

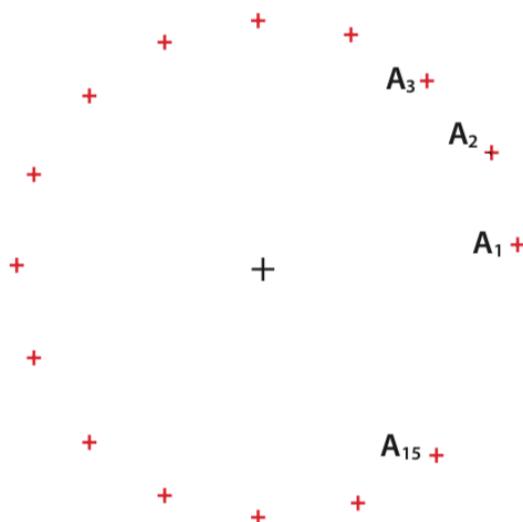
## Devoir surveillé n°5 : Durée 65 minutes

Compétences évaluées (NT = non traitée / 1 = non maîtrisée / 2 = en cours d'apprentissage / 3 = maîtrisée)	NT	1	2	3
Tracer un vecteur vitesse à partir d'une chronophotographie				
Utiliser la relation approchée de la deuxième loi de Newton				
Trouver les propriétés du champ électrique à partir de sa formule				
4 A : Calculer la force d'attraction gravitationnelle				
4 B : Utiliser les interactions gravitationnelles et électriques pour répondre à un problème				

Exercice n°1 : Lanceuse de marteau (3 points) \_\_\_\_\_ 10 minutes conseillées

Le mouvement horizontal d'un boulet de masse  $m = 7,2 \text{ kg}$  au cours d'un lancer de marteau lors d'un tour vu de dessus est enregistré dans le document 1.

### Document 1 : Chronophotographie d'un tour de préparation (vu du dessus)



La durée entre chaque position est  $\Delta t = 0,050 \text{ s}$ .

Le rayon du cercle est  $R = 2,0 \text{ m}$ .

- 1) Calculer les valeurs des vitesses  $v_1$  et  $v_2$ . (1 point)
- 2) Tracer les vecteurs  $\vec{v}_1$  et  $\vec{v}_2$  avec l'échelle suivante  $1 \text{ cm} \rightarrow 5 \text{ m.s}^{-1}$  (1 point)
- 3) Tracer en indiquant les traits de construction le vecteur  $\Delta\vec{v}_1$  sur le document 1. Que vaut  $\Delta v_1$  ? (1 point)

Exercice n°2 : étude d'une chute libre (7 points) \_\_\_\_\_ 15 minutes conseillées

Donnée : norme du champ de pesanteur :  $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$

Un sportif (de masse  $m = 70 \text{ kg}$ ) effectue un saut en chute libre sans parachute depuis une altitude  $h = 7500 \text{ m}$ . Il se laisse tomber **sans vitesse initiale**.

Après  $\Delta t = 100 \text{ s}$  de chute, il est réceptionné par un filet à 70 mètres du sol. Sa vitesse est alors de  $50,2 \text{ m.s}^{-1}$ .

- 1) En supposant que le cascadeur ne subit que son poids  $\vec{P}$ , utiliser la deuxième loi de Newton pour calculer la vitesse théorique qu'il atteindrait après 100 s de chute. Commenter la valeur obtenue. (1,5 point)
- 2) En réalité, le sportif subit également une force de frottement  $\vec{f}$  verticale et orientée vers le haut, de norme supposée constante.  
Utiliser la deuxième loi de Newton, et la réelle valeur de la vitesse du sportif pour calculer la norme de la somme des forces appliquées au système (notée  $\vec{F}_{tot}$ ). (1,5 point)
- 3) Quel est le sens de  $\vec{F}_{tot}$  ? Justifier. (1 point)
- 4) Réaliser un schéma représentant sans souci d'échelle  $\vec{F}_{tot}$ ,  $\vec{P}$  et  $\vec{f}$ . (1 point)
- 5) Calculer la norme de la force de frottement subie par le système. (2 points)

Exercice n°3 : Poissons et électricité (4 points) \_\_\_\_\_ 15 minutes conseillées

### Document 1 : Les poissons électriques

On appelle poissons électriques les poissons capables d'utiliser un courant électrique pour s'orienter, pour se protéger ou pour communiquer.

