

OBSERVATOIRE DE PARIS

DU ECU

Année 2021-2022

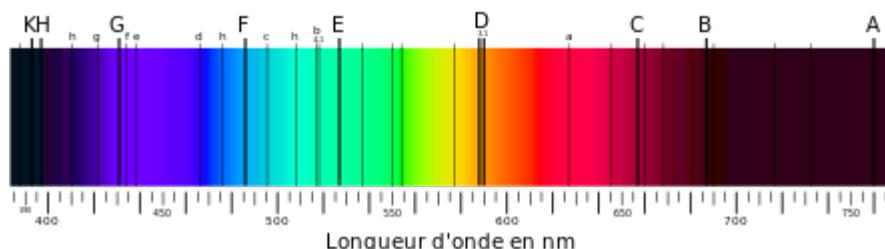
Examen du 11 juin 2022

CONSIGNES :

- Écrire au stylo ou feutre **noir**
- Écrire **uniquement** sur le recto pour toutes les questions. Pour les QCM inutile de réécrire la réponse en entier (préciser le n° de question et la/les bonne(s) réponse(s)). **NE RIEN ÉCRIRE SUR LE SUJET**
- Recommencer une **nouvelle page** après chaque série de questions sur un thème pour faciliter la correction (Ex : Soleil, une feuille différente pour le sujet de JM. Malherbe et L. Klein)
- Le sujet « Hautes Energies » est uniquement pour les personnes en parcours à distance en vidéo

Ondes et Instruments– Mathieu Puech (3 points)

La figure A 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 peu après leur découverte au début du XIXème siècle.



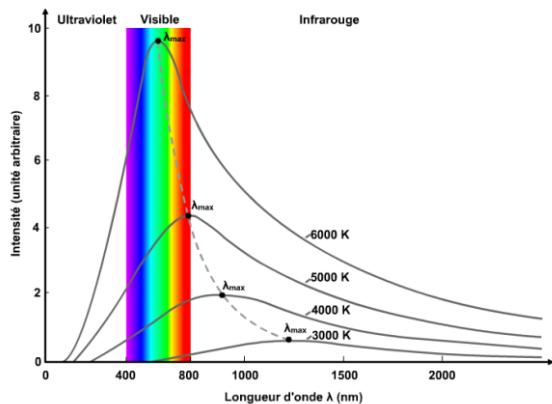
1.1 D'où proviennent les photons qui constituent le fond coloré dans la figure A ? [0.3 point]

- A. De la photosphère du Soleil C. De la lune qui éclaire le Soleil
B. De la couronne du Soleil D. De la lampe-torche de Jérémie Vaubaillon

1.2 Quelle loi physique permet de décrire l'intensité de ce rayonnement en fonction de la longueur d'onde ? [0.3 point]

- A. La loi du plus fort C. La loi de Planck
B. La loi de Wien D. La loi de Boltzman

La figure B ci-dessous représente cette loi physique en fonction de la longueur d'onde et pour différentes températures.



- 1.3 Quelle autre loi physique est représentée par les traits pointillés sur la figure B ? [0.3 point]
- A. La loi du plus fort
 - C. La loi de Planck
 - B. La loi de Wien**
 - D. La loi de Boltzman
- 1.4 A partir de la figure A, déterminer à quelle longueur d'onde se situe approximativement le maximum d'émission du spectre du Soleil. [0.3 point]
- A. 500 nm
 - C. 650 nm
 - B. 600 nm**
 - D. 550 Å
- 1.5 A partir de la figure B et de la réponse à la question 1.4, donner une estimation approximative de la température de surface du Soleil. [0.3 point]
- A. 5000 K
 - C. 6000 K**
 - B. 6000°C
 - D. 5500 nm
- 1.6 A quel type de raies correspondent les traits noirs verticaux sur la figure A ? [0.4 point]
- A. raies en absorption**
 - C. raies en absorption et en émission
 - B. raies en émission
 - D. raies hyperfines

Les raies labellisées C et F sur le spectre du Soleil correspondent aux raies Ha (656.3 nm) et Hb (486.1 nm) de la série de Balmer de l'hydrogène. On se place dans le modèle « planétaire » de Bohr. Dans ce modèle, les longueurs d'onde λ_{vac} correspondants aux différentes transitions électroniques possibles sont décrites par la relation de Rydberg suivante :

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

On rappelle que dans cette relation, n_1 et n_2 sont deux entiers tels que $n_1 < n_2$. On rappelle que $R_H = 1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$.

