26/03/2024

DEVOIR COMMUN DE PHYSIQUE-CHIMIE N°2 ~ SUJET 1

Nom et Prénom : .... Classe : ....

ATTENTION : Les réponses doivent être rédigées et chaque résultat doit être accompagné de son unité (si la grandeur physique l'exige).

Note	Appréciation

EXERCICE 1 : TITRAGE DES IONS CUIVREUX Cu^+ — 18 POINTS

On souhaite vérifier l'information portée sur l'étiquette d'un remède de repousse capillaire :

« *60 g/L de cuivre – Repousse certifiée par le professeur Fitoumbatou* »

Ce produit « miraculeux » est une solution aqueuse d'ions Cu^+.

Après avoir dilué 10 fois cette solution, on procède au titrage d'un échantillon de 10,0 mL de ce remède dilué par une solution aqueuse de dichromate de potassium $(2\,K^+{}_{(aq)}, Cr_2O_7{}^{2-}{}_{(aq)})$ de concentration en ions dichromate $[Cr_2O_7^{2-}] = 1{,}0 \times 10^{-3}$ mol.L^{-1}.

On acidifie ces 10,0 mL de remède par un excès d'acide sulfurique $(2\,H^+{}_{(aq)}, SO_4{}^{2-}{}_{(aq)})$.

Données :

- Volume d'un flacon de remède : 200,0 mL
- Masse molaire du cuivre M(Cu) = 63,6 g.mol^{-1}
- Couples redox mis en jeu : $Cu^{2+}{}_{(aq)}/Cu^+{}_{(aq)}$ $Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)}/Cr^{3+}{}_{(aq)}$
- Couleurs des espèces chimiques :
  - Cu^+ : incolore — Cu^{2+} : bleu très clair
  - Cr^{3+} : vert très clair — $Cr_2O_7^{2-}$: orange foncé

1. (2 pts) Calculer la quantité de matière en Cu^+ contenue en théorie dans un flacon de remède.

D'après l'étiquette $\gamma(Cu^+) = 60$ g.L^{-1}

$n_{théo}(Cu^+) = \frac{m(Cu^+)}{M(Cu)} = \frac{\gamma(Cu^+) \times V}{M(Cu)} = \frac{60 \times 200{,}0 \cdot 10^{-3}}{63{,}6} = 0{,}19$ mol

Dans un flacon, il y a 0,19 mol de Cu^+ d'après l'étiquette.

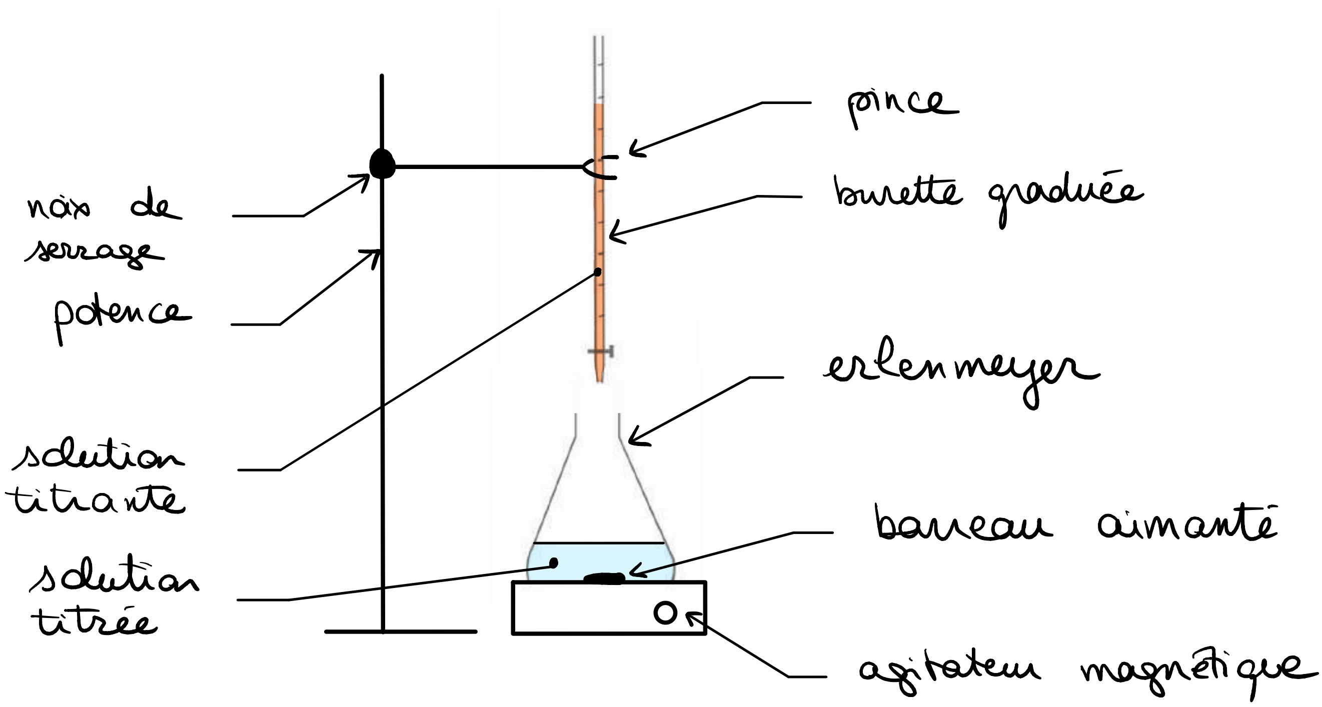
2. (2 pts) Écrire les demi-équations électroniques des couples mis en jeu et en déduire l'équation support de titrage.

