



MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION
NATIONALE, DE
L'ENSEIGNEMENT
SUPÉRIEUR ET DE
LA RECHERCHE

EAI PHC 1

SESSION 2016

AGRÉGATION CONCOURS INTERNE ET CAER

Section : PHYSIQUE - CHIMIE

COMPOSITION SUR LA PHYSIQUE ET LE TRAITEMENT AUTOMATISÉ DE L'INFORMATION

Durée : 5 heures

Calculatrice électronique de poche – y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB : *La copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.*

Tournez la page S.V.P.

A

Autour de l'exploration du système solaire

Session 2016

Ce problème vous invite à l'exploration de notre système solaire, soit depuis la Terre soit à l'aide de sondes telles Voyager dont il sera plus particulièrement question dans la suite de ce problème.

La première partie, introductive, s'intéresse à divers aspects de notre système solaire.

La seconde partie se concentre sur un satellite naturel de Jupiter, Europe, découvert par Galilée, et qui présente très probablement de l'eau liquide, comme l'a révélé la sonde Voyager.

La troisième partie traite de la trajectoire prise par la sonde Voyager vers les frontières de notre système solaire, notamment grâce à l'effet d'assistance gravitationnelle.

Enfin la quatrième et dernière partie étudie les moyens de communication avec la sonde Voyager.

Nota bene :

Les questions de nature pédagogique sont identifiées par le symbole **(QP)**. Elles représentent environ un tiers du total des points attribués. Les candidats sont invités à y consacrer le temps nécessaire.

En annexe, se trouvent un tableau récapitulatif des compétences (annexe 5.1), divers extraits de programmes (annexe 5.2 pour le programme de terminale S), un ensemble de données numériques pour les applications numériques (annexe 5.3) et une figure à compléter (annexe 5.4) et à rendre avec la copie.

1 Connaissance du système solaire.

1.1 Le système solaire.

Avant d'envoyer des sondes pour explorer le système solaire, l'Homme a cherché à évaluer la distance séparant la Terre des objets célestes les plus proches.

1. Donner un ordre de grandeur du rayon de la Terre R_T et de la distance Terre-Soleil D_{TS} .
2. Depuis la Terre, le Soleil et la Lune ont même diamètre angulaire, de l'ordre de $0,55^\circ$. Illustrer cela par un schéma. Quel phénomène naturel et spectaculaire peut être expliqué par cette simple constatation ?

3. (QP) On désire construire une activité pour des élèves de troisième en utilisant les connaissances des Grecs contemporains de Hipparque (-190,-125), permettant d'estimer la distance Terre-Lune D_{TL} .
On pourra utiliser le rayon terrestre, R_T (connu depuis les travaux d'Eratosthène (-276,-194)), la durée que met la Lune pour traverser "l'ombre de la Terre" à savoir 4 h, le fait que la Lune se reporte trois fois dans l'ombre de la Terre et la période de rotation de la Lune autour de la Terre.
Pour répondre à cette question, le candidat abordera dans l'ordre de son choix les quatre points suivants :
 - la rédaction du texte de l'activité ;
 - la rédaction des réponses attendues de la part des élèves ;
 - l'explication des objectifs pédagogiques visés par son activité ;
 - l'analyse des difficultés potentielles rencontrées par les élèves.
4. Citer dans l'ordre les planètes du système solaire. Quelle différence faites-vous entre ces planètes du point de vue de leur constitution ?
5. Si notre système solaire est l'exemple le plus accessible, que pouvez vous dire à des élèves de lycée de la connaissance actuelle des autres systèmes solaires : ordre de grandeur du nombre d'exoplanètes découvertes à ce jour et confrontation de ces exosystèmes à notre modèle de système solaire ?

1.2 La distance Terre-Lune

6. (QP) Un professeur en classe de seconde propose la photo de la figure 1 à ses élèves avec la question suivante : "La jonction A86→A6 est-elle loin ?"

