

EXERCICE I : AUTOUR DE QUELQUES ÉVÈNEMENTS ASTRONOMIQUES (10 points)

On s'intéresse ici à deux évènements astronomiques passés. Les deux parties sont indépendantes.

1. ÉTUDE DE LA COMÈTE ISON

Les comètes ont des trajectoires très elliptiques autour du Soleil. Le 28 novembre 2013, la comète ISON est passée à son périhélie (le point de son orbite le plus proche du Soleil). La comète ISON n'a pas survécu à son passage à proximité du Soleil en raison de la faible taille de son noyau, selon les analyses de la NASA. Un fragment de la comète a toutefois poursuivi sa route quelques heures avant de se transformer finalement en un nuage diffus de poussière (voir **figure 1**).

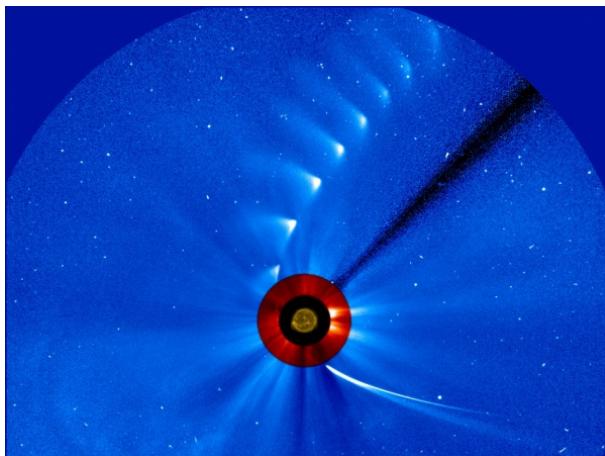


Figure 1 : Photographie de la comète ISON par le satellite SOHO

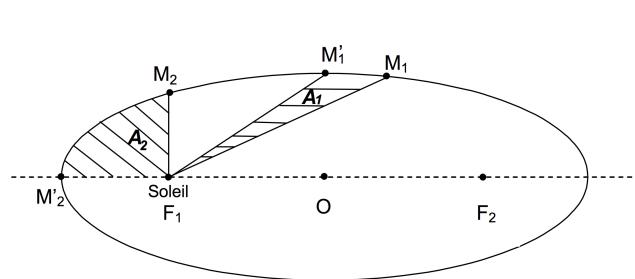


Figure 2 :

La figure 2 ci-dessus représente la trajectoire elliptique du centre d'inertie M d'un astre du système solaire de masse m dans le référentiel héliocentrique considéré comme galiléen. Les deux foyers F_1 et F_2 de l'ellipse et son centre O sont indiqués.

- 1.1. En utilisant une des lois de Kepler, justifier la position du Soleil indiquée sur la **figure 2**. Où se trouvait ISON le 28 novembre 2013 ?
- 1.2. On suppose que les durées de parcours entre les points M_1 et M'_1 puis M_2 et M'_2 sont égales. En utilisant une des lois de Kepler, trouver la relation entre les aires hachurées A_1 et A_2 de la **figure 2**.
- 1.3. La valeur de la vitesse moyenne entre les points M_1 et M'_1 est-elle inférieure, égale ou supérieure à celle entre les points M_2 et M'_2 ? Justifier.

2. VISIBILITÉ ET TRANSIT DE VÉNUS

Appelée « **étoile du berger** » (bien qu'il s'agisse d'une planète), Vénus est visible dans les lueurs du crépuscule ou de l'aube. Vénus étant proche du Soleil, elle n'est pas visible en plein milieu de la nuit : elle suit ou précède le Soleil dans sa course dans le ciel, ce qui la rend visible tantôt en début de soirée, tantôt en fin de nuit. La période de **septembre à décembre 2013** a été particulièrement favorable. Les conditions de visibilité de Vénus changent fréquemment, au gré de ses mouvements et de ceux de la Terre autour du Soleil. Ainsi, la période favorable suivante sera de **février à mai 2014**. Vénus sera de nouveau bien visible, mais le matin.

Le transit d'une planète correspond à son passage entre la Terre et le Soleil (« elle passe ainsi devant le Soleil »). Pour un observateur terrestre, cela se manifeste par la présence d'un disque sombre sur le fond brillant du Soleil (le phénomène s'est produit le 8 juin 2004).

