



DS 5 : Voyage dans l'Univers.

Exercice 1 : QCM (/9)

L'exercice comporte plusieurs affirmations. Vous devez indiquer pour chacune d'elles si elle est vraie (V) ou fausse (F).

Toute réponse exacte rapporte un point. Toute réponse inexacte entraîne le retrait d'un point.

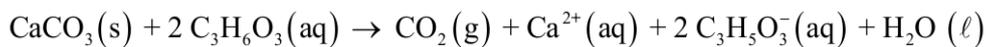
L'annulation d'une réponse ou l'abstention ne rapporte ni ne retire aucun point.

Afin de répondre, noircir les cases dans le document annexe.

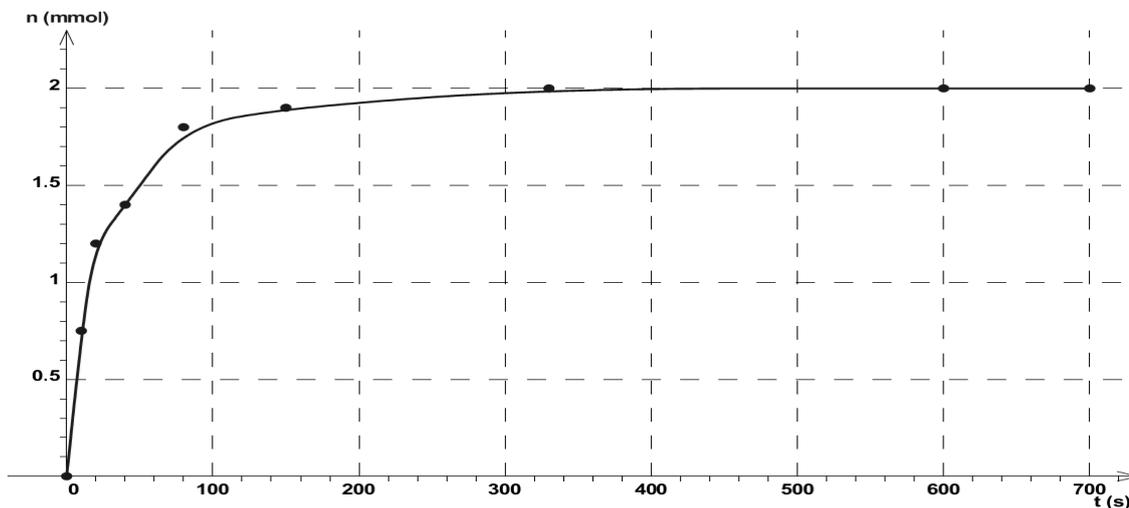
De la chimie ...

Le tartre est essentiellement constitué d'un dépôt solide de carbonate de calcium de formule $\text{CaCO}_3(\text{s})$.

Lors du détartrage d'une cafetière, l'acide lactique ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$) contenu dans le détartrant réagit sur le tartre qui s'est formé dans la cafetière suivant la réaction d'équation :



La quantité de matière de dioxyde de carbone, $\text{CO}_2(\text{g})$ formé, est mesurée au cours du temps. L'évolution de cette quantité de matière en fonction du temps est représentée ci-dessous :



Données : le tartre est le réactif limitant ;

La masse molaire moléculaire de CaCO_3 est : $M = 100 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

- A l'état initial, la masse de tartre dans la cafetière est de 200 mg.
- La durée de détartrage est estimée à environ 6 min.
- Le temps de demi-réaction est de 3 min.
- Si la température augmente, la valeur de l'avancement maximal x_{max} sera plus importante.
- Une augmentation de la concentration molaire en acide lactique diminue le temps de demi-réaction.

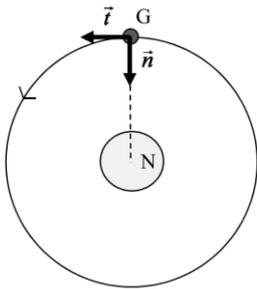
De la physique ...

Galatée est le quatrième satellite naturel de Neptune. Il a été découvert lors du passage de la sonde Voyager 2 en 1989 (désignation temporaire S/1989 N 4). Son nom vient de Galatée, une néréide (nymphes marines) de la mythologie grecque.

L'orbite de Galatée (point G) est quasi circulaire. On se place dans le référentiel Neptunocentrique affecté d'un repère de Frénet ($G, \mathbf{t}, \mathbf{n}$).