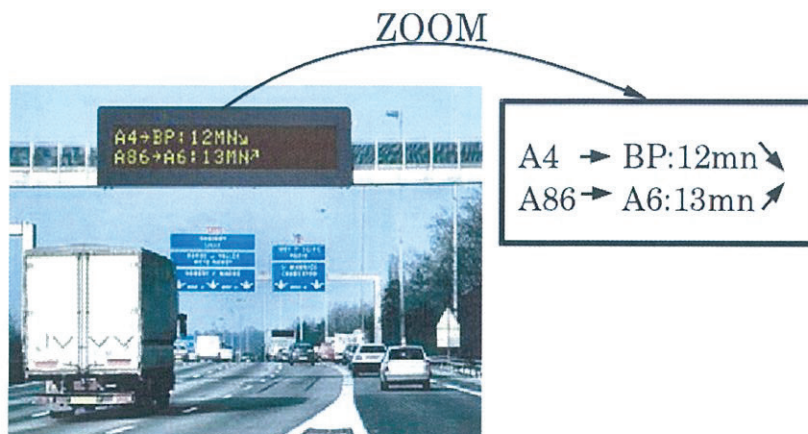


FIGURE 1 – Photo prise sur l'autoroute.

Proposer une réponse quantitative à cette question et analyser en dix lignes maximum la pertinence de cette activité en classe de seconde.

Un professeur propose à ses élèves de terminale S l'activité suivante constituée de données (table 1), d'un graphique (figure 2) et d'un texte suivi de questions.

L'Observatoire de la Côte d'Azur (OCA) mesure couramment la distance Terre-Lune notée D_{TL} . Cette méthode est basée sur la mesure de la durée τ_{OR} mise pour une impulsion laser pour parcourir le trajet aller retour allant de l'observatoire O au réflecteur R placé sur la Lune. Le résultat de diverses mesures¹ est présenté sur la table 1 et sur le graphique de la figure 2.

Date et heure (h :mn :ns)	τ_{OR} (en s)
27/11/2002 04 :43 :406393142	2,4648468652614
27/11/2002 04 :54 :289976746	2,4644665715165
27/11/2002 05 :10 :458205105	2,4640099593537
27/11/2002 05 :22 :292939394	2,4637681983003
27/11/2002 05 :41 :648936000	2,4635344034116
27/11/2002 05 :50 :391634635	2,4634858791318
27/11/2002 06 :01 :311809190	2,4634892052296

TABLE 1 – Données de la mesure de la durée τ_{OR} mise par une impulsion laser pour parcourir le trajet aller retour de l'observatoire O au réflecteur R placé sur la Lune.

