

QUESTIONS D'EXAMEN 2018

Astrométrie et mécanique céleste – Jérémie Vaubillon (3 points)

Question 1 :

Quelle est la phase de la Lune aujourd'hui samedi 16 juin 2018 ?

C'est la Nouvelle Lune

Question 2 :

La photographie ci-dessous montre le météore de Chelyabinsk, vu le matin du 13 février 2015 à bord d'un véhicule (mobile : la route tourne légèrement vers la droite) situé au nord de la ville. Dans quelle direction (approximative Nord-Sud ? Sud-Nord ? Ouest-Est ? Est-Ouest ?) se déplace l'objet ?



Sur l'image 1 le Soleil est à gauche, donc l'est est à gauche et l'observateur regarde vers le sud. Le météore se déplace donc de l'est vers l'ouest.

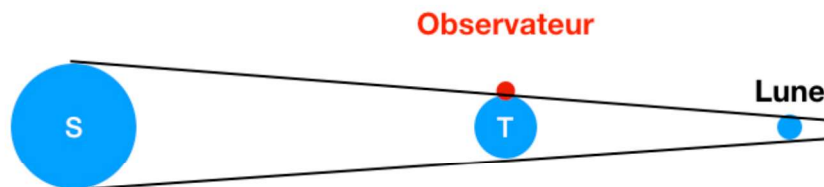
Question 3 :

Le 25 avril 2018 les équipes scientifiques qui travaillent sur le satellite GAIA ont fourni à la communauté internationale un catalogue contenant les coordonnées ultra-précises d'un milliard d'étoiles. Expliquez en quelques lignes pourquoi ces données sont importantes pour les futurs travaux en astrométrie.

La mise à disposition de données astrométriques ultra-précises de GAIA va permettre un rattachement absolu et relatif des images prises avec des télescopes. Les incertitudes astrométriques de position des corps célestes sera donc réduite, et donc les orbites déterminés seront plus précis également.

Question 4 :

Le 27 juillet 2018 aura lieu une éclipse de Lune visible au moment où le soleil se couche, pour un observateur situé en France métropolitaine. Faites un schéma simple décrivant le principe de l'éclipse de Lune. Le schéma devra clairement montrer la position de l'observateur.

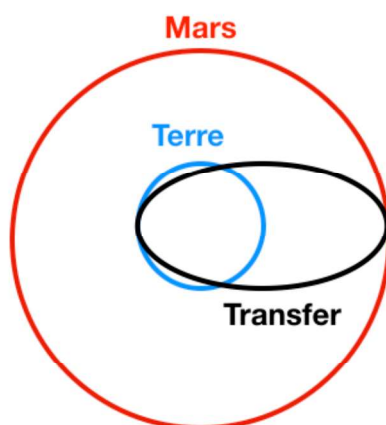
**Mécanique Céleste**

Le 5 mai 2018 la NASA a lancé la sonde InSight qui déposera des sismomètres pour étudier l'intérieur de Mars. Le but de cet exercice est de calculer la différence de vitesse nécessaire pour envoyer la sonde depuis l'orbite terrestre vers Mars. On considèrera que l'orbite initiale de la sonde avant son transfert peut s'apparenter à l'orbite de la Terre, dont le demi-grand axe a_i est égal à 1.0 UA.

Question 1 :

L'orbite de transfert de la sonde est de type Hohmann, c'est à dire que son périhélie se situe à la Terre ($q_t=1.0$ UA) et son aphélie à Mars ($Q_t=1.3$ UA pour faire simple). Faites un schéma montrant les orbites de la Terre, Mars et de l'orbite de transfert.

Réponse :

**Question 2 :**

Sachant que $e_t = (Q_t - q_t) / (Q_t + q_t)$, calculez l'excentricité e_t de l'orbite de transfert.

$e=0.13$

Question 3 :

Calculez le demi-grand axe a_t de l'orbite de transfert sachant que $q_t = a_t(1 - e_t)$.
 $q_t = 1.0$ car c'est le périhélie de la Terre
 $a_t = 1.017$ ua

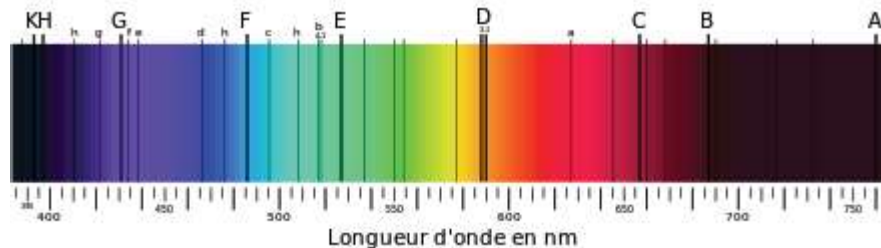
Question 4 :