$Cu^{+}_{(aq)} \rightleftharpoons Cu^{2+}_{(aq)} + e^{-}$ $\times 6$

$Cr_2O_7{}^{2-}_{(aq)} + 14H^{+}_{(aq)} + 6e^{-} \rightleftharpoons 2Cr^{3+}_{(aq)} + 7H_2O_{(\ell)}$

$6Cu^{+}_{(aq)} + Cr_2O_7{}^{2-}_{(aq)} + 14H^{+}_{(aq)} \rightarrow 6Cu^{2+}_{(aq)} + 2Cr^{3+}_{(aq)} + 7H_2O_{(\ell)}$

3. (2 pts) Faire un schéma légendé du montage du titrage réalisé.



4. (1 pt) Définir l'équivalence d'un titrage.

L'équivalence d'un titrage correspond au moment où les réactifs sont introduits en proportions stoechiométriques. Il y a changement de réactif limitant.

5. (1 pt) Indiquer quelle est l'espèce limitante avant et après l'équivalence.

Avant l'équivalence, c'est l'espèce titrante qui est limitante, soit le $Cr_2O_7{}^{2-}_{(aq)}$.
Après l'équivalence, c'est l'espèce titrée qui est limitante, soit le $Cu^{+}_{(aq)}$.

6. (2 pts) Indiquer comment s'effectue le repérage de l'équivalence pour ce titrage. Justifier.

Avant l'équivalence, les espèces colorées présentes dans l'erlenmeyer sont Cr^{3+} (vert clair) et Cu^{2+} (bleu clair) dont les quantités de matière augmentent (produits de la réaction). Après l'équivalence, $Cr_2O_7{}^{2-}$ (orange foncé) va apparaître. La solution va donc passer d'une solution plutôt bleutée (9 Cu^{2+} sont produits quand 1 Cr^{3+} l'est) à une solution orange.

Le LCMM (Laboratoire de Contrôle des Malversations Médicales) effectue le titrage et obtient un volume équivalent V_E = 15,7 mL.

L'équation de titrage est : $Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14\ H^+(aq) + 6\ Cu^+(aq) \rightarrow 2\ Cr^{3+}(aq) + 6\ Cu^{2+}(aq) + 7\ H_2O(l)$

7. (2 pts) Faire un tableau d'avancement pour l'équivalence du titrage.

	$6\ Cu^+_{(aq)}$ +	$Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)}$ +	$14\ H^+_{(aq)}$ →	$6\ Cu^{2+}_{(aq)}$ +	$2\ Cr^{3+}_{(aq)}$ +	$7\ H_2O_{(l)}$
E.I	$n_i(Cu^+)$	$n_i(Cr_2O_7^{2-})$	en excès	0	0	en excès
en cours	$n_i(Cu^+) - 6x$	$n_i(Cr_2O_7^{2-}) - x$		$6x$	$2x_{max}$	
E.F	$n_i(Cu^+) - 6x_{max} = 0$	$n_i(Cr_2O_7^{2-}) - x_{max} = 0$		$6x_{max}$	$2x_{max}$	

8. (4 pts) Déterminer la concentration en quantité de matière en ions Cu^+ présents dans ce remède.

A l'équivalence, les réactifs sont introduits en proportions stoechiométriques. On a donc $\frac{n_i(Cu^+)}{6} = \frac{n_{eq}(Cr_2O_7^{2-})}{1}$

$\frac{[Cu^+]_d \cdot V_i}{6} = [Cr_2O_7^{2-}] \cdot V_{eq}$

$[Cu^+]_d = \frac{6[Cr_2O_7^{2-}] \cdot V_{eq}}{V_i} = \frac{6 \times 1{,}0 \cdot 10^{-3} \times 15{,}7}{10{,}0} = 9{,}4 \cdot 10^{-3}\ mol \cdot L^{-1}$

Le remède avait été dilué 10 fois avant le titrage. On a donc

$[Cu^+]_r = 10\,[Cu^+]_d = 10 \times 9{,}4 \cdot 10^{-3} = 9{,}4 \cdot 10^{-2}\ mol \cdot L^{-1}$

9. (2 pts) Doit-on se méfier de l'étiquette ?

