

**SUJET DS n°5**

Chapitre 6 « satellites» et Chapitre n°7 « Cinétique chimique »

Nom :

Prénom :

EXERCICE : OBSERVATION DES SATELLITES DE NEPTUNE PAR LA SONDE VOYAGER 2

Neptune est le dernier et le plus lointain des mondes géants que la sonde Voyager 2 nous fit découvrir. Cette planète porte le nom du dieu romain de la mer. Les photographies de la planète, par leur couleur bleu sombre, justifient pleinement cette association avec la mer.

Voyager 2 survola Neptune et ses satellites les 24 et 25 août 1989.

Neptune possède plusieurs satellites : Triton et Néréide figurent parmi les satellites les mieux connus. William Lassel a découvert Triton un mois après la découverte de la planète. C'est un satellite gros comme la Lune ; il mesure environ 4 200 km de diamètre. Il fait partie des plus gros satellites du système solaire après Ganymède, Titan et Callisto. L'orbite de Triton est circulaire autour du centre de Neptune.

Découvert en 1949, Néréide est au contraire assez petit (320 km de diamètre) et a une orbite très elliptique, la plus allongée de tous les satellites. Néréide met 360 jours pour boucler son orbite.

Voyager 2 a permis de localiser six nouveaux satellites entre Neptune et Triton.

D'après un article publié sur le site du Club Astro Antares.

Données :

Neptune : masse : $M_N = 1,025 \times 10^{26}$ kg

Triton : masse : $M_1 = 2,147 \times 10^{22}$ kg
rayon orbital : $R_1 = 3,547 \times 10^5$ km
période de révolution : $T_{rev} = 5,877$ jours solaires
période de rotation : $T_{rot} = 5,877$ jours solaires
vitesse orbitale : $V_0 = 4,00$ km.s⁻¹.

Néréide : demi-longueur du grand-axe : $a = 5513 \times 10^3$ km

Constante de gravitation : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ m³.kg⁻¹.s⁻²

1 jour solaire = 86 400 s.

Dans tout l'exercice, on considère que la planète Neptune et ses satellites sont des corps dont la répartition des masses est à symétrie sphérique. Les rayons ou les demi-grands-axes des orbites sont supposés grands devant les dimensions de Neptune ou de ses satellites.

1. Le mouvement des satellites

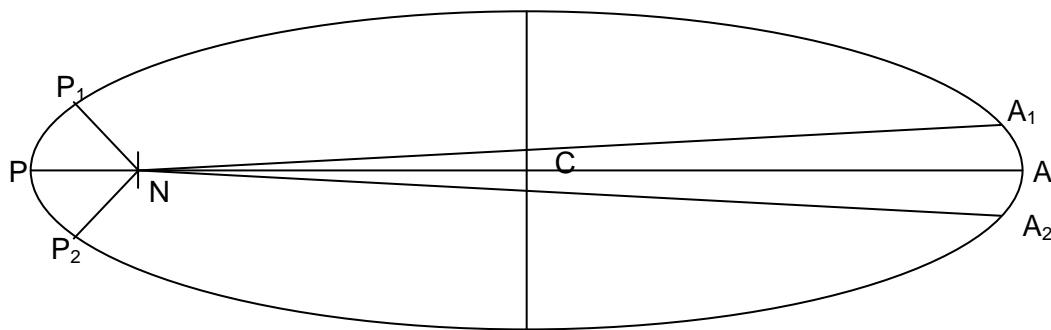
1.1. D'après le texte, « Néréide est au contraire assez petit (320 km de diamètre) et a une orbite très elliptique ». Choisir parmi les propositions suivantes le référentiel dans lequel est décrite cette orbite :

- a. héliocentrique b. néréidocentrique c. neptunocentrique d. géocentrique**

1.2. Énoncer les première et deuxième lois de Képler appliquées au cas étudié ici.

1.3. Placer sur la figure 1 donnée en ANNEXE à rendre avec la copie, la demi-longueur a du grand axe de Néréide.

- 1.4. On considère les aires balayées par le segment reliant Neptune à Néréïde pendant une même durée en différents points de l'orbite. Sur la figure ci-dessous, elles correspondent aux aires des surfaces formées par les points N, P₁ et P₂ autour du péricentre P d'une part et N, A₁ et A₂ autour de l'apocentre A d'autre part.

