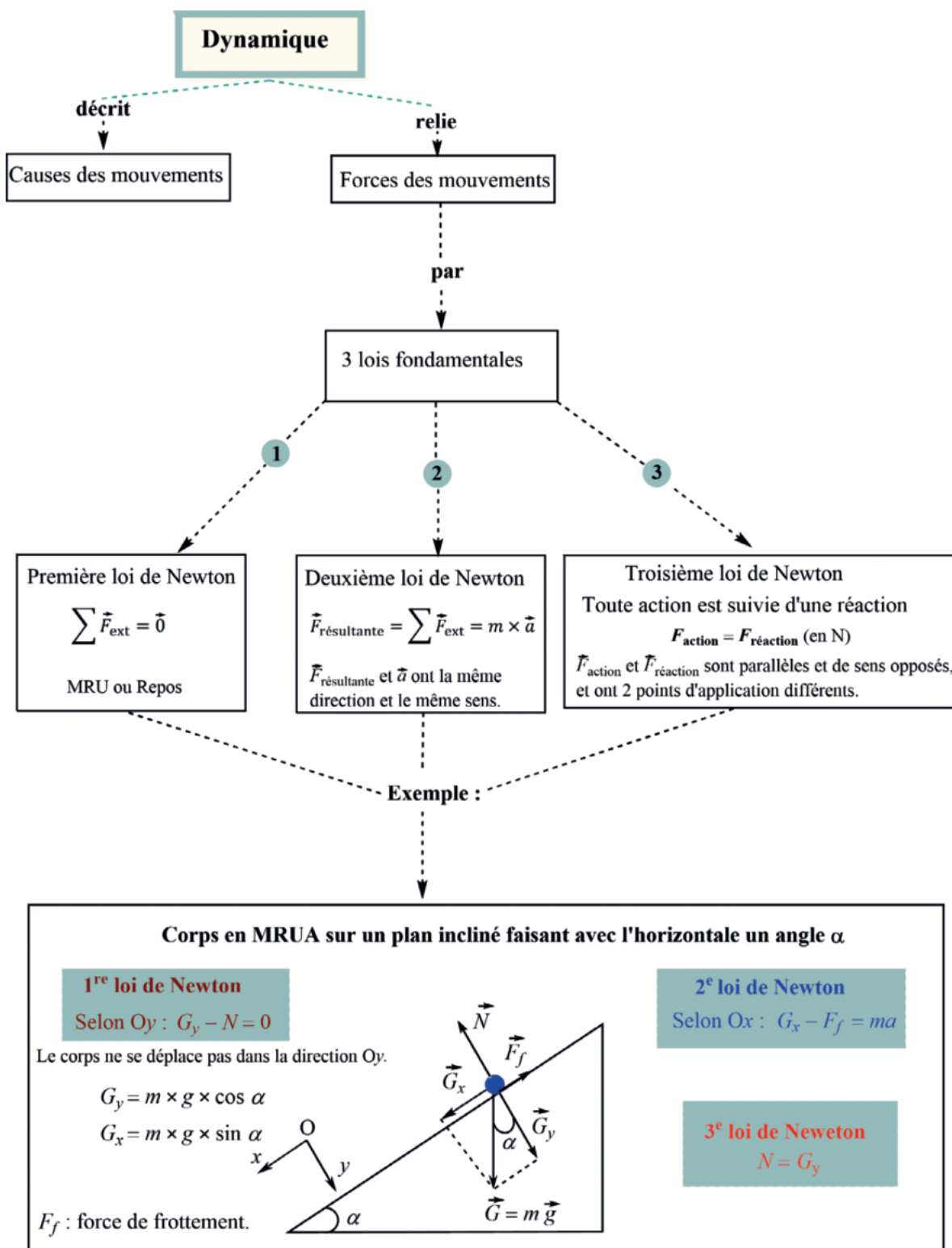
- Pour un observateur non lié au système en mouvement, l'objet continue son trajet linéairement (poursuit un mouvement rectiligne (principe d'inertie) tangent au cercle qui correspond à sa vitesse au moment où le fil a été cassé).
- Pour un observateur lié au système tournant, il perçoit l'effet d'une **force centrifuge** (force fictive). Attention, l'effet de cette force est subjectif.

On distingue le mouvement circulaire d'un point du mouvement de rotation d'un solide. Si on considère un disque solide qui tourne autour d'un axe de rotation passant par son centre, on constate que tous les points décrivent des trajectoires circulaires concentriques (de centre O) :



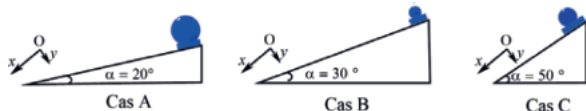
Pour une vitesse angulaire constante du disque tournant, les vitesses linéaires des trois objets fixés en A, B et C ne sont pas identiques. Vu que  $v = \omega \times R$  et  $\omega = \text{Cte}$ , la vitesse est plus grande aux points situés au bord du disque qu'aux points proches du centre de rotation. On en déduit donc  $v_C > v_B > v_A$  avec pour chaque point du disque la même vitesse angulaire.





## Dynamique

**1** Trois corps de masses différentes amorcent chacun une descente faisant avec l'horizontale un angle  $\alpha$  comme montré ci-dessous. La vitesse de départ est nulle. Les corps subissent un mouvement rectiligne uniformément accéléré (MRUA). La résultante des forces de frottement qui leur sont appliquées est négligeable.



Les masses des trois objets :  $m_A = 6 \text{ kg}$ ,  $m_B = 2 \text{ kg}$  et  $m_C = 4 \text{ kg}$

Classez les trois cas A, B et C par ordre croissant d'accélération.

- ☐ A.  $a_A < a_B < a_C$       ☐ B.  $a_C < a_B < a_A$   
☐ C.  $a_C < a_A < a_B$       ☐ D.  $a_A < a_C < a_B$

**2** Un cycliste, en roue libre, amorce une descente faisant avec l'horizontale un angle de  $4^\circ$ . Sachant que le mouvement est rectiligne et uniforme, quelle est l'intensité (avec trois chiffres significatifs) de la résultante des forces de frottement ?

L'intensité de la force d'attraction terrestre agissant sur le cycliste et son vélo vaut 802 N.

- ☐ A.  $F_f = 55,9 \text{ N}$       ☐ B.  $F_f = 800 \text{ N}$   
☐ C.  $F_f = 56,1 \text{ N}$       ☐ D.  $F_f = 561 \text{ N}$   
☐ E.  $F_f = 80 \text{ N}$

**3** Un cycliste, en roue libre, amorce une descente faisant avec l'horizontale un angle de  $30^\circ$ . Sachant qu'il subit un mouvement rectiligne uniformément accéléré (MRUA), quelle est son accélération ?

On suppose que la résultante des forces de frottement qui lui sont appliquées est 20 N.

L'intensité de la force d'attraction terrestre exercée sur le cycliste et son vélo est 802 N.

On arrondit  $g$  à  $10 \text{ m/s}^2$ .

L'accélération vaut : (indiquer la bonne réponse)

- ☐ A.  $a = 10 \text{ m/s}^2$   
☐ B.  $a = 5,0 \text{ m/s}^2$   
☐ C.  $a = 0,25 \text{ m/s}^2$   
☐ D.  $a = 4,75 \text{ m/s}^2$   
☐ E. Aucune de ces quatre réponses n'est exacte

**4** Un véhicule de 2 000 kg démarre (sans glissement) sur une route horizontale et parcourt 500 m en 20 s. Le mouvement sur cette distance est rectiligne uniformément accéléré et le coefficient de frottement est égal à 5 %.

La valeur de  $g$  est arrondie à  $10 \text{ m/s}^2$ .

Parmi les assertions suivantes, indiquer celle(s) qui est(sont) correcte(s).

- ☐ A. La force de frottement et la force fournie par le moteur ont la même direction.  
☐ B. La force fournie par le moteur est constante durant ce trajet.  
☐ C. L'intensité de la force de frottement vaut 1 000 N.  
☐ D. L'intensité de la force demandée au moteur est supérieure à 5 700 N.  
☐ E. Toutes ces assertions sont correctes.

**5** Répondre par **Vrai** ou **Faux** aux assertions suivantes.

A. Un parachutiste qui saute d'un avion voit sa vitesse augmentée si l'intensité de la résistance de l'air est supérieure à celle de la force d'attraction terrestre.

☐ V      ☐ F

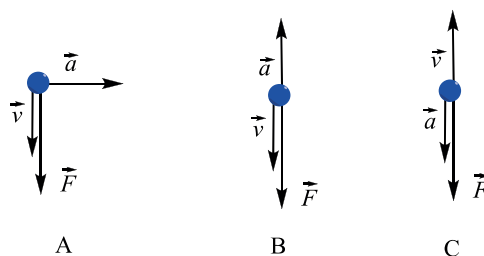
B. Un parachutiste descend à une vitesse constante si l'intensité de la résistance de l'air est inférieure à celle de la force d'attraction terrestre.

☐ V      ☐ F

C. Un parachutiste descend à une vitesse constante si l'intensité de la résistance de l'air est égale à celle de la force d'attraction terrestre.

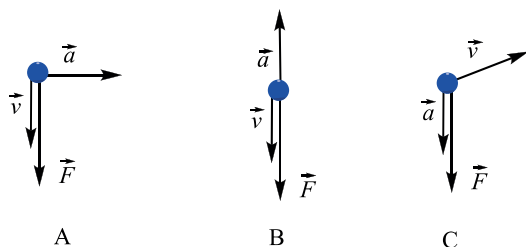
☐ V      ☐ F

D. Les trois mouvements rectilignes suivants peuvent être considérés comme des MRUA si on suppose que  $\vec{F}$  est la seule force extérieure exercée sur le corps.



☐ V      ☐ F

- E. La force  $\vec{F}$  est la seule force extérieure exercée sur le corps. Un seul des trois mouvements suivants est considéré comme impossible à réaliser.



☐ V ☐ F

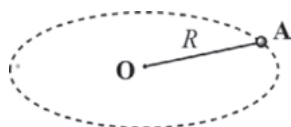
- F. Lorsqu'un solide en MRUA est soumis à deux forces  $\vec{F}$  et  $\vec{F}'$ , l'accélération s'exerce dans la direction du vecteur résultant de ces deux forces.

☐ V ☐ F

**6** On considère un petit avion « vole » afin de rester au-dessus d'un point fixe sur le sol. L'avion se dirige de l'Ouest à l'Est et, on suppose que le vent souffle de l'Est à l'Ouest à une vitesse  $v_{vent}$  constante (norme) par rapport au sol. Parmi les propositions suivantes, indiquer la(les) bonne(s) réponse(s).

- ☐ A. L'avion doit voler de l'Ouest à l'Est à une vitesse (norme) égale à celle du vent afin de planer au repos par rapport au sol.
- ☐ B. Par rapport au vent, le vecteur vitesse de l'avion est égal à celui du vent.
- ☐ C. Par rapport au sol, la norme de la vitesse de l'avion est nulle.
- ☐ D. Après un atterrissage vertical vers le point fixe sur le sol, l'avion doit continuer à voler horizontalement de l'Ouest à l'Est à la vitesse du vent.

**7** Soit un objet A de masse  $m_A$  accroché par un fil de longueur  $L$  tourne dans un plan horizontal et fait un tour en 0,25 s. On considère le mouvement de l'objet circulaire uniforme de centre O et de rayon  $R$ .



Parmi les propositions suivantes, laquelle(lesquelles) n'est(ne sont) pas correcte(s) ?

