

**PHYSIQUE-CHIMIE**  
**ENSEIGNEMENT SPECIFIQUE**

EXERCICE I : (7.5 points) : L'acidité d'un vin  
EXERCICE II : (7.5 points) : Moonwalkers  
EXERCICE III : (5 points) : Topex/Poséidon

**EXERCICE I : L'acidité d'un vin****Document 1 : VIN**

L'acidité d'un vin peut être exprimée de deux façons, à partir de son acidité totale ou de son pH [...]. L'acidité totale est surtout un indicateur des caractéristiques gustatives, alors que le pH intervient dans la stabilité du vin. L'acidité du vin (pH compris entre 2,7 et 3,7) est principalement due à la présence d'acides organiques en partie à l'état libre; l'acidité totale d'un vin est constituée par les acides représentant l'acidité fixe (acides tartrique, malique, lactique, citrique, etc) et par des molécules représentant l'acidité volatile (essentiellement l'acide éthanoïque, et l'éthanoate d'éthyle susceptible de libérer l'acide éthanoïque par saponification) [...].

Le goût aigre de l'acide éthanoïque est perçu lorsque sa concentration est supérieure à

0,6 g.L<sup>-1</sup>. D'après « Chimie dans la maison » - Cultures et Techniques

**Document 2 : données**

Masse molaire de l'acide éthanoïque (CH<sub>3</sub>COOH) : M = 60 g.mol<sup>-1</sup> À 25°C : pK<sub>a</sub> (CH<sub>3</sub>COOH / CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>) = 4,8  
pK<sub>a</sub> (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> / H<sub>2</sub>O) = 0 pK<sub>a</sub> (H<sub>2</sub>O / HO<sup>-</sup>) = 14 produit ionique de l'eau : K<sub>e</sub> = 1,0×10<sup>-14</sup>

**Document 3 : titrage de l'acide éthanoïque par l'hydroxyde de sodium**

Au laboratoire, l'étiquette d'un flacon d'une solution d'acide éthanoïque est effacée. On décide alors d'effectuer un titrage afin de déterminer la concentration molaire c<sub>a</sub> de cette solution.

Pour cela, on dispose d'une solution d'hydroxyde de sodium (Na<sup>+</sup> + HO<sup>-</sup>) de concentration molaire égale à 1,0×10<sup>-2</sup> mol.L<sup>-1</sup> et du matériel suivant :

- fioles jaugées de 50 mL et de 100 mL ; - pipettes jaugées de 5 mL et de 10 mL ;
- bécher de 100 mL ; - éprouvette graduée de 50 mL ; - eau déminéralisée.

Avec la solution d'hydroxyde de sodium ainsi préparée, on procède au titrage de V<sub>a</sub> = 20,0 mL de solution d'acide éthanoïque. Les valeurs du pH, en fonction du volume V<sub>b</sub> de solution d'hydroxyde de sodium versé, sont données dans le tableau suivant :

V <sub>b</sub> (mL)	0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	18,5
pH	3,4	3,9	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,75	5,9
V <sub>b</sub> (mL)	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	24,0	26,0	28,0	30,0
pH	6,1	6,4	8,3	10,3	10,7	10,9	11,0	11,3	11,5	11,6	11,7

**Document 4 : ethylomètre infrarouge**

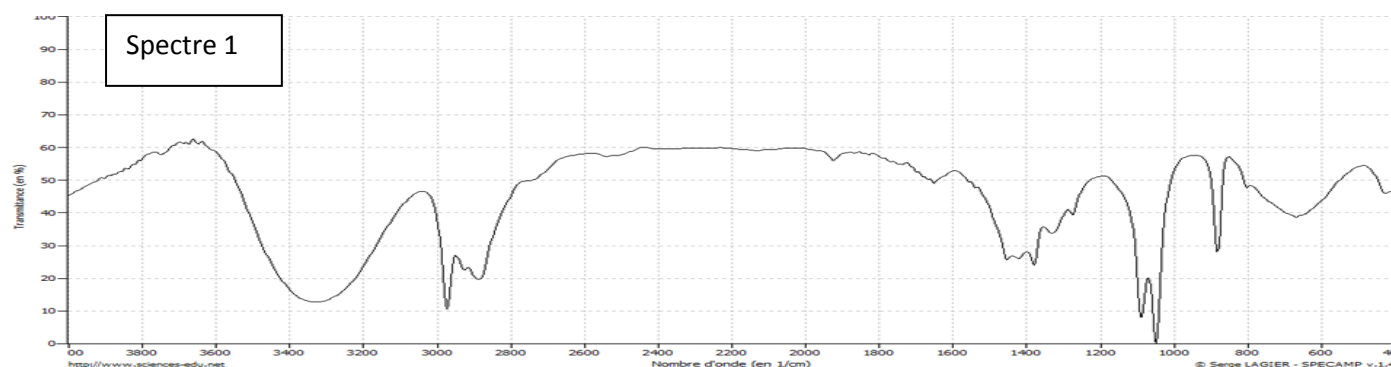
Ces appareils font appel à la propriété qu'ont les alcools d'absorber dans l'infrarouge. Les premiers appareils utilisés réalisaient deux mesures, l'une pour λ<sub>1</sub> = 3,39 μm, l'autre pour λ<sub>2</sub> = 3,48 μm.