Données : Rayon de l'orbite de Galatée : $R = 6,2 \times 10^4 \text{ km}$;
Période de révolution de Galatée : $T = 3,7 \times 10^4 \text{ s}$;
Masse de Neptune : $M = 1,0 \times 10^{26} \text{ kg}$;

Constante gravitationnelle : $G = 6,7 \times 10^{-11} \text{ S.I.}$; $\sqrt{\frac{67}{62}} \approx \sqrt{\frac{62}{67}} \approx 1,0$.



- a) Le mouvement de Galatée est uniforme.
- b) Dans le repère de Frénet, on a $\vec{a}_t = \frac{v^2}{R} \vec{t}$ et $\vec{a}_n = \frac{dv}{dt} \vec{n}$ avec v : valeur de la vitesse de Galatée, \vec{a}_t accélération tangentielle suivant \vec{t} et \vec{a}_n accélération normale suivant \vec{n}
- c) La vitesse de Galatée est donnée par : $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$ et a pour valeur $1,0 \times 10^4 \text{ m.s}^{-1}$.
- d) La période de révolution de Galatée $T = 2\pi \sqrt{\frac{R^3}{GM}}$.

EXERCICE 2 : TEST D'ALCOOLEMIE (/18).

Il existe plusieurs moyens de contrôler le taux d'alcool présent dans le sang d'un individu ou alcoolémie: On peut faire une estimation à partir de la quantité d'éthanol présente dans l'air expiré. Ce dernier dosage peut être effectué par les éthylotests ou des éthylomètres.

Document 1 : Éthylotests de catégories A

Ils sont constitués d'un tube rempli d'un solide imprégné d'une solution acidifiée de dichromate de potassium, $2K^+_{(aq)} + Cr_2O_7^{2-}_{(aq)}$.

Au contact de l'éthanol, les ions dichromate jaune-orangé, $Cr_2O_7^{2-}_{(aq)}$, oxydent l'éthanol $CH_3CH_2OH_{(aq)}$ en acide éthanoïque $CH_3COOH_{(aq)}$ avec formation d'ions, $Cr^{3+}_{(aq)}$ vert.

Si l'air expiré contient de l'éthanol, un changement de couleur s'opère sur une longueur grossièrement proportionnelle à la concentration en alcool de l'air expiré ; la précision est de l'ordre de 20 %.

Lors de l'utilisation de ces éthylotests on observe des variations de couleurs. Une réaction d'oxydoréduction est mise en œuvre.

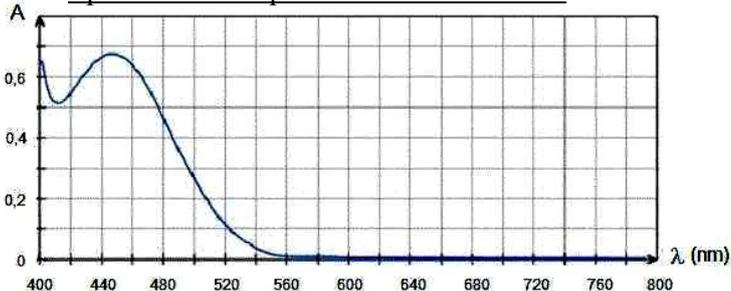
Le spectre d'une solution de dichromate de potassium présente un maximum pour $\lambda = 450 \text{ nm}$,

Le spectre d'une solution de chlorure de chrome III présente deux maxima, l'un pour $\lambda = 470 \text{ nm}$, l'autre pour $\lambda = 660 \text{ nm}$.

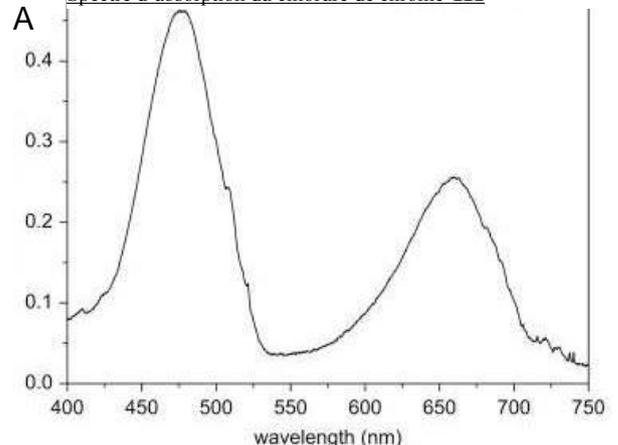
Les couleurs des espèces chimiques en présence sont:

Espèce chimique	$CH_3CH_2OH_{(aq)}$	$Cr_2O_7^{2-}_{(aq)}$	$Cr^{3+}_{(aq)}$	$CH_3COOH_{(aq)}$
Couleur des espèces	incolore	jaune-orangé	vert	incolore