- ☐ A. L'accélération tangentielle de l'objet est nulle.
- ☐ B. Les vecteurs force centripète et vitesse linéaire de A ont toujours la même direction et le même sens.
- ☐ C. Le vecteur vitesse tangentielle est perpendiculaire au vecteur force centripète.
- ☐ D. La grandeur  $a_c$  est égale à  $(8\pi \times R)^2$ .

- ☐ E. La force centripète dépend de la masse  $m_A$ , de la vitesse angulaire  $\omega$  et du rayon  $R$ .
- ☐ F. Avec le même dispositif, pour doubler la norme de la vitesse tangentielle de l'objet A, il faut doubler l'intensité de la force centripète.
- ☐ G. Si le fil se casse, le mouvement de l'objet suit un trajet rectiligne tangent à sa trajectoire circulaire qui correspond à sa vitesse, à ce moment-là.

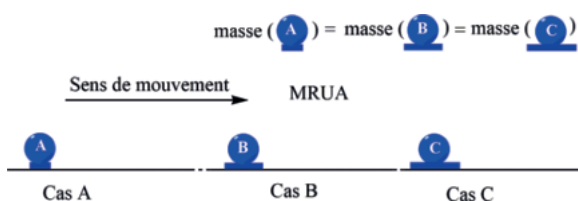
**8** On considère le disque indiqué dans la synthèse 2 (page 22) en mouvement de rotation uniforme.

Répondre par **Vrai** ou **Faux**.

- A. La vitesse tangentielle d'un objet est nulle s'il est placé au point O.  
☐ V ☐ F
- B. La vitesse angulaire d'un objet est nulle lorsqu'il est fixé au point O.  
☐ V ☐ F
- C. Toutes les parties du disque ne tournent pas à la même vitesse angulaire.  
☐ V ☐ F
- D. Si l'objet fixé au point C du disque fait 30 tours par minute, alors sa vitesse linéaire lorsqu'il est fixé au point A sera  $v_A = \frac{\pi}{4} \times R$ .  
☐ V ☐ F
- E.  $\frac{v_A \times v_C}{v_B^2} = 1$ , avec  $v_A$ ,  $v_B$  et  $v_C$  pour vitesse d'un même objet lorsqu'il est fixé au disque tournant respectivement aux points A, B et C.  
☐ V ☐ F

**9** Trois corps identiques de mêmes masses glissent (déjà en mouvement !) sur une piste plane horizontale comme montré ci-dessous. Les trois corps subissent un mouvement rectiligne uniformément accéléré (MRUA) et la surface de la piste est la même dans les trois cas. La surface plane de contact dans le cas C est plus grande par rapport à celle dans le cas B, et la surface de contact de A est la plus petite. On suppose que la résistance de l'air est négligeable tandis que les forces de frottement sont prises en compte.

Pour chacune des propositions suivantes, indiquer si elle est **vraie** ou **fausse**.



- A. L'intensité de la résultante des forces de frottement qui sont appliquées à C est supérieure à celle de A.  
☐ V ☐ F
- B. L'intensité de la résultante des forces de frottement qui sont appliquées à A est égale à celle de B.  
☐ V ☐ F
- C. Dans le cas A, la force de frottement nette (totale) varie avec la vitesse du corps A.  
☐ V ☐ F
- D. Si on suppose que les trois mobiles glissent à la même vitesse (MRU) et qu'ils freinent en même temps avec la même décélération, alors la distance parcourue jusqu'à l'arrêt sera plus grande dans le cas A.  
☐ V ☐ F

**10** À haute altitude, on laisse tomber 3 ballons solide A, B et C sphériques de même volume mais de masses différentes ( $m_A < m_B < m_C$ ). On suppose que la chute est non-libre et la vitesse initiale est nulle.

- ☐ A. Au fur et à mesure que les trois ballons tombent de plus en plus vite, l'accélération diminue.
- ☐ B. Le ballon A ne subit aucune accélération dans l'air si l'intensité de la force de frottement de l'air est égale à celle de la force d'attraction terrestre.
- ☐ C. L'accélération du ballon C peut dépasser  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .
- ☐ D. La résistance de l'air augmente avec la vitesse du ballon lorsqu'il tombe.
- ☐ E. Le classement de ces trois ballons par ordre décroissant d'accélération est C, B et A.

De ces cinq affirmations, laquelle(lesquelles) est(sont) incorrecte(s) ? Pourquoi ?

**11** Soit une feuille de papier A4 suspendue verticalement au plafond par un fil de masse négligeable. Un élève essaye de la frapper horizontalement afin de pouvoir exercer une force supérieure à celle que la feuille peut exercer sur lui. Est-ce possible ? Pourquoi ?

- ☐ A. Oui, c'est possible que l'élève exerce une force d'intensité supérieure à celle qu'il reçoit dans la même direction par la feuille.
- ☐ B. Non, c'est impossible que l'élève exerce une force d'intensité supérieure à celle qu'il reçoit dans la même direction par la feuille.
- ☐ C. Je l'ignore.

**12** Soit une feuille de papier A4 de masse égale à 5 g suspendue au plafond par un fil de masse négligeable. Un élève essaye de frapper horizontalement la surface de la feuille. Sachant que la vitesse de la feuille

passse de 0 à 30 m/s en 0,06 s, quelle est la force exercée par la feuille sur l'élève ?

- ☐ A. 2,5 N
- ☐ B. 5,0 N
- ☐ C. 7,5 N
- ☐ D. 10 N

**13** Deux élèves Rida et William tirent l'un contre l'autre une corde. William arrive à faire glisser son ami Rida de sa place vers lui.

Répondre par **Vrai** ou **Faux**.

- A. L'intensité de la force à l'extrémité de la corde que William exerce sur Rida est plus forte que celle exercée par son ami sur lui à l'autre extrémité.  
☐ V ☐ F
- B. Aux extrémités de la corde, les deux vecteurs forces que l'un exerce sur l'autre sont identiques.  
☐ V ☐ F
- C. À l'extrémité de la corde, Rida exerce une force de même intensité et de sens opposé à celle que son ami exerce sur lui à l'autre extrémité.  
☐ V ☐ F
- D. Rida se déplace vers William car la force qu'il exerce sur la Terre est moindre par rapport à celle que son ami exerce sur le sol.  
☐ V ☐ F

**14** On considère une personne roulant sur une *monoroue* électrique.



Le frottement de la roue avec le sol joue un rôle important pour assurer à la personne de rouler convenablement sur la piste.

En expliquant, indiquer parmi les propositions suivantes, la ou les réponse(s) incorrecte(s) :

- ☐ A. Lorsque la roue pousse contre le sol (dans le sens opposé à celui du mouvement), le sol exerce simultanément une force sur la roue. Celle-ci est accélérée vers l'avant.
- ☐ B. Lorsque la roue pousse contre le sol, celui-ci exerce simultanément une force sur la roue et accélère vers l'arrière.
- ☐ C. Les intensités des deux forces action-réaction sont identiques.
- ☐ D. Les normes des deux accélérations  $a_{\text{monoroue}}$  et  $a_{\text{sol}}$  provoquées par les deux forces action-réaction sont identiques.

## Dynamique

### 1 Réponse A.

Il est important de signaler que l'accélération augmente que si la pente est plus raide et est maximale si l'angle  $\alpha$  est égal à  $90^\circ$  (chute libre !). L'accélération de l'objet ne dépend pas de sa masse.

### 2 La bonne réponse est A.

Justification :

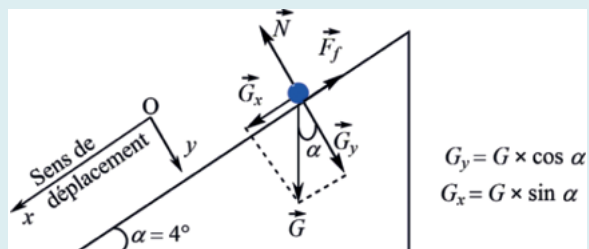
Le plan de la descente forme avec le plan horizontal un angle aigu de  $4^\circ$  :  $\alpha = 4^\circ$

Comme le cycliste subit un mouvement rectiligne et uniforme, on applique la première loi de Newton :

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$$

Les forces appliquées :  $\vec{G}$ ,  $\vec{N}$  et  $\vec{F}_f$

Si on présente le cycliste et son vélo par un point matériel  $M$ , on obtient :



- le vecteur force d'attraction terrestre  $\vec{G}$ , décomposé en deux vecteurs :  $\vec{G} = \vec{G}_x + \vec{G}_y$
- la réaction  $\vec{N}$  du plan incliné
- la résultante  $\vec{F}_f$  des forces de frottement. Il s'agit d'une force qui s'oppose à la force appliquée  $\vec{G}_x$

$$\text{Soit } \sum \vec{F}_{ext} = \vec{G} + \vec{F}_f = \vec{0}$$

Selon  $Ox$ , compte tenu des composantes des forces, on a :  $G_x - F_f = 0$

Selon  $Oy$ , compte tenu des composantes des forces, on a :  $G_y - N = 0$

$$\text{Donc, } F_f = G_x = G \times \sin \alpha$$

Numériquement,  $F_f = 802 \times \sin 4^\circ = 55,9$  (la proposition A est exacte)

### 3 La bonne réponse est D.

Justification :

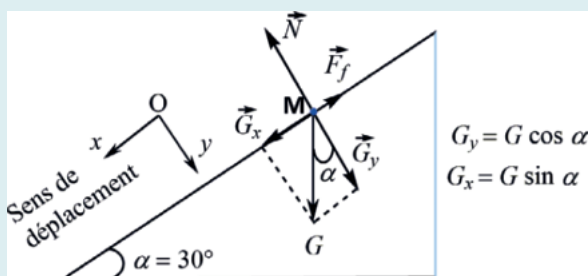
Le plan de la descente forme avec le plan horizontal un angle aigu de  $30^\circ$  :  $\alpha = 30^\circ$

Comme le cycliste subit un mouvement rectiligne uniformément accéléré, on applique la deuxième loi de Newton :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m \times \vec{a}$$

Les forces appliquées sont :  $\vec{G}$ ,  $\vec{N}$  et  $\vec{F}_f$

Si on présente le cycliste et son vélo par un point matériel  $M$ , on obtient :



- le vecteur force  $\vec{G}$  qui est décomposé en deux vecteurs :  $\vec{G} = \vec{G}_x + \vec{G}_y$

- la réaction  $\vec{N}$  du plan incliné

- la résultante  $\vec{F}_f$  des forces de frottement.

$$\text{Soit } \sum \vec{F}_{ext} = \vec{G} + \vec{F}_f = m \times \vec{a}$$

Selon  $Ox$ , compte tenu des composantes des forces, on a :  $G_x - F_f = m \times a$

$$\text{Or, on sait que : } G_x = G \times \sin \alpha$$

Donc :

$$a = \frac{G_x - F_f}{m} = \frac{G \times \sin \alpha - F_f}{m} = \frac{G \times \sin \alpha - F_f}{g}$$

Soit, numériquement :

$$a = \frac{802 \times \sin 30^\circ - 20}{\frac{802}{10}} = 4,75 \text{ m/s}^2 \text{ (la réponse D)}$$

### 4 Toutes ces assertions sont correctes.

A. Vrai. La résultante des forces de frottement ( $\vec{F}_f$ ) et la force fournie par le moteur ( $\vec{F}$ ) ont la même direction mais de sens opposé.