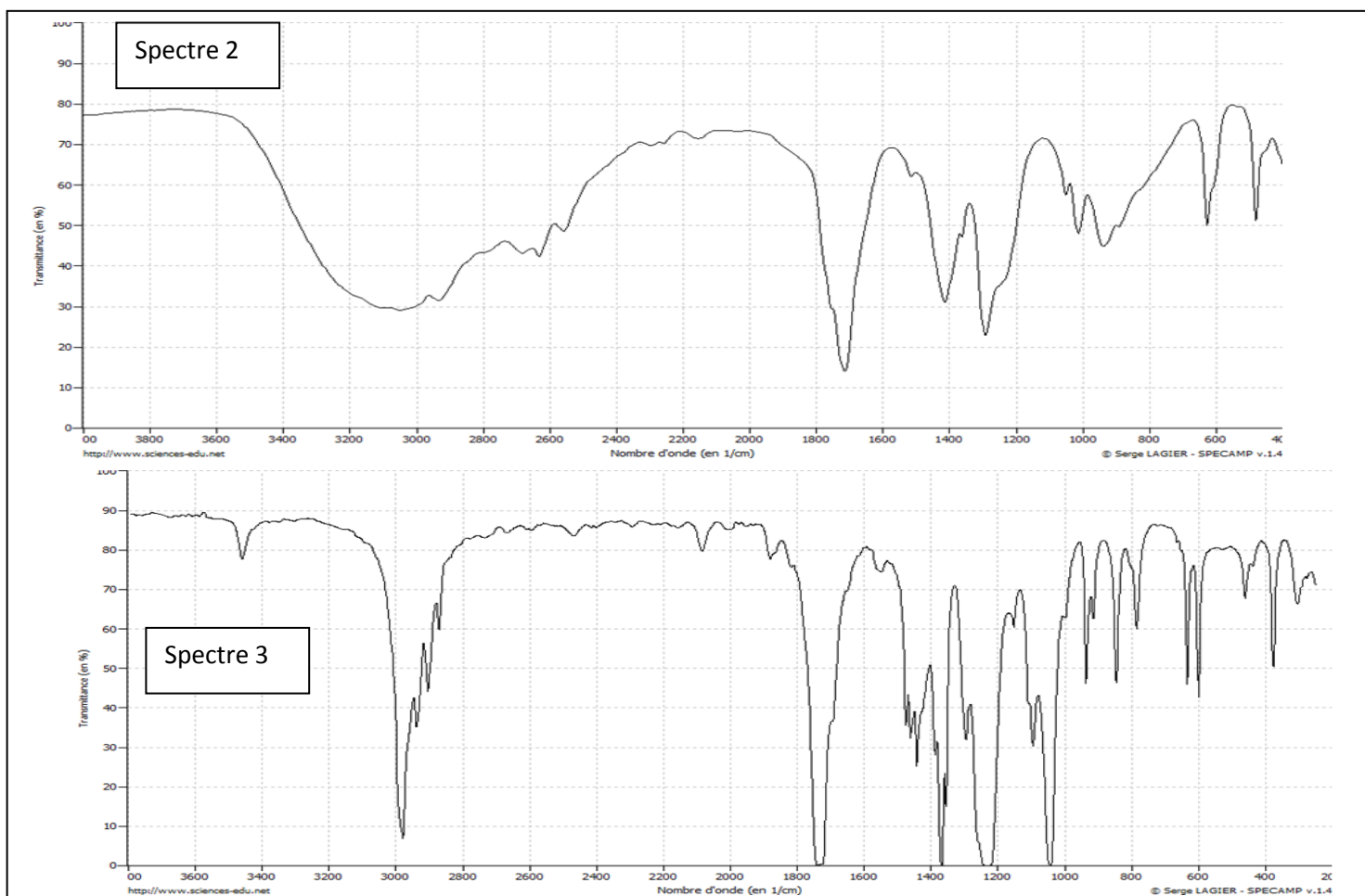
La présence d'hydrocarbures dans l'air expiré, chez les fumeurs en particulier, a conduit les fabricants à développer des appareils effectuant des mesures pour λ<sub>3</sub> = 9,46 μm.

