



COMPOSITION 1^{ER} SEMESTRE

CLASSES DE TS2

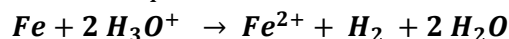
DUREE : 04 HEURES

Exercice 1 (3,75 points)

Donnée : Volume molaire gazeux dans les conditions de l'expérience $V_m = 24 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$

Le fer réagit avec les acides en général. Pour cette raison, les emballages alimentaires qui en contiennent sont protégés par du vernis ou de la peinture. Cette réaction avec l'acide chlorhydrique conduit à la formation de dihydrogène et de chlorure ferreux.

En travaux pratiques, un groupe d'élèves se propose d'étudier la cinétique de la réaction de l'acide chlorhydrique sur le fer. Pour cela, ils introduisent, dans un ballon, de la poudre de fer en excès puis ils ajoutent 50 mL d'acide chlorhydrique de concentration molaire $C_a = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Ils mesurent ensuite le volume V de dihydrogène formé au cours du temps tout en maintenant constante la température du milieu réactionnel. Enfin ils déterminent la concentration molaire $[H_3O^+]$ des ions hydronium H_3O^+ restant dans la solution dont le volume $V_S = 50 \text{ mL}$ est considéré comme constant. L'équation-bilan de la réaction s'écrit :



1.1 Montrer qu'il s'agit d'une réaction d'oxydoréduction ; pour cela préciser les couples redox mis en jeu puis retrouver l'équation-bilan à partir des demi-équations électroniques. **(0,5 point)**

1.2 En tenant compte de l'équation-bilan, montrer que la concentration des ions H_3O^+ restant en solution à une date t, s'écrit : $[H_3O^+] = 0,1 \left(1 - \frac{V}{60}\right)$ avec V volume de dihydrogène formé, en mL, à la date considérée.

1.2.1 Recopier le tableau de mesures ci-dessous, le compléter et tracer la courbe $[H_3O^+] = f(t)$ en utilisant l'échelle : 1 cm \rightarrow 5 min ; 1 cm \rightarrow $1 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ **(1 point)**

t (min)	0	10	20	30	40	50	60	75	90
V (mL)	0,0	15,0	22,0	26,0	28,0	29,5	30,0	31,0	32,0
$[H_3O^+]$ en $10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$									

1.2.2 Définir la vitesse instantanée volumique de disparition des ions H_3O^+ à une date t. **(0,25 point)**

1.2.3 Déterminer graphiquement la vitesse instantanée volumique de disparition des ions H_3O^+ à la date $t_1 = 10 \text{ min}$ puis à $t_2 = 50 \text{ min}$. **(0,5 point)**

1.2.4 Comment évolue la vitesse de disparition des ions H_3O^+ au cours du temps ? Justifier l'évolution de cette vitesse. **(0,25 point)**

1.2.5 Donner, pour cette réaction la définition du temps de demi-réaction que l'on notera t_d , puis déterminer sa valeur. **(0,5 point)**

1.2.6 On augmente la température du milieu réactionnel et le nouveau temps de demi-réaction est t_c . Comparer les deux temps de demi-réaction t_d et t_c . **(0,25 point)**

1.2.7 La réaction est-elle terminée à la date $t = 90 \text{ min}$? justifier la réponse puis calculer le volume de dihydrogène en fin de réaction. **(0,5 point)**

Exercice 2 (4,25 points)

L'hydroxyde de sodium est un solide blanc, inodore et déliquescent. Il est utilisé dans des domaines industriels variés : fabrication de savons, détergents, traitement du caoutchouc, industrie pétrolière, industrie du verre, industrie pharmaceutique, médecine vétérinaire... il est également utilisée dans le domaine des énergies renouvelables (catalyseur pour la production de biodiésel à partir d'huiles végétales et stockage de l'énergie solaire sous forme chimique). L'acide nitrique HNO_3 est un acide fort, qui peut provoquer de graves brûlures. L'inhalation des vapeurs peut entraîner un œdème pulmonaire. Au contact d'acide nitrique concentré, la peau humaine se teint en jaune du fait de réactions avec la kératine.

Deux élèves de terminale, Amadou et Bineta disposent d'une solution commerciale d'hydroxyde de sodium S_0 portant les indications suivantes : densité $d=1,07$; pourcentage massique en hydroxyde de sodium : $P=15\%$; masse molaire (NaOH), $M=40\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Ils se proposent de doser cette solution en réalisant un suivi pH-métrique de la réaction entre une solution d'acide nitrique et cette solution. Il reste à leur charge l'élaboration d'un protocole expérimental.