**B. Vrai.**

Le véhicule est en MRUA sous l'action d'une force résultante ( $\vec{F}_{résultante}$ ) constante en intensité, direction et sens.

$$\text{Soit } \vec{F}_{résultante} = \sum \vec{F}_{ext} = \vec{F}_f + \vec{F} + \vec{G} = m\vec{a}$$

Or, selon l'axe de déplacement, les seules forces appliquées sont  $\vec{F}_f$  et  $\vec{F}$

$$\text{D'où, } F - F_f = m \times a$$

Donc, si la résultante des forces de frottement  $F_f$  et l'accélération  $a$  sont constantes, la force fournie par le moteur est constante aussi. **L'affirmation B est correcte.**

**C. Vrai.**

L'intensité de la force de frottement est :  $F_f = \mu_s \times N$  avec  $\mu_s = 0,05$  (coefficient de frottement statique) et  $N = G = mg$

Application numérique :

$$F_f = 0,05 \times 2\,000 \times 10 = 1\,000 \text{ N} \quad (\text{L'affirmation C est correcte})$$

**D. Vrai.**

• Calcul de l'accélération :

Le véhicule de 2 000 kg démarre sur une route horizontale et parcourt 500 m en 20 s.

Il vient donc : à  $t_0 = 0$  s,  $v_0 = 0$  m/s et à  $t = 20$  s,  $\Delta x = 500$  m

Il s'agit d'un mouvement rectiligne uniformément accéléré :

$$\Delta x = \frac{1}{2} \times a \times t^2 + v_0 \times t$$

$$500 = \frac{1}{2} \times a \times (20)^2 + 0 \times 20 \Rightarrow$$

$$a = \frac{1\,000}{400} = 2,5 \text{ m/s}^2$$

•  $F_f = 1\,000$  N (voir C.)

• Calcul de l'intensité de la force demandée au moteur

Soit l'équation :  $F - F_f = m \times a$

On en tire :  $F = F_f + m \times a$

Soit, numériquement :

$$F = 1\,000 + 2\,000 \times 2,5 = 6\,000 \text{ N} \\ (6\,000 \text{ N} > 5\,700 \text{ N})$$

**La proposition D est correcte.**

**5**

**A. Faux,** car sa vitesse n'est augmentée que si l'intensité de la résistance de l'air est inférieure à celle de la force d'attraction terrestre.

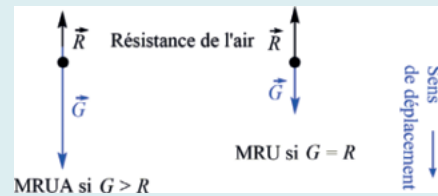
**B. Faux,** car la vitesse ne peut être constante que si l'intensité de la résistance totale de l'air est égale à celle de la force d'attraction terrestre.

**C. Vrai.** Si la résultante des deux forces subies par le parachutiste est nulle, son mouvement sera rectiligne uniforme et le parachutiste descend à une vitesse

constante. Cela n'est possible que si l'intensité de la résistance de l'air est égale à celle de la force d'attraction terrestre :

Justifications détaillées pour A, B et C :

Le parachutiste est soumis à deux forces de même direction et de sens opposé.



- Si leur résultante ( $\vec{G} + \vec{R}$ ) est constante en intensité et en direction et de même sens que  $\vec{G}$ , le parachutiste exécute un mouvement rectiligne uniformément accéléré :

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{G} + \vec{R} = m \times \vec{a}$$

$$G - R = m \times a = Cte$$

Dans ce cas, l'intensité de la force d'attraction gravitationnelle est supérieure à celle de la résistance totale d'air.

- Si la résultante est nulle, le parachutiste exécute un mouvement rectiligne uniforme, car :

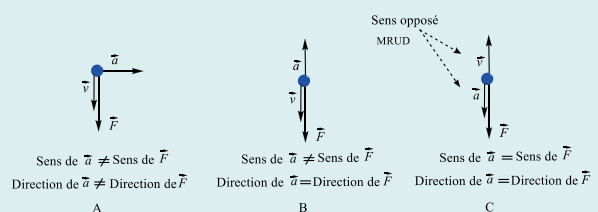
$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{G} + \vec{R} = \vec{0}$$

$$G - R = 0 \Leftrightarrow G = R$$

et la vitesse est constante car l'accélération est nulle. On appelle cette vitesse : la vitesse terminale.

**D. Faux**

Si  $\vec{F}$  est la seule force extérieure exercée sur le corps, la direction et le sens de celle-ci doivent être les mêmes que ceux du vecteur accélération. Cette condition n'est pas respectée dans les cas A et B.



Pour le cas C, la direction et le sens de  $\vec{F}$  sont les mêmes que ceux du vecteur accélération  $\vec{a}$ .

Or, le sens de  $\vec{v}$  est contraire à celui de  $\vec{a}$ .

Donc, le corps peut subir un mouvement rectiligne mais uniformément décéléré (pas un MRUA !)

**Par conséquent, aucun des trois cas ne convient.**

**E. Faux,** car il y a deux cas où le mouvement est impossible à réaliser. Il s'agit des cas A et B.

Dans le cas A,  $\vec{F}$  et  $\vec{a}$  n'ont pas la même direction ni le même sens.

Dans le cas B,  $\vec{F}$  et  $\vec{a}$  n'ont pas le même sens.

Le cas C est possible, il s'agit d'un mouvement retardé ( $\cos \alpha < 0$ ,  $\alpha$  étant l'angle entre  $\vec{a}$  et  $\vec{v}$ ).

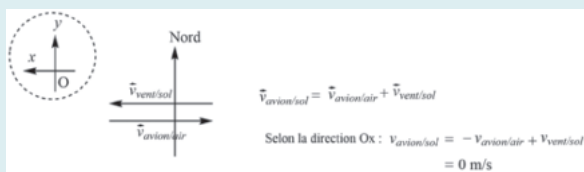


**F. Vrai.**

Si un solide de masse  $m$  en MRUA est soumis à deux forces  $\vec{F}$  et  $\vec{F}'$ , l'accélération s'exerce dans la direction et le sens du vecteur résultant de ces deux forces. En outre, ce vecteur résultant est constant et d'intensité égale à  $m \times a$ .

**6 Réponses A, C et D.**

**A. Vrai.** Le vecteur vitesse de l'avion par rapport au sol est un vecteur nul si les vecteurs  $\vec{v}_{vent}$  (vitesse de l'air par rapport au sol) et  $\vec{v}_{avion}$  (vitesse de l'avion par rapport à l'air) ont la même norme, la même direction et des sens opposés.



**B. Faux,** car les sens des deux vitesses sont opposés (ne sont pas les mêmes). Deux vecteurs sont identiques si et seulement si la norme, la direction et le sens sont les mêmes.

**C. Vrai,** voir les explications détaillées en A.

**D. Vrai,** sinon l'avion va se déplacer horizontalement par rapport au sol.

**7 Réponses B, D et F.**

**A. Vrai,** car la vitesse tangentielle est constante.

**B. Faux,** car  $\vec{v} \perp \vec{F}_c$ . C'est  $\vec{a}_c$  qui a la même direction et le même sens que le vecteur  $\vec{F}_c$ .

**D. Faux,** car

$$a_c = \frac{v^2}{R} = \frac{\omega^2 \times R^2}{R} = \frac{(2\pi)^2 \times R^2}{T^2 \times R} = \frac{4\pi^2 \times R}{T^2} = \left(8\pi \times \sqrt{R}\right)^2 \left(\frac{1}{4}\right)^2$$

avec  $T = 0,25 \text{ s} = \frac{1}{4} \text{ s}$ .

**F. Faux,** car pour doubler la norme de la vitesse tangentielle de l'objet A, il faut quadrupler l'intensité de la force centripète ( $F_c = m_A \times \frac{v^2}{R}$ ).

**8**

**A. Vrai,** car le rayon au point O est nul ( $v_O = \omega \times 0 = 0 \text{ m/s}$ ).

**B. Faux,** car toutes les parties du disque ont la même vitesse angulaire.

**C. Faux.**

**D. Vrai,** car  $v_A = \frac{2\pi}{T} \times \frac{R}{4} = \frac{2\pi}{2} \times \frac{R}{4} = \frac{\pi}{4} \times R$ , avec

$T = 2 \text{ s} = \frac{1 \text{ tour} \times 60 \text{ s}}{30 \text{ tours}}$  (temps nécessaire pour faire un tour).

**E. Vrai,** car  $\frac{v_A \times v_C}{v_B^2} = \frac{\left(\omega \times \frac{R}{4}\right) \times (\omega \times R)}{\left(\omega \times \frac{R}{2}\right)^2} = 1$ .

**9**

**A. Faux.** La force de frottement ne dépend pas de la surface de contact étant donné que la masse est la même et la nature des deux surfaces de contact (corps-piste) ne changent pas d'un cas à l'autre. Avoir une plus grande surface (comme dans le cas C) ne peut qu'étaler le poids sur celle-ci, mais ne change en rien la force résultante des forces de frottement.

**B. Vrai.** Voir les explications qui sont données en A.

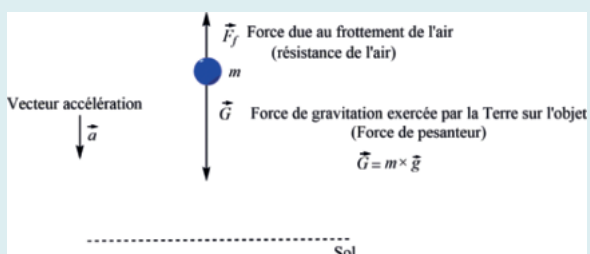
**C. Faux,** car la force de frottement ne dépend pas de la variation de vitesse. Une petite différence d'intensité pourrait être enregistrée uniquement si le mobile démarre à vitesse nulle. Dans notre cas, comme indiqué dans l'énoncé, les trois mobiles sont déjà en mouvement.

**D. Faux,** car la distance de freinage n'est pas affectée par la surface de contact des trois mobiles. Dès lors, la distance parcourue durant le freinage sera la même dans les trois cas.

**10 Réponse C.**

**A. Vrai.** Pour chaque ballon, en présence du frottement de l'air, on obtient, dans le sens du mouvement l'équation suivante :

$$G - F_f = ma$$



$$a = \frac{G - F_f}{m} = \frac{mg - F_f}{m}$$

Au fur et à mesure que les trois ballons chutent de plus en plus vite dans l'air, la résistance de l'air augmente ( $F_f \nearrow$ ), ce qui réduit la force résultante exercée sur les ballons dont les masses sont faibles ( $(mg - F_f) \searrow$ ). On

en déduit donc que l'accélération diminue :

$$a \searrow = \frac{(G - F_f) \searrow}{m}$$

**B. Vrai**, car si  $mg = F_f$ , alors

$$a = \frac{G - F_f}{m} = \frac{mg - F_f}{m} = 0 \text{ m/s}^2.$$

**C. Faux**, car en cas de résistance d'air, l'accélération est toujours inférieure à  $g$ . Dans ce cas, on dit que la chute est non-libre. L'accélération maximale due à la gravité est  $g$ .

**D. Vrai**, car la résistance de l'air augmente si la vitesse du ballon augmente pendant qu'il tombe dans l'air. L'intensité de la résistance de l'air est maximale ou devient constante lorsqu'elle est égale à l'intensité de la force d'attraction gravitationnelle exercée par la Terre sur le ballon.

**E. Vrai**, car pour une même intensité de résistance

d'air, on a :  $a = \frac{G - F_f}{m} = \frac{mg - F_f}{m} = g - \frac{F_f}{m}$ .

Si  $m_A < m_B < m_C$ , alors  $\frac{F_f}{m_A} > \frac{F_f}{m_B} > \frac{F_f}{m_C}$  ou  $-\frac{F_f}{m_A} < -\frac{F_f}{m_B} < -\frac{F_f}{m_C}$ .

On en déduit que :  $g - \frac{F_f}{m_A} < g - \frac{F_f}{m_B} < g - \frac{F_f}{m_C}$  ou

$a_A < a_B < a_C$ . Par ordre décroissant :  $a_C > a_B > a_A$ .