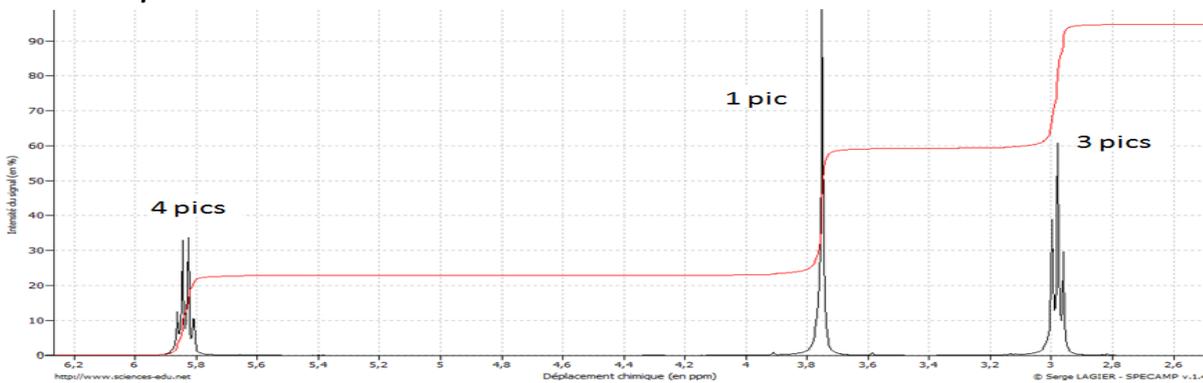
Spectre d'absorption du dichromate de



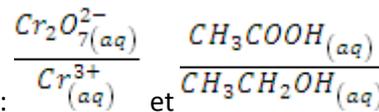
Spectre d'absorption du chlorure de chrome III



Document 2 : spectre RMN.

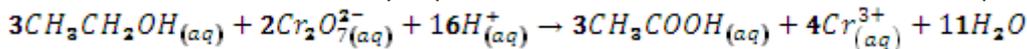


Partie 1.



1. Les couples oxydant/réducteur mis en jeu étant :

Lors du test, où l'éthanol est oxydé par l'ion dichromate, la transformation chimique réalisée répond à l'équation :



2. Donner les couleurs perçues dans les éthylotests (justifier) avant usage, après usage si le test est négatif et après usage si le test est positif

Partie 2 : la spectrophotométrie.

On désire suivre la présence des ions dichromate $Cr_2O_7^{2-}(aq)$ par spectrophotométrie. On réalise les réglages préalables de l'appareil : On sélectionne la longueur d'onde de 460 nm ;

On réalise « le blanc » avec une solution aqueuse contenant l'ion chrome III $Cr^{3+}(aq)$.

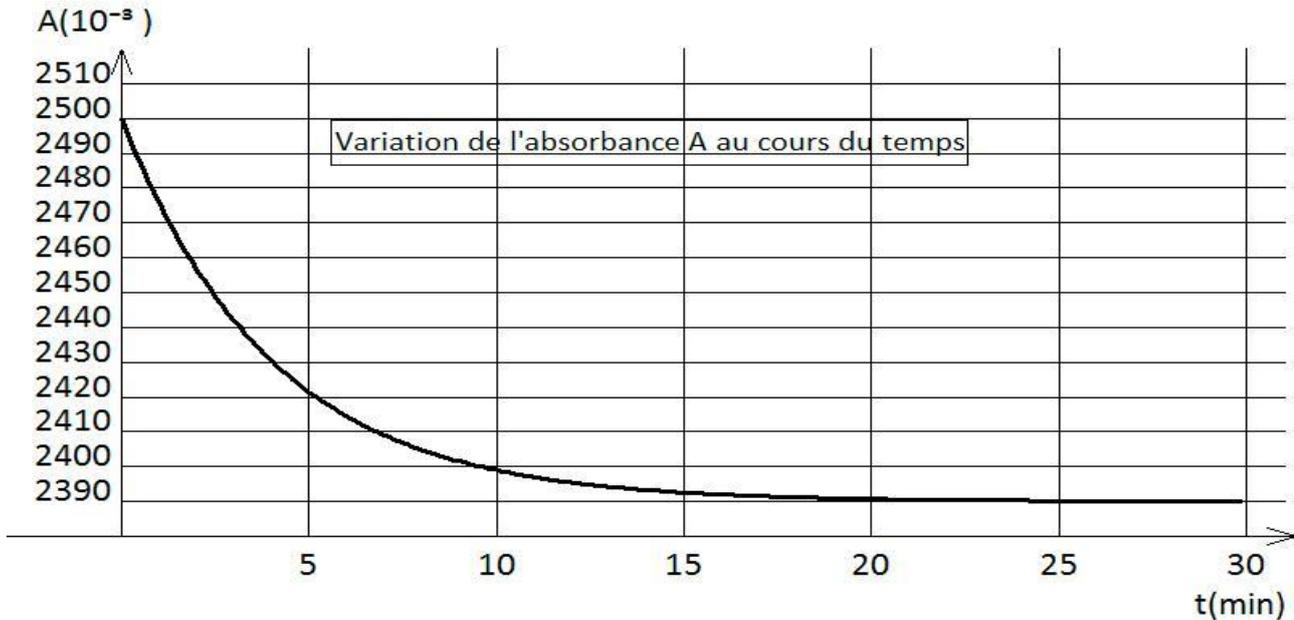
Les ions dichromate et chrome n'absorbent pas dans le même domaine de longueur d'onde.

