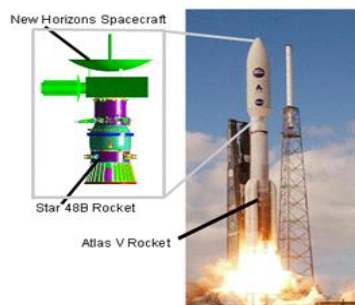


EXERCICE I : NEW HORIZONS (11 pts)

Document 1 : mission vers PLUTON

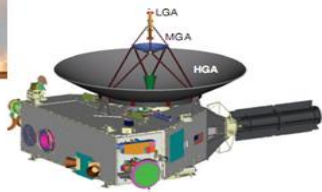
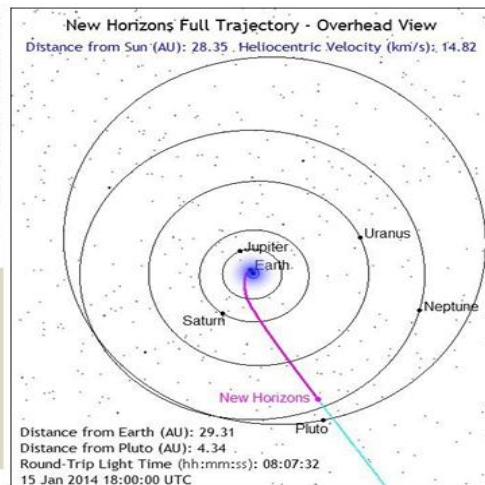


Lancement : 19/01/2006

FUSEE:

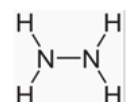
- 1^{er} étage : ATLAS V 551
- 2^e étage : Centaure
- 3^e étage : star 48 B

New Horizons est une sonde spatiale de la NASA chargée d'étudier la planète naine Pluton et son satellite Charon qu'elle doit survoler en 2015 pour poursuivre ensuite vers la ceinture de KUIPER. New Horizons est la première mission spatiale qui explore cette région du Système solaire et l'engin le plus rapide jamais lancé.

**Depart : 19 janvier 2006****Mars : 7 avril 2006****Jupiter : 28 février 2007****Saturne : 8 juin 2008****Uranus : 18 mars 2011****Neptune : 24 août 2014****Pluton : 14 juillet 2015**

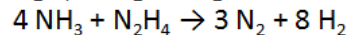
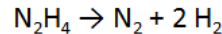
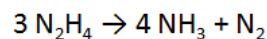
Document 2 : propulseurs à l'hydrazine

Les propulseurs dont dispose la sonde effectuent uniquement les corrections de trajectoire de temps en temps et modifient l'orientation de la sonde. Elle dispose à cet effet de 16 petits moteurs-fusées « brûlant » de l'**hydrazine**.

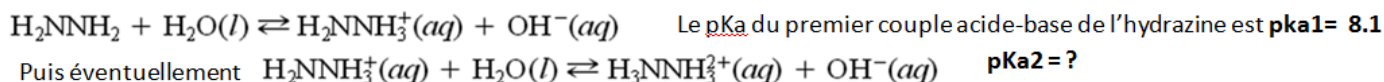
Molécule
d'hydrazine

la poussée est assurée par **décomposition catalytique** de l'hydrazine liquide sous pression N_2H_4 et non par combustion. Cette décomposition est en effet une réaction très **exothermique** (800°C). Elle est obtenue en faisant passer l'hydrazine sur un catalyseur dont le composant actif est l'iridium métallique déposé sur une grande surface d'alumine (oxyde d'aluminium), ou de nanofibres de carbone. Sa décomposition en ammoniac, diazote et dihydrogène résulte des réactions suivantes :

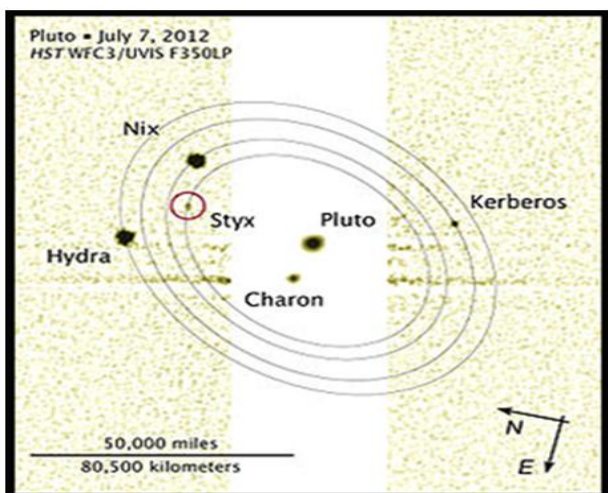
Sa décomposition en ammoniac, diazote et dihydrogène résulte des réactions suivantes :