2.1. Ecrire l'équation bilan de la réaction support du dosage qu'ils veulent réaliser. **(0,25 point)**

2.2. Bineta veut calculer la concentration molaire volumique C_0 de cette solution d'hydroxyde de sodium en utilisant la formule liant C_0 , le pourcentage massique P , la densité d et la masse molaire M . Aider Bineta à établir cette relation puis calculer C_0 . **(0,5 point)**

2.3. Amadou dilue 50 fois la solution S_0 . Ils obtiennent ainsi une nouvelle solution notée S_1 de concentration molaire volumique C_1 et de concentration massique volumique C_{m1} .

2.3.2 Pourquoi est-il nécessaire de diluer la solution S_0 ? Décrire le mode opératoire et la verrerie à utiliser pour préparer 500 mL de la solution S_1 . **(0,25 point)**

2.3.3 Montrer que la valeur de la concentration molaire $C_{m1}=3,2\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$. **(0,5 point)**

2.4. Ils décident de doser un volume $V_1=10\text{ mL}$ de S_1 par une solution d'acide nitrique S_a de concentration molaire $C_a=0,8\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. La burette utilisée est une burette graduée de 25 mL.

2.4.2 Faire un schéma légendé du dispositif de dosage. **(0,25 point)**

2.4.3 Bineta déclare " en utilisant une telle solution d'acide nitrique, on ne réussira pas à déterminer de façon précise le point équivalent par suivi pH-métrique ". Justifier la déclaration de Bineta en calculant le volume V_i d'acide versé pour atteindre l'équivalence. **(0,25 point)**

2.5. Ils décident alors de diluer la solution d'acide nitrique S_a de concentration molaire $C_a=0,8\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. Pour cela ils disposent d'une pipette jaugée de 15 mL et de deux fioles jaugées l'une de 200 mL et l'autre de 500 mL. Ils ne sont autorisés à utiliser qu'une seule fois la pipette pour chaque préparation.

La solution diluée en utilisant la fiole jaugée de 200 mL est notée S_{a1} et sa concentration molaire volumique C_{a1} . La solution diluée en utilisant la fiole jaugée de 500 mL est notée S_{a2} et sa concentration molaire volumique C_{a2} .

2.5.2 Déterminer les valeurs de C_{a1} et C_{a2} . **(0,5 point)**

2.5.3 Prévoir pour chacune des solutions S_{a1} et S_{a2} le volume d'acide à verser pour atteindre l'équivalence ainsi que le pH à l'équivalence. En déduire, justification à l'appui, que l'une des deux dilutions n'est pas adéquate pour un dosage pHmétrique. **(0,75 point)**

2.5.4 En effectuant le dosage avec la solution S_{a1} , calculer la concentration molaire de toutes les espèces présentes ce mélange lorsqu'ils ont versé un volume d'acide égal à 6,5 mL. En déduire le pH du mélange final. **(0,75 point)**

2.6. Au moment de commencer les manipulations, avec la mise en marche de l'agitateur magnétique, le turbulent (barreau aimanté) percute la sonde du pH-mètre.

Bineta propose de rajouter suffisamment d'eau et Amadou pense que cela va modifier la valeur du volume d'acide à verser pour atteindre l'équivalence. Selon vous le fait rajouter de l'eau à la solution S_1 modifie-t-il le volume à verser pour atteindre l'équivalence ? justifier la réponse. **(0,25 point)**

Exercice 3 (4 points)

Un pendule, constitué d'une petite bille quasi-ponctuelle de masse $m=250\text{ g}$ accrochée à un fil inextensible de masse négligeable et de longueur $\ell=90\text{ cm}$, est suspendu à un point fixe I. Le pendule est lâché sans vitesse initiale, la bille étant en A à l'horizontale du point I. Quand elle arrive en O, à la date $t=0$, un dispositif décroche la bille sans modifier sa vitesse et elle continue son mouvement sous la seule action de son poids, jusqu'en un point C situé au sol à la hauteur $H=5\text{ m}$ en dessous du point O. (figure 1)

On néglige les frottements et l'action de l'air et on prend $g=10\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

3.1 Par application du théorème de l'énergie cinétique, établir l'expression de la vitesse V de la bille au point M, en fonction de ℓ , θ et g . En déduire la valeur de la vitesse V_B de la bille au point B. **(1 point)**

3.2 Montrer que la bille arrive au point O avec une vitesse de valeur $V_O=3\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. **(0,5 point)**

3.3 Par application du théorème du centre d'inertie, établir l'expression de l'intensité T de la tension du fil au point M en fonction de m , θ et g . En déduire la valeur T_B de la tension du fil au point B. **(1 point)**

3.4 Établir, dans le repère (o, \vec{i}, \vec{j}) , l'équation de la trajectoire de la bille entre les points O et C. **(1 point)**