**Document 5 : spectres infrarouges :**

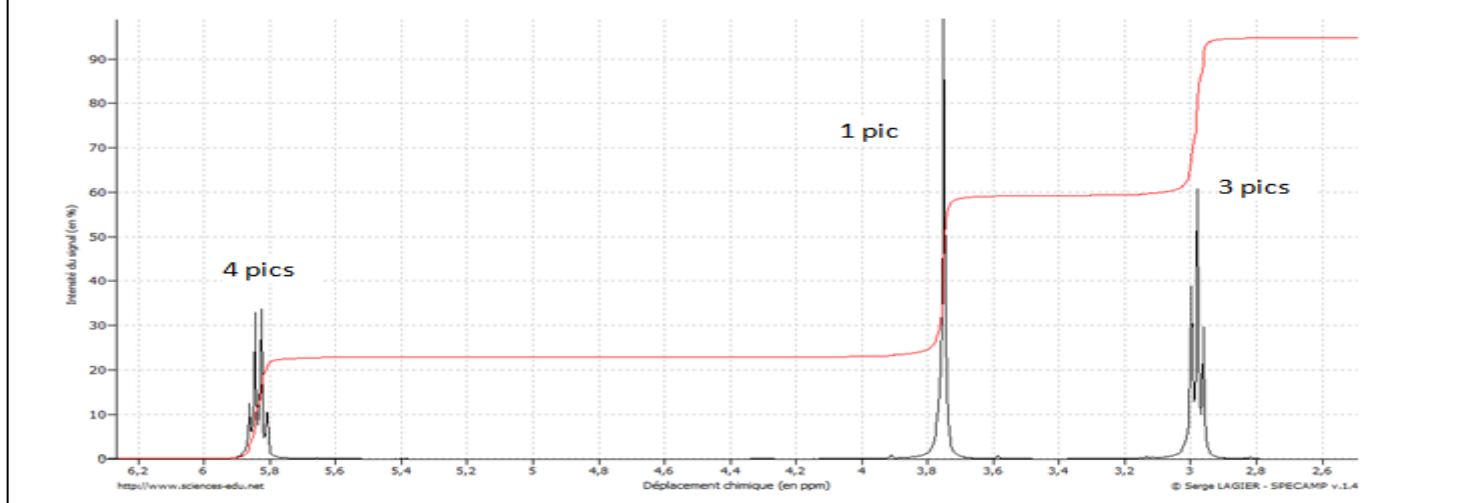
Liaison	σ (cm <sup>-1</sup> )	Intensité
—O—H libre	3 580 à 3 650	F ; fine
—O—H lié	3 200 à 3 400	F ; large
N - H	3 100 à 3 500	M
>C≡H alcène	3 000 à 3 100	M
—C≡H	2 800 à 3 000	F
>C≡H aldéhyde	2 750 à 2 900	M
—O—H acide carboxylique	2 500 à 3200	F ; large

Liaison	σ (cm <sup>-1</sup> )	Intensité
>C=O ester	1 700 à 1 740	F
>C=O aldéhyde ; cétone	1 650 à 1 750	F
>C=O acide	1 680 à 1 710	F
>C=C<	1 625 à 1 685	M
—C≡H	1 415 à 1 470	F
C≡O	1 050 à 1 450	F
C≡C	1 000 à 1 250	F





#### Document 6 : spectre RMN



#### QUESTIONS :

##### 1. À propos du texte (document 1)

- 1.1. Déterminer la valeur de la concentration molaire en ions oxonium  $\text{H}_3\text{O}^+$  d'un vin dont le pH est égal à 3,0.
- 1.2. Calculer la concentration molaire de l'acide éthanóïque pour que le goût aigre soit perçu.

##### 2. Réaction de l'acide éthanóïque avec l'eau

On dispose d'un volume  $V = 50 \text{ mL}$  d'une solution  $S$  d'acide éthanóïque de concentration molaire en soluté apporté  $C = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  et de  $\text{pH} = 3,4$ .

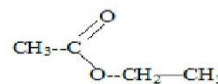
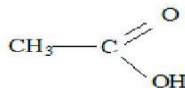
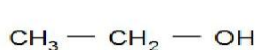
- 2.1. Écrire l'équation de la réaction de l'acide éthanóïque avec l'eau.
- 2.2. Tracer le diagramme de prédominance sur un axe gradué en pH du couple  $\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{COO}^-$  et en déduire l'espèce prédominante dans la solution  $S$ .
- 2.3. Remplir le tableau d'avancement placé en annexe 1, en utilisant les expressions littérales de l'énoncé.
- 2.4. Exprimer l'avancement final  $x_f$  en fonction du pH et de  $V$ . Calculer sa valeur.
- 2.5. Déterminer l'avancement maximal  $x_{\text{max}}$  en fonction de  $C$  et  $V$ . Calculer sa valeur.
- 2.6. Cetter réaction est-elle totale ? Justifier.