**11 Réponse B.**

Les deux forces action-réaction participent de manière équivalente à une même interaction. Les deux vecteurs forces ont la même intensité, la même direction mais des sens opposés.

**12 Réponse A.**

$$a_{\text{feuille}} = \frac{v_f - v_0}{t_f - t_0} = \frac{30 - 0}{0,06 - 0} = 500 \text{ m/s}^2$$

$$\Rightarrow F_{\text{élève/feuille}} = F_{\text{feuille/élève}} = m_{\text{feuille}} \times a_{\text{feuille}}$$

### Application numérique :

$$F_{\text{feuille}/\text{élève}} = 0,005 \times 500 = 2,5 \text{ N.}$$

## 13

**A. Faux**, car les forces d'action-réaction ont la même intensité.

**B. Faux**, car les sens des deux vecteurs sont opposés.

**C. Vrai.**

**D. Vrai.** Les intensités des forces aux extrémités de la corde que l'un exerce sur l'autre sont identiques. C'est la force exercée sur le sol qui est à l'origine du déplacement de Rida vers son ami William. Dans ce cas, la force que William exerce sur le sol est plus importante que celle exercée par son ami à son tour sur le sol.

**14 Réponse D.**

**A. Vrai.** Les deux forces action-réaction participent de manière équivalente à une même interaction. L'existence de l'une dépend toujours de l'autre. Ces deux forces sont appelées force d'action et force de réaction. Les intensités de ces deux forces sont les mêmes, mais elles agissent dans deux sens opposés (même direction).

**B. Vrai**, car toute accélération est provoquée par une force. Il y a donc bel et bien un vecteur accélération de la monoroue  $\vec{a}_{monoroue}$  orientée vers l'avant et un autre du sol  $\vec{a}_{sol}$  vers l'arrière (par rapport au sens du mouvement).

**C. Vrai.** Voir les explications en A.

**D. Faux.** On admet que l'intensité de la force  $F$  est égale à la fois à celle de la force de réaction du sol et d'action de la monoroue électrique. Par contre, les accélérations ne sont surtout pas les mêmes, leurs grandeurs sont déterminées par les rapports suivants :

$$a_{monoroue} = \frac{F}{m_{monoroue}} \quad \text{et} \quad a_{sol} = \frac{F}{m_{sol}}$$

Donc, c'est bien le corps le plus léger qui subit une accélération supérieure et non pas l'objet le plus lourd. Par exemple, si la masse de la monoroue-personne est 80 kg et la masse du sol est égale à la masse de la Terre, soit  $5,972 \times 10^{24}$  kg, les normes des accélérations sont :

[illegible]



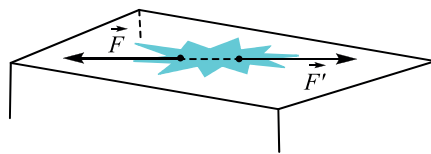
# Statique

## DÉFINITION

La **statique** étudie les forces qui s'exercent sur un objet en équilibre ou au repos (par ex. : étude des leviers).

### 1 Équilibre de translation d'un solide

Soit A un solide indéformable posé sur une table horizontale et soumis à l'action de deux forces  $\vec{F}$  et  $\vec{F}'$ . On dit qu'il est maintenu en équilibre de translation lorsque ces deux forces ont la même direction, la même intensité et qu'elles s'exercent en sens opposé.



**FIGURE 1 :** Solide en équilibre sous l'action de deux forces dont la résultante est équivalente à une force nulle.

Le solide est mis sur une table horizontale afin de ne pas devoir tenir compte de la force d'attraction terrestre.

On peut déplacer le point d'application de ces deux forces le long de leur ligne d'action sans modifier l'équilibre du système.

Un système soumis à plusieurs forces n'est en équilibre que si la résultante de ces forces est nulle.

### 2 Principe d'action et de réaction

Si un corps A exerce une force  $\vec{F}$  (action) sur un autre corps B, simultanément B exerce une force  $\vec{F}'$  (réaction) d'égale intensité, de même direction et de sens opposé.

Pour plus de détails, veuillez voir le point 3 dans la partie Dynamique (Fiche 2).

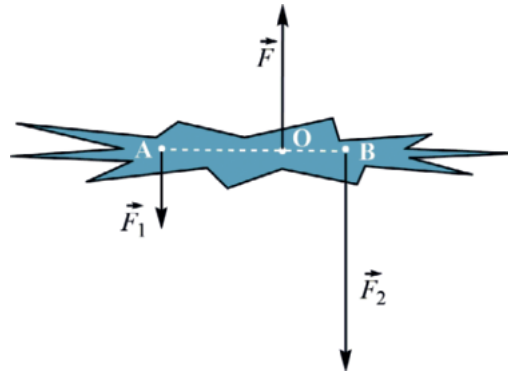
### 3 Équilibre d'un solide soumis à des forces parallèles

Soit S un solide indéformable posé sur une table horizontale et soumis à l'action de deux forces parallèles et de même sens  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$ . Le solide n'est en équilibre que si on lui applique une troisième force  $\vec{F}$  dont les caractéristiques sont :

- Les trois forces  $\vec{F}$ ,  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  sont coplanaires (situées dans le même plan)
- L'intensité :  $F_1 + F_2 = F$

- Le point d'application est le point O situé sur la droite (AB) (ligne d'action), tel que :

$$F_1 \times \overline{AO} = F_2 \times \overline{BO}$$



**FIGURE 2 :** Solide en équilibre ( $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ )

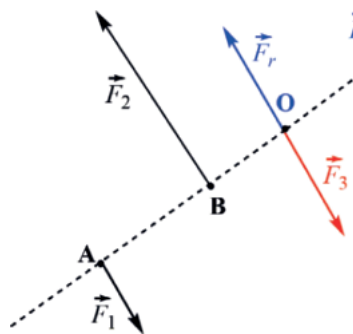


### REMARQUE

$\vec{F}$  a la même intensité que la force résultante des deux forces parallèles  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  mais elle s'exerce en sens contraire par rapport à celle-ci.

La position O reste invariable si les forces changent de direction, tout en restant parallèles, ou si leurs intensités sont modifiées dans le même rapport.

En général, la règle  $F_1 \times AO = F_2 \times BO$  reste toujours d'application pour déterminer le point d'application de la résultante même si les deux forces (parallèles) sont de sens opposé.



$\vec{F}_r$ , la résultante de deux forces parallèles et de sens contraire est :

- de même sens que la force la plus grande
- d'intensité égale à  $F_2 - F_1$
- point d'application (O) du côté de la plus grande force

**FIGURE 3**

Pour rendre le système à l'équilibre, il suffit d'appliquer au point O une force  $\vec{F}_3$  de même intensité que  $\vec{F}_r$  mais de sens opposé.



### REMARQUE

Pour un système soumis à plusieurs forces parallèles  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$ , on associe d'abord deux forces quelconques pour déterminer la position  $O_1$ . La résultante est associée avec une troisième force pour déterminer  $O_2$ . On opère de même sur celle-ci et ainsi de suite jusqu'à la détermination de la position du point d'application de la résultante globale.

## 4 Centre de gravité d'un corps

Un corps est un assemblage de petites particules ponctuelles. Chacune d'elle est soumise à l'action de la force d'attraction terrestre. Par conséquent, ce corps est soumis à plusieurs forces verticales dirigées vers le centre de la Terre.

Comme expliqué ci-avant dans la remarque, on associe d'abord deux forces parallèles quelconques pour déterminer la position  $O_1$  où naît la résultante  $\vec{R}_1$ . La résultante est associée avec une troisième force  $\vec{F}_3$  pour déterminer  $O_2$ . On opère de même sur celle-ci et ainsi de suite jusqu'à la détermination de la toute dernière position qui est appelée le centre de gravité, **G**. La résultante totale est la force de gravitation exercée par la Terre sur le corps qui s'applique au point **G**.

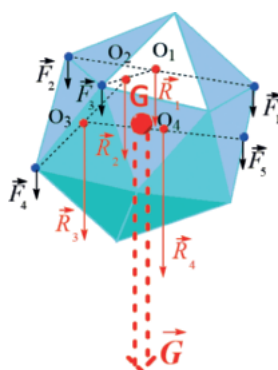


FIGURE 4

La ligne d'action de la force de gravitation passe toujours par **G** (point fixe) quelle que soit l'orientation du solide. Le solide n'est donc pas en équilibre.

Il existe une méthode pratique pour déterminer le centre de gravité d'un solide présentant une épaisseur négligeable (plaque mince ou une feuille d'un arbre, par ex.). Nous suspendons l'objet, et ensuite nous traçons une ligne droite verticale passant par le point de suspension. Nous répétons la même opération mais cette fois-ci avec un autre point de suspension. Le centre de gravité correspond au point d'intersection des deux lignes tracées.



### REMARQUE

Le centre de gravité d'une surface triangulaire est le point d'intersection de ses médianes.

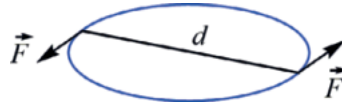
Le centre de gravité d'un cube est son centre.

Le centre de gravité d'un cylindre est le milieu du segment qui joint les centres des deux bases.

Le centre de gravité d'un solide est situé au niveau de son centre, s'il est symétrique et constitué d'une matière homogène.

## 5 Moment de force

Lorsqu'un système est soumis à deux forces parallèles de même intensité et de sens opposé, un mouvement de rotation a lieu autour de l'axe qui est perpendiculaire au plan formé par les deux forces.



**FIGURE 5 :** Système soumis à un couple de forces

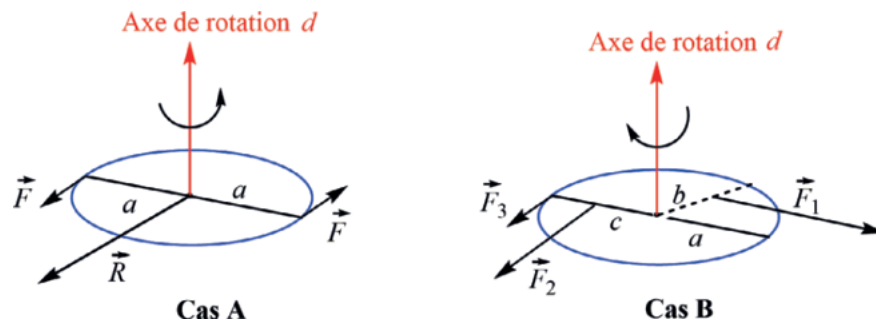
On note que le moment de force associé à ce couple de forces est égal à  $F \times d$  (N m).  
Le solide tourne jusqu'à l'équilibre. Ce dernier a lieu lorsque les deux forces s'opposent directement comme le montre la figure 6 suivante :



**FIGURE 6**

Faire tourner un objet au repos ou modifier la vitesse d'un corps en mouvement nécessite l'application d'un moment de force.

Le moment d'une force est le produit de l'intensité de la force responsable du mouvement de rotation par la mesure de la distance du bras de levier (qui fournit l'effet de levier). Le bras de levier est la distance la plus courte entre l'axe de rotation et la ligne d'action de la force appliquée.



**FIGURE 7**

$$M_d(\vec{F}) = F \times a \text{ (N m)}$$

$$M_d(\vec{R}) = R \times 0 \text{ (N m)}$$

$$M_d(\vec{F}_1) = F_1 \times b \text{ (N m)}$$

$$M_d(\vec{F}_2) = -F_2 \times c \text{ (N m)}$$

Ensuite, on peut supposer par exemple que :

- si une force fait tourner un solide dans le sens des aiguilles d'une montre, son moment est positif, et
- si une force le fait tourner dans le sens contraire des aiguilles d'une montre, son moment est négatif.