Autre propriétés de l'hydrazine : elle peut se dissocier dans l'eau de la façon suivante :



Document 3 : le système de PLUTON

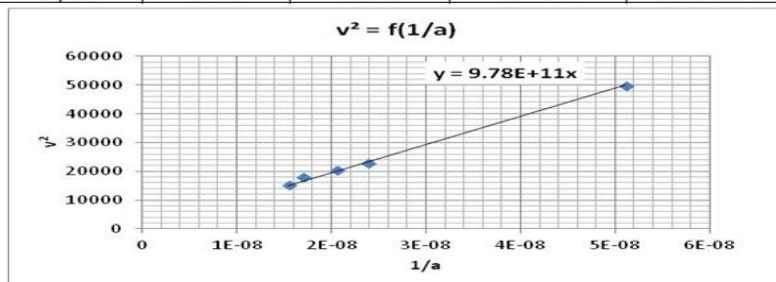


T(j) : période de révolution

Date : date de découverte

a(km) : demi-grand-axe de l'orbite ≈ rayon R de l'orbite

satellite	T(j)	a(km)	diamètre (km)	date
Charon	6.387	19571	1 205	13 avril 1978
Styx	20.2		10 - 25	11 juillet 2012
Nix	24.85	48675	44 - 130	15 mai 2005
Cerbère	32.1	59000	14 - 40	20 juillet 2011
Hydra	38.2	64700	44 - 130	15 mai 2005



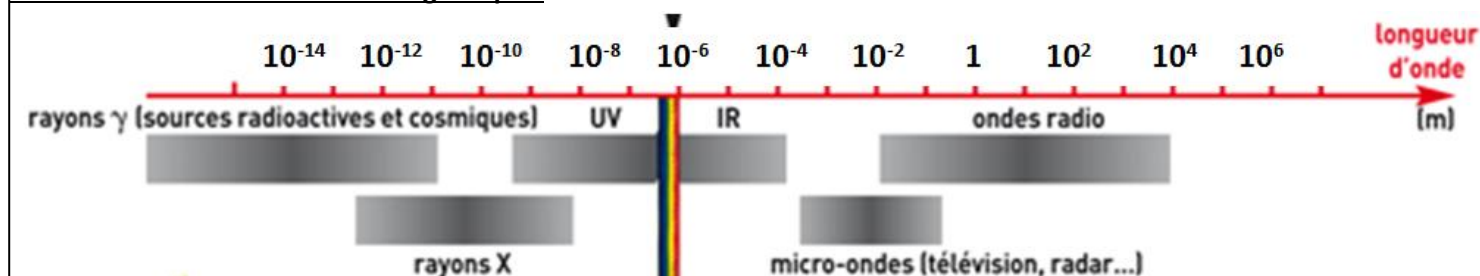
données

Masse de Pluton : $M_p = 1.31 \times 10^{22}$ kg -constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$

expression de la valeur de la **force d'interaction gravitationnelle** F entre deux corps A et B de masses respectives m_A et m_B , distants de R :

$$F = G \times \frac{m_A \times m_B}{R^2}$$

Document 4 : les ondes électromagnétiques



Questions

1- Décollage le 19 janvier 2006

La masse totale des trois étages de la fusée haute de 59.7 m est de **575000 kg**. Le champ de pesanteur est supposé uniforme : son intensité est $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$. On choisit un axe Oz vertical dirigé vers le haut. On étudie le mouvement de la fusée dans le référentiel terrestre qu'on suppose galiléen. La force développée par les 5 boosters du lanceur Atlas 551 est de **10 906 194 N** au moment du décollage.

- 1.1- En considérant la masse de la fusée à peu près constante pendant les premières seconde du décollage, Montrer que l'action des boosters est suffisante pour faire décoller la fusée et trouver la valeur de l'accélération communiquée à la fusée.
- 1.2- Au bout de 1 min 48 s, les 5 boosters ont consommés chacun leur 47 tonnes de combustibles. Trouver la valeur de la vitesse d'expulsion des gaz v_E sachant que la force de poussée s'exprime de la façon suivante :
 $F = q \times v_E$ avec q = débit des gaz en kg/s.

2- Le voyage de la sonde New Horizons

En janvier 2014, la sonde est en hibernation depuis Jupiter qu'elle a croisé en 2007 (voir document 1) Sa vitesse est constante depuis cette date et vaut 14.82 km/s.