### 3. Titration de l'acide éthanóïque par une solution d'hydroxyde de sodium (document 3)

- 3.1. Faire un schéma légendé du dispositif expérimental utilisé pour effectuer ce titrage.
- 3.2. Écrire l'équation de la réaction du titrage qui s'effectue entre la solution d'acide éthanóïque et la solution d'hydroxyde de sodium.
- 3.3. Définir l'équivalence du titrage.
- 3.4. Déterminer, graphiquement, sur la courbe donnée en annexe 2 à rendre avec la copie, les coordonnées du point d'équivalence.
- 3.5. Déterminer la concentration molaire  $c_a$  de la solution d'acide éthanóïque étudiée. On pourra s'aider d'un tableau d'avancement.

### 4. Identification des quelques composés chimiques par RMN et IR

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



- 4.1. A quelle famille appartient chacun de ces composés ?
- 4.2. Recopier sur votre copie chaque molécule puis entourer sur la formule semi-développée le groupe fonctionnel en donnant son nom.

Le spectre RMN d'une de ces trois molécules vous est présenté **document 6**

- 4.3. De combien de groupes de protons équivalents la molécule est-elle composée ?
  - 4.4. A quelle molécule précédente ce spectre RMN peut-il correspondre ? Justifier votre réponse.
- On réalise des spectres infrarouges : l'un concerne l'éthanol, l'autre l'acide éthanóïque et le dernier l'éthanoate d'éthyle. (**document 5**)

- 4.5. Lequel concerne l'acide éthanóïque. Justifier. On utilisera les données propres aux spectres IR.

### 5. Utilisation d'un éthylomètre à infrarouge (document 4 et 5)

- 5.1 Déterminer les nombres d'ondes  $\sigma_1$  et  $\sigma_2$  (en  $\text{cm}^{-1}$ ) correspondant respectivement à  $\lambda_1 = 3,39 \mu\text{m}$  et  $\lambda_2 = 3,48 \mu\text{m}$
- 5.2 En déduire à quelle(s) bande(s) d'absorption du spectre infrarouge correspondent ces nombres d'ondes.

Le nombre d'onde correspondant à  $\lambda_3 = 9,46 \mu\text{m}$  est  $\lambda_3 = 1057 \text{ cm}^{-1}$

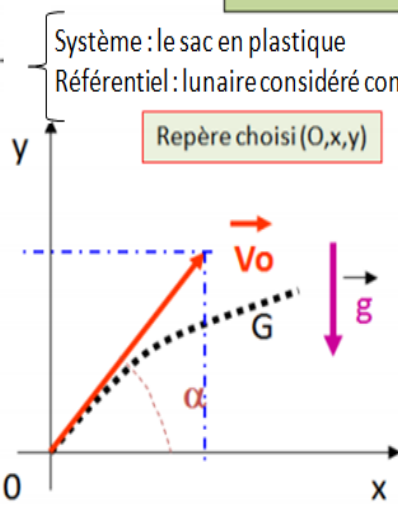
- 5.3 A quelle liaison cela correspond-il ?
- 5.4 La présence de la molécule d'éthanoate d'éthyle dans l'air fausse-t-elle les mesures ? Justifier.

## EXERCICE II : MOONWALKERS

### Document 1 : équations du mouvement dans un champ de pesanteur

Système : le sac en plastique  
Référentiel : lunaire considéré comme galiléen

Repère choisi (O,x,y)



Equation de la trajectoire : EQUATION CARTESIENNE :  $y=f(x)$

Situation : À  $t=0$  un projectile est lancé avec une vitesse initiale  $v_0$

EQUATIONS HORAIRES du MOUVEMENT du projectile

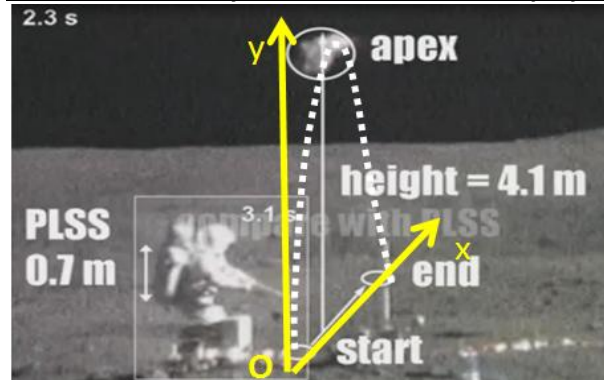
accélération	Vitesse
$\vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$	$\vec{v} \begin{cases} v_x = v_0 \cdot \cos \alpha \\ v_y = -g \cdot t + v_0 \cdot \sin \alpha \end{cases}$

position

$$\vec{OG} \begin{cases} x = (v_0 \cdot \cos \alpha) \cdot t \\ y = -\frac{1}{2} g t^2 + (v_0 \cdot \sin \alpha) \cdot t \end{cases}$$

$$y = -\left( \frac{g}{2 \cdot v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} \right) \cdot x^2 + (\tan \alpha) \cdot x$$

## Document 2 : analyse du mouvement d'un projectile sur la lune



Pendant une des missions Apollo entre 1969 et 1973 sur la Lune, de nombreux films ont été tournés.