Un solide est en équilibre si la somme des moments de toutes les forces qui s'y appliquent est nulle.

Pour le cas B, par exemple, le système est en équilibre si :  $F_1 \times b - F_2 \times c - F_3 \times a = 0$

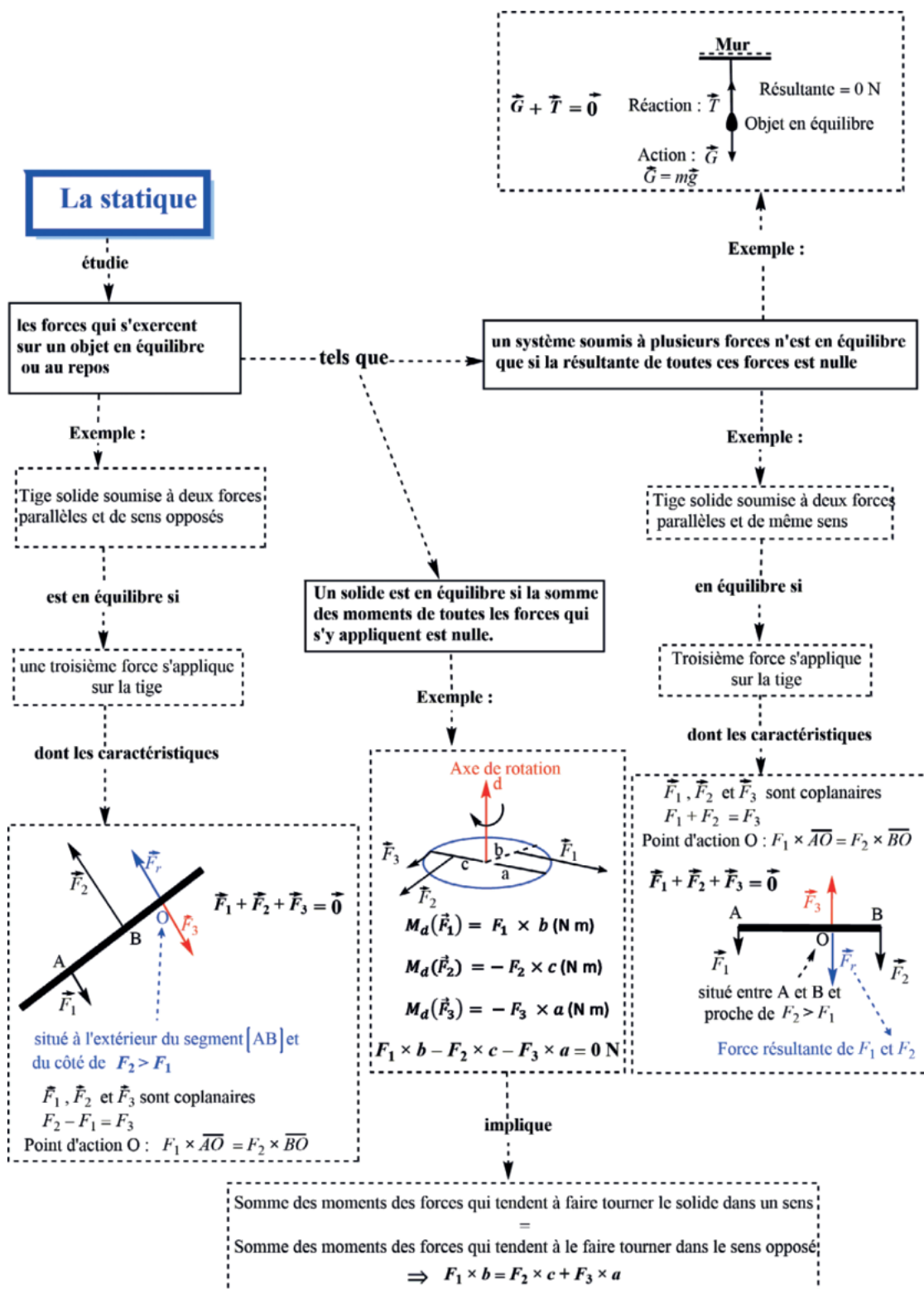
On obtient :  $F_1 \times b = F_2 \times c + F_3 \times a$

On en conclut qu'autour d'un axe fixe, si le solide est en équilibre, la somme des intensités des moments de forces qui tendent à le faire tourner dans un sens est égale à celle des intensités des moments des forces qui tendent à le mettre en rotation dans le sens opposé.

**REMARQUE**

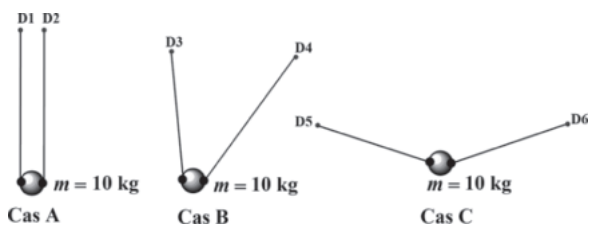
À l'équilibre mécanique,

- l'accélération que subit la masse du corps est nulle,
- la somme des forces agissant sur le corps est nulle et
- la somme des moments de forces qui font tourner l'objet par rapport à un axe de rotation est égale à zéro.



# Statique

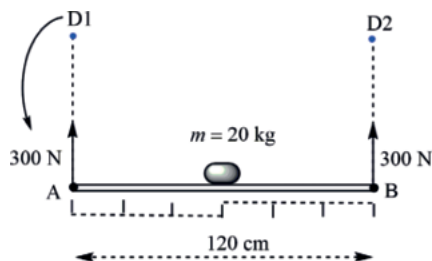
**1** On considère un objet solide de masse  $m$  suspendu en deux points. Comme le schéma ci-dessous le montre, les fils sont uniformément répartis entre eux uniquement dans les cas A et C (système symétrique). On néglige la force d'attraction terrestre exercée sur les fils et on suppose que la masse de l'objet est égale à 10 kg et  $g = 10 \text{ N/kg}$ .



Les 3 systèmes sont en équilibre et les dynamomètres D1 à D6 mesurent les intensités des forces auxquelles ils sont soumis au niveau de chacun des fils. Parmi les propositions suivantes, indiquer la bonne réponse.

- ☐ A. Dans le cas A, les deux dynamomètres indiquent la même intensité, soit 100 N.
- ☐ B. Le dynamomètre D3 affiche une intensité de la force à laquelle il est soumis inférieure à celle indiquée par D4.
- ☐ C. La somme des intensités des forces mesurées par les deux dynamomètres est la même dans chacun des cas.
- ☐ D. L'intensité de la force indiquée par D5 est inférieure à celle affichée par D1.

**2** Soit un système en équilibre suivant :



Il s'agit d'une plaque solide de 120 cm suspendue par deux tiges métalliques (solides) situées à ses deux extrémités. L'objet de masse 20 kg est placé au milieu de la plaque. Les deux dynamomètres D1 et D2

indiquent chacun la même intensité, soit 300 N. On suppose que  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

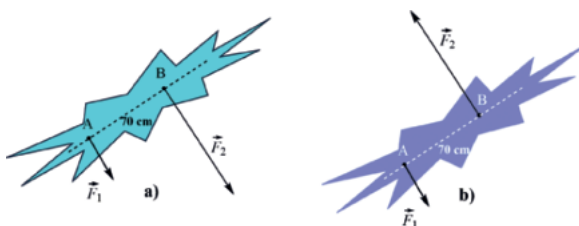
Parmi les propositions suivantes, indiquer la(les) bonne(s) réponse(s).

- ☐ A. La masse de la plaque vaut 300 kg.
- ☐ B. Si le dynamomètre D1 indique 200 N lorsque l'objet est déplacé à droite, le D2 indiquera 400 N. On suppose que le système reste toujours en équilibre.
- ☐ C. L'intensité totale de la force de gravitation exercée par la Terre sur l'ensemble (objet + plaque + tiges) est égale à 300 N.
- ☐ D. Dans le cas où le système reste toujours en équilibre, si l'intensité mesurée par D1 augmente alors celle mesurée par D2 diminue.

**3** On dispose d'un solide plan auquel deux forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  parallèles sont appliquées en deux points A et B distants de 70 cm. L'intensité de  $\vec{F}_1$  est 1 N et celle de  $\vec{F}_2$  est 2,5 N.

Les deux forces ont le même sens dans le cas a) et s'exercent en sens contraires dans le cas b).

On suppose que le solide est indéformable et composé d'une matière homogène.

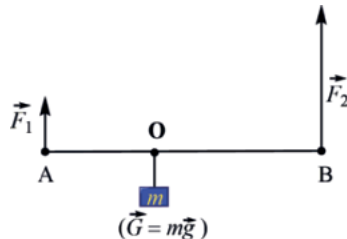


Parmi les propositions suivantes, indiquer celle qui n'est pas correcte.

- ☐ A. Dans les cas a) et b), la résultante est parallèle aux forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$ .
- ☐ B. L'intensité de la résultante dans le cas b) est égale à 1,5 N.
- ☐ C. La position de l'action (point d'application) de la résultante dans le cas a) est située entre les points A et B, à 20 cm de B.
- ☐ D. La résultante dans le cas b) s'applique à une distance supérieure à 0,45 m du côté du point A, extérieur au segment [AB].
- ☐ E. L'intensité de la résultante des deux forces dans le cas a) est supérieure à celle dans le cas b).

**4** Soit une tige horizontale rigide de masse négligeable à laquelle deux forces parallèles de même sens sont appliquées à ses extrémités A et B distantes de 100 cm.

L'intensité de  $\vec{F}_1$  est 1 N et l'intensité de  $\vec{F}_2$  est égale à 2,5 N. Pour que la tige puisse rester en position horizontale (en équilibre), un objet de masse  $m$  avait été suspendu en un point O de la tige.

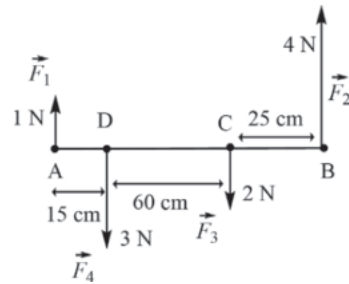


La constante de pesanteur est supposée égale à  $10 \text{ m/s}^2$ . Parmi les propositions suivantes, indiquer celle(s) qui est(sont) correcte(s).

- ☐ A. La masse de l'objet suspendu est égale à 35 g.
- ☐ B. Le rapport  $\frac{OA}{OB} = 2,5$ .
- ☐ C. La somme des moments des forces par rapport à l'axe passant par O est nulle.
- ☐ D. La somme des moments des forces par rapport à l'axe passant par O est égale à  $E_2 \times \overline{BO} - F_1 \times \overline{AO} + G \times 0 > 0$ .
- ☐ E. L'axe d'action de la résultante des deux forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  est le même que celui de  $\vec{G}$ .

**5** Répondre par **Vrai** ou **Faux** aux assertions suivantes.

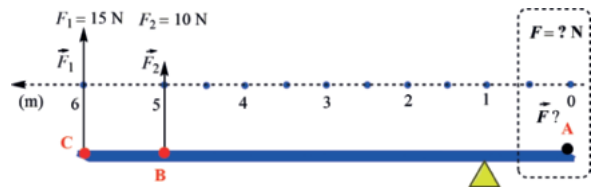
- A. Lorsqu'un système est en équilibre, la somme vectorielle des forces qui s'exercent sur ce système et la somme des moments qui le font tourner sont nulles.  
☐ V ☐ F
- B. Soit une tige horizontale rigide de masse négligeable à laquelle deux forces ( $F_A = 10 \text{ N}$ ,  $F_B = 20 \text{ N}$ ) parallèles et de même sens sont appliquées à ses extrémités A et B distantes de 60 cm. Le centre de masse est à 20 cm de  $\vec{F}_B$ .  
☐ V ☐ F
- C. La tige horizontale rigide, ci-après, de masse négligeable est soumise aux quatre forces qui peuvent être réduites à un couple de forces de même intensité tendant à la faire tourner dans le sens contraire des aiguilles d'une montre. L'intensité du moment de ce couple vaut 205 N m.  
☐ V ☐ F



D. Le travail effectué par une force correspond également au moment associé à cette force, étant donné que leurs unités sont les mêmes, soit  $\text{N} \times \text{m}$ .