À la date $t = 0$, on mélange 2,0 mL de sang prélevé au bras d'un conducteur avec 10,0 mL d'une solution aqueuse

acidifiée de dichromate de potassium de concentration molaire $C = [Cr_2O_7^{2-}(aq)] = 2,0 \times 10^{-2} mol.L^{-1}$.

Le volume total du mélange réactionnel est $V = 12,0$ mL. On agite et on place rapidement un prélèvement du mélange réactionnel dans une cuve du spectrophotomètre.

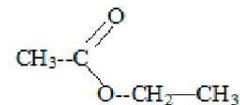
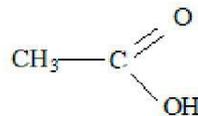
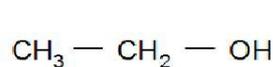
Le prélèvement dans la cuve évolue de la même façon que le mélange réactionnel. Le spectrophotomètre est connecté à un ordinateur, il mesure l'absorbance A du mélange réactionnel au cours du temps. On obtient l'enregistrement suivant :



- Expliquer pourquoi cette réaction chimique peut être suivie par spectrophotométrie.
- On a donné les spectres d'absorption des ions dichromate et des ions chrome III. Ces spectres sont-ils en accord avec les couleurs des ions dichromate et chrome III
- Justifier le choix de réaliser un suivi de la réaction à la longueur d'onde de 460 nm
- Déduire de la courbe $A = f(t)$, que l'éthanol est le réactif limitant.
- Déterminer sur la courbe $A = f(t)$, la durée de la réaction.
- Cette réaction peut-elle être considérée comme lente ? Que peut-on faire pour l'accélérer ?
- Représenter sur le graphe l'allure de la courbe attendue si on accélère la réaction. Justifier.
- Après avoir rappelé la définition du temps de demi-réaction $t_{1/2}$, montrer que $t_{1/2} \approx 2,5$ min

Partie 3 : Identification par RMN.

Voici, respectivement, les formules semi-développées de l'éthanol, de l'acide éthanóique et de l'éthanoate d'éthyle.



- De combien de groupes de protons équivalents la molécule étudiée dans le document 2 est-elle composée ?
- A quelle molécule précédente ce spectre RMN peut-il correspondre ? Justifier votre réponse.

Exercice 3 : La mission Mars Science Laboratory (/18)

Le lancement du robot Curiosity de la mission Mars Science Laboratory (MSL) a eu lieu le samedi 26 novembre 2011. Il s'est posé sur le sol martien le 6 août 2012. Ce robot transporte du matériel scientifique destiné à l'analyse de la composition du sol et de l'atmosphère martienne.



Données :

- distance Soleil-Terre : $R_1 = 1,50 \times 10^8$ km ;
- distance Soleil-Mars : $R_2 = 2,30 \times 10^8$ km ;
- période de révolution de Mars autour du Soleil : 1,88 an = 686 jours ;
- constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ m³.kg⁻¹.s⁻² ;

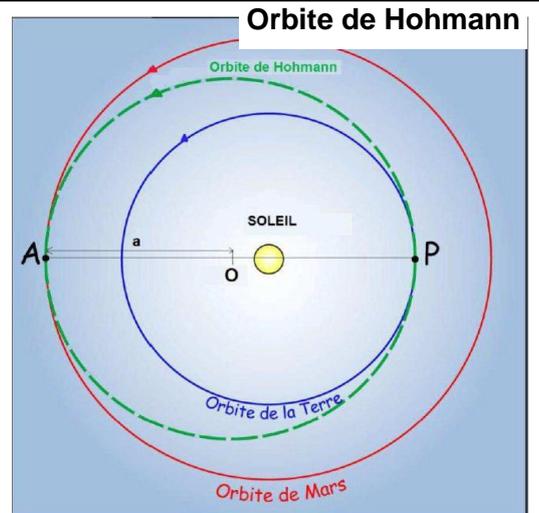
- masse du Soleil $M_s = 2,00 \times 10^{30}$ kg.