Ici l'on voit un astronaute jeter un sac en plastique d'un emballage de matériel de mesure.

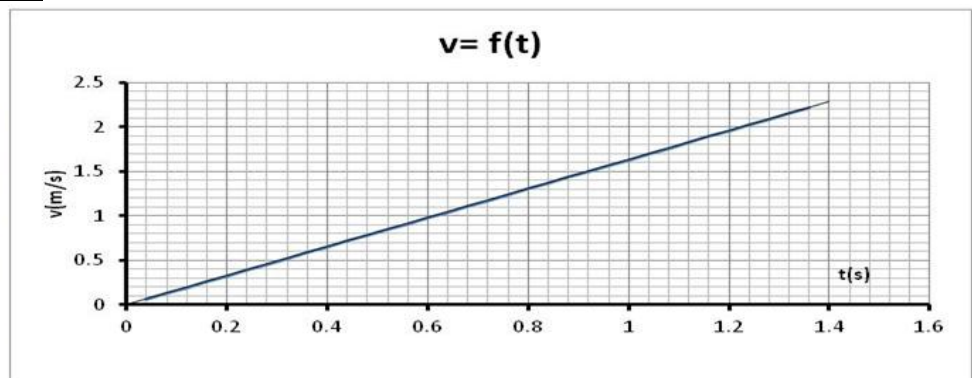
En analysant cette séquence vidéo, image par image on peut faire des pointage et des mesures pour vérifier qu'on se trouve bien sur la lune.

Ici le mouvement du sac en plastique a été analysé :

On trouve que la hauteur maximum de la trajectoire (apex) se trouve à **4.1 m** du sol et qu'il s'est écoulé **2.3 s** depuis le début du lancement.

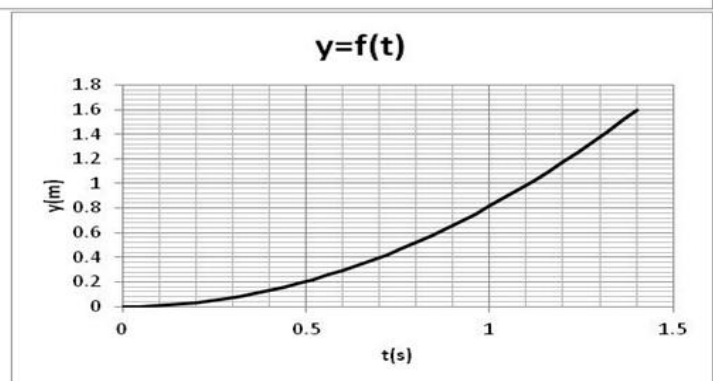
La durée totale du mouvement est de **4.6 s**. La vitesse initiale est de **4.9 m/s**.

## Document 3 : la plume et le marteau



A la fin de la mission Apollo 15 en 1971, David Scott a fait une démonstration de la chute des corps sur la Lune en lâchant sans vitesse initiale simultanément un marteau géologique en aluminium de 1.32 kg et une plume de faucon de 30 g. On observe que les deux objets arrivent simultanément sur le sol.

Ci-dessous sont représentées les courbes acquises après analyse vidéo de la vitesse en fonction du temps et de la position y en fonction du temps d'un des 2 objets. L'axe vertical est orienté vers le bas.



## Document 4 : correction de vitesse

Terre

Lune

Au milieu du trajet terre-Lune, les vaisseaux Apollo pouvait effectuer plusieurs corrections de vitesse afin d'ajuster leur trajectoire vers la lune en allumant brièvement le moteur Delta V.

$\Delta m$

$\Delta \vec{V}_2$

$M - \Delta m$

$\Delta \vec{V}_1$

**Exemple de correction de vitesse:** la masse M du vaisseau avant allumage est de  $M = 42677$  kg, le bref allumage du moteur lui confère un  $\Delta v_1$  de 3.84 m/s, La masse du vaisseau après arrêt du moteur est de 42471 kg

## Questions :

### 1 : mouvement du sac en plastique (document 2)

- 1.1 Pourquoi peut-on admettre que ce sac lancé en l'air se comporte comme un caillou que l'on lancerait sur Terre ?
- 1.2 Exprimer les coordonnées de la vitesse initiale  $\vec{v}_0$  en fonction de  $v_0$  et de l'angle  $\alpha$ . Pourquoi la composante horizontale de la vitesse reste constante tout au long de ce mouvement ?
- 1.3 Sachant que le sac se trouve à 14.5m de son point de départ quand il retombe sur le sol, montrer que l'angle de tir  $\alpha$  est de l'ordre de  $50^\circ$ .
- 1.4 Quelle est la valeur de la composante vertical  $v_y$  de la vitesse  $v$  quand le sac passe au sommet de sa trajectoire ? Trouver la valeur de g sur la Lune.