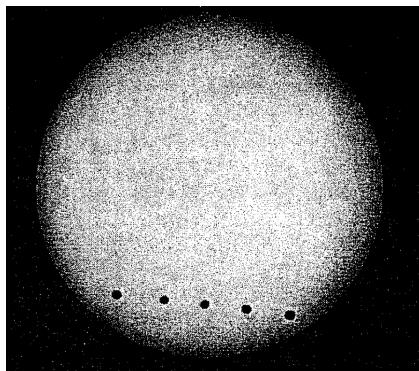


Figure 3

Quelques données astronomiques :

Soleil :	Masse	$M_1 = 2,0 \cdot 10^{30}$ kg
	Distance moyenne à la Terre	$R_1 = 1,5 \cdot 10^8$ km
	Diamètre	$D_1 = 1,4 \cdot 10^6$ km
Vénus :	Masse	notée M_2
	Distance moyenne au Soleil	$R_2 = 1,0 \cdot 10^8$ km
	Constante de gravitation universelle	$G = 6,6 \cdot 10^{-11}$ S · I ·

La figure 3 est un montage photographique réalisé en 2004, en France, par un astronome amateur. On voit sur le même cliché quelques positions de ce transit (différentes positions de Vénus au cours du temps).

Dans toute cette partie, on assimilera la Terre et Vénus à leur centre d'inertie. L'astronome amateur considère que la planète Vénus tourne autour du Soleil sur une trajectoire circulaire dont le centre est le centre du Soleil.

2.1. Comment nomme-t-on le référentiel d'étude ?

2.2. Nommer, exprimer vectoriellement puis représenter sur un schéma la force exercée par le Soleil sur la planète Vénus.

2.3. Dans le référentiel d'étude, appliquer à Vénus la deuxième loi de Newton (on négligera l'action des autres planètes sur Vénus). En déduire l'expression du vecteur accélération.

2.4. Étude théorique de la vitesse orbitale de Vénus

2.4.1 Démontrer que le mouvement de la planète Vénus est uniforme. Donner les caractéristiques du vecteur accélération de Vénus.

2.4.2 Retrouver, dans le référentiel choisi, l'expression de la vitesse de cette planète : $v_2 = \sqrt{\frac{G \cdot M_1}{R_2}}$

2.4.3 En utilisant les données astronomiques fournies, calculer, avec 2 chiffres significatifs, la valeur de cette vitesse.

2.5. Étude de la période de Vénus

2.5.1 Définir la période de révolution T_2 de la planète Vénus.

2.5.2 Exprimer cette période en fonction de la vitesse v_2 et de la distance R_2 . Calculer la valeur de cette période en secondes.

2.6. La troisième loi de Kepler

2.6.1 À partir des réponses aux questions précédentes, retrouver la troisième loi de Kepler.

2.6.2 Cette loi permet de déterminer la masse d'un astre central si les valeurs de la période et du rayon de l'orbite de l'un de ses satellites sont connues. Exprimer littéralement la masse M_1 du Soleil en fonction des données astronomiques nécessaires.

EXERCICE II : DE LA POUDRE DE TARA AU GALLATE DE PROPYLE (10 points)

Le gallate de propyle, de masse molaire $212 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ est un composé organique de formule semi-développée : $\text{C}_6\text{H}_2(\text{OH})_3 - \text{COO} - \text{C}_3\text{H}_7$. Il est utilisé comme additif alimentaire pour ses propriétés anti-oxydantes et il est identifié par le code E310. Le gallate de propyle peut être obtenu à partir de l'acide gallique dont les caractéristiques sont données ci-dessous et qui peut être extrait du tanin contenu dans les goussettes des fruits du tara, arbuste du Pérou.

Caractéristiques de l'acide gallique :

Nom officiel : acide 3,4,5-trihydroxybenzoïque

Formule semi-développée : $\text{C}_6\text{H}_2(\text{OH})_3 - \text{COOH}$

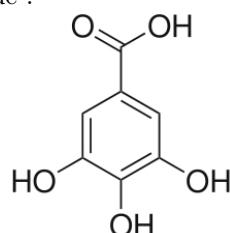
Masse molaire : $170 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Solide à température ambiante – Température de fusion : $\theta_{fus} = 253 \text{ }^\circ\text{C}$

Solubilité : très peu soluble dans l'eau froide, soluble dans l'eau chaude

Couple acide gallique / ion gallate : $pK_a = 3,1$

Formule topologique :