Document 1. Orbite de Hohmann

Dès les années 1920, Walter Hohmann étudie la manière la plus économique en énergie pour se rendre d'une planète à une autre.

Pour un voyage interplanétaire entre la Terre et Mars, la trajectoire du vaisseau est une ellipse de centre O. On appelle cette ellipse de demi grand axe a l'orbite de Hohmann. Le périhélie P (point le plus proche du Soleil) est sur l'orbite de la Terre et l'aphélie A (point le plus éloigné du Soleil) sur celle de Mars. Pour simplifier, les orbites de Mars et de la Terre autour du Soleil sont considérées comme circulaires et contenues dans le même plan.

Pour que ce voyage interplanétaire soit réussi, il faut d'abord que le vaisseau échappe à l'attraction de la Terre, puis qu'il utilise l'attraction du Soleil pour rejoindre le voisinage de Mars en empruntant une orbite de transfert, dite orbite de Hohmann. Dans l'étape finale c'est l'interaction gravitationnelle avec Mars qui doit être prépondérante pour que Curiosity puisse se poser sur son sol.



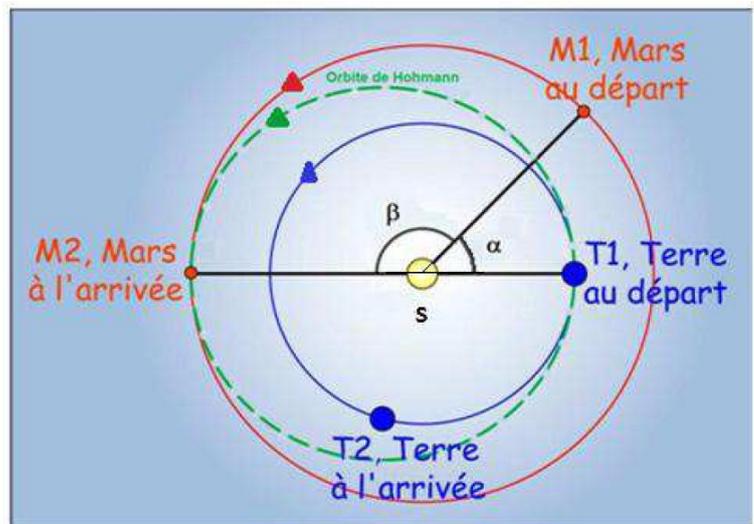
Document 2. Conditions de rencontre entre Curiosity et Mars

La figure ci-contre donne les positions de la Terre et de Mars au moment du départ et de l'arrivée de Curiosity.

Mars accomplit une orbite complète de 360° en 1,88 an.

On suppose que les deux planètes décrivent un mouvement circulaire et uniforme pendant le temps du voyage. On lance le vaisseau de la Terre lorsque Mars se trouve au point M1 sur son orbite, position initiale repérée par l'angle α représenté ci-dessous. Le point M2 représente le lieu de rendez-vous entre le vaisseau et Mars.

On note β l'angle $(SM1, SM2)$.



1. Indiquer les différentes phases du voyage de la mission MSL ?
2. Sur le schéma en annexe repasser en couleur le chemin suivi par MSL et indiquer les distances R_1 et R_2 introduites dans les données. Montrer que la valeur du demi-grand-axe de l'orbite de Hohmann est $a = 1,90 \times 10^8$ km.
3. Exprimer vectoriellement la force exercée par le soleil sur MSL, supposé ponctuel, et la représenter sur un schéma.
4. En appliquant la deuxième loi de Newton établir l'expression vectorielle de l'accélération du satellite.
5. A l'aide de ses résultats, montrer sans calcul que le mouvement circulaire de Hubble est uniforme.
6. Exprimer littéralement la vitesse de MSL en fonction des grandeurs M_s , R_s , h et G .
7. Exprimer la période T de son mouvement en fonction des grandeurs M_s , a (demi grand axe de l'ellipse), et G .
8. Exprimer la durée Δt du voyage de Curiosity en fonction de a , G et M_s .
9. La durée obtenue à partir de la formule est de 259 jours. Comparer le résultat obtenu par rapport à la durée de la mission.