1.5 Vérification : la pesanteur sur la Lune est six fois moindre que sur Terre. Le vérifie-t-on ?

## 2 : la plume et le marteau (document 3)

- 2.1 Etablir à l'aide d'une loi de NEWTON que sans frottement comme sur la Lune, des objets comme une plume et un marteau ont une accélération indépendante de leur masse.
- 2.2 Montrer à l'aide des graphiques que le mouvement de la plume ou du marteau est bien uniformément accéléré. Trouver la valeur de  $g$  sur la lune.
- 2.3 Tracer le vecteur  $\overrightarrow{\Delta v_2} = \overrightarrow{v_3} - \overrightarrow{v_1}$  au point A2 du schéma de **l'annexe3**. En déduire par un calcul la valeur de l'accélération du mouvement. Que remarque-t-on ?

## 3 : Correction de vitesse à mi-parcours du trajet Terre-Lune (document 4)

- 3.1 A mi-chemin entre Terre et Lune, le vaisseau Apollo, moteurs éteints, peut être considéré comme en mouvement rectiligne uniforme à une vitesse de l'ordre de 2000 m/s. Peut-on le considérer comme un système soumis à aucune force extérieures ?
- 3.2 Il effectue une correction de vitesse pour gagner  $\Delta v_1$ , Trouver une relation entre  $M$ ,  $\Delta m$ ,  $\Delta v_1$ ,  $\Delta v_2$  et déterminer la vitesse d'expulsion des gaz  $\Delta v_2$ .

## EXERCICE III : Topex-Poséidon

### Document 1 : le satellite Topex/Poséidon

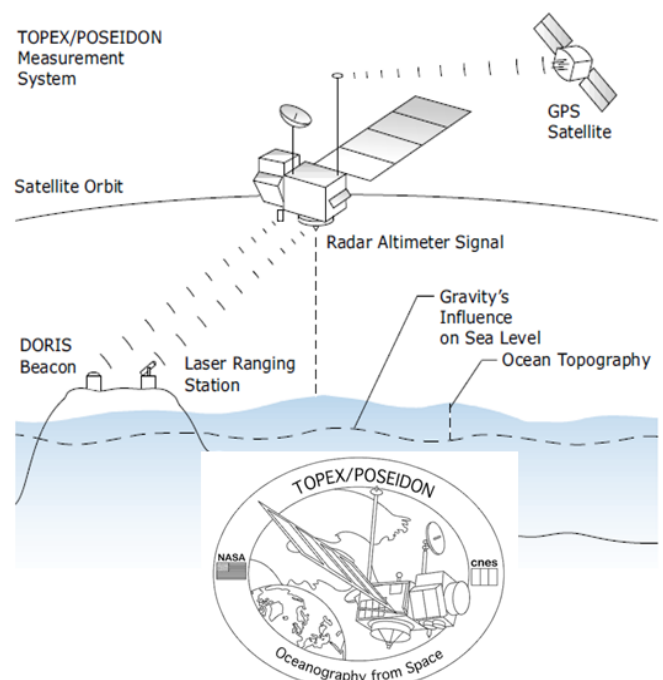
Topex/Poséidon est un satellite d'océanographie développé conjointement par la NASA et le CNES et lancé en 1992 par une fusée Ariane 4. Son objectif était de mesurer avec une précision de quelques centimètres, par la technique d'altimétrie satellitaire, la « topographie océanique », c'est-à-dire le relief de la surface de l'océan. Il orbite à environ 1336 km d'altitude

#### Quelques instruments embarqués

**ALT (Radar Altimeter)** est un altimètre radar développé par la NASA. Le radar émet sur deux longueurs d'ondes - 13,6 GHz et aussi 5,3 GHz pour permettre la correction du délai lié généré par la traversée de l'ionosphère. L'antenne est pointée avec une précision de 0,14° et fournit une mesure de l'altitude avec une précision de 2,4 cm.

**TMR (TOPEX Microwave Radiometer)** développé par le centre JPL de la NASA est un radiomètre émettant dans le domaine des micro-ondes. Son rôle est de mesurer la quantité de vapeur d'eau présente tout au long du chemin suivi par l'onde émise par l'altimètre radar. L'objectif est de corriger le délai induit par la présence de la vapeur d'eau. Il est donc étroitement associé à l'altimètre radar.

