

M.E.E.F - Préparation à l'écrit

Epreuve documentée sur la sonde Rosetta

On se propose, dans ce sujet, d'aborder quelques questions concernant le vol spatial en s'appuyant sur le vaisseau sonde européen Rosetta, lancé en 2004 et entré en contact avec sa cible, la comète Churyumov-Gerasimenko - 67P, en novembre 2014.

I. Préambule

(Re)-lire les documents donnés concernant la sonde Rosetta.

II. Contexte général et physico-beuhharrk euh... physico-chimie interstellaire

II.1. En 10 lignes maximum, et vous aidant des documents présentés, expliquer l'intérêt qu'il y a à la connaissance fine et précise des constituants d'une comète.

II.2. Comment nomme-t-on généralement les molécules basiques essentielles à la vie ? Quelles sont les atomes qui les constituent ?

II.3. Comment l'humanité sait-elle que la molécule d'ammoniac est présente dans l'univers ?

II.4. A l'aide du tableau de Mendeleiev, et éventuellement de la recette de cuisine euh pardon de la règle de chimie dite "règle de l'octet", expliquer le paradoxe de la présence très massive de l'élément azote (sous forme de diazote) dans l'atmosphère terrestre et la nécessité de l'hypothèse de l'origine extra-terrestre des molécules d'acides aminés.

III. Billard astronomique

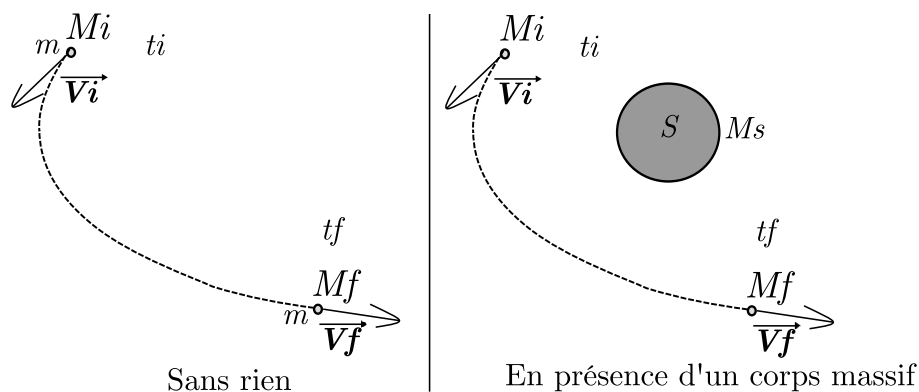


FIGURE 1 – "Billard astronomique" : A gauche schéma de la trajectoire souhaitée de la sonde entre les deux points M_i et M_f , à droite la même chose en présence d'un corps massif.

III.1. Représenter schématiquement, dans l'ordre de distance croissant par rapport au soleil, les 8 planètes du système solaire (Pluton n'est plus considérée comme une planète depuis 2006).

III.2. A quoi correspond l'ordre de grandeur de la vitesse $V_S \sim 10^3 \text{ km. s}^{-1}$

III.3. Sonde seule dans l'espace. Considérons une sonde spatiale de masse m , situé, à l'instant t_i , en un point M_i de l'espace et animée d'une vitesse initiales \vec{V}_i , comme représenté sur le schéma de gauche de la figure 1. On souhaite qu'à l'instant t_f la sonde soit positionnée en un point M_f avec la vitesse \vec{V}_f , en appliquant une force constante \vec{f}_c entre les deux instants t_i et t_f .

III.3. a. En reprenant le schéma gauche de la figure 1, tracer le vecteur \vec{f}_c .

III.3. b. Montrer que dans ce cas de figure, l'énergie cinétique de la sonde se comporte comme une fonction d'état. Quelles sont alors les variables d'états ?

III.3. c. A l'aide de la méthode de votre choix, exprimer le travail de la force \vec{f}_c en fonction, entre autres de \vec{V}_i et \vec{V}_f .

III.3. d. Dans la pratique quel procédé physique permet à la sonde de changer toute seule de trajectoire ?

III.3. e. Si les modules V_f et V_i des vitesses finale et initiale sont égales, que vaut le travail de la force \vec{f}_c ? Cela n'est il pas paradoxal avec le fait que la sonde a quand même été accélérée (son vecteur vitesse a changé) ? Expliquer cet apparent paradoxe, en indiquant très clairement le système que l'on étudie.