3.5 Calculer la hauteur maximale atteinte par la bille au-dessus du point O. **(0,25 point)**

3.6 Déterminer la distance DC, le point D étant situé au sol sur la verticale passant par O. **(0,25 point)**

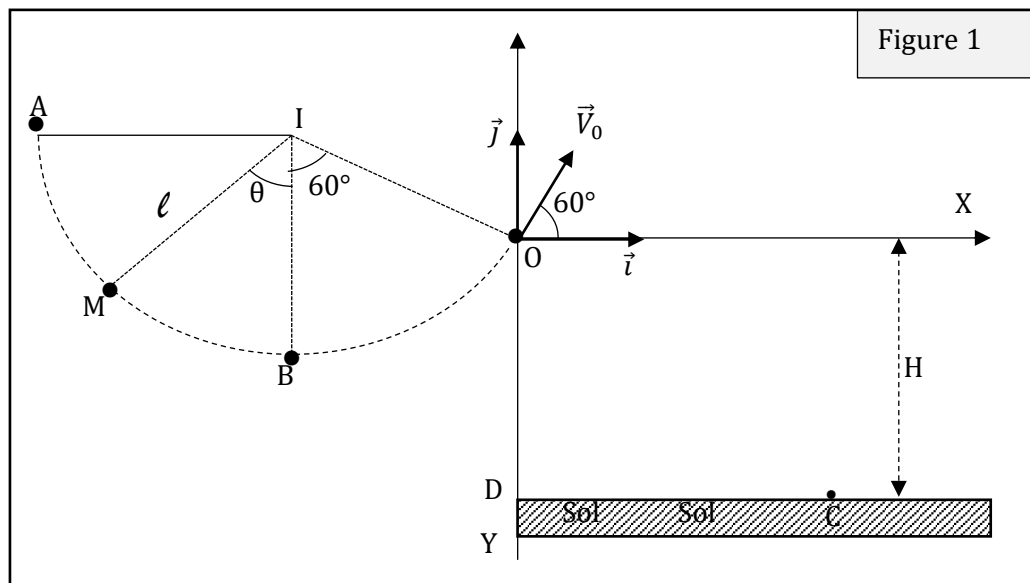


Figure 1

Exercice 4 (4 points)

En Juillet 2004, la sonde européenne Cassini-Huygens nous a livré ses premiers clichés des anneaux de Saturne. Elle a également photographié Titan, le plus gros satellite de Saturne, situé à une distance R_T du centre de Saturne. L'excentricité orbitale des satellites étant très faible, on supposera leurs trajectoires circulaires.

Dans tout l'exercice, on se place dans le référentiel « saturno-centrique », centré sur Saturne et dont les trois axes sont dirigés vers trois étoiles lointaines supposées fixes.

On considère que la planète Saturne et ses satellites sont des corps dont la répartition des masses est à symétrie sphérique. Les rayons des orbites des satellites sont supposés grands devant leur taille.

Données :

Constante de gravitation universelle : $K = 6,67 \times 10^{-11}$ S.I. ; rayon de l'orbite de Titan : $R_T = 1,22 \times 10^6$ km ;
 masse de Titan : M_T ; rayon de la planète Saturne : $R_S = 6,0 \times 10^4$ km ; masse de Saturne : $M_S = 5,69 \times 10^{26}$ kg ;
 période de rotation de Saturne sur elle-même : $T_s = 10$ h 39 min ;

4.1. On considère que la seule force gravitationnelle qui s'exerce sur Titan provient de Saturne.

4.1.1. Représenter qualitativement sur un schéma, Saturne, Titan, et la force extérieure exercée par Saturne sur Titan. (0,5 point)

4.1.2. Rappeler, en l'énonçant, la loi qui régit cette force puis donner son expression vectorielle. (0,5 point)

4.1.3. On étudie le mouvement du centre d'inertie T de Titan. S est le centre d'inertie de Saturne.

4.1.3.1. Montrer que le mouvement de Titan est uniforme. (0,5 point)

4.1.3.2. Etablir, en fonction de K , M_S et R_T , l'expression de la vitesse V_T de Titan sur son orbite autour de Saturne, puis celle de sa période T_T de révolution. (1 point)

4.2. Après le survol de Titan, la sonde Cassini a survolé le satellite Encelade en février 2005. On peut considérer que dans le référentiel « saturno-centrique », Encelade à un mouvement de révolution circulaire uniforme, dont la période (en jour terrestre), est $T_E = 1,37$ et le rayon de son orbite est R_E .