Ils génèrent un champ électrostatique autour de leur corps. Un objet placé à proximité modifie la valeur de l'intensité locale du champ électrostatique. Par la suite, des récepteurs électriques situés dans la peau détectent le champ électrostatique et les modifications subies, ce qui permet au poisson de percevoir les caractéristiques de son environnement, détecter des proies et communiquer avec des congénères.

Quelques espèces sont capables de produire des décharges électriques de forte intensité, comme les anguilles électriques, les torpilles ou les silures électriques. Elles s'en servent pour se protéger contre des prédateurs, ou pour assommer des proies avant de les consommer.

Source : article « Poisson électrique » de Wikipédia en français.

Donnée : Valeurs de k pour différents milieux :  $k_{\text{vide/air}} = 8,99 \cdot 10^9 \text{ m.F}^{-1}$   $k_{\text{eau}} = 1,14 \cdot 10^8 \text{ m.F}^{-1}$

- 1) Montrer que l'expression du champ électrostatique  $\vec{E}$  créé au point B de charge  $q_B$  par une charge  $q_A$  est donnée par la relation :  $\vec{E} = k \times \frac{q_A}{r^2} \vec{u}$  (0,5 point)  
Avec  $\vec{u}$ , vecteur unitaire de même direction que la droite reliant les deux charges et orienté de A vers B, k une constante qui dépend du milieu considéré, et r la distance entre les deux charges.
- 2) Affirmation 1 : L'intensité du champ électrostatique décroît très vite avec la distance.  
Affirmation 2 : les valeurs des champs électrostatiques créées par les poissons sont souvent faibles car l'eau, par rapport à l'air, divise par environ 80 l'amplitude du champ électrostatique.  
Justifier ces deux affirmations. (1 point)

### Document 2 : Champ électrique et santé

Les champs électrostatiques peuvent provoquer des réactions cutanées. En effet, ils induisent au niveau de la peau des personnes exposées une modification de la répartition des charges électriques. Cette modification est perceptible surtout au niveau des poils et des cheveux (seuil de perception :  $10 \text{ kV.m}^{-1}$ , seuil de sensations désagréables :  $25 \text{ kV.m}^{-1}$ ).

Source : <http://www.inrs.fr/risques/champs-electromagnetiques/effets-sante.html>

Un plongeur se trouve à 85 cm d'une anguille électrique. En première approximation, on modélise une partie de l'anguille par un point placé en A et de charge unique  $q_A = 4,4 \times 10^{-12} \text{ C}$ .

- 3) Dans le cadre de cette modélisation, calculer la valeur du champ électrostatique ressenti par le plongeur. Ce champ est-il perceptible par le plongeur ? Justifier. (1 point)
- 4) Le champ électrostatique créé par un poisson électrique peut être assimilé à celui d'un ensemble composé de deux charges électriques de signes opposés (voir figure ci-dessous)
  - a. Pour chaque figure, donner le signe des charges placées aux points M et N. Justifier. (1 point)
  - b. Parmi les deux figures proposées, laquelle correspond au modèle du poisson électrique ? Justifier. (0,5 point)

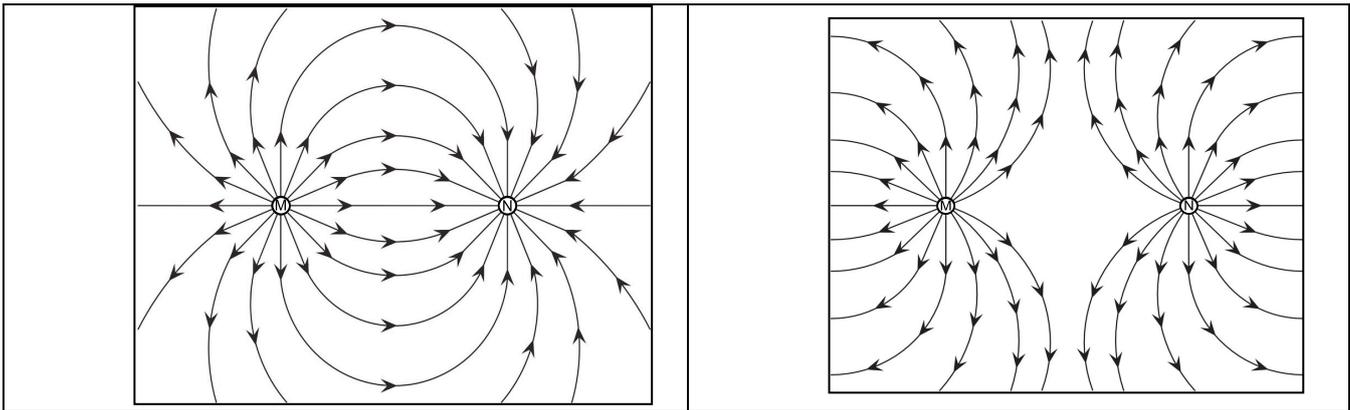


Figure A

Figure B

Lignes de champ électrostatique créé par un ensemble de deux charges électriques placées aux points M et N.