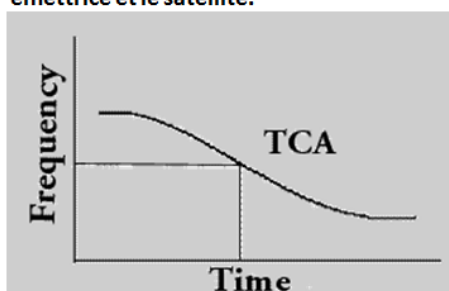
**Le système Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite (DORIS)** est un nouvel équipement développé par le CNES. Il repose sur un réseau de 50 stations situées à terre qui émettent en permanence sur deux longueurs d'ondes (**2036,25 MHz** et **401,25 MHz**). Le récepteur embarqué à bord du satellite mesure l'effet Doppler subi par le signal, ce qui permet de déterminer la vitesse radiale entre la station émettrice et le satellite. Le système permet de mesurer la distance entre ces deux points avec une précision supérieure à 5 cm.



### Document 2 : le système Doris

L'antenne réceptrice du système Doris à bord des satellites reçoit les rayonnements émis par le réseau de stations terrestres. Lorsque le récepteur et la source se déplacent l'un par rapport à l'autre, la longueur d'onde à la réception diffère de la longueur d'onde à l'émission : c'est l'effet Doppler.

Quand le satellite se rapproche de l'émetteur, la fréquence du signal reçu par les instruments Doris à bord du satellite est plus élevée que celle du signal émis, et moins élevée quand il s'en éloigne. Si les fréquences des signaux reçus et émis sont égales, l'émetteur se trouve sur la perpendiculaire à la trace du satellite au sol. Sur un tracé de la fréquence reçue par le satellite en fonction du temps, la pente de la courbe au point de proximité maximale (point TCA : Time of Closest Approach) permet de **calculer la distance entre la balise émettrice et le satellite**.

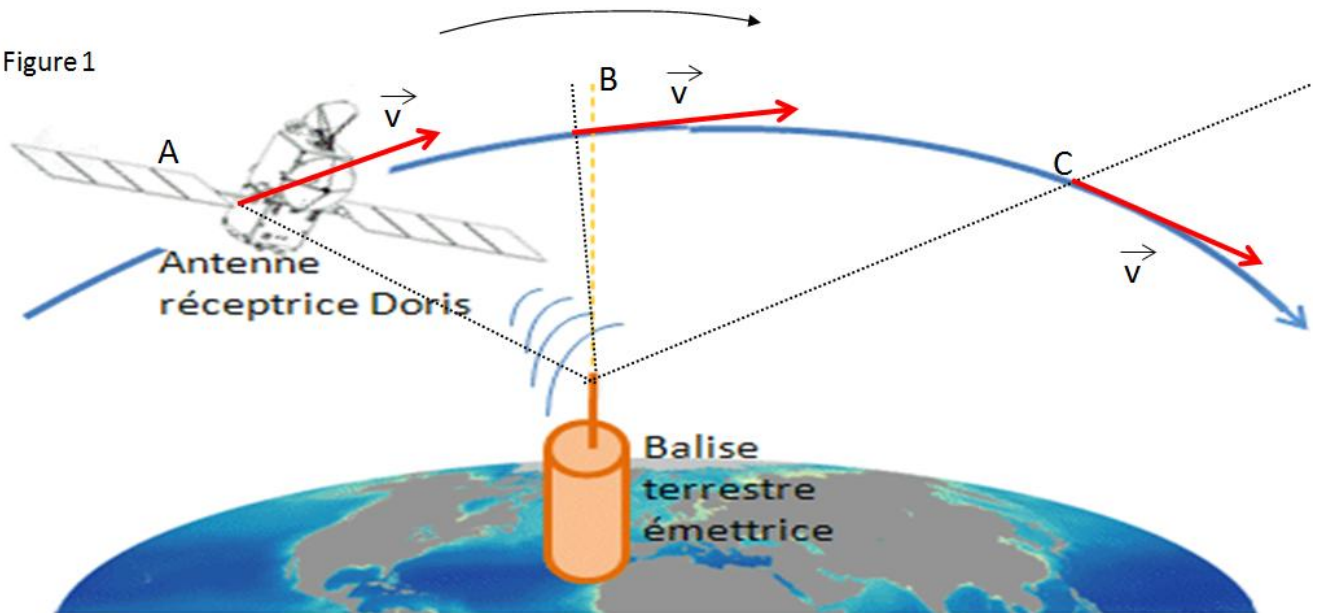


La fréquence reçue par le satellite dépend de la fréquence émise par la balise, de la célérité de l'onde porteuse électromagnétique (300000 km/s) et de la composante de la vitesse du satellite suivant la direction satellite-balise (direction de propagation de l'onde reçue par le satellite).

La relation reliant toutes ces grandeurs est la suivante :

Fréquence émise = (Fréquence reçue) + (Fréquence reçue x composante de la vitesse du satellite suivant la direction de propagation / célérité des ondes électromagnétiques).