10. Déterminer la valeur de l'angle dont s'est déplacé Mars, entre la date de début de la mission et le vendredi 3 février 2012, soit 68,6 jours après le départ.
Le candidat est invité à noter ses pistes de recherche. La démarche suivie est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice 1 : QCM

De la chimie

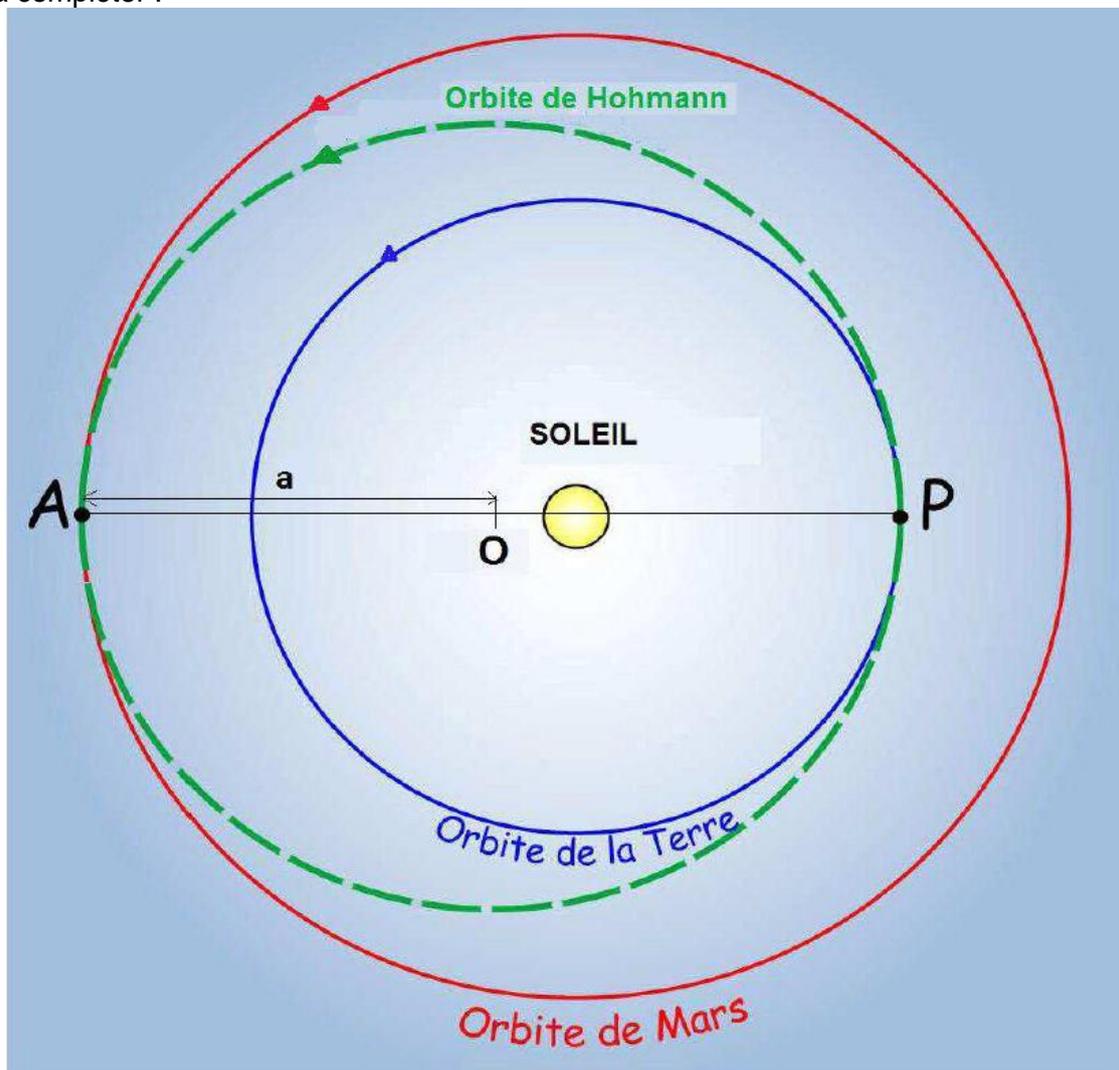
Question	Vrai	Faux	Abstention
a)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

De la physique

Question	Vrai	Faux	Abstention
a)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Exercice 3 : La mission Mars Science Laboratory

Schéma à compléter :





Exercice 1 : QCM : 9 pts

De la chimie

Question	Vrai	Faux	Abstention
a)	<input checked="" type="checkbox"/>		
b)	<input checked="" type="checkbox"/>		
c)		<input checked="" type="checkbox"/>	
d)		<input checked="" type="checkbox"/>	
e)	<input checked="" type="checkbox"/>		

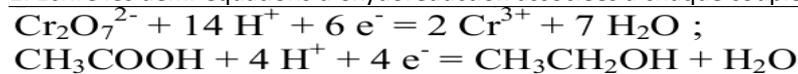
De la physique

Question	Vrai	Faux	Abstention
a)	<input checked="" type="checkbox"/>		
b)		<input checked="" type="checkbox"/>	
c)	<input checked="" type="checkbox"/>		
d)	<input checked="" type="checkbox"/>		

EXERCICE 2 : TEST D'ALCOOLEMIE : 18 pts

Partie 1.