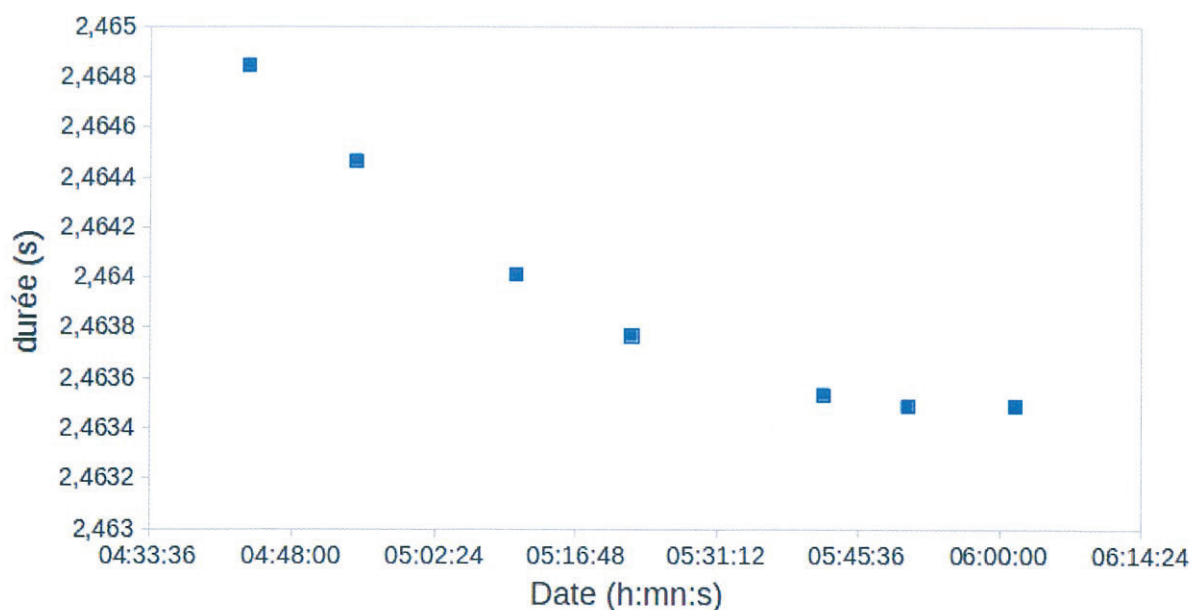


FIGURE 2 – Graphique relatif aux données de la table 1 donnant τ_{OR} en fonction de la date.

1. D'après <https://www.oca.eu>

L'énergie de chaque impulsion laser est $0,3 \text{ J}$, sa durée $\Delta t = 0,3 \text{ } \mu\text{s}$, et le laser émet dans le vert. C'est la propagation du faisceau laser à travers le vide et sa perturbation par la turbulence atmosphérique qui causent les "pertes" de rayonnement entre l'émission de l'impulsion laser et la réception du signal réfléchi. Bien que très directif, un faisceau laser n'est jamais strictement parallèle. Il admet un petit angle d'ouverture θ qui est dû au phénomène de diffraction et dont la valeur est inversement proportionnelle à la dimension transversale du faisceau.

Dans le cas du laser utilisé ici, la longueur d'onde dans le vide est $\lambda = 532 \text{ nm}$ (laser YAG-Nd et doubleur de fréquence). Le diamètre du faisceau à la sortie du laser est $d_1 = 1,2 \text{ cm}$.

Le faisceau laser passe par l'optique du télescope de diamètre $d_2 = 1,54 \text{ m}$ pour être dirigé vers la Lune, ce qui élargit le faisceau laser et réduit son angle de divergence d'un facteur 5 environ. La prise en compte de l'effet de la turbulence, variable selon la qualité du ciel, détériore la cohérence et augmente la divergence d'un angle de l'ordre de 2 secondes d'arc².

Les réflecteurs lunaires sont des panneaux composés d'une mosaïque d'éléments catadioptriques, de type « coins de cube » et sont équivalents à un miroir plan de diamètre $l_1 \simeq 0,1 \text{ m}$.

Il est rappelé que $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$ et la seconde d'arc est $1/3600$ de degré.

Évaluer pour chaque impulsion laser le nombre de photons qui sont recueillis au retour par le télescope.

Pour cela, vous pourrez éventuellement :

- estimer le nombre de photons contenus dans une impulsion laser au moment de son émission ;
- estimer le diamètre du faisceau laser au niveau de la Lune.

Il convient de consigner toutes les pistes de recherche même si elles n'ont pas abouti.

7. Proposer une correction aux questions posées dans le cadre de cette activité.
8. **(QP)** Proposer une grille d'évaluation par compétences pour l'activité de terminale S explicitant pour chacune des compétences que vous aurez choisies les indicateurs de réussite attendus. Pour cela, vous pourrez vous référer programme de Terminale S, dont un extrait est donné en annexe 5.2 et au tableau récapitulatif des compétences, annexe 5.1.
9. Proposer une explication à l'évolution observée sur les mesures successives de la durée τ_{OR} au cours de la nuit d'observation ?
10. Montrer par un calcul d'ordre de grandeur que l'influence de l'indice $n \simeq 1,0003$ de l'atmosphère est détectable sur cette mesure.
11. **(QP)** Comment à partir de résultats relatifs aux interférences lumineuses par des fentes d'Young, un professeur pourrait-il faire déduire la relation $\theta = \frac{\lambda}{a}$ à un élève de terminale S, à l'aide du schéma de la figure 3 ?