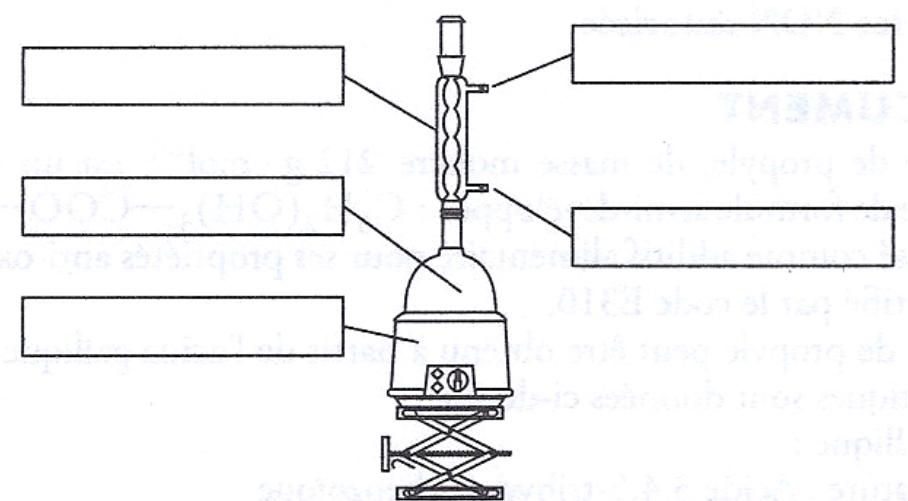


1. EXTRACTION DE L'ACIDE GALLIQUE

Le tanin est extrait de la poudre de tara par dissolution dans l'eau chaude et filtration. On additionne de l'hydroxyde de sodium solide $\text{NaOH}(s)$ au filtrat pour obtenir un pH de l'ordre de 11. On chauffe ensuite à reflux pendant une trentaine de minutes en présence de pierre ponce. La saponification du tanin produit l'ion gallate. Après refroidissement dans la glace, on ajoute de l'acide chlorhydrique concentré, le pH de la solution atteint la valeur 1,5 et l'acide gallique précipite.

1.1. À propos du montage utilisé

1.1.1 Compléter la légende du schéma du montage de chauffage à reflux ci-après.



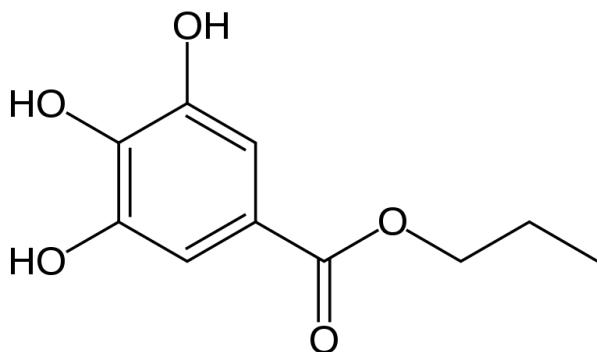
1.1.2 Indiquer l'intérêt du chauffage à reflux.

1.2. Le couple de l'acide gallique

- 1.2.1 Écrire la formule semi-développée de l'ion gallate.
- 1.2.2 Écrire l'équation-bilan modélisant la réaction de l'acide gallique avec l'eau.
- 1.2.3 Donner l'expression de la constante d'acidité K_a du couple de l'acide gallique.
- 1.2.4 Calculer le rapport des concentrations de l'acide gallique et de l'ion gallate à l'équilibre dans la solution dont le pH vaut 1,5 et indiquer l'espèce prédominante.
- 1.2.5 Représenter le diagramme de prédominance du couple de l'acide gallique et montrer que la réponse à la question précédente est en accord avec ce diagramme.
- 1.2.6 Pourquoi refroidit-on le mélange réactionnel ?
- 1.2.7 Indiquer un procédé permettant de vérifier la pureté de l'acide gallique.

2. DE L'ACIDE GALLIQUE AU GALLATE DE PROPYLE

On réalise un mélange équimolaire d'acide gallique et d'un alcool, noté **B**. Après addition d'acide sulfurique concentré, le mélange est chauffé à reflux pendant une heure. On obtient ainsi le gallate de propyle dont la formule topologique est donnée ci-après et de l'eau.



- 2.1. Nommer le groupe caractéristique obtenu et l'entourer dans la formule topologique du gallate de propyle.
- 2.2. Donner la formule semi-développée et le nom de l'alcool **B** utilisé pour cette synthèse.
- 2.3. Synthèse du gallate de propyle
 - 2.3.1 Écrire l'équation-bilan de la réaction de synthèse du gallate de propyle.
 - 2.3.2 Préciser le rôle de l'acide sulfurique concentré.
 - 2.3.3 Préciser le rôle de la pierre ponce.
- 2.4. Le rendement de la synthèse est de 70%. Quelle masse de gallate de propyle peut-on espérer obtenir à partir d'une masse $m = 17,0$ g d'acide gallique ? Détailler le raisonnement et les calculs.
- 2.5. En argumentant la réponse, proposer au moins deux pistes d'amélioration du protocole qui permettraient d'améliorer le rendement de cette synthèse.