1. Ecrire les demi-équations d'oxydoréduction associées à chaque couple.



2. Avant usage, le tube de l'éthylotest contient l'ion dichromate jaune-orangé. La couleur perçue est donc jaune – orangé (les autres espèces chimiques étant incolores).

Après l'usage, si le test est négatif, la réaction de l'ion dichromate avec l'éthanol n'a pas eu lieu et la couleur perçue est toujours jaune – orangé.

Au contraire, si le test est positif, le tube contient alors des ions chrome III et la couleur perçue est verte sur la longueur de l'éthylotest mise en contact avec l'éthanol.

Partie 2 : la spectrophotométrie.

3. Cette réaction chimique peut être suivie par spectrophotométrie car elle fait intervenir des espèces colorées.

4. Le spectre d'absorption de l'ion dichromate montre que cet ion absorbe majoritairement dans le bleu, d'où sa couleur jaune-orangé qui est le complémentaire du bleu. Quant à l'ion chrome III, il absorbe dans le bleu et le rouge, d'où sa couleur verte.

5. Pour plus de précision, on se place à proximité au maximum d'absorption de l'ion dichromate. On ne tient pas compte de l'ion chrome III car il a servi à réaliser le « blanc », d'où le choix de $\lambda = 460 \text{ nm}$.

6. L'éthanol est le réactif limitant et l'ion dichromate est en excès. En effet, la courbe $A = f(t)$ montre que l'absorbance due à l'ion dichromate n'est pas nulle quand la réaction est terminée.

7. La réaction est terminée quand l'absorbance est constante et égale à 2,390. Ainsi, la durée de la réaction est environ égale à 20 min.

8. Cette réaction peut être considérée comme lente car elle dure plusieurs minutes. Pour l'accélérer, on peut, par exemple, augmenter la température du système chimique.

9. $t_{1/2}$ est atteints plus rapidement. A la fin on arrive à la même absorbance (au final).

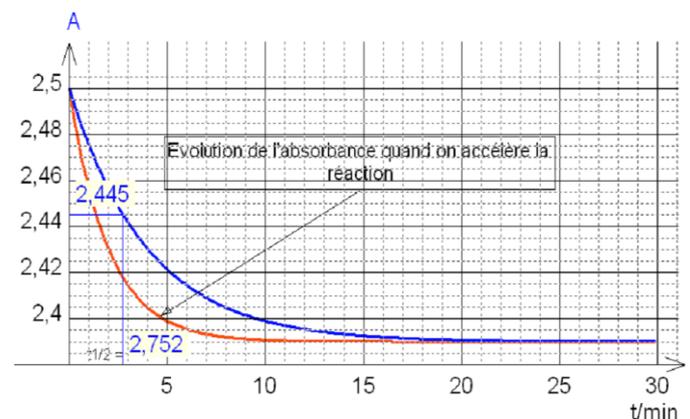
10. Le temps de demi-réaction est la durée nécessaire pour que l'avancement x atteigne la moitié de sa valeur finale x_f .

Ainsi, $t = t_{1/2}$ si $A = (2,500 - 2,390)/2 = 2,445$. La courbe montre effectivement que $t_{1/2} = 2,5 \text{ min}$.

Partie 3 : Identification par RMN

11. On observe trois signaux dans le spectre RMN donc la molécule est composée de trois groupes de protons équivalents.

12. La courbe d'intégration montre que deux signaux (le singulet et le triplet) correspondent à trois protons équivalents tandis que le quadruplet correspond à deux protons équivalents. Le spectre RMN est celui de l'éthanoate d'éthyle.



EXERCICE 3 – VOYAGE INTERPLANÉTAIRE (/18).

1. Différentes phases du voyage de la mission MSL :

Phase 1 : Lancement depuis la Terre en position T_1 , il faut échapper à l'attraction de la Terre.

Phase 2 : Voyage sur l'orbite de Hohmann en utilisant l'attraction du Soleil.