☐ V ☐ F

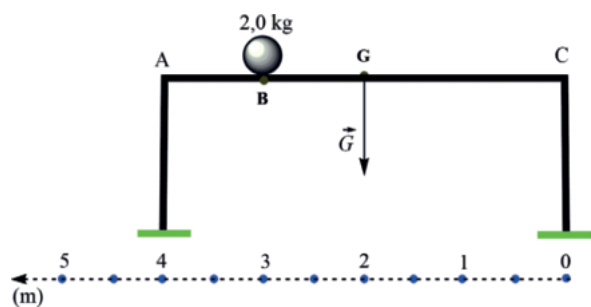
E. On dispose d'un levier (tige solide) à deux bras, de masse 5 kg, répartie d'une façon homogène, reposant sur un pivot placé à 1 m de son extrémité droite. En plus de la force d'attraction terrestre, trois forces sont exercées sur ce levier pour le mettre en équilibre, en position horizontale, comme le montre la figure suivante :



La force  $\vec{F}$  appliquée en A pour assurer l'équilibre est de même sens que  $\vec{F}_1$  et d'intensité 15 N. La constante de pesanteur est  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

☐ V ☐ F

F. On dispose d'une table de 4 kg, répartie d'une façon homogène, sur laquelle on dépose une masse de 2 kg (point B), comme le montre la figure suivante :



Quelle intensité de force sera supportée par chacun des deux pieds de cette table ? ( $g = 10 \text{ N/kg}$ )

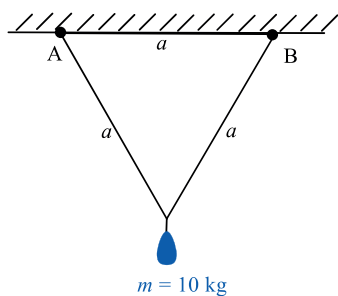
Le pied A peut supporter 25 N.

Le pied C peut supporter 35 N.

☐ V ☐ F

G. Un fil de masse négligeable fixé au mur en deux points A et B soutient un corps solide de masse 10 kg, comme le montre le schéma suivant :





L'intensité de la force exercée par le corps sur le pignon A est égale à 50 N.

☐ V ☐ F

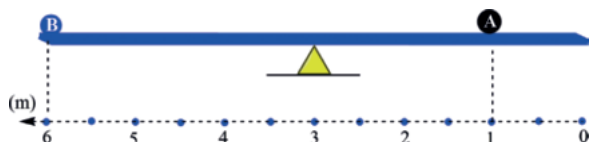
- H. L'intensité de la force de gravité qui s'applique sur un corps de masse  $m = 200$  g, si la constante de pesanteur est  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , vaut 200 N.

☐ V ☐ F

- I. La force de gravité qui s'applique sur un corps de masse  $m = 200$  g sur la Lune est six fois plus importante que sur Terre, si la constante de pesanteur sur la Lune est six fois plus faible que sur Terre.

☐ V ☐ F

**6** On dispose d'un levier (tige solide) à deux bras, de masse 50 kg, répartie d'une façon homogène, reposant sur un pivot placé au milieu. En plus de la force d'attraction terrestre agissant sur la tige, deux objets A et B sont placés sur ce levier. Le système est mis en équilibre, en position horizontale, comme le montre la figure suivante :



La constante de pesanteur est  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

Parmi les propositions suivantes, lesquelles sont **vraies**, lesquelles sont **fausses** et pourquoi ?

- A. Le moment de force produit par la force de gravitation exercée par la Terre sur l'objet A tend à créer une rotation de la tige dans le sens contraire des aiguilles d'une montre.

☐ V ☐ F

- B. Si le moment de force des deux objets sont les mêmes, le moment de force résultant est nul.

☐ V ☐ F

- C. Si le moment de force total est nul, alors la tige est en équilibre.

☐ V ☐ F

- D. D'après le schéma, l'intensité de la force de gravitation exercée par la Terre sur A devrait être égale à 1,5 fois plus grande que celle exercée sur B pour qu'aucune rotation n'ait lieu.

☐ V ☐ F

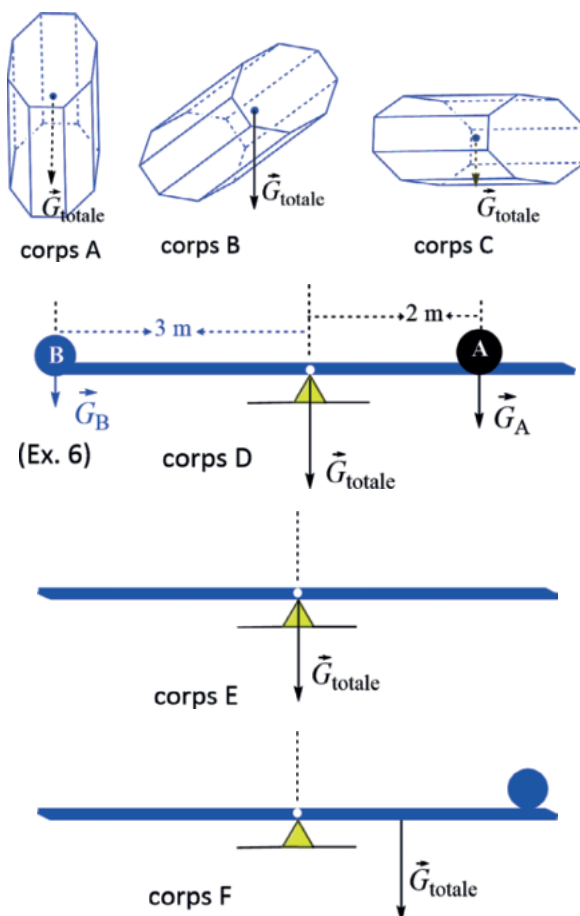
- E. Le moment de force produit par l'objet A diminue s'il s'éloigne du pivot (l'axe de rotation).

☐ V ☐ F

- F. À une distance fixe par rapport au pivot, le moment de force de A augmente avec sa masse.

☐ V ☐ F

**7** Lesquels des corps solides suivants sont en déséquilibre. Justifier votre réponse en vous basant sur l'exercice précédent (Ex. 6). La force d'attraction terrestre et la troisième loi de Newton pourraient vous aider à trouver un raisonnement logique simple.



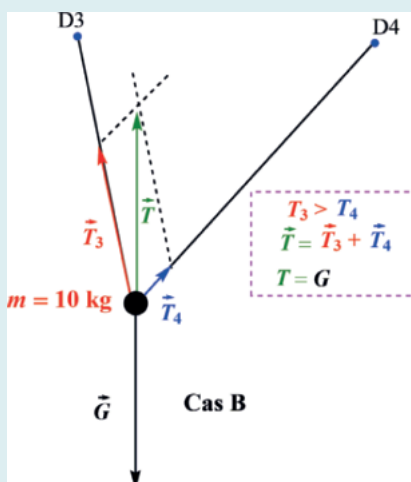
- ☐ A. Le corps A.  
☐ B. Le corps B.  
☐ C. Le corps C.  
☐ D. Le corps D.  
☐ E. Le corps E.  
☐ F. Le corps F.

## Statique

### 1 Réponse C.

**A. Faux.** Il est vrai que les deux dynamomètres indiquent la même intensité (N), mais chacun indique que la moitié de l'intensité de la force de gravitation exercée par la Terre sur l'objet, soit 50 N. L'intensité totale est égale à 100 N, il est donc impossible que les deux dynamomètres affichent le double de l'intensité de la force d'attraction terrestre agissant sur l'objet.

**B. Faux.** D'après le schéma, la plus grande partie de l'intensité de la force gravitationnelle agissant sur l'objet par la Terre est soutenue par le fil gauche moins incliné que celui de droite. Il suffit d'utiliser la règle du parallélogramme (schéma ci-dessous) pour voir clairement que l'intensité de la force  $\vec{T}_3$  mesurée par D3 de gauche est plus grande que celle mesurée par D4 ( $T_3 > T_4$ ).



**C. Vrai.** Étant donné que l'objet reste en suspension (en équilibre), la force d'attraction terrestre agissant sur l'objet est complètement soutenue par les deux fils. Par conséquent, quelle que soit l'inclinaison des fils, dans les trois cas, la somme des intensités mesurées par D1 et D2, par D3 et D4 ou par D5 et D6 est identique (100 N).

**Faux.** Dans les deux cas A et C, les deux fils sont symétriques. L'intensité mesurée par D1, D2, D5 et D6 vaut  $G/2 = 50$  N. Donc, l'intensité indiquée par D5 est identique à celle affichée par D1.

### 2 Réponses B et D.

**A. Faux.** La somme des deux intensités mesurées par les dynamomètres D1 et D2 est égale à  $G_{\text{totale}}$  du système ( $D1 + D2 = G(\text{objet}) + G(\text{plaques}) + G(\text{tiges})$ ), soit 600 N. De cela on peut conclure que l'intensité totale de la force d'attraction agissant sur tout le système est égale à 600 N et est appliquée au milieu de la plaque. L'intensité proposée qui est de 3 000 N ( $300 \text{ kg} \times 10 \text{ N/kg}$ ) dépasse largement l'intensité maximale que l'on peut mesurer.

**B. Vrai,** car l'intensité totale de la force d'attraction terrestre ne change pas. Il faut donc que D2 affiche 400 N pour que la somme des deux intensités soit toujours égale à 600 N.

**C. Faux,** voir les réponses en A et B.

**D. Vrai.** Le système est maintenu à l'équilibre ( $\sum \vec{F} = \vec{0}$ ) : la somme des forces pointant vers le haut est égale à la somme des forces pointant vers le bas. Le déplacement de l'objet d'un côté fait augmenter l'intensité du dynamomètre situé sur ce côté sans que  $\sum \vec{F} = \vec{0}$  soit modifiée. De ce fait, si l'intensité affichée sur D1 augmente d'une valeur  $x$  N, celle indiquée par D2 va diminuer de  $x$  N.

### 3 à 7



Solutions des exercices 3 à 7  
disponibles sur  
[www.lienmini.fr/31907-phys3](http://www.lienmini.fr/31907-phys3)

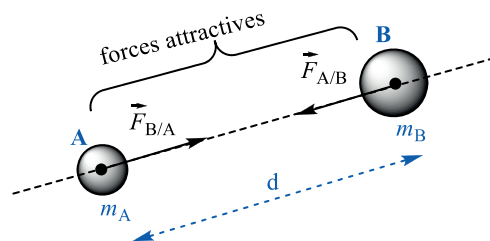


# Loi de la gravitation universelle

## LOI DE LA GRAVITATION UNIVERSELLE

Deux corps **A** et **B** de masses  $m_A$  et  $m_B$  exercent l'un sur l'autre deux forces dont les caractéristiques sont :

- attractives
- de sens opposés
- dirigées suivant la droite (AB)
- d'intensités égales



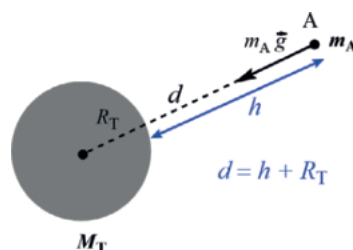
Ces deux forces sont proportionnelles aux masses et inversement proportionnelles au carré de la distance qui sépare les centres de symétrie de ces deux solides :

On note :

$F_{A/B} = \mathcal{G} \times \frac{m_A \times m_B}{d^2}$ , l'intensité de la force exercée par **A** sur **B**, qui est égale à l'intensité de la force exercée par **B** sur **A**,  $F_{B/A}$ .