$\gamma_{exp} = [Cu^+]_r \times M(Cu)$
$= 9,4 \cdot 10^{-2} \times 63,6$
$= 6,0 \ g \cdot L^{-1}$

Cette valeur est 10 fois plus faible que ce qu'indique l'étiquette, il faut donc s'en méfier.

Exercice 2 : Un satellite en orbite — 20 points

A : Forces fondamentales et mouvement !

Un satellite est en mouvement autour de la Terre à l'altitude h = 518 km dans le plan de l'équateur.

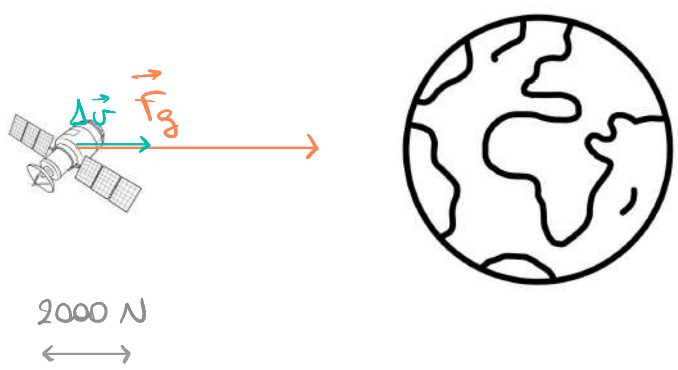
Données : Masse du satellite : $m = 650 \ kg$
Masse de la Terre : $M_T = 5{,}974 \cdot 10^{24} \ kg$
Rayon de la Terre : $R_T = 6370 \ km$
Constante universelle de gravitation : $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \ N.m^2.kg^{-2}$

1. (2 pts) Donner l'expression vectorielle de la force qui s'exerce sur ce satellite en orbite en précisant la direction et le sens du vecteur unitaire de référence $\vec{u}$ que vous choisissez.

Le satellite subit l'interaction gravitationnelle.
$\vec{F}_g = G \dfrac{m \cdot M_T}{(R_T+h)^2} \vec{u}$

avec $\vec{u}$ un vecteur unitaire de direction la droite passant par les centres de la Terre et du satellite et de sens du satellite vers la Terre.

2. (2 pts) Représenter la situation sur un schéma annoté et y ajouter la force en précisant l'échelle choisie.



$F_g = G \dfrac{m M_T}{(R_T+h)^2}$
$= 6{,}67 \cdot 10^{-11} \times \dfrac{650 \times 5{,}974 \cdot 10^{24}}{(6370 \cdot 10^3 + 518 \cdot 10^3)^2}$
$= 5{,}46 \cdot 10^3 \ N$

3. Ce satellite est en mouvement circulaire uniforme dans le référentiel géocentrique.

   a. (2 pts) En vous aidant de la relation approchée de la deuxième loi de Newton, expliquer quelle est la direction et le sens du vecteur variation de vitesse $\Delta\vec{v}$. Votre raisonnement doit être clairement présenté.

Relation approchée de la 2e loi de Newton :

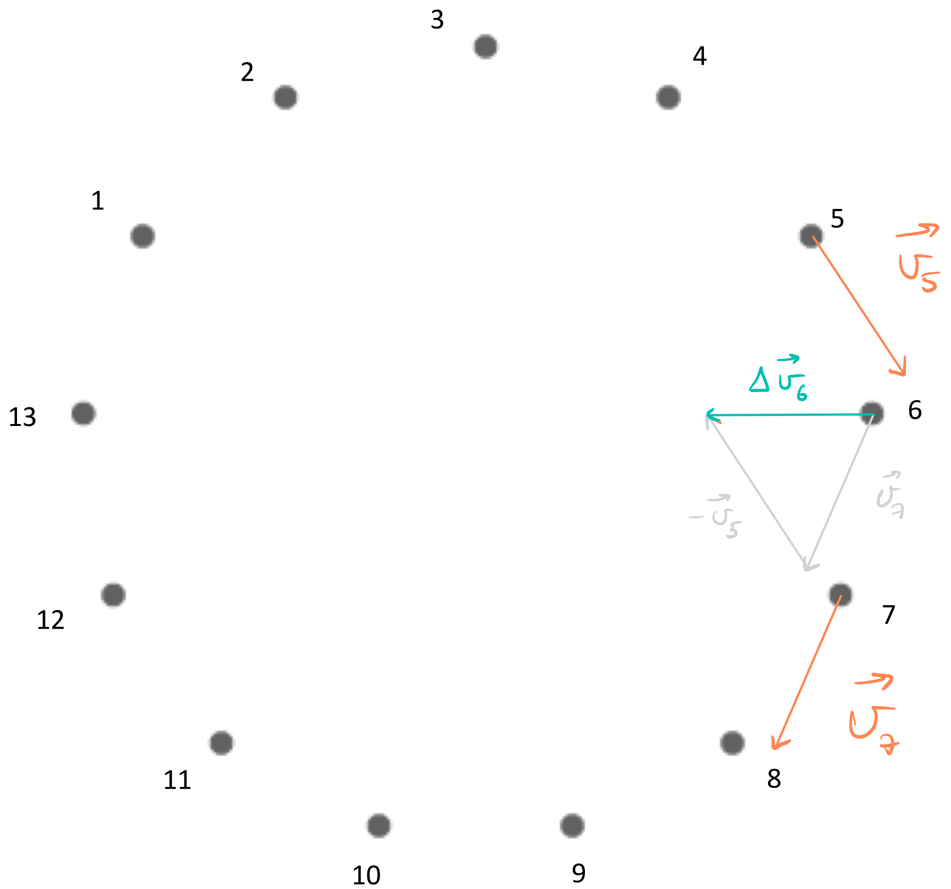
$$\Sigma\vec{F} = m\,\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

