



*La présentation, le soin et la rédaction seront pris en compte pour un point dans la notation.  
Justifier en expliquant votre démarche si cela est nécessaire.  
Tout calcul doit être précédé de la formule utilisée.  
La valeur numérique prise par une grandeur physique est toujours suivie d'une unité.  
Respecter la notation des grandeurs utilisées dans l'énoncé.*

**EXERCICE 1 (7pts)**

On envisage de chromer entièrement un pare-chocs d'automobile en y déposant une couche de chrome, d'une épaisseur  $e = 50\text{ mm}$ . Le pare-chocs est considéré comme un bloc parallélépipédique de longueur  $L = 2,0\text{ m}$ , de largeur  $l = 0,10\text{ m}$ , et de hauteur  $h = 5,0\text{ mm}$ .

On immerge le pare-chocs dans une solution contenant les ions chrome(III)  $\text{Cr}^{3+}_{(\text{aq})}$ , puis on applique une tension entre l'électrode ainsi constituée et une seconde électrode de nature adéquate. Le courant est établi pour une opération dont la durée est  $t = 10\text{ heures}$  et dont le rendement électrochimique est de 95 %.

1- Écrire l'équation de la réaction d'électrode qui permet la formation de chrome métallique à partir des ions chrome (III).

2- Le pare-chocs constitue-t-il l'anode ou la cathode de l'électrolyseur ? Justifier.

3- Le pare-chocs est-il relié à la borne positive ou à la borne négative du générateur de courant ? Justifier.

4- Calculer le volume  $V$ , la masse  $m$ , et la quantité de matière  $n$  de chrome à déposer.

5- Indiquer la relation liant la quantité de matière  $n$  et la quantité d'électricité  $Q$  ayant traversé l'électrolyseur pendant l'opération. Calculer  $Q$ .

6- Quelle est la valeur de l'intensité du courant traversant l'électrolyseur pendant l'opération ?

7- Les 5% d'électricité non utilisés pour le dépôt de chrome sont consommés pour une réaction secondaire d'électrolyse du solvant (l'eau).

a- S'agit-il de l'oxydation ou de la réduction du solvant ?

b- Donner le couple oxydant-réducteur en jeu.

c- Écrire l'équation de la réaction correspondante.

**Données :**

**Couple oxydant-réducteur :**  $\text{Cr}^{3+}_{(\text{aq})} / \text{Cr}(\text{s})$  ; **Constante de Faraday :**  $F = 96500\text{ C.mol}^{-1}$

**Masse molaire du chrome :**  $M(\text{Cr}) = 52,0\text{ g.mol}^{-1}$  ; **Masse volumique du chrome :**  $r(\text{Cr}) = 7,2\text{ g.cm}^{-3}$  ;

**EXERCICE 2 (6pts)**

Le poisson d'Avril (Toxotes jaculator plus communément appelé poisson archer) capture des insectes situés jusqu'à deux mètres de lui. Après avoir repéré sa proie, il s'approche de la surface et s'oriente. Il projette alors un puissant jet d'eau avec la bouche : l'insecte, surpris, tombe à la surface de l'eau et le poisson l'aval. **Fig 1**

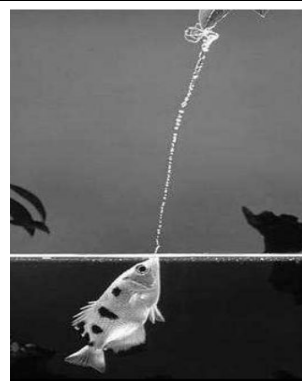


Fig 1

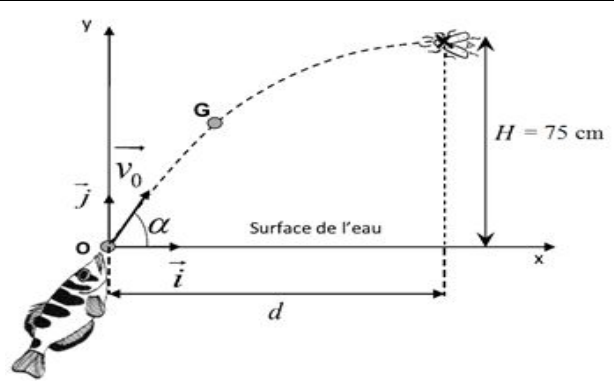


Fig 2

**Modélisation du mouvement du jet d'eau**

- Le comportement du jet d'eau est assimilé à celui d'une goutte d'eau de masse  $m$ .
- La situation est schématisée sur la figure 2.
- On note  $\vec{v}_0$  le vecteur vitesse initiale du centre d'inertie de la goutte.
- Dans cette étude, on suppose que l'action de l'air est négligeable.

**Données :** **Champ de pesanteur uniforme :**  $g = 9,81\text{ m.s}^{-2}$  ; **Vitesse initiale :**  $v_0 = 4,0\text{ m.s}^{-1}$

1. Étude du mouvement

1.1. Qu'implique la phrase « l'action de l'air est négligeable » pour le bilan des forces ?

1.2. En déduire, en appliquant la deuxième loi de Newton l'expression vectorielle du vecteur accélération  $\vec{a}_G$  du centre d'inertie  $G$  de la goutte, puis ses coordonnées  $a_x$  et  $a_y$  dans le repère d'étude  $(O, \vec{i}, \vec{j})$ .