$\mathcal{G}$  (constante de gravitation universelle) =  $6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2$ , les masses étant exprimées en kg,  $d$  en m et les forces en N.

Si on admet l'approximation que l'intensité de la force de gravitation exercée par la Terre sur un corps de masse  $m$  correspond à  $mg$ , alors :



$$m_A \times g = F_{\text{Terre/A}} = \mathcal{G} \times \frac{M_T \times m_A}{d^2}, \text{ avec } d = (R_T + h)$$

On peut donc en déduire la variation de la constante de pesanteur  $g$  en fonction de l'altitude  $h$  :

$$g_h = \frac{\mathcal{G} \times M_T}{(R_T + h)^2}$$

Pour  $h = 0$  m (altitude zéro),  $g_0 = \frac{\mathcal{G} \times M_T}{R_T^2}$

### **Poids apparent**

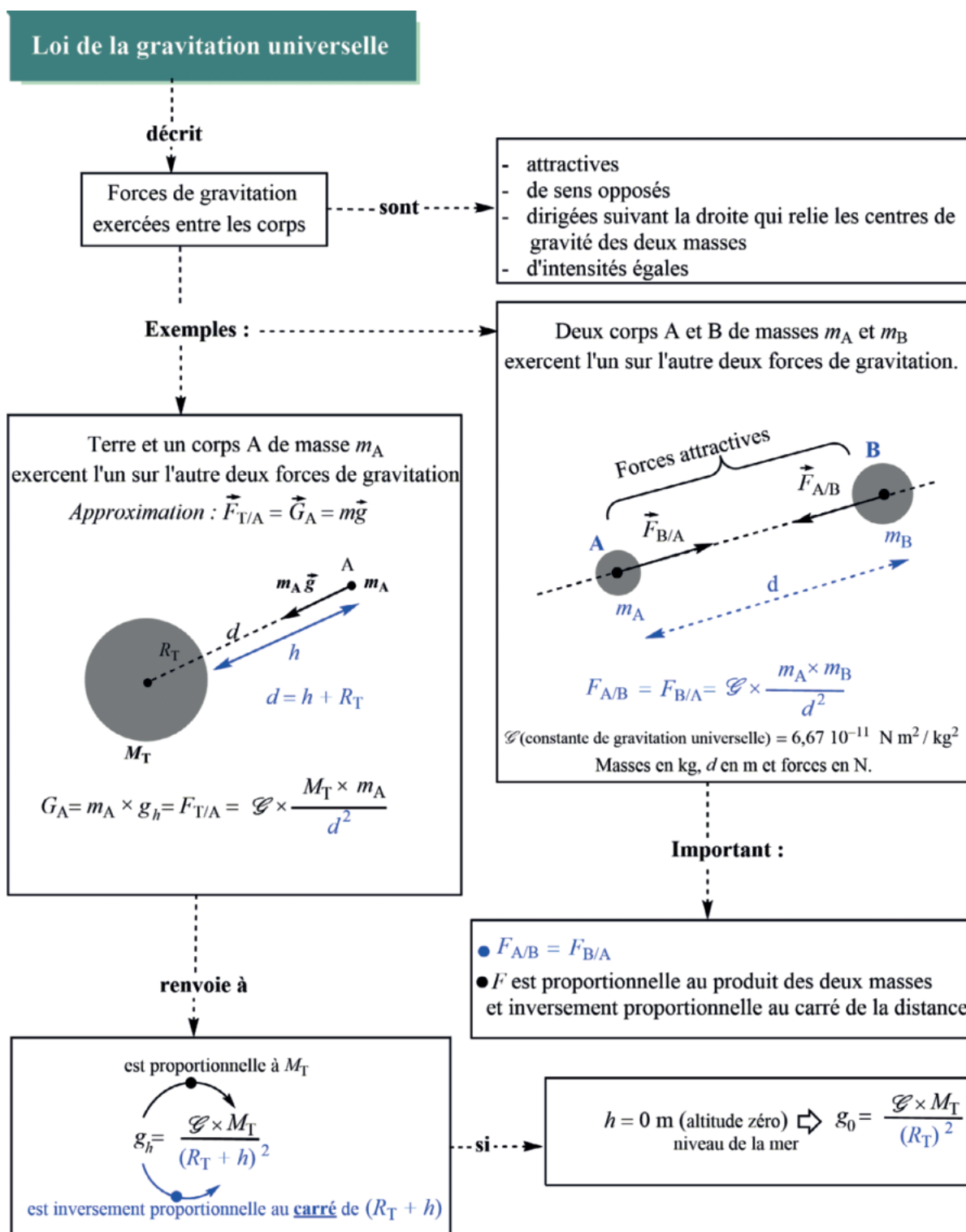
Le *poids apparent* d'un individu ne peut être ressenti que s'il est soutenu par un support solide (le sol, un plancher, une balance, etc.). La surface d'appui exerce sur l'individu une *force normale* dont l'intensité est égale à celle que l'individu exerce sur le support (3<sup>e</sup> loi de Newton). Sans être soutenu par un solide, le poids ne sera pas ressenti. Si vous êtes au-dessus d'une balance (placée horizontalement sur la surface de la Terre) que vous êtes au repos ou en MRU, votre poids affiché est égal à  $mg$  (force gravitationnelle due à l'attraction de la Terre). L'individu appuie sur la balance avec une force égale  $mg$ . Dans ce cas, le poids apparent est égal au poids normal :

$$N - mg = 0 \Leftrightarrow N = mg$$

Si vous êtes en MRUA dans un ascenseur vers le haut, la balance affichera une valeur supérieure à  $mg$ , car la balance est poussée vers le haut par une force normale d'intensité plus élevée que  $mg$  pour garantir un mouvement accéléré. Par conséquent, la compression du ressort de la balance sera plus importante que celle au repos ou en MRU.

Si vous êtes en MRUA dans un ascenseur vers le bas, la balance affichera une valeur inférieure à  $mg$ , car la balance est poussée par le plancher vers le haut (force normale) par une intensité plus faible que  $mg$ . Le MRUA vers le bas n'aura pas lieu si la force gravitationnelle due à l'attraction de la Terre ( $mg = \text{Cte}$ ) n'est pas plus grande que la force normale exercée par le plancher sur la balance et l'individu.

## Loi de la gravitation universelle



# Loi de la gravitation universelle

**1** La Terre se déplace sans arrêt à une vitesse de 30 000 m/s autour du Soleil. Pour les propositions suivantes, on ne prend pas en considération la vitesse de la rotation de la Terre sur elle-même. On suppose que les forces dues à la résistance de l'air sont négligeables.

Répondre par **Vrai** et **Faux**.

**A.** On peut toujours rattraper une pièce métallique lancée verticalement vers le haut même si le lancement a été réalisé à partir d'une voiture se déplaçant en MRU à grande vitesse.

☐ V ☐ F

**B.** En espace d'une seconde, deux objets tombés d'une hauteur  $h = 10$  m ne touchent jamais le sol au même point étant donné que durant une seconde chaque point sur Terre se déplace de 30 000 m.

☐ V ☐ F

**C.** Pour un objet en chute libre, la force gravitationnelle due à l'attraction de la Terre n'affecte jamais son mouvement horizontal.

☐ V ☐ F

**D.** Par rapport au Soleil, tous les objets autour de nous sont et resteront en mouvement tant qu'aucune force extérieure nette ne les déstabilise.

☐ V ☐ F

**2** Soient deux satellites **A** et **B** de masses identiques (800 kg) gravitant sur deux orbites circulaires autour de la Terre à l'altitude 1 520 km pour le satellite **A** et 800 km pour le satellite **B**.

On donne  $R_T = 6\,400$  km,  $M_T = 6,0 \times 10^{24}$  kg et  $\mathcal{G} = 6,67 \times 10^{-11}$  N m<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>.

On suppose que la Terre est une sphère.

Parmi les affirmations suivantes, indiquer celle(s) qui est(sont) correcte(s).

☐ **A.** La racine carrée du rapport  $\frac{F_{\text{Terre/A}}}{F_{\text{Terre/B}}}$  est supérieure à 1.

☐ **B.** Le carré du rapport  $\frac{F_{\text{Terre/B}}}{F_{\text{Terre/A}}}$  est une constante.

☐ **C.** La racine carrée du rapport  $\frac{F_{\text{Terre/B}}}{F_{\text{Terre/A}}}$  est inférieure à 1.

☐ **D.** La racine carrée du rapport  $\frac{F_{\text{Terre/B}}}{F_{\text{Terre/A}}}$  est égale à 11/10.

☐ **E.** L'intensité de la force d'attraction gravitationnelle exercée par la Terre sur **B** est supérieure à celle exercée sur **A**.

☐ **F.** L'intensité de la force d'attraction terrestre agissant sur le satellite **A** sera 4 fois plus grande que celle sur l'orbite à  $h = 1\,520$  km, si on réduit son altitude de moitié.

☐ **G.** L'intensité de la force d'attraction terrestre agissant sur le satellite **A** sera 4 fois plus petite que celle à  $h = 0$  km, si on double sa masse et augmente son altitude de 4 880 km.

☐ **H.** L'intensité de la force d'attraction gravitationnelle exercée par la Terre sur le satellite **B** est divisée par 2 par rapport à celle sur Terre, si on double sa masse et augmente son altitude de 5 600 km.

**3** Un satellite de télécommunication est mis sur orbite circulaire de centre **O** (centre de la Terre) autour de l'axe de rotation de la Terre. Le satellite assimilé à une masse ponctuelle tourne en MCU dans un plan contenant l'équateur et dans le même sens que la Terre. La période de révolution du satellite est exactement égale à celle de rotation de la Terre (**T**) autour de son axe.

Sachant que le mouvement du satellite est étudié dans un repère géocentrique, quelles sont les **assertions incorrectes** ?

On suppose que la Terre est sphérique,  $M_T$  = masse de la Terre,  $m_s$  = masse du satellite,  $h$  = altitude du satellite,  $R_T$  = rayon de la Terre,  $v_s$  = la vitesse du satellite et  $\omega_T$  = la vitesse angulaire de la Terre.

☐ **A.** Le satellite est géostationnaire.

☐ **B.** Le satellite tourne à la même vitesse angulaire qu'une maison située à l'équateur.

☐ **C.** Un observateur sur Terre voit le satellite immobile.

☐ **D.** Le satellite tourne à la même vitesse linéaire qu'une maison située à l'équateur.

☐ **E.**  $F_{\text{Terre/satellite}} = \mathcal{G} \times \frac{M_T \times m_s}{(R_T + h)^2} = m_s \times \frac{v_s^2}{h}$ , avec  $\mathcal{G}$  = constante de gravitation universelle.

☐ F.  $T^2 = \frac{4\pi^2 \times (R_T + h)^3}{\mathcal{G} \times M_T}$ , avec  $\mathcal{G}$  = constante de gravitation universelle.

☐ G. L'altitude du satellite est  $h = \sqrt[3]{\frac{T^2 \times \mathcal{G} \times M_T}{4 \times \pi^2}} - R_T$ .