Figure 1



## 1 Le système DORIS

- 1.1 En une courte phrase donner le rôle des balises DORIS réparties un peu partout sur Terre?
- 1.2 Calculer la longueur d'onde de l'onde émise par la balise.
- 1.3 La vitesse radiale  $V_r$  du satellite est la composante de la vitesse sur la direction de propagation de l'onde de la balise DORIS. Tracer sur **l'annexe 4** la vitesse radiale  $V_r$  au 3 localisations : A , B et C.
- 1.4 Ecrire la relation entre la fréquence du signal émise noté  $f_e$ , la fréquence reçue par le satellite  $f_r$ , la vitesse de la lumière  $c$  et la composante radiale de la vitesse du satellite  $V_r$  . (avec  $v_r > 0$  si  $v_r$  dans le sens plus de l'axe Balise-satellite ou  $v_r < 0$  si  $v_r$  dans le sens négatif de l'axe)
- 1.5 En déduire en quel point A, B ou C la fréquence reçue est inférieure à la fréquence émise. Justifier. Vérifier en observant le graphe TCA.
- 1.6 Une mesure a donné une fréquence reçue de 2036.27 MHz. Se trouve dans la situation A, B ou C ? Calculer la vitesse radiale du satellite. Ce résultat est-il compatible avec la vitesse du satellite sur son orbite qui est de 5.8 km/s . Ces vitesses sont-elles mesurées dans le référentiel terrestre ou géocentrique ?

## 2- L'altimètre

- 2.1 L'altimètre radar ALT envoie un faisceau d'ondes radio qui se réfléchissent sur la surface de la mer et retournent au satellite. Quelle grandeur mesure alors le satellite pour déterminer la distance exacte entre lui-même et le niveau de l'océan ?
- 2.2 Expliquer pourquoi le temps de parcours de l'onde doit être mesuré avec grande précision ?

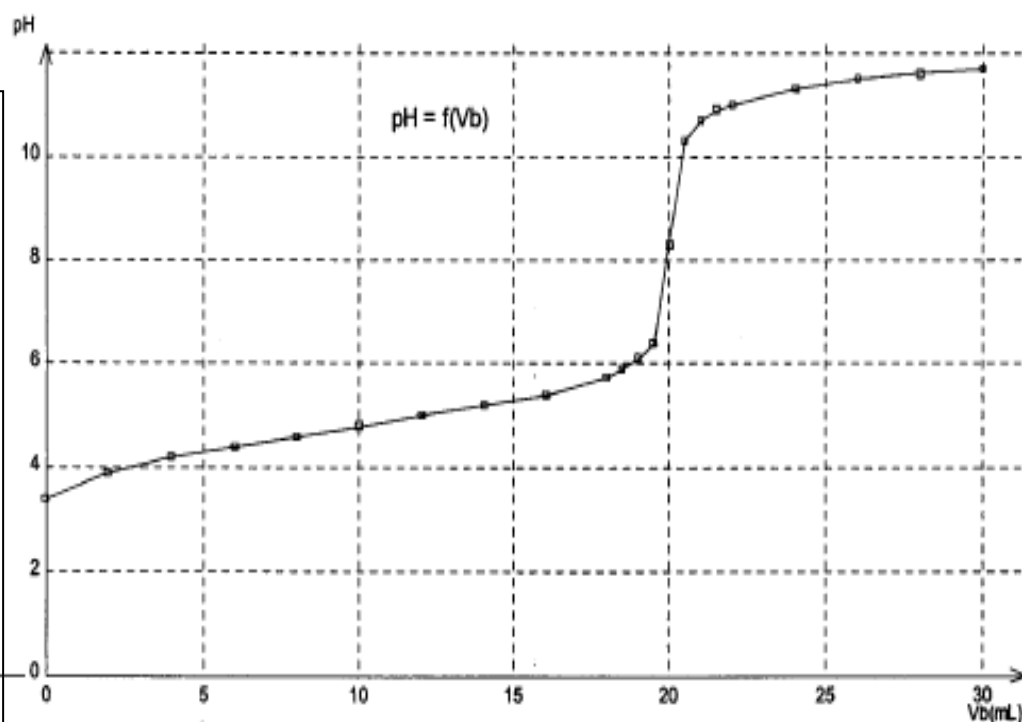
## 3- Le radiomètre à micro-onde TMR

- 3.1 Expliquer en 1 phrase son utilité ?
- 3.2 De quel phénomène physique tient-il compte : Diffraction, interférence, réflexion, réfraction ?

### ANNEXE 1

équation de la réaction du titrage		+ = +			
état du système	avancement en mol	quantités de matière en mol			
initial	$x = 0$				
final (si équilibre)	$x_f$				
final (si réaction totale)	$x_{max}$				

### ANNEXE 2



### ANNEXE 3

$v_1 = 1.04$  m/s  
 $V_3 = 1.30$  m/s



### ANNEXE 4

Figure 1