2. D'après Marie-Christine Artru, Centre de recherche d'astrophysique de Lyon, ENS Lyon, [http : //culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/laser-distance-terre-lune.xml](http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/laser-distance-terre-lune.xml)

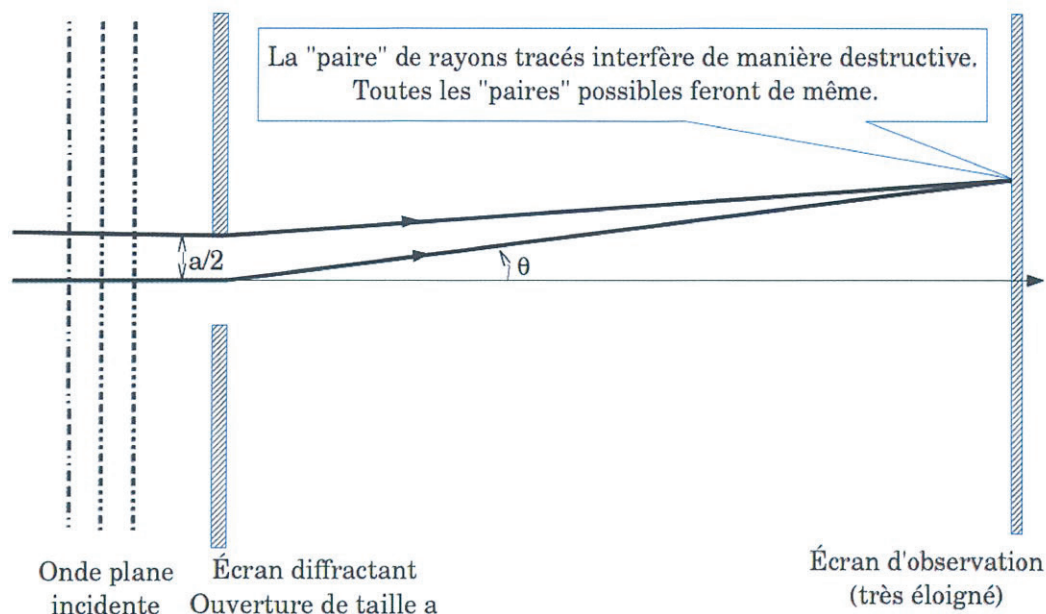


FIGURE 3 – Schéma qui vise à établir le lien entre interférences et diffraction.

1.3 La gravité

L'interaction gravitationnelle est l'interaction fondamentale la plus faible mais c'est elle qui structure notre Univers.

Isaac Newton fut le premier à formuler la loi de la gravitation universelle ou loi de l'attraction universelle : deux corps massiques sphériques et homogènes s'attirent en raison du produit de leur masse respective et de l'inverse du carré de leur distance, selon une direction qui passe par leurs centres de masses.

12. À quelle période se situent les travaux d'Isaac Newton ?
13. Quels domaines de la mécanique, connus à l'époque, ont été unifiés par les travaux d'Isaac Newton ?
14. Nommer les quatre interactions fondamentales connues à ce jour et illustrer le rôle de chacune dans la nature par une courte phrase ?
15. Pourquoi est-ce la gravitation, interaction fondamentale la plus faible, qui structure notre Univers ?
16. Quelle théorie du XX^{ième} siècle donne aujourd'hui une interprétation plus moderne de la gravité ? La décrire par une phrase. Citer également le nom du physicien à l'origine de cette théorie et la date de sa publication.
17. Citer les deux théories de la physique moderne que les travaux de physique théorique cherchent à unifier ?