Phase 3 : Attraction par Mars et atterrissage

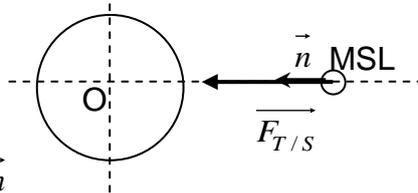


2. Demi-grand axe de l'orbite de Hohmann

$$AP = R_1 + R_2 = AO + OP = 2a$$

donc $2a = R_1 + R_2$ et $a = \frac{R_1 + R_2}{2} = 1,90 \times 10^8 \text{ km}$

3.



$$\vec{F}_{T/S} = G \cdot \frac{M_S \times m_{MSL}}{(R_S + h)^2} \vec{n}$$

avec \vec{n} vecteur unitaire : radial (porté par la droite (OS)) et centripète (orienté de S vers O)

4. Dans un référentiel géocentrique considéré comme galiléen, en appliquant la deuxième loi de Newton au système

{Mission MSL}: $\vec{F}_{T/S} = m_{MSL} \cdot \vec{a}$

$$G \cdot \frac{M_S \times m_{MSL}}{(R_S + h)^2} \vec{n} = m_{MSL} \cdot \vec{a} \quad \text{soit} \quad G \cdot \frac{M_{ST}}{(R_S + h)^2} \vec{n} = \vec{a}$$

5. Pour un mouvement circulaire, on a $\vec{a} = \frac{dv}{dt} \vec{\tau} + \frac{v^2}{(R_T + h)} \vec{n}$, avec $\vec{\tau}$ vecteur unitaire tangent à la trajectoire et \vec{n} vecteur radial et centripète.

D'après la seconde loi de Newton, le vecteur accélération a même sens et même direction que le vecteur $\vec{F}_{T/S}$.

Ce qui impose $\frac{dv}{dt} = 0$, donc la valeur de la vitesse est constante.

6. On peut écrire $\vec{a} = \frac{v^2}{(R_S + h)} \vec{n}$ et en utilisant le résultat du 4. on obtient l'égalité suivante :

$$G \cdot \frac{M_S}{(R_S + h)^2} = \frac{v^2}{(R_S + h)} \quad \text{soit} \quad G \cdot \frac{M_S}{(R_S + h)} = v^2 \quad \text{et} \quad v = \sqrt{G \cdot \frac{M_S}{(R_S + h)}}$$

7. Le satellite décrit son orbite, de périmètre $2\pi a$ avec $a = R_S + h$ en une durée égale à la période T de son mouvement.

$$v = \frac{2\pi a}{T} \quad \text{soit} \quad T = \frac{2\pi a}{v} \quad \text{soit} \quad T^2 = \frac{4\pi^2 a^2}{G \cdot M_S} \quad \text{soit} \quad T^2 = \frac{4\pi^2 a^3}{G \cdot M_T}$$

8. MSL parcourt la moitié de l'ellipse (chemin coloré sur la figure précédente), alors la durée Δt de ce parcours est égale à la moitié de la période T : $\Delta t = T/2$ ou $T = 2\Delta t$.

$$\text{Soit} \quad \frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G \cdot M_S}, \text{ ainsi} \quad \frac{(2\Delta t)^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G \cdot M_S} \quad \text{soit} \quad \frac{4\Delta t^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G \cdot M_S} \quad \text{soit} \quad \Delta t^2 = \frac{\pi^2 \cdot a^3}{G \cdot M_S} \quad \Delta t = \pi \cdot \sqrt{\frac{a^3}{G \cdot M_S}}$$

9. Le robot a décollé le 26 novembre 2011 et a atterri le 6 août 2012 : 26 au 30 / 11 : 5 jours

Décembre : 31 jours / Janvier : 31 jours / Février : 29 jours (année bissextile) / Mars : 31 jours / Avril : 30 jours

Mai : 31 jours / Juin : 30 jours / Juillet : 31 jours / 1 au 6 Août : 6 jours soit un TOTAL : **255 jours**

Écart absolu : 259-255 = 4 jours soit un écart relatif : $4/255 = 16/1000$ environ 1,6 % ou 2 %

10. Le vendredi 3 février 2012, soit 68,6 jours après le départ, MSL a parcouru 1/10 de l'orbite.

Mars accomplit une orbite complète en 686 j

$$360^\circ \rightarrow 686 \text{ jours}$$

Mars a tourné d'un angle pendant la durée de la mission

$$\rightarrow \Delta t = 68,6 \text{ jours}$$

$$\text{Angle} = 360 \cdot 1/10 = 36^\circ$$