- 1.7 Quelles sont les transitions qui correspondent à la raie C ? [0.4 point]
- A. $n_1=4$ vers $n_2=3$
 - C. $n_1=3$ vers $n_2=2$**
 - B. $n_1=3$ vers $n_2=4$
 - D. $n_1=2$ vers $n_2=3$
- 1.8 La raie labellisée A dans le spectre du Soleil correspond à la molécule de dioxygène O₂. Où cette raie s'est-elle formée ? [0.4 point]
- A. atmosphère du Soleil
 - C. milieu interplanétaire du système solaire**
 - B. atmosphère terrestre
 - D. « Atmosphère ! Atmosphère ! Est-ce que j'ai une gueule d'atmosphère ? »

1.8 Pour mesurer le spectre illustré par la figure A, de quel type d'instrumentation faudrait-il disposer ? [0.3 point]

- A. Un télescope et un spectrographe
- B. Un télescope et un coronographe
- C. Un radiotélescope
- D. Un interféromètre infrarouge

Astrométrie et mécanique céleste – Jérémie Vaubaillon (3 points)

1- Astronomie fondamentale :

Sélectionner la/les proposition(s) correcte(s).

Le temps sidéral :

- a- représente un angle
- b- ne dépasse jamais 23 h 56 min 4 sec
- c- sert à déterminer l'heure de passage des astres au méridien
- d- croit avec le temps
- e- dépend de la position de l'observateur

2- Mécanique Céleste :

Dans les films "Deep Impact" et "Don't look up", des astronomes découvrent une comète, calculent son orbite et découvrent qu'elle va percuter la Terre quelques mois plus tard. Suivant le film, le nombre d'images acquise montrant la comète est de 1 pour "Deep Impact" et 4 pour "Don't look up". Entre ces 2 films, lequel est le plus réaliste pour calculer une orbite de comète ?

- a- Deep Impact
- b- Don't look up
- c- aucun n'est réaliste
- d- les 2 sont réalisistes

3- Astronautique :

Thomas Pesquet s'est envolé le 23 avril 2021 vers l'ISS. La fusée a atteint l'espace (plus de 100 km d'altitude) au bout de quelques minutes. Bien qu'elle soit déjà dans l'espace, le moteur a continué à être allumé pendant plusieurs minutes : pourquoi ?

- a- parce que l'altitude de l'ISS est d'environ 400 km
- b- parce qu'il ne suffit pas d'atteindre une altitude pour se satelliser : il faut également atteindre la vitesse de satellisation
- c- parce que l'atmosphère freine les fusées même à 100 km d'altitude
- d- parce que Thomas Pesquet a décidé d'aller au-delà de ce qu'on lui demandait
- e- pour éviter une collision avec un débris spatial.

4- Phénomènes :

Le 2 avril 2022 le rover Martien Perseverance a enregistré une vidéo montrant le satellite de Mars Phobos passant devant le Soleil. Ce phénomène est :

- a- une éclipse
- b- une occultation
- c- un phénomène mutuel (car il s'agit d'un satellite naturel d'une planète)
- d- le temps sidéral Martien

5- Temps :

Suite à une affaire louche à Rome en 1582, un enquêteur (E) interroge un suspect (S). Parmi les conversations suivantes une seule est plausible : laquelle ?