Calculez la différence de vitesse Δv_t nécessaire pour passer de l'orbite initiale ($a_i = 1.0$ UA) à l'orbite de transfert, sachant que : $\Delta v_t = k \sqrt{-1/a_t + 1/a_i}$
 En prenant : $k = 0.017$ UA^{3/2} j⁻¹ et $a_i = 1$ UA, Δv_t sera exprimé en UA par jour (UA/j). Exprimez Δv_t également en km/h.

$$\Delta v_t = 6.129 \text{ E-03 UA/j} = 38206 \text{ km/h}$$

Ondes et Instruments - Mathieu Puech (3 points)

La figure ci-dessous représente la partie visible du spectre du Soleil. Les lettres indiquées dans la partie supérieure de la figure correspondent à la labélisation établie par Fraunhofer des raies présente dans ce spectre et découvertes au début du 19ème siècle



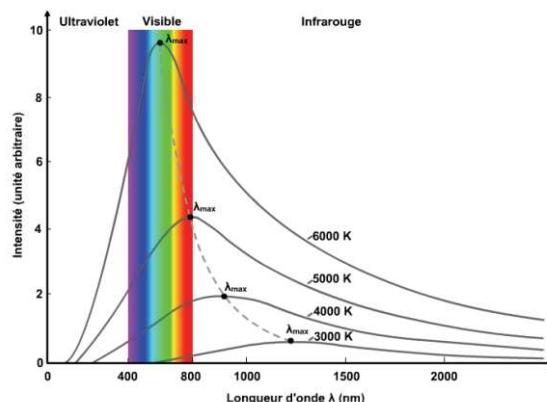
Question 1

De quelle partie du Soleil proviennent les photons qui constituent le fond coloré dans la figure ci-dessus ? Quel rayonnement permet de décrire l'intensité de ce rayonnement en fonction de la longueur d'onde ?

Ces photons proviennent du cœur de l'étoile (0.25 point). Ces photons suivent la loi de Planck qui décrit l'intensité en fonction de la longueur d'onde pour un corps noir.

Question 2

La figure ci-dessous représente la loi de Planck obtenue pour différentes températures. Quelle autre loi représentent les traits en pointillés ? A partir de cette figure et du spectre du Soleil, donnez une estimation très grossière de la température de surface du Soleil.



Les traits en pointillés représente la loi de Wien qui lie la température au maximum d'émission d'un corps noir (0.25 point). A partir du spectre du Soleil, on constate que le maximum d'émission se situe autour de 600 nm (0.25 point) ce qui donne une température proche de 6000 K (0.25 point ; température mesurée : 5778 K).

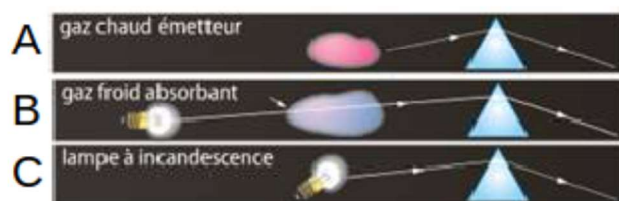
Question 3

A quel type de raies correspondent les traits noirs verticaux sur le spectre du Soleil ?

Ce sont des raies en absorption.

Question 4

La figure ci-dessous décrit trois expériences correspondant aux trois lois du rayonnement de Kirchhoff. Quelle est l'expérience qui correspond le mieux au spectre du Soleil ? [Donnez juste la lettre correspondante]



Réponse B

Question 5

Les raies labellisées C et F sur le spectre du Soleil correspondent aux raies H α (656.3 nm) et H β (486.1 nm) de la série de Balmer de l'hydrogène. On se place dans le modèle « planétaire » de Bohr. Décrivez en quoi consiste ce modèle en 2-3 phrases.

Le modèle de Bohr est un modèle « planétaire » dans lequel l'électron (unique dans le cas de l'hydrogène) est supposé résider sur des orbites circulaires autour du noyau (0.25 point). L'électron peut changer d'orbite à condition d'échanger de l'énergie avec l'extérieur (par exemple absorption ou émission d'un photon faisant respectivement passer l'électron sur une orbite plus éloignée/proche du noyau ; 0.25 point) ; lors de cet échange, l'énergie échangée via le photon doit être égale à la différence d'énergie entre l'orbite de départ et celle d'arrivée. [Total 0.5 point]

Question 6

Dans le modèle de Bohr, les longueurs d'onde λ_{vac} correspondants aux différentes transitions électroniques possibles sont décrites par la relation de Rydberg suivante :

$$\frac{1}{\lambda_{vac}} = R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

On rappelle que dans cette relation, n_1 et n_2 sont deux entiers tels que $n_1 < n_2$ et que la série de Balmer correspond à $n_1 = 2$. Utilisez la relation de Rydberg pour expliquer les longueurs d'ondes des raies C et F. On prendra $R_H = 1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$.