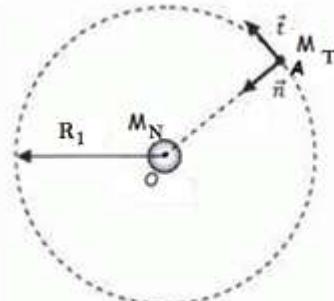


1.4.1. Quelle relation relie ces aires ? sans justifier	***
1.4.2. Comparer alors les vitesses de Néréïde aux points A et P. Justifier et tracer les 2 vecteurs vitesse de Néréïde \vec{V}_A et \vec{V}_P sur la figure 1 donnée en ANNEXE	***
1.5. On souhaite déterminer la période de révolution T_{ner} de Néréïde.	
1.5.1. Énoncer la troisième loi de Képler.	***
1.5.2. Calculer la valeur de $\frac{T_{rev}^2}{R_1^3}$ en $s^2 \cdot m^{-3}$	***
1.5.3. À l'aide des questions précédentes, en déduire la période de révolution T_{ner} de Néréïde.	*** ***

2. Le mouvement de Triton

L'orbite de Triton est circulaire.

On appelle O le centre d'inertie de Neptune, et A le centre d'inertie de Triton et on définit le repère de Frenet par (A, \vec{t}, \vec{n}) ,



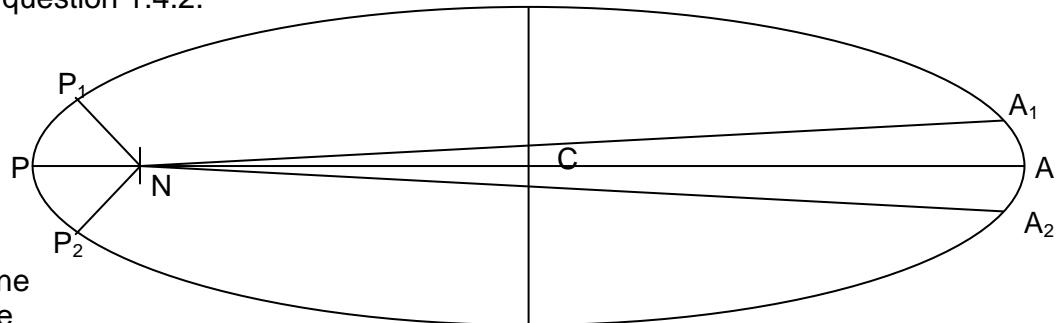
2.1. En utilisant les notations de l'énoncé et de la figure ci-dessus, donner l'expression vectorielle de la force gravitationnelle \vec{F} exercée par Neptune sur son satellite Triton et calculer sa valeur numérique.	***
2.2 Dessinez, sans soucis d'échelle, le vecteur \vec{F} sur la figure 2 donnée en ANNEXE	***
2.3. Le mouvement de Triton étant circulaire, appliquer la deuxième loi de Newton afin d'établir l'expression littérale du vecteur accélération \vec{a}	*** ***
2.4.1 Après avoir donné l'expression du vecteur accélération \vec{a} dans un mouvement quelconque, en déduire que le mouvement est bien uniforme.	***
2.4.2 Etablir l'expression V de triton sur son orbite en fonction des grandeurs M_N , R_1 et G .	***
2.4.3. Calculer cette vitesse V et la comparer à celle donnée dans l'énoncé.	***

2.4.5 Sans soucis d'échelle, tracer le vecteur vitesse \vec{V} de triton en ANNEXE et donner son expression dans le repère de Frénet	***
2.5. Montrer que la période de révolution T_{rev} de Triton peut s'exprimer en fonction de M_N , R_1 et G .	*** ***
2.6. Calculer la valeur de T_{rev} et comparer à la valeur donnée par l'énoncé.	***
2.7 A partir des questions précédentes, retrouver la 3 ^{ème} loi de Kepler.	***
Total	/ 22

ANNEXE DE L'EXERCICE:

1. Le mouvement des satellites

Question 1.3. et question 1.4.2.



N : centre de Neptune

C : centre de l'ellipse

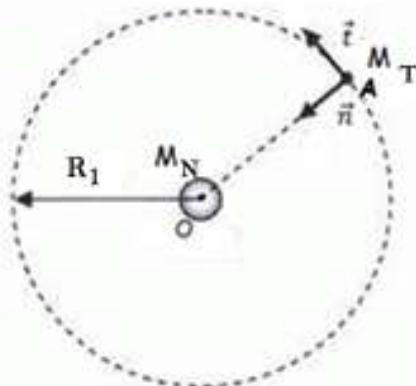
P : Péricentre de Néréide

A : Apocentre de Néréide

Figure 1: Schéma simple et légendé de l'orbite de Néréide

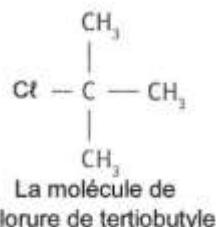
2. Le mouvement de Triton

Question 2.1.