- a- E : "Qu'avez-vous fait dans la nuit du 4 au 5 octobre ?" S : "j'observais l'éclipse de Lune avec plus de 20 témoins."
- b- E : "Qu'avez-vous fait dans la nuit du 4 au 5 octobre ?" S : "j'observais l'éclipse de Soleil avec plus de 20 témoins."
- c- E : "Qu'avez-vous fait dans la nuit du 4 au 5 octobre ?" S : "j'étais en train de suivre le cours de M. Puech avec plus de 20 témoins."
- d- E : "Qu'avez-vous fait dans la nuit du 4 au 15 octobre ?" S : "j'observais le ciel avec plus de 20 témoins."**

6- Météores :

Le maximum des Perséides est prévu le 13 août 2022, avec un ZHR prévu de 110/h. À cette date, la Lune sera pratiquement pleine. Sélectionner la/les proposition(s) correcte(s) :

- a- le nombre de météores visible à l'œil nu sera de 110/h
- b- le nombre de météores visible à l'œil nu sera supérieur à 110/h
- c- le nombre de météores visible à l'œil nu sera inférieur à 110/h**
- d- Les Perséides peuvent être observées à n'importe quel endroit de la surface Terrestre
- e- la présence de la Lune aide à détecter les météores, car le cerveau humain est sensible aux mouvements.
- f- si la météo ne permet pas d'observer la nuit du maximum, on peut tout de même observer des Perséides les nuits avant / après, mais en moindre nombre.**

Soleil - Ludwig Klein (1 point)

Répondez en quelques mots aux questions suivantes:

- a) La photo d'une éclipse totale du Soleil nous montre une structure assez irrégulière, tandis que la photosphère nous apparaît ronde. Quelle est la raison de cette différence ?
Le champ magnétique structure la couronne solaire, mais elle est secondaire dans la photosphère, comparée à la gravitation. La gravitation est une force à symétrie sphérique, mais le champ magnétique ne l'est pas.
- b) La spectroscopie de la couronne solaire révèle des raies d'émission typiques d'un gaz à une température de l'ordre du million de K. Pourquoi est-ce que c'est surprenant ?
La couronne solaire se révèle plus chaude que la photosphère sous-jacente, alors que la couronne est plus loin de la région centrale du Soleil, où réside sa source d'énergie. On s'attendrait à une baisse systématique de la température quand la distance au centre augmente, et on observe une hausse.
- c) Qu'implique la haute température de la couronne pour la dynamique de ce gaz ?
La haute température de la couronne implique un fort gradient de pression par rapport à l'espace interplanétaire. Ce gradient de pression pousse la couronne dans l'espace, sous forme du vent solaire.
- d) Comment les aurores boréales et australes dépendent-elles du Soleil ?
Les aurores résultent de l'accélération d'électrons dans la magnétosphère terrestre. Ces épisodes d'accélération libèrent l'énergie emmagasinée dans la queue de la

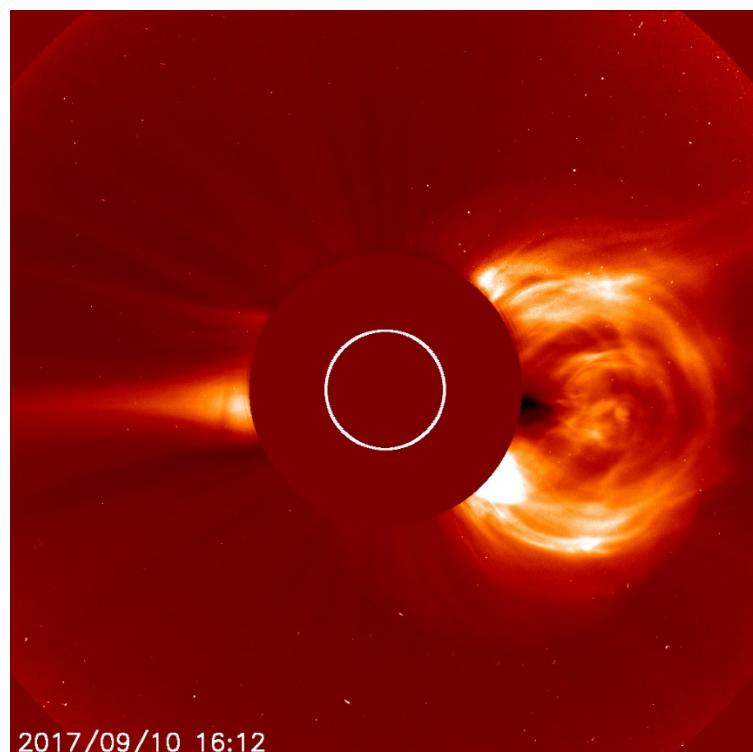
magnétosphère, à la suite de l'interaction avec le vent solaire rapide ou avec une éjection de masse.