La raie H γ (C) correspond à la transition $n_2=3$ vers $n_1=2$ (0.25 point) et la raie H γ (F) à la transition $n_2=4$ vers $n_1=2$

Question 7

La raie labellisée A dans le spectre du Soleil correspond à la molécule de dioxygène O₂. Où cette raie s'est-elle formée ?

Il s'agit d'une raie tellurique qui s'est formée lorsque les photons issus du Soleil ont traversé l'atmosphère terrestre. Il n'y a bien sûr pas de dioxygène dans le Soleil...

Soleil - Ludwig KLEIN (1 point)

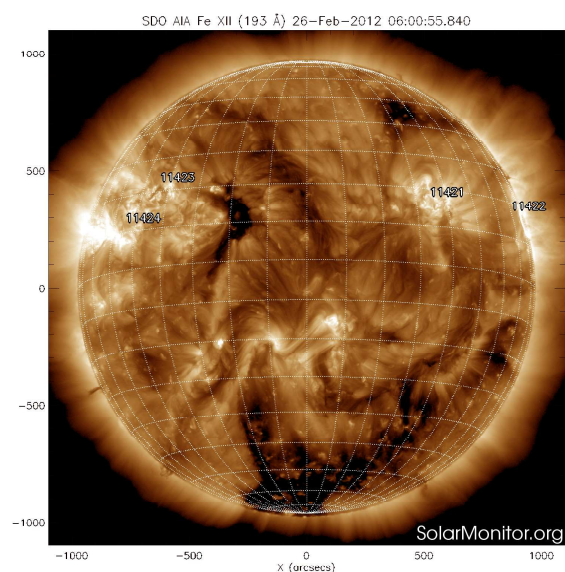
Question : Couronne et vent solaires

L'image ci-contre montre la couronne solaire en EUV.

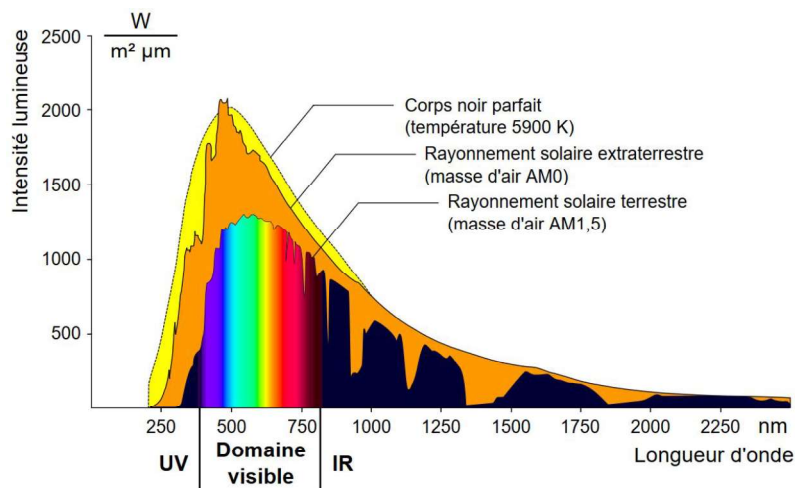
1. Expliquez pourquoi la couronne est brillante à des longueurs d'ondes si courtes, et quelles sont les régions qu'on voit en noir sur cette image.
2. Expliquez ce qu'on entend par "vent solaire".

L'image est un cliché de la couronne dans une raie d'émission (ou un ensemble de raies) EUV.

1. L'émission à des longueurs d'ondes courtes montre un gaz relativement chaud (on peut citer la loi de Wien, mais elle n'est valable que pour un corps noir). Les régions brillantes montrent un gaz chaud et dense. Les régions sombres montrent l'absence de gaz chaud dense. Ce sont des trous coronaux. Elles font apparaître la couche sous-jacente de l'atmosphère solaire, qui est plus froide que la couronne et donc sombre en EUV.
2. Le vent solaire est un flot continu de matière (électrons, protons, noyaux d'hélium etc.) vers l'espace interplanétaire. Il est produit par la haute pression de la couronne qui résulte de sa température élevée.