Exercice n°2 :

Le chlorure de tertiobutyle est un composé organique utilisé comme solvant pour les peintures ou comme intermédiaire dans la synthèse de certains parfums. Instable en solution aqueuse, celui-ci se décompose par hydrolyse en formant un alcool.



L'objectif de cet exercice est de suivre l'évolution temporelle de l'hydrolyse du chlorure de tertiobutyle.

Suivi conductimétrique de l'hydrolyse du chlorure de tertiobutyle.

Lorsqu'une transformation chimique lente met en jeu une espèce ionique, la conductimétrie permet d'étudier sa cinétique.

Suivi conductimétrique de l'hydrolyse du chlorure de tertiobutyle.

Lorsqu'une transformation chimique lente met en jeu une espèce ionique, la conductimétrie permet d'étudier sa cinétique.

Données :

- Le chlorure de tertiobutyle a pour formule $(\text{CH}_3)_3\text{C-Cl}$. Pour simplifier, il sera noté par la suite RCl où le groupe alkyle R représente $(\text{CH}_3)_3\text{C-}$;
- L'équation de la réaction modélisant l'hydrolyse du chlorure de tertiobutyle est :



- La valeur de la masse volumique ρ du chlorure de tertiobutyle : $\rho = 0,850 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$;
- Tableau regroupant les masses molaires atomiques des atomes de carbone, d'hydrogène et de chlore :

Atomes	Carbone C	Hydrogène H	Chlore Cl
Masses molaires en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$	12,0	1,00	35,5

Q1. Représenter la formule semi-développée de l'alcool ROH produit lors de l'hydrolyse du chlorure de tertiobutyle. Entourer et nommer le groupe caractéristique présent.

Pour réaliser l'étude cinétique de l'hydrolyse du chlorure de tertiobutyle, on met en œuvre le protocole suivant :

- Verser un volume $V_e = 200 \text{ mL}$ d'un mélange d'eau et de propanone dans un bêcher ;
- Placer le bêcher dans un cristallisoir rempli d'eau ;
- Installer une sonde conductimétrique et un dispositif d'agitation ;
- À l'aide d'une pipette jaugée, verser un volume $V = 1,0 \text{ mL}$ de chlorure de tertiobutyle dans le volume V_e et déclencher l'enregistrement à cet instant ;
- Mesurer la conductivité σ toutes les 5 minutes pendant environ 100 minutes en prenant soin de stopper l'agitation pendant les mesures.

Donnée :

- Loi de Kohlrausch donne, pour une solution diluée, l'expression de la conductivité σ :

$$\sigma = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot [X_i]$$

avec λ_i la conductivité molaire ionique de l'ion X_i et $[X_i]$ la concentration en quantité de matière de l'ion X_i .

La courbe représentant la variation de la conductivité σ en fonction du temps t est donnée figure 1.

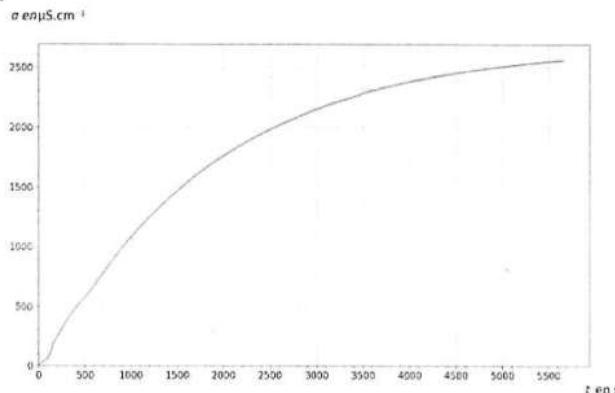


Figure 1. Représentation graphique des variations de la conductivité σ de la solution en fonction du temps t .

Q2. À partir de la loi de Kohlrausch, exprimer la conductivité σ de la solution en fonction des concentrations en quantité de matière en ions oxonium H_3O^+ et en ions chlorure Cl^- respectivement notées $[\text{H}_3\text{O}^+]$ et $[\text{Cl}^-]$ et des conductivités molaires ioniques de chaque ion notées $\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+}$ et λ_{Cl^-} .