- e) Par quel mécanisme les rayonnements EUV/X du Soleil conduisent-ils au freinage de satellites en orbites basses autour de la Terre ?

Les rayonnements EUV et X sont absorbés par la haute atmosphère terrestre, qui s'échauffe et s'étend. En période de forte émission solaire (en EUV et X), un satellite en orbite basse se trouve de ce fait immergé dans une atmosphère plus dense qu'en période de faible émission solaire.

Soleil - Jean-Marie Malherbe (1 point)

L'observatoire spatial SOHO (ESA/NASA) situé au point de Lagrange L1 et le satellite Solar Dynamics Observatory (NASA) surveillent en permanence les éruptions solaires et éjections de masse coronale, à la fois dans un but scientifique et de prévision des phénomènes pouvant perturber l'environnement terrestre.



Une réponse exacte par question:

Question 1: les plus grosses éruptions dégagent une énergie $E = 0.5 \cdot 10^{25}$ Joule. Elles éjectent vers le milieu interplanétaire des protons à la vitesse $v = 1000$ km/s = 10^6 m/s, qui échappent à l'attraction du Soleil. En supposant que l'énergie libérée est purement cinétique ($E = \frac{1}{2} m v^2$), la masse éjectée est $m = 2 E / v^2$. Donner la valeur de m en kg (*pas besoin de calculatrice*).

A. $m = 10^{13}$ kg

B. $m = 10^{15}$ kg

C. $m = 10^{17}$ kg

Question 2: une éruption émet des rayons X, qui voyagent à la vitesse de la lumière ($C = 300000$ km/s). Sachant que la Terre est à 150 millions de km du Soleil combien de temps t (en secondes) mettent-ils pour parvenir à la Terre (*pas besoin de calculatrice*) ?

- A.** $t = 100$ s
- B.** $t = 300$ s
- C.** $t = 500$ s

Question 3: les protons se dirigent vers la Terre à la vitesse de 1000 km/s. Combien de temps t (en jours) mettent-ils pour nous parvenir (*pas besoin de calculatrice, 1 jour = 86400 s*) ?

- A.** $t = 0.5$ jour
- B.** $t = 2$ jours
- C.** $t = 5$ jours

Étoiles et milieu interstellaire - Éric Michel (3 points)

Exercice 1 : loi de Stefan et évolution stellaire :

La loi de Stefan s'écrit $L=4 \pi R^2 \sigma T^4$,

- a) Expliquez brièvement ce que représentent L , R et T dans cette relation et ce qu'exprime la loi de Stefan.

La loi de Stefan exprime le fait que la luminosité (L) d'une étoile, c'est-à-dire l'énergie qu'elle rayonne, est proportionnelle à son rayon (R) au carré et à sa température effective (T), ceci dans la mesure où l'étoile est assimilable à un corps noir de température T .

- b) Le diagramme suivant présente les étoiles de l'amas M67.