**4** Attention, le poids apparent change avec le type de mouvement mais la force gravitationnelle due à l'attraction de la Terre ( $mg$ ) reste toujours la même si  $g$  est constante. Si vous n'avez pas compris cette phrase, je vous conseille vivement de relire la fiche avant de réaliser les exercices ci-dessous. Imaginez maintenant que vous êtes au rez-de-chaussée et vous prenez un ascenseur pour monter au troisième étage. Votre poids est :

- ☐ A. égal  $mg$  si l'ascenseur en MRUA.
- ☐ B. égal  $mg$  si l'ascenseur en MRU.
- ☐ C. inférieur à  $mg$  si l'ascenseur en MRUA.
- ☐ D. supérieur à  $mg$  si l'ascenseur en MRUA.

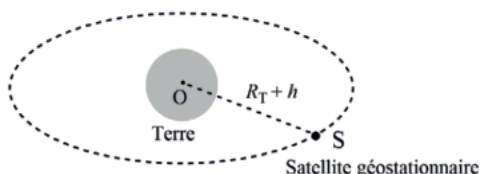
De ces quatre affirmations, laquelle(lesquelles) est(sont) correcte(s) ? Pourquoi ?

**5** Le poids n'est ressenti que lorsqu'il y a une force de soutien exercée par une surface d'appui. Attention, le poids apparent change mais la force gravitationnelle due à l'attraction de la Terre reste toujours la même si  $g$  est constante. Imaginez maintenant que vous êtes au troisième étage et vous prenez un ascenseur pour descendre au rez-de-chaussée. Votre poids mesuré sur une balance à l'intérieur de l'ascenseur est :

- ☐ A. égal  $mg$  si l'ascenseur en MRUA.
- ☐ B. nul si l'ascenseur est en chute libre.
- ☐ C. inférieur à  $mg$  si l'ascenseur en MRUA.
- ☐ D. supérieur à  $mg$  si l'ascenseur en MRUA.

De ces quatre affirmations, laquelle(lesquelles) est(sont) correcte(s) ? Pourquoi ?

**6** Un satellite est mis sur une orbite circulaire de centre O (centre de la Terre) autour de l'axe de rotation de la Terre. Le satellite tourne en MCU dans un plan contenant l'équateur et dans le même sens que la Terre. La période de révolution du satellite est exactement égale à celle de rotation de la Terre autour de son axe.



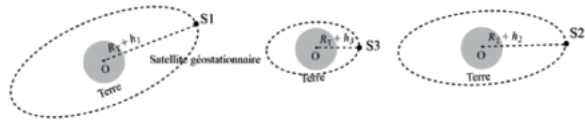
Sachant que le mouvement du satellite est étudié dans un repère géocentrique, quelles sont les **assertions correctes**.

- ☐ A. Le satellite possède une énergie cinétique.
- ☐ B. Le satellite possède en tout point de sa trajectoire circulaire (par rapport à la Terre) de l'énergie cinétique  $E_c$  et de l'énergie potentielle  $E_p$ .
- ☐ C. En tout point de l'orbite du satellite,  $E_p + E_c =$  constante.
- ☐ D. Aucune de ces trois assertions n'est correcte.

**7** Trois satellites géostationnaires sont mis sur orbites circulaires de centre O (centre de la Terre) autour de l'axe de rotation de la Terre. Les satellites tournent en MCU dans un plan contenant l'équateur et dans le même sens que la Terre. La période de révolution du satellite est exactement égale à celle de rotation de la Terre (T) autour de son axe.

On suppose que :

- le mouvement des satellites sont étudiés dans un repère géocentrique,
- la Terre est sphérique,  $M_T$  = masse de la Terre,  $m_s$  = masse du satellite,  $h$  = altitude du satellite,  $R_T$  = rayon de la Terre,  $v_s$  = la vitesse du satellite,  $\omega_T$  la vitesse angulaire de la Terre et  $\omega_s$  la vitesse angulaire du satellite.



**I.** Sachant que les altitudes des trois satellites sont  $h_1$ ,  $h_2$  et  $h_3$  tel que  $h_1 > h_2 > h_3$ , le classement des trois satellites par ordre décroissant de vitesse angulaire est :

- ☐ A.  $\omega_{S1} > \omega_{S2} > \omega_{S3}$
- ☐ B.  $\omega_{S3} > \omega_{S2} > \omega_{S1}$
- ☐ C.  $\omega_{S1} < \omega_{S3} < \omega_{S2}$
- ☐ D. Les vitesses angulaires des satellites sont les mêmes.

**II.** Sachant que les altitudes des trois satellites sont  $h_1$ ,  $h_2$  et  $h_3$  tel que  $h_1 > h_2 > h_3$ , le classement des trois satellites par ordre décroissant de vitesse linéaire est :

- ☐ A.  $v_{S1} > v_{S2} > v_{S3}$
- ☐ B.  $v_{S3} > v_{S2} > v_{S1}$
- ☐ C.  $v_{S1} < v_{S2} < v_{S3}$
- ☐ D. Les vitesses linéaires des satellites sont les mêmes.



## Loi de la gravitation universelle

1

**A. Vrai**, car la pièce a été lancée à une vitesse horizontale égale à celle du véhicule. La vitesse horizontale reste constante pendant que l'objet est en chute libre. Comme la voiture est en MRU, la pièce tombera au même endroit.

**B. Faux**, car la Terre, l'air et les deux objets se déplacent tous à 30 000 m/s autour du Soleil. Imaginez que la proposition était vraie, nous allons constater que si un objet A reste une seconde dans l'air alors un objet B sur le sol sera déjà propulsé à 30 km !!!!

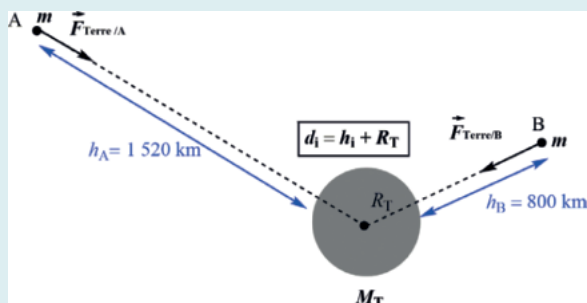
**C. Vrai**, car en chute libre, le mouvement horizontal est de type MRU, ce qui veut dire que la force nette (résultante) horizontale est nulle. La force gravitationnelle due à l'attraction de la Terre (direction = verticale) n'affecte que le mouvement vertical. Celui-ci est de type MRUA lorsque l'objet chute vers le bas et MRUD lorsque l'objet monte vers le haut.

**D. Vrai**, c'est l'inertie. Un objet en mouvement n'a pas besoin d'une force pour qu'il puisse conserver son mouvement. Cependant, le mouvement de l'objet ne peut varier ou être arrêté que s'il existe une force qui le déstabilise.

2 Réponses B, D, E et H.

**A. Faux B. Vrai C. Faux D. Vrai**

Voici un schéma représentant les forces de gravitation exercées par la Terre sur les deux satellites de masse  $m$  :



$$F_{\text{Terre}/A} = \mathcal{G} \times \frac{M_T \times m}{d_A^2}$$

avec  $d_A = (R_T + 1\,520)$  km

$$F_{\text{Terre}/B} = \mathcal{G} \times \frac{M_T \times m}{d_B^2}$$

avec  $d_B = (R_T + 800)$  km

Il vient donc :

$$\frac{F_{\text{Terre}/A}}{F_{\text{Terre}/B}} = \frac{\mathcal{G} \times \frac{M_T \times m}{d_A^2}}{\mathcal{G} \times \frac{M_T \times m}{d_B^2}} = \frac{d_B^2}{d_A^2} = \left( \frac{R_T + 800}{R_T + 1\,520} \right)^2$$

Avec,  $R_T = 6\,400$  km, on obtient  $\frac{F_{\text{Terre}/A}}{F_{\text{Terre}/B}} = \left( \frac{10}{11} \right)^2$

D'où, la racine carrée du rapport est égale à 10/11. Le rapport est inférieur à 1. **La proposition A n'est pas correcte.**

Le carré du rapport  $\frac{F_{\text{Terre}/B}}{F_{\text{Terre}/A}}$  est égal à  $\left( \frac{11}{10} \right)^4$  n'est une constante que si les gravitations sur les deux orbites ne changent pas de distance par rapport au centre de la Terre. **La proposition B est correcte.**

La racine carrée du rapport  $\frac{F_{\text{Terre}/B}}{F_{\text{Terre}/A}}$  est égale à  $\frac{11}{10}$ . **La proposition D est correcte.**

**E. Vrai.**

Si on suppose que l'intensité de la force de gravitation exercée par la Terre sur un corps de masse  $m$  correspond à  $mg$ , alors :

$$m_A \times g = F_{\text{Terre}/A} = \mathcal{G} \times \frac{M_T \times m_A}{d^2}$$

avec  $d = (R_T + h_A)$

$$m_B \times g = F_{\text{Terre}/B} = \mathcal{G} \times \frac{M_T \times m_B}{d^2}$$

avec  $d = (R_T + h_B)$

On peut donc en déduire la variation de la constante de pesanteur  $g$  en fonction de l'altitude  $h$  :

$$g_h = \frac{\mathcal{G} \times M_T}{(R_T + h)^2}$$

Or, on sait que :  $h_A > h_B$

Donc,  $g_A < g_B$

On en déduit que  $G_B > G_A$  ( $G_B$  ( $G_A$ ) = intensité de la force d'attraction gravitationnelle exercée par la Terre sur B (A))

**La proposition E est vraie.**



LA référence choisie  
par les étudiants

Ce livre vous permet de réviser **l'essentiel des matières scientifiques** du concours d'entrée en médecine et en dentisterie, grâce aux fiches de synthèse mais aussi d'évaluer **vos connaissances acquises et vos lacunes** devant être revues grâce aux nombreux **QCM**.

Il permet une préparation optimale pour la réussite du concours et couvre **en un seul volume** les branches réputées difficiles et sélectives (physique, chimie, mathématiques, biologie). Cette nouvelle édition propose des ajouts inédits et de nouveaux QCM, accompagnés de réponses détaillées, pour les parties de mathématiques, physique et chimie et une **mise à jour totale de la partie Biologie** : un texte largement remanié, des tableaux de synthèse, un glossaire en ligne.

- Après un rappel, sous forme de **fiches** des divers concepts incontournables, plusieurs questions à choix multiples et de type Vrai/Faux vous sont proposées afin de vous familiariser à ce mode d'évaluation.
- Une synthèse sous forme de **carte conceptuelle** est placée à la fin de chaque fiche pour vous permettre d'harmoniser les différents concepts impliqués dans la résolution des exercices.
- Les **QCM** vous permettent de vérifier votre maîtrise de la notion en question tout en étant en mesure d'identifier les erreurs à éviter.

Avec la rubrique **Testez-vous pour le jour J avec 224 QCM** (dispensant de tout recours à la calculatrice) **spécifiquement adaptés** pour que vous puissiez **vous préparer au concours** dans les meilleures conditions.

**Mohamed Ayadim** a rédigé les parties mathématiques, physique, chimie et toutes les fiches de synthèse. Il est titulaire d'une maîtrise en sciences physiques, d'un DEA et d'un doctorat en sciences chimiques.

#### Pour la partie biologie :

**Laurence Ladrière**, Licence en sciences zoologiques et Agrégation pour l'enseignement secondaire supérieur. Elle a un Doctorat en sciences biologiques.

**Aouatif Laghmich**, Licence en biologie animale, Licence spéciale en biologie moléculaire et biotechnologie et Agrégation pour l'enseignement secondaire supérieur. Elle possède un doctorat en sciences biomédicales.

DES MÊMES  
AUTEURS



30,90 €

ISBN : 978-2-8073-5951-2



9

782807 359512



www.deboecksuperieur.com