L'exercice 4 suivant est un exercice au choix. **Un seul des deux exercices doit être fait.** Seul le premier exercice (4 A ou 4 B) sur la copie sera corrigé.

L'exercice 4 A est un exercice d'application et l'exercice 4 B est plus long et complexe.

L'exercice 4 A est évalué sur 2,5 points contre 6 points pour l'exercice 3 B.

Exercice n°4 A : Gravitation (2,5 points) \_\_\_\_\_ 10 minutes conseillées

Données :

Masse de la Terre  $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$     Masse de la Lune  $M_L = 7,34 \cdot 10^{22} \text{ kg}$

Rayon de la Terre :  $R_T = 6378 \text{ km}$

Distance Terre-Lune  $d_{T-L} = 384\,000 \text{ km}$     Constante de gravitation  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$

- 1) Donner l'expression vectorielle de la force d'interaction gravitationnelle que la Terre exerce sur la Lune, et que la Lune exerce sur la Terre. (0,5 point)
- 2) Calculer la valeur de ces forces. (1 point)
- 3) À partir de l'expression de la force gravitationnelle, déterminer celle du champ de gravitation exercé par la Terre. Calculer sa valeur. (1 point)

Exercice n°4 B : Débris géostationnaires (6 points) \_\_\_\_\_ 20 minutes conseillées

Données :

Constante de gravitation :  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$     Masse de la Terre :  $M_{\text{Terre}} = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$

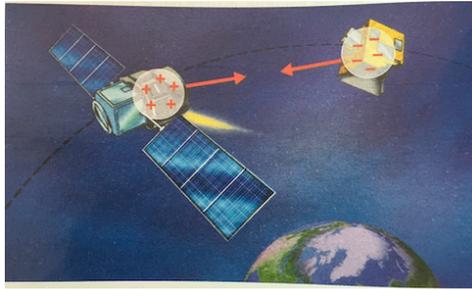
$k = 9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2}$

Charge élémentaire :  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

L'altitude géostationnaire est très recherchée (on y place notamment tous les satellites de télécommunication et ceux d'observation). Elle se situe à une distance  $d = 42\,380$  km du centre de la Terre. La place y est donc limitée et chère. Environ 1 200 objets y sont catalogués, mais seuls 400 d'entre eux sont en fonctionnement. Les autres sont appelés « débris ». L'idée la plus prometteuse pour nettoyer cette orbite n'est pas de faire retomber ces objets sur la Terre mais de les repousser vers des orbites situées 200 ou 300 km au-dessus.

### Document 1 : Méthode de remorquage d'un débris

Pour remorquer un débris satellitaire, on utiliserait un satellite remorqueur qui chargerait le débris à l'aide d'un canon à électrons afin qu'il soit attiré par le remorqueur ayant perdu des électrons. Le remorqueur l'entraînerait ensuite hors de son orbite, à l'aide de ses propres moteurs. On estime qu'il faudrait positionner le remorqueur 20 m devant le débris et qu'une force de 3 mN serait suffisante pour lui faire changer d'orbite en une dizaine de jours.



### Document 2 : Débit du canon à électrons

Le débit du canon à électrons correspond au nombre d'électrons transférés par seconde du remorqueur au débris.

- 1) Donner l'expression puis calculer la norme du champ gravitationnel créé par la Terre à l'altitude géostationnaire. (1,5 point)
- 2) Justifier que la force électrostatique qui s'exerce entre le remorqueur et le débris est attractive. (0,5 point)

### Informations importantes pour les questions suivantes :

La charge électrique  $q_D$  du débris est liée à celle  $q_R$  du remorqueur par la relation  $q_R = -q_D$ . De plus, la charge du débris est proportionnelle à la charge d'un électron.

- 3) Grâce à la valeur de la force électrique, calculer la valeur absolue de la charge électrique  $|q_D|$  du débris. Montrer que  $|q_D| = 1,2 \cdot 10^{-5} C$  (2 points)
- 4) En déduire le nombre d'électrons transférés par le remorqueur au débris. (1 point)
- 5) Calculer alors le débit du canon à électrons afin de communiquer au débris une charge suffisante pour que le remorquage puisse se faire en une heure. (1 point)