III.3. f. Supposant que le moteur thermique de la sonde puisse propulser des gaz à une vitesse d'éjection v_e de l'ordre de $v_e \sim 10^6 \text{ m.h}^{-1}$, proposer un rapide calcul de la masse de carburant perdu par la sonde dans cette opération si l'on suppose qu'en module $V_i \sim V_f$ et que $t_f - t_i \sim 6$ mois (on n'hésitera pas à faire des hypothèses numériques si besoin)

III.3. g. Quelles conséquences sur la durée de vie de la mission cela peut il avoir ?

III.3. h. Proposer un nom pour la sonde.

III.4. Sonde en présence d'une planète ou d'une étoile. Considérons maintenant la même configuration mais au voisinage d'un corps massif S , de masse M_S comme représenté sur le schéma de droite de la figure 1. On appelle r la distance du point M occupé par la sonde au centre du corps S .

III.4. a. Rappeler l'énergie potentielle de gravitation de la sonde.

III.4. b. Montrer que cette énergie potentielle se comporte aussi comme une fonction d'état ; on en précisera les variables d'états.

III.4. c. Exprimer l'énergie mécanique en tout point M de la trajectoire de la sonde en fonction de \vec{V} , r , M_S , m . En déduire que cette quantité peut aussi être vue comme une fonction d'état. On en précisera les variables d'états.

III.4. d. Montrer que cette quantité reste constante le long de la trajectoire.

III.4. e. Comment qualifie-t-on en géométrie la forme de cette trajectoire ?

III.4. f. Reprendre la question III.3.f dans ces conditions.

III.4. g. Grâce au corps S la sonde va-t-elle plus vite que dans le cas où elle est seule ?

III.4. h. Quel est donc l'intérêt de ce billard gravitationnel ?

III.4. i. Proposer alors un autre nom pour la sonde.

IV. Des calculs d'ordre de grandeur

IV.1. Quelle est la distance moyenne de la Terre au Soleil? Comment appelle-t-on l'unité de distance associée?

IV.2. Quelle est l'ordre de grandeur de la taille du système solaire?

IV.3. A quelle distance (novembre 2014) se situe Rosetta du centre de contrôle? A quelle vitesse les ondes électromagnétiques assurant la communication avec la sonde se déplacent-elles? Combien de temps met un signal envoyé depuis la sonde pour arriver sur Terre et réciproquement? Concrètement cela pose-t-il un problème?

IV.4. Par un calcul numérique rapide, estimer la puissance solaire moyenne P_{CG} que reçoit actuellement la comète "Chury" en provenance du soleil, connaissant la puissance moyenne reçue sur terre.

IV.5. Conversion Photo-voltaïque. On appelle S_P la surface des panneaux solaires de l'orbiteur Philae. On appelle r_p le rendement de conversion de ces panneaux.

IV.5. a. En lisant bien, donner la valeur numérique de S_P .

IV.5. b. Faire un schéma type fonctionnel du panneau solaire, vu comme un système thermodynamique Σ , représentant ses échanges énergétiques pendant le laps de temps δt . On utilisera les notations δ , Δ , Q et W habituelles en thermodynamique.

IV.5. c. Pour le panneau photovoltaïque, le rayonnement solaire est un flux d'énergie que l'on classe dans la catégorie "travail" ou "chaleur". Pour justifier la réponse, il peut être utile de rappeler les définitions de certaines notions.

IV.5. d. En novembre 2014, exprimer la puissance électrique dont on peut disposer sur Philae en fonction de P_{CG} et r_p ? Faire l'application numérique pour $r_p \sim 10\%$.

IV.6. Satellisation des objets manufacturés. On souhaite calculer l'ordre de grandeur de l'énergie à fournir à un objet de masse m pour le satelliser depuis la Terre.

IV.6. a. Rappeler la définition de la vitesse de satellisation v_s . Retrouver son expression littérale, en fonction de M_T la masse de la Terre, R_T le rayon terrestre et les constantes fondamentales utiles à ce propos.

IV.6. b. En déduire son ordre de grandeur numérique.

IV.6. c. Pourquoi tire-t-on la fusée Ariane depuis La Guyane?

IV.6. d. En utilisant les données numériques des documents, proposer un calcul simple de la puissance que doit développer le moteur de la fusée pour que Rosetta s'envole. On posera les hypothèses et les approximations de calcul.

IV.6. e. En supposant naïvement que le carburant utilisé est du pétrole (l'enthalpie moyenne de combustion du fuel H_f est de l'ordre de $H_f \sim 50$ GJ.), estimer numériquement la masse de fuel, M_t que doit embarquer alors la fusée Ariane au moment du décollage.

IV.6. f. Comparer M_t à m . Conclure quant à la validité du calcul de M_t .

—FIN—