Soleil - Jean-Marie MALHERBE (1 point)



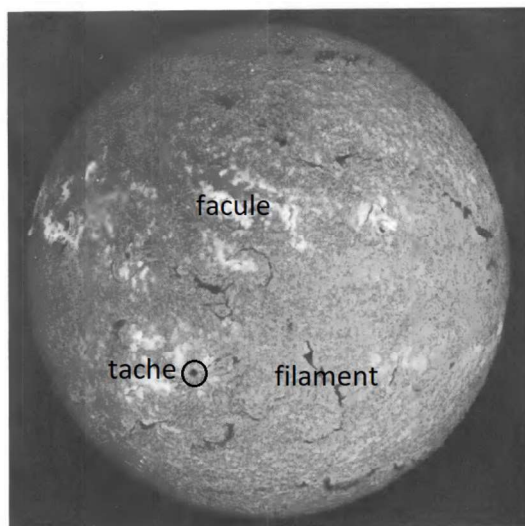
Le rayonnement solaire est proche de celui d'un corps noir à 5800 K dont le maximum est à 550 nm de longueur d'onde (vert). La raie $H\alpha$ de l'Hydrogène est à 656 nm de longueur d'onde (rouge) dans le visible ; la raie Lyman α de l'Hydrogène est à 122 nm dans l'UV.

- 1) La loi de Wien indique que le produit $\lambda T = 550 \times 5800$ est constant (λ longueur d'onde est en nm, T température). A quelle température se forme la raie Lyman α ?

$$5800 * 550 / 122 = 26000 \text{ K}$$

- 2) La raie $H\alpha$ est une raie d'absorption parce qu'elle est proche du maximum du corps noir. La raie Lyman α est-elle une raie d'émission ou d'absorption ?

Raie d'émission car en dehors du lobe du corps noir



$H\alpha$



$Ly\alpha$ (1 s)

Sur le cliché de gauche ($H\alpha$) :

- 3) Les facules sont des régions brillantes sur la surface : sont-elles plus chaudes ou plus froides que le milieu environnant ?

Facules plus chaudes (8000 K)

- 4) Les taches sont des régions magnétiques sombres sur la surface : sont-elles plus chaudes ou plus froides que le milieu environnant ?

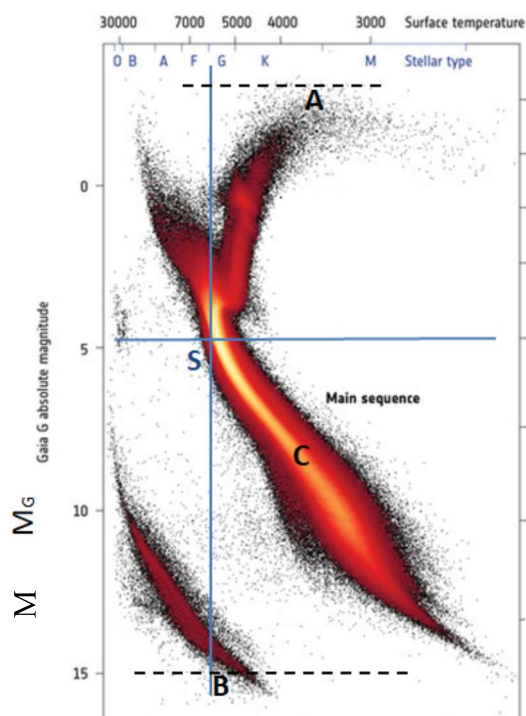
Taches plus froides (4000 K)

- 5) Les filaments sont des structures filiformes d'Hydrogène au dessus de la surface : ils reçoivent le rayonnement sous jacent. Pourquoi les filaments apparaissent-ils sombres ?

Filaments vus en absorption dans la raie $H\alpha$

Etoiles et milieu interstellaire - Éric MICHEL (3 points)

Ex.1 : La mission Gaia vient de livrer des mesures de luminosité et de distance pour plus de 4 millions d'étoiles représentées ici dans un diagramme HR.



Sur ce diagramme HR, la position du Soleil (S) est indiquée par la croix bleue et la gamme de magnitude absolue Gaia (M_G) couverte par les étoiles observées s'étend de $M_G=15$ à $M_G=-2,5$ (respectivement zones B et A).

- 1) Lesquelles des étoiles (B ou A) sont les plus lumineuses ?

Les étoiles A sont plus lumineuses que les étoiles B (de magnitude plus faible).

- 2) Pouvez-vous indiquer à quel stade évolutif peuvent appartenir les étoiles en A ? Même question pour les étoiles en B ?

Les étoiles A sont probablement en phase AGB (branche asymptotique des géantes)
Les étoiles B en phase naine blanche.