Q3. En déduire une expression de σ en fonction de la concentration en quantité de matière en ions oxonium $[\text{H}_3\text{O}^+]$ et des conductivités molaires ioniques $\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+}$ et λ_{Cl^-} .

Q4. À partir de l'expression établie à la question précédente, justifier qu'il est possible de réaliser un suivi cinétique par conductimétrie de l'hydrolyse du chlorure de tertiobutyle.

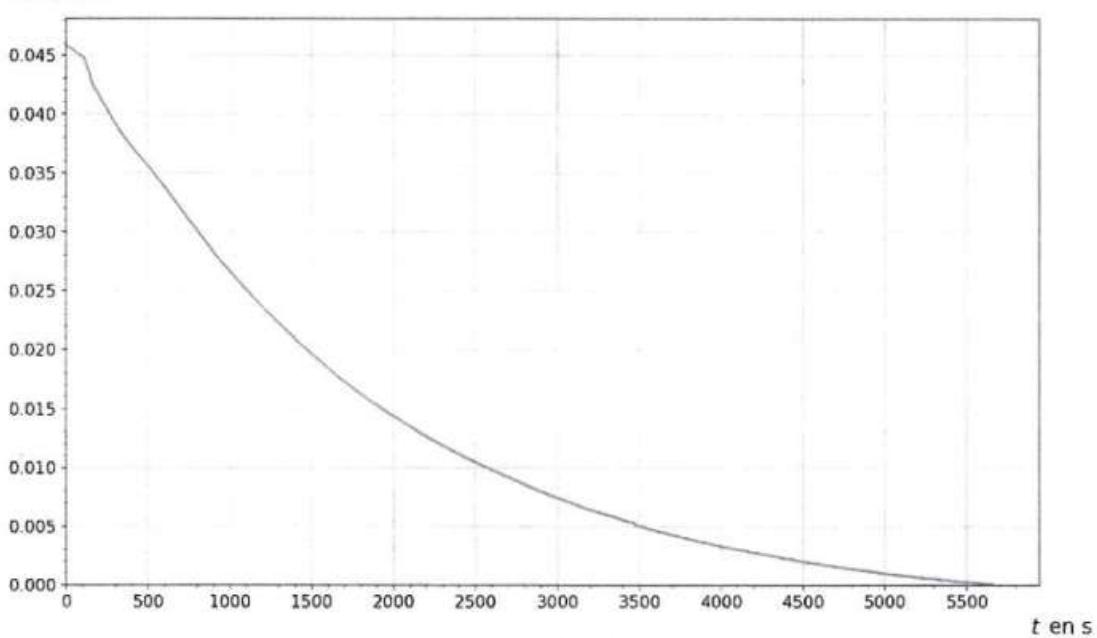
Q5. Calculer la valeur de la quantité de matière initiale de chlorure de tertiobutyle introduit notée n_0 .

Q6. En déduire la valeur de la concentration en quantité de matière initiale en chlorure de tertiobutyle c_0 dans le mélange réalisé conformément au protocole.

Les courbes représentant la concentration en quantité de matière en chlorure de tertiobutyle $[\text{RCl}]$ et la concentration en quantité de matière en ions oxonium $[\text{H}_3\text{O}^+]$ en fonction du temps t sont données figure 2.