- 2.1- Dans quel référentiel cette vitesse est-elle mesurée ?
- 2.2- Montrer que cette sonde parcourt plus d'un million de km par jour.

3- correction de trajectoire

Le 30 janvier 2006 une correction de vitesse a été effectuée pour obtenir une augmentation de vitesse Δv_1 de **12.5 m/s** à l'aide des propulseurs consommant une masse $\Delta m = 2.8 \text{ kg}$ d'hydrazine. Avant cette opération la masse de la sonde et de son carburant était $m = 478 \text{ kg}$.

- 3.1- La sonde étant au moment de la correction en mouvement rectiligne uniforme, montrer, à l'aide de la deuxième loi de Newton que la quantité de mouvement du système {sonde + carburant} se conserve.
- 3.2- En considérant la sonde comme immobile au moment de cette correction de vitesse, faire un schéma de la situation permettant ensuite de trouver la vitesse d'expulsion v_2 des gaz de propulsion.

4- L'Hydrazine

- 4.1- La réaction de décomposition de l'hydrazine (voir document 2) est-elle le résultat d'une catalyse hétérogène ou d'une catalyse homogène ? Qu'entend-t-on par réaction exothermique.
- 4.2- Faire le bilan global des 3 réactions qui se produisent simultanément et identifier les gaz chauds expulsés.
- 4.3- L'hydrazine possède également des propriétés acide base (voir les réactions document 2)
 - 4.3.1- Rappeler la définition d'un acide et d'une base selon Bronsted.
 - 4.3.2- L'hydrazine est-elle une base ou un acide, justifier. Calculer le K_{a1} de ce couple.
 - 4.3.3- Représenter sur un axe de pH les zones de prédominance des 2 éléments de ce couple acide-base
 - 4.3.4- le pK_{a2} du deuxième couple présenté sera-t-il plus grand ou plus petit. Placer ce pK_{a2} relativement au pK_{a1} sur un nouveau schéma et compléter les zones de prédominance.

5- Communication avec la Terre

La sonde utilise les fréquences suivantes :

- Liaison montante (Terre vers sonde) : 7 182,043 000 MHz
- Liaison descendante (sonde vers Terre) : 8 437,894 737 MHz ; 8 438,181 818 MHz et 8 438,243 000 MHz

Ces fréquences ne tiennent pas compte de l'effet Doppler.

5.1- Ces ondes font-elle partie du domaine des micro-ondes (vitesse de la lumière dans le vide $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

5.2- Pourquoi précise-t-on que les valeurs de ces fréquences ne tiennent pas compte de l'effet Doppler.

6- Instruments embarqués

Parmi les nombreux instruments embarqués, il y a un spectrographe ALICE pour étudier l'atmosphère de Pluton et de Charon fonctionnant entre 52nm et 187 nm.

6.1- Ce spectrographe travaille-t-il dans le domaine des ultraviolets proches ou des ultraviolets lointains?

6.2- Le rayonnement capté par le spectrographe passe par un réseau de diffraction. Celui-ci sert : à concentrer la lumière ? à disperser les longueurs d'ondes ? ou à tenir compte de l'effet Doppler ?

7- Le système de Pluton

La sonde New Horizons passera près de Pluton le 14 juillet 2015 pour collecter un grand nombre d'informations et d'images de Pluton et de ses 5 satellites connus. Pour la suite, on considère que les orbites des satellites autour de Pluton sont circulaires de rayon R.

7.1- Représenter sur un schéma : Pluton et le satellite Charon – un vecteur unitaire \vec{u} orienté du centre de Pluton vers Charon – La force d'interaction gravitationnelle exercée par Pluton sur Charon. Peut-on déduire de ce schéma que le mouvement de Charon est circulaire uniforme ? Donner ensuite l'expression vectorielle de la force \vec{F} en fonction du choix du vecteur unitaire \vec{u} . Dans quel référentiel étudie-t-on le mouvement des satellites de Pluton ?

7.2- Montrer que la vitesse d'un satellite de Pluton peut s'exprimer sous la forme $v = \sqrt{\frac{G \times M_P}{R}}$

7.3- Montrer que le graphe $v^2 = f(1/R)$ est obligatoirement une droite comme on peut le voir sur le document 3. Retrouver ensuite à l'aide de ce graphe la masse de Pluton.

7.4- Montrer que $\frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{G \times M_P}$. Puis trouver le rayon R de l'orbite du satellite Styx manquant dans le tableau du document 3.