- 3) Une étoile en B est-elle nécessairement plus vieille (d'un âge plus grand) qu'une étoile en A ? (argumentez)

Pas nécessairement. Des étoiles plus massives (disons 2-3 Msol) évoluant vite, ont pu produire une nébuleuse planétaire et refroidir sur la séquence des naines blanches alors que des étoiles moins massives (et pourtant plus vieilles) sont encore au stade AGB.

4) Quel est le rapport de luminosité entre les étoiles les plus lumineuses et le soleil ($M_G=5$) ?

Une différence de magnitude de 17,5 correspond à un rapport de luminosité $L_A/L_B= 10$ millions.

5) Dans la formule suivante : $m_G - M_G = 5 \log(d) - 5$ (d en pc) Que représentent m_G et d ?

m_G représente la magnitude apparente dans la bande Gaia et d la distance en parsec de l'objet considéré.

6) En admettant que la limite pour voir une étoile à l'œil nu depuis la Terre soit $m_G=5$:

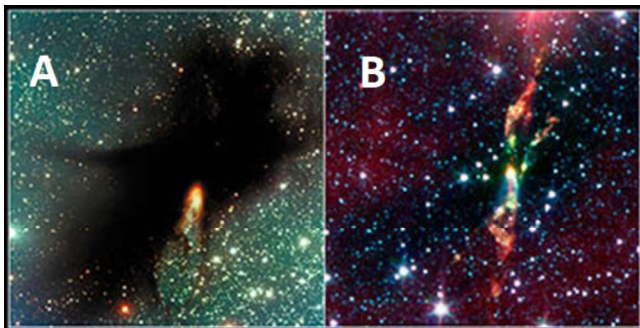
a) jusqu'à quelle distance pouvez-vous voir à l'œil nu des étoiles situées en B ?

b) Même question pour des étoiles situées en A ?

Dans le cas A ($M_G=-2,5$), si $m_G=5$, alors : $m_G - M_G = 5 \log(d) - 5 \Rightarrow \log(d)=12,5/5=2,5$, donc $d=10^{2,5} \sim 300\text{pc}$

Dans le cas B ($M_G=15$), si $m_G=5$, alors : $\log(d)=-1$, donc $d=10^{-1}=0.1\text{pc}$

Ex.2 : Ces deux images (A et B) d'une même région du ciel sont prises l'une dans le visible et l'autre dans l'Infrarouge proche.



1) Pouvez-vous dire quelle image est prise dans l'infrarouge et laquelle dans le visible ? (argumentez)

La tache sombre visible sur la figure A est due à l'extinction qui est plus forte dans le visible (image A) que dans l'infrarouge (image B).

2) Sur la figure A apparaît une zone sombre associée à un 'nuage'. Pouvez-vous dire à quelle composante du milieu interstellaire présente dans ce nuage est due cette zone sombre ?

L'extinction est due aux poussières du MIS.

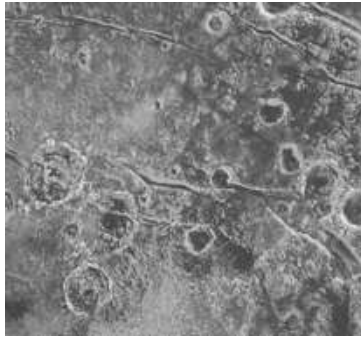
3) A la longueur d'onde visible considérée, la section efficace d'extinction d'un photon (par particule) σ vaut $5 \cdot 10^{-22} \text{ cm}^2$. En supposant une densité particulaire $n \sim 10^4$ particules par

centimètre cube, pouvez-vous donner une indication concernant l'épaisseur du nuage responsable de cette tache sombre ?

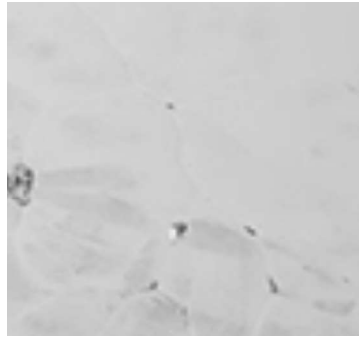
On peut définir le libre parcours moyen l d'un photon à cette longueur d'onde : $l = 1/(n\sigma)$ et puisque la lumière des étoiles d'arrière plan est complètement absorbée, l'épaisseur E du nuage doit vérifier : $E > l$, c'est-à-dire, $E > 1/(10^4 * 5 \cdot 10^{-22}) = 0,2 \cdot 10^{18} \text{ cm} \sim 0,2 \text{ al}$.