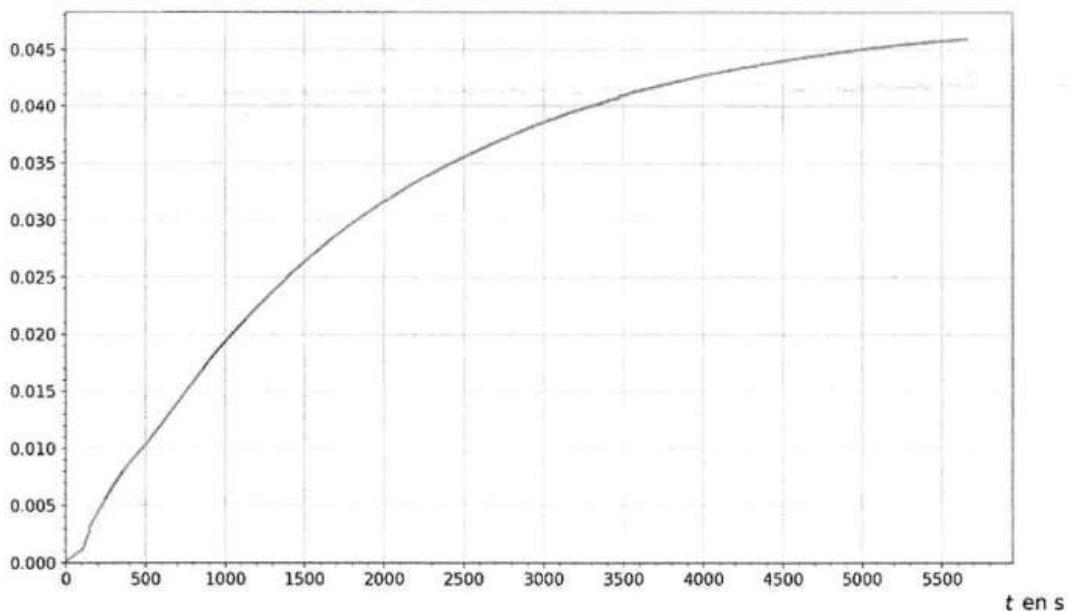


concentration en
quantité de matière
en mol.L^{-1}



Courbe 1

concentration en
quantité de matière
en mol.L⁻¹



Courbe 2

Q7. Associer, en justifiant votre choix, chaque courbe 1 et 2 à chacune des espèces chimiques RCl et H_3O^+ .

Q8. À l'aide d'une des deux courbes, montrer que l'hydrolyse du chlorure de tertiobutyle est totale.

Q9. Définir le temps de demi-réaction noté $t_{1/2}$ d'une transformation chimique.

Q10. Estimer graphiquement sa valeur $t_{1/2}$ à l'aide d'une des deux courbes de la figure 2.

Loi de vitesse.

Q11. Donner l'expression de la vitesse volumique de disparition v_{RCl} du chlorure de tertiobutyle.

Q12. Indiquer qualitativement comment évolue la vitesse volumique de disparition du chlorure de tertiobutyle v_{RCl} au cours du temps en justifiant votre réponse.

Si la cinétique de la transformation est d'ordre 1 alors la vitesse volumique de disparition du chlorure de tertiobutyle peut également s'écrire : $v_{\text{RCl}}(t) = k \cdot [\text{RCl}]_{(t)}$ où k est une constante positive.

Q13. Donner l'allure de la courbe représentant la vitesse volumique de disparition du chlorure de tertiobutyle v_{RCl} en fonction de la concentration en chlorure de tertiobutyle $[\text{RCl}]$ en sachant que la réaction suit une loi d'ordre 1.

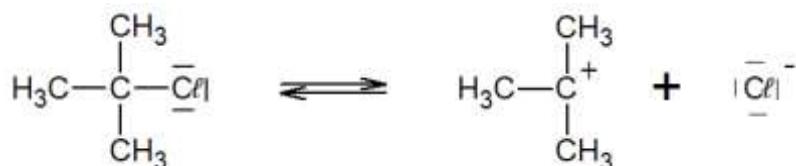
Q14. Établir l'expression de l'équation différentielle du premier ordre vérifiée par $[\text{RCl}]_{(t)}$.

La solution de l'équation différentielle est de la forme $[\text{RCl}]_{(t)} = A \cdot e^{-k t}$.

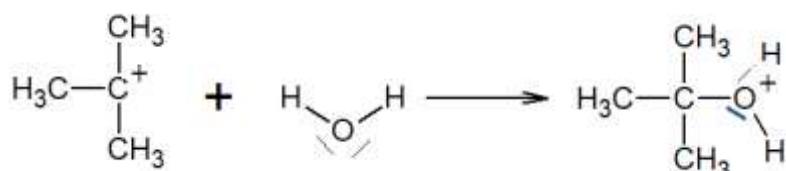
Q15. Déterminer la valeur de A à partir des conditions initiales de la transformation d'hydrolyse du chlorure de tertiobutyle.

C. Mécanisme réactionnel de la synthèse du 2-méthylpropan-2-ol à partir d'un halogénoalcane: le 2-chloro-2-méthylpropane. :

Etape 1 :



Etape 2 :



Etape 3 :



Données :

	Atome	C	N	O	Cl	Br	I
Électronégativité (Échelle de Pauling)	2,5	3,0	3,5	3,2	3,0	2,7	

Q16. Comment appelle-t-on les 3 étapes de ce mécanisme ?

Q17. Représenter par une flèche courbe le mouvement des doublets d'électrons pour chaque étape.

Q18. Quels sont les intermédiaires réactionnels de ce mécanisme ?

Total /28