- 1.3. Sur la figure 2, représenter le vecteur  $\vec{a}_G$  au point G (avec l'échelle  $1\text{cm} \leftrightarrow 5\text{ m.s}^{-2}$ ).
- 1.4. Justifier que la coordonnée  $v_x$  du vecteur vitesse  $\vec{v}$  du centre d'inertie G de la goutte garde la même valeur au cours du temps.
2. Mouvement du jet d'eau
  - 2.1. A partir de la question 1.2, montrer que les équations horaires de la position du centre d'inertie G de la goutte sont : **Error!**
  - 2.2. Etablir l'équation de la trajectoire.
3. **Recherche de la condition initiale sur l'angle  $\alpha$  pour que le jet d'eau atteigne l'insecte**  
 Sachant que la goutte d'eau frappe l'insecte à un point représentant le sommet S de la trajectoire du centre d'inertie G .
  - 3.1. Calculer la valeur de l'angle  $\alpha$  permettant au jet d'eau d'atteindre l'insecte
  - 3.2. Vérifier que lorsque l'insecte a un temps de réaction  $t_R < 0,37\text{ s}$ , il échappe au jet d'eau du poisson d'Avril.
  - 3.3. En déduire la valeur de la distance  $d$  indiquée sur la figure 2 .

## EXERCICE 3 (7pts)

La station spatiale internationale ISS (International Space Station) est à ce jour le plus grand des objets artificiels placé en orbite terrestre à une altitude moyenne  $h = 415\text{ km}$ .

La station spatiale internationale, supposée ponctuelle et notée S, évolue sur une orbite qu'on admettra circulaire, dont le plan est incliné de  $51,6^\circ$  par rapport au plan de l'équateur. Son altitude est égale à  $h = 415\text{ km}$ .

➤ **Données :**

**Masse de la Terre, supposée ponctuelle :**  $M_T = 5,98 \times 10^{24}\text{ kg}$

**Masse de la station :**  $m = 435\text{ tonnes}$

**Constante de gravitation universelle :**  $G = 6,67 \times 10^{-11}\text{ m}^3.\text{kg}^{-1}.\text{s}^{-2}$  - **Rayon de la Terre :**  $R_T = 6,38 \times 10^6\text{ m}$

**Altitude de la station spatiale ISS :**  $h = 415\text{ km}$

**Repère de Frenet :**  $(S, \vec{u}_t ; \vec{u}_n)$

1. Accélération de la station spatiale

1.1. Compléter le schéma ci-contre en indiquant :

- Le centre de la Terre T et la station spatiale S, supposée ponctuelle ;
- La force d'interaction gravitationnelle  $\vec{F}$  exercée par la Terre T sur la station spatiale S.

1.2. Donner l'expression vectorielle  $\vec{F}$  de cette force en fonction du vecteur unitaire  $\vec{u}_n$

1.3. Préciser le référentiel à choisir (supposé galiléen) et le système à étudier.

1.4. En considérant la seule action de la Terre, établir, à partir de la 2<sup>ème</sup> loi de

Newton, l'expression vectorielle de l'accélération  $\vec{a}$  de la station en fonction de G,  $M_T$  et r et du vecteur unitaire  $\vec{u}_n$ .

2. Vitesse de la station spatiale

2.1. Démontrer que le mouvement de la station spatiale est circulaire uniforme.

2.2. Démontrer que la valeur de la vitesse de la station spatiale a pour expression :  $v = \sqrt{G \cdot \frac{M_S}{(R_T + h)}}$

2.3. Calculer la valeur de la vitesse v de la station spatiale. Détailler les calculs.

3. Période de la station spatiale

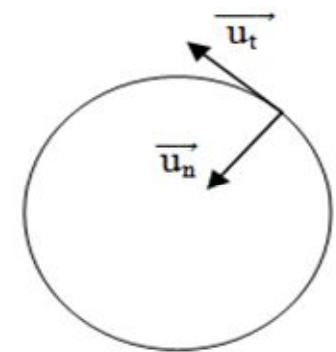
**Donnée : Période de révolution de la station spatiale internationale :**  $T = 5\,570\text{ s}$

3.1. Définir la période de révolution T de la station et donner son expression en fonction de v et de  $r = R_T + h$

3.2. Combien de révolutions autour de la Terre un astronaute présent à bord de la station spatiale internationale fait-il en 24h ? Détailler les calculs.

3.3. La 3<sup>ème</sup> loi de Kepler permet d'établir que la période de révolution T a pour expression :  $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{(R_T + h)^3}{G \cdot M_S}}$

6.4. Retrouver la valeur de la masse de la Terre  $M_T$  à partir de cette expression. Donner d'abord une formule littérale de la masse de la Terre  $M_T$  puis détailler les calculs.



Bonne chance