Planétologie comparée - Alain DORESSOUNDIRAM (3 points)

DOCUMENT 1



*A. Image de 200 km de largeur sur
Pluton*



*B. Image de 200 km de largeur sur
Pluton*



*C. Image de 200 km de largeur sur
Charon*

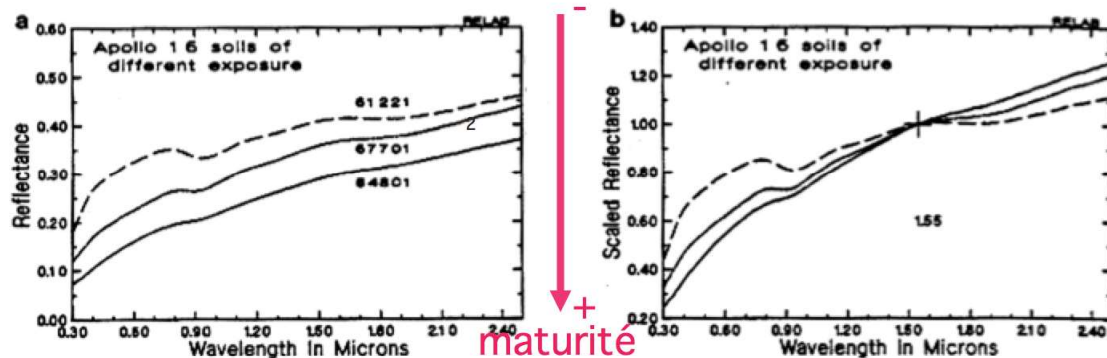
En planétologie, on parle de « l'âge de la surface » pour qualifier l'âge des processus ayant affecté la surface (et non pour qualifier l'âge des roches qui composent la surface).

Question 1 : À l'aide du document 1, indiquez laquelle/lesquelles de ces affirmations vous semble(nt) juste(s).

- A. La surface la plus ancienne correspond au cas A, la plus récente au cas B.
- B. La surface la plus ancienne correspond au cas B, la plus récente au cas A.
- C. Les surfaces des cas A et B ont le même âge, car elles sont localisées sur le même objet du système solaire.
- D. Le cas B semble démontrer que certaines régions de Pluton ont subi des processus géologiques actifs ayant affecté la surface.
- E. Le cas B nous montre que certaines régions de Pluton n'ont jamais subi de processus géologiques actifs ayant affecté la surface.

L'érosion spatiale

DOCUMENT 2 : Observation des effets de l'érosion spatiale sur le régolithe lunaire.



Question 2 :

En utilisant vos connaissances ainsi que les informations extraites du document 2, quelles sont les effets de l'érosion spatiale sur le régolithe lunaire ?.

- A. La réflectance diminue avec le temps
- B. La réflectance augmente avec le temps
- C. les bandes spectrales s'estompent avec le temps
- D. les bandes spectrales se creusent avec le temps
- E. la pente spectrale diminue avec le temps (la surface devient « plus bleue »)
- F. la pente spectrale augmente avec le temps (la surface devient « plus rouge »)
- G. l'érosion spatiale affecte plus fortement les corps sans atmosphères

Question 3 :

Culture générale. Parmi les propositions suivantes dites lesquelles sont exactes. (Plusieurs réponses possibles)

- A. Les astéroïdes et les comètes sont les corps les plus primitifs du Système solaire
- B. Les planètes telluriques sont plus vieilles que les astéroïdes et les comètes
- C. les météorites sont des fragments de comètes tombés sur Terre
- D. On connaît l'âge de la formation du Système solaire en datant les météorites
- E. Il y a deux types de planètes dans le Système solaire : les planètes telluriques et les planètes géantes
- F. Le Soleil est la plus proche étoile de la Terre
- G. les planètes telluriques ont toutes un champ magnétique

Florence DURRET (3 points)

Question 1 :

Quelle est la relation entre le flux F reçu d'une galaxie, la distance D de cette galaxie et sa luminosité L ? Quelle est l'hypothèse ayant permis de définir cette relation ? Quelles sont les unités utilisées pour ces trois quantités (dans le système international) ?

La relation est $F = L / 4\pi D^2$

L'hypothèse sous-jacente est que la source lumineuse est isotrope, c'est-à-dire rayonne de la même manière dans toutes les directions
Le flux est en Watts m^{-2} , la luminosité en Watts et la distance en mètres.

Question 2 :

Une galaxie a un décalage spectral $z=0.01$. A quelle vitesse s'éloigne-t-elle de nous ? Quelle est sa distance (on prendra la constante de Hubble $H_0 = 70 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$) ?

Si sa magnitude apparente est $m=16$, quelle est sa magnitude absolue M ?

Si une galaxie très brillante a pour magnitude absolue $M' = -22.2$, quel est le rapport des flux F'/F et des luminosités L'/L des deux galaxies ?