Sachant que $\Sigma\vec{F} = \vec{F}_g$, on a $\vec{F}_g = m\,\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$

m et Δt étant positifs, $\Delta\vec{v}$ sera de même direction et de même sens que $\vec{F}_g$ soit de même direction et de même sens que notre vecteur unitaire : centre du satellite vers centre de la Terre

   b. (1 pt) Représenter, sans souci d'échelle, ce vecteur sur le schéma de la question 2.
   c. (3 pts) Tracer le vecteur variation de vitesse $\Delta\vec{v_6}$ sur la chronophotographie suivante.

Durée écoulée entre deux positions successives :
$\tau = 440\ s$
Échelle du document :
$1\ cm \leftrightarrow 1{,}40 \cdot 10^6\ m$
Échelle de vitesse :
$1\ cm \leftrightarrow 3{,}50 \cdot 10^3\ m.s^{-1}$



$$v = \frac{4{,}7 \times 1{,}40 \cdot 10^6}{2 \times 440} = 7{,}5 \cdot 10^3\ m \cdot s^{-1}$$

↳ 2,1 cm

d. (2 pts) Est-ce cohérent avec votre réponse à la question 3.a. ? Justifier.

Le vecteur $\Delta\vec{v}$ tracé pointe vers le centre du cercle, soit le centre de la Terre. Cela est cohérent avec la réponse à la question 3.a.

4. Lors d'un mouvement circulaire uniforme, $\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v^2}{R}$, R étant le rayon du cercle de la trajectoire.

a. (2 pts) A l'aide de cette information et en appliquant la relation approchée de la deuxième loi de Newton établir la relation entre v et G, M_T, R_T, h.

On a établi à la question 3 a que $F_g = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$

Soit $G \frac{\cancel{m} M_T}{(R_T+h)^2} = m \frac{\Delta v}{\Delta t} = \cancel{m} \frac{v^2}{R_T+h}$

donc $v^2 = \frac{G.M_T}{R_T+h}$

soit $v = \sqrt{\frac{G.M_T}{R_T+h}}$

b. (2 pts) Calculer la vitesse v du satellite en km.h^{-1}.

$v = \sqrt{\frac{G.M_T}{R_T+h}} = \sqrt{\frac{6,67.10^{-11} \times 5,974.10^{24}}{6370.10^3 + 518.10^3}}$

$= 7,61.10^3 \text{ m.s}^{-1}$

$= 27,4 \text{ km.h}^{-1}$

B : Résistance du satellite

Pour tester la résistance et l'étanchéité du satellite, les ingénieurs décident de l'immerger à 50 m de profondeur dans l'océan.

Données : $\rho_{eau\ de\ mer} = 1{,}024\ kg.L^{-1}$
$P_{atm} = 1{,}013.10^5$ Pa

1. (2 pts) Calculer la pression à cette profondeur.

D'après la relation fondamentale de la statique des fluides : $P_A - P_B = \rho g (z_B - z_A)$
avec le point B à la surface de l'eau et
$z_B - z_A = h$

$P_A = \rho g h + P_{atm}$
$= 1{,}024 \cdot 10^3 \times 9{,}81 \times 50 + 1{,}013 \cdot 10^5$
$= 6{,}04 \cdot 10^5$ Pa

2. (2 pts) Sachant que ce satellite présente une surface d'environ 98 m^2, calculer la force pressante que subit ce satellite à cette profondeur.

$F = P \times S$
$= 6{,}04 \cdot 10^5 \times 98$
$= 5{,}9 \cdot 10^7$ N