4.2.1. Rappeler la troisième loi de Kepler puis trouver la valeur du rayon R_E de l'orbite d'Encelade. (0,5 point)

4.2.2. On cherche dans cette partie à déterminer l'altitude h_I à laquelle devrait se trouver la sonde Cassini pour être « saturno-stationnaire » (immobile au-dessus d'un point de l'équateur de Saturne). Calculer la valeur de h_I . (0,5 point)

4.2.3. L'énergie potentielle de gravitation de la sonde Cassini est ; $E_p(r) = -\frac{K.M_S.m}{r}$ où r est le rayon de l'orbite de la sonde et m la masse de la sonde. Exprimer, en fonction de K , M_S , R_S , r , m et h_I , l'énergie nécessaire pour faire passer la sonde Cassini de son orbite de rayon r à l'orbite « marso-stationnaire ». (0,5 point)

Exercice 5 (4 points)

On considère un pendule élastique constitué, d'un solide S_1 ponctuel de masse $m_1 = 200$ g qui est accroché à un ressort horizontal à spires non jointives, de masse négligeable et de constante de raideur k .

Un autre solide S_2 ponctuel de masse $m_2 = 100$ g, lancé à la vitesse $V_2 = 0,6$ m.s⁻¹, heurte le solide S_1 initialement au repos. (Voir figure 3)

5.1. Le choc étant parfaitement élastique, montrer que la vitesse du solide S_1 après le choc a pour valeur $0,4$ m.s⁻¹. **(0,5 point)**

5.2. Après le choc le solide S_1 effectue des oscillations mécaniques non amorties. Un dispositif permet d'enregistrer les positions du solide S_1 au cours du temps et d'obtenir la courbe représentative des variations de son abscisse x en fonction du temps (voir courbe de la figure 4)

5.2.1 Représenter sur un schéma les forces extérieures appliquées au solide S_1 lorsque l'abscisse x est inférieur à zéro. **(0, 25 point)**

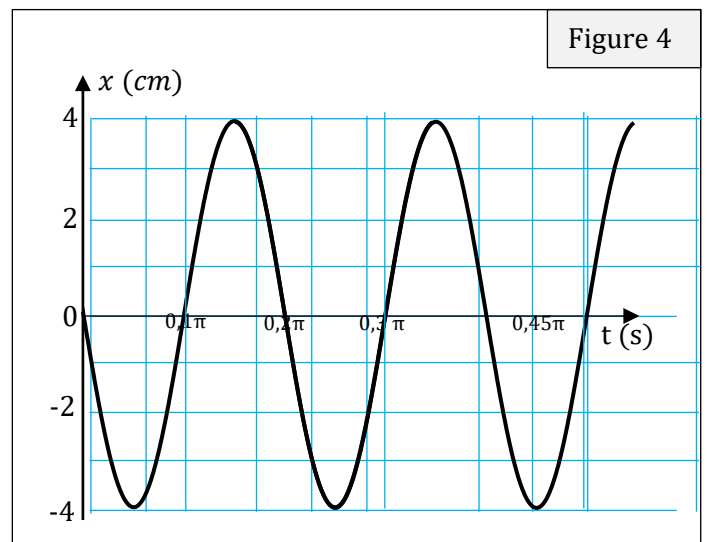
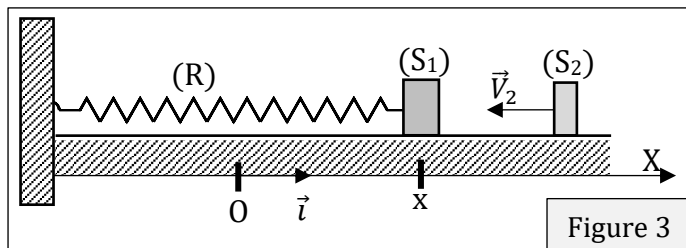
5.2.2 Établir, par une étude dynamique, l'équation différentielle du mouvement du solide S_1 . **(0,5 point)**

5.2.3 En utilisant la courbe de la figure 4, déterminer les conditions initiales (x_0 et v_0) du mouvement, puis les valeurs de l'amplitude X_m des oscillations et celle T_0 de la période propre des oscillations du solide S_1 . En déduire la valeur de la constante de raideur K du ressort. **(1,25 points)**

5.2.4 Déterminer numériquement l'équation horaire du mouvement du solide S_1 . **(0,5 point)**

5.3. Exprimer à la date t , l'énergie mécanique totale du solide S_1 en fonction de k, m_1, x et $\dot{x} = v$. L'énergie potentielle du système (ressort, solide) est nulle lorsque le ressort n'est pas déformé. **(0,5 point)**

5.4. Montrer, par le calcul, que cette énergie mécanique totale peut s'exprimer uniquement en fonction de K et de X_m . Interpréter physiquement ce dernier résultat. **(0,5 point)**



FIN DU SUJET