Le décalage spectral est faible, donc la vitesse peut être calculée simplement comme le produit de z par la vitesse de la lumière, $c=300.000 \text{ km/s}$, ce qui donne une vitesse $v=3000 \text{ km/s}$.

Sa distance est alors $D=v/H_0 = 42.9 \text{ Mpc}$

Pour calculer sa magnitude absolue M , on utilise la relation $m-M=5\log D_{\text{pc}} -5$, d'où $M=-17.2$ (attention de bien convertir D en pc)

On a $M'-M=-22.2+17.2=-5=2.5*\log(F/F')$ d'où $F'/F=100 = L'/L$

Question 3 :

Si l'on veut observer des galaxies lointaines, que faire pour maximiser les chances de succès (donner deux réponses en les justifiant) ?

Les galaxies lointaines ayant un décalage spectral important, le maximum de leur émission se trouve décalé vers les très grandes longueurs d'onde, on aura donc intérêt à les rechercher dans les domaines infrarouge lointain et submillimétrique.

D'autre part, les amas de galaxies pouvant jouer le rôle de lentilles gravitationnelles qui amplifient le signal, on pourra utiliser cet effet d'amplification pour augmenter les chances de détecter des galaxies lointaines, en les recherchant dans la direction d'amas (de préférence massifs, pour que l'effet d'amplification soit plus grand).

Cosmologie - David VALLS-GABAUD (3 points) CORRIGE A VENIR

Q1 Que répondriez-vous à une personne qui vous affirme que la distance d'une galaxie dont la lumière nous parvient après avoir voyagé pendant 10 milliards d'années, est de 10 milliards d'années-lumière ? Justifiez votre réponse.

Q2 Décrivez succinctement les problèmes des matières noires (baryonique et non-baryonique).

Q3 (BONUS) On peut se poser la question de la contribution actuelle des photons Ω_{rad} à la densité de matière-énergie. Pour rappel, actuellement la contribution de la matière ordinaire (baryons) est $\Omega_b \sim 0.049$, celle de la matière noire $\Omega_m \sim 0.268$ et celle de l'énergie noire $\Omega_\Lambda \sim 0.683$. Le total est $\Omega = \Omega_b + \Omega_m + \Omega_\Lambda + \Omega_{rad} = 1.0$. Nous souhaitons donc évaluer Ω_{rad} . La densité d'énergie de la radiation ρ_{rad} (en kilos par mètre cube) d'un corps noir de température T est donnée par la loi de Stefan-Boltzmann, de sorte que

$$\rho_{rad} c^2 = \frac{4 \sigma T^4}{c}, \quad (1)$$

où σ est la constante de Stefan ($5.67 \times 10^{-8} \text{ J s}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ K}^{-4}$) et c la vitesse de la lumière (299792 km/s), et un Joule J est égal à un $\text{kg m}^2 \text{ s}^{-2}$. La contribution est donc

$$\Omega_{rad} = \frac{\rho_{rad}}{\rho_{crit}} = \frac{8 \pi G \rho_{rad}}{3 H_0^2} \quad (2)$$

avec G constante de gravitation ($6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$) et H_0 la constante de Hubble (prenez $72 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1} = 2.33 \times 10^{-18} \text{ secondes}$). Etant donnée la température actuelle de la radiation cosmologique de fond, $T = 2.725 \text{ K}$, calculez la contribution de cette radiation Ω_{rad} , et comparez-la à $\Omega = 1$.

Traitements de données - Mathieu PUECH (2 points)

Que mesure-t-on avec un « flat-field » (ou « plage de lumière uniforme ») ? Comment le mesure-t-on ?

Il s'agit de la mesure des défauts d'uniformité entre les différents pixels du détecteur (0.5 point) qui peuvent provenir de la différence de réponse du détecteur lui-même (variation de l'épaisseur de silicium par exemple), de poussières sur les optiques, de zones d'ombre dans l'instrument, etc (0.5 point). On le mesure en utilisant une source de lumière la plus uniforme possible (0.5 point) et en moyennant plusieurs poses pour limiter le bruit de photon afin d'obtenir un « master flat-field » (0.5 point).

Histoire - Jérôme LAMY (2 points)

Question 1 :

Quels sont les recommandations de Platon pour faire de l'astronomie ? Comment ces contraintes ont pesé sur l'astronomie antique ? De quelle manière Ptolémée s'y conforme pour proposer son système ?

Platon veut absolument que l'on traite l'astronomie comme une pratique géométrique. L'observation n'est pas (ou peu) importante pour lui. Il impose en outre deux conditions pour faire de l'astronomie : sauver les apparences (c'est-à-dire que la solution proposée peut ne pas correspondre à la réalité, elle doit correspondre aux phénomènes visibles) et produire des trajectoires d'astres qui soient uniquement des compositions de mouvements circulaires et uniformes.

Toute l'antiquité s'est conformée à ce cadre épistémologique très contraignant.

Pour respecter ce jeu de contraintes, Ptolémée (1^{er} siècle ap JC) a proposé un point équant sur le diamètre d'un cercle (point en miroir d'une Terre décentrée par rapport au centre du cercle). La planète tourne donc sur ce cercle selon un mouvement circulaire (par rapport au centre du cercle) et un mouvement uniforme (par rapport au point équant). On a donc un mouvement circulaire, un mouvement uniforme (mais pas un mouvement circulaire et uniforme par rapport au même point).

Question 2 :

Dans le procès qui oppose Galilée à l'Inquisition, que reproche l'Eglise à l'astronome italien ?

La conception chrétienne de l'Univers emprunte beaucoup à Aristote : un monde supra lunaire parfait, un monde sublunaire corruptible et changeant. Par ses découvertes astronomiques (reliefs de la lune, taches solaires, satellites de Jupiter...), Galilée a conforté le modèle de Copernic et rendu caduque les propositions d'Aristote (et par voie de conséquence la conception biblique du monde). Dans le livre de Josué, il est dit que Dieu a demandé au Soleil de s'arrêter (c'est donc qu'il se meut). Or Galilée soutient (en appui de Copernic) l'idée d'un héliocentrisme qui fait du Soleil le point fixe du système planétaire. L'Eglise reproche donc, dans un premier temps, à Galilée de promouvoir le système copernicien ; elle le lui interdit en 1615. Son livre *Dialogue sur les deux grands systèmes du monde* paru en 1632 rompt cet interdit. Galilée avait certes l'appui d'Urbain VIII pour présenter équitablement les thèses aristotélicienne et copernicienne, mais non pour faire un plaidoyer pro-domo en faveur de l'héliocentrisme. Le procès de 1633 n'est pas un procès en hérésie, mais un procès sur l'interdiction de 1616 que Galilée n'a pas respectée.

Hautes Énergies – Alexandre le Tiec, Andeas Zech , Susanna Vergani (2 points)

(Uniquement pour les personnes en suivi vidéo)

1) De quels éléments indispensables est constitué un noyau actif de galaxie (AGN) ?

- a) un trou noir de quelques millions à quelques milliards de masses solaires
- b) un trou noir stellaire (de quelques masses solaires)
- c) un disque d'accrétion
- d) un jet relativiste

Note : seulement environ 10% des AGN ont un jet relativiste - ce sont les AGN « radio-loud ».

2) Le modèle d'unification des AGN ...

- a) ... implique que toutes les galaxies ont un noyau actif dans leur centre.
- b) ... implique que des différentes classes d'AGN sont en réalité un seul objet, vu sous des angles différents.
- c) ... implique qu'un tore de poussière cache la région centrale de l'AGN pour certaines classes.
- d) ... explique la différence entre des AGN sans et avec une émission forte dans la bande radio.

Note : le modèle d'unification n'explique pas encore la différence entre AGN « radio-loud » et « radio-quiet »

3) Qu'est-ce qu'on sait sur l'émission des AGN ?

- a) Une émission puissante en radio indique la présence d'un jet.
- b) Une émission puissante en radio indique la présence d'un tore de poussière.
- c) Le disque d'accrétion émet des photons par effet synchrotron.
- d) Une émission de rayons gamma indique très probablement la présence d'un jet.

4) Que peut-on dire sur la détection de rayons gamma de très hautes énergies ?

- a) On détecte les rayons gamma de très hautes énergies sur le sol grâce à une diminution de leur section efficace en régime relativiste.
- b) On détecte les rayons gamma de très hautes énergies sur le sol par une génération de cascades atmosphériques et une émission de lumière Cherenkov.
- c) L'observation de rayons gamma de très hautes énergies venant de blazars est favorisée par rapport aux autres AGN grâce à des effets relativistes.
- d) On peut seulement observer les rayons gamma qui ont un mouvement superluminique.

Introduction à la Philosophie des sciences – Gauvain Leconte (2 points)

La philosophie des sciences (ou épistémologie) consiste à (plusieurs bonnes réponses possibles):

- A. Analyser le statut de la connaissance scientifique et le fonctionnement de l'activité scientifique.
- B. Proposer une vision du monde différente de celle des scientifiques.
- C. Aborder des questions cruciales auxquelles la science ne peut pas répondre.
- D. Traiter des problèmes qui se posent aux scientifiques sur leurs méthodes et les concepts qu'ils utilisent.
- E. Extrapoler les connaissances scientifiques pour donner une vision globale du monde et de l'existence humaine.