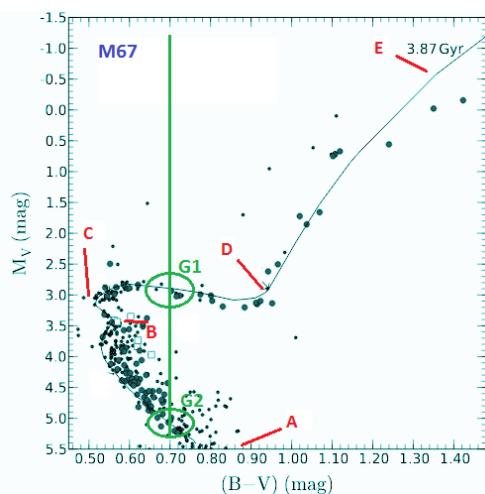
A quel stade évolutif correspondent les étoiles situées entre A et B ?

Stade évolutif de séquence principale (l'étoile convertit l'hydrogène en helium au cœur)
Entre C et D ?

Séquence des sous-géantes (l'étoile convertit l'hydrogène en helium dans une couche entourant un cœur d'hélium inert)

Entre D et E ?

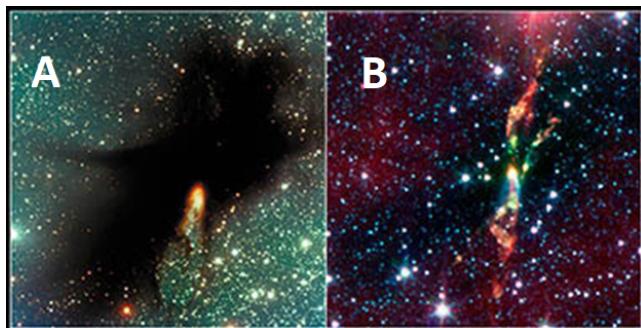
Branche des géantes rouges (même chose que sur la séquence des sous-géantes, mais la zone convective externe est beaucoup plus profonde)



- c) Les étoiles des groupes G1 et G2, indiqués (en vert) sur le diagramme, ont même température effective. A partir du diagramme, estimez approximativement leur différence de magnitude M1-M2 et en déduire leur rapport de luminosité L1/L2.
M₂-M₁~2 et donc L₁/L₂ ~ 10^{(M₂-M₁)/2.5}=6.3 (ou, une différence de 2mag correspond approximativement à un rapport de luminosité de 2.5x2.5=6.25)
- d) A l'aide de la loi de Stefan, déduire le rapport des rayons R₁/R₂
Puisque les étoiles des deux groupes ont même Teff, L₁/L₂=R₁²/R₂² et donc R₁/R₂=(L₁/L₂)^{1/2}= 2.5
- e) les étoiles du groupe G1 sont-elles :
- Plus massives ou moins massives que celles du groupe G2 ?
Plus massives, c'est pourquoi elles ont évolué plus vite et ont déjà quitté la séquence principale, contrairement aux étoiles du groupe G2.
 - Plus vieilles ou moins vieilles que celles du groupe G2 ?
Elles ont approximativement le même âge puisqu'elles appartiennent au même amas.

Exercice.2 : Le JWST va observer dans l'IR proche, ce qui présente certains avantages... :

Ces deux images (A et B) d'une même région du ciel sont prise 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 apparait 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, donnez une estimation du libre parcours moyen d'un photon à cette longueur d'onde, dans ce nuage.

On peut définir le libre parcours moyen l d'un photon à cette longueur d'onde :

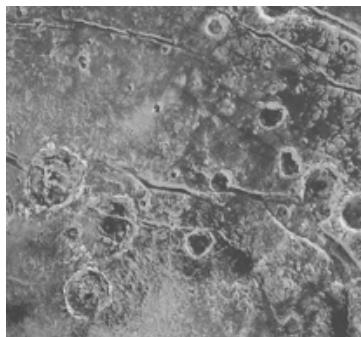
$$l = 1/(n\sigma) = 1/(10^4 * 5 \cdot 10^{-22}) = 0,2 \cdot 10^{18} \text{ cm} \sim 0,2 \text{ al.}$$

- 4) Pouvez-vous donner une indication concernant l'épaisseur du nuage responsable de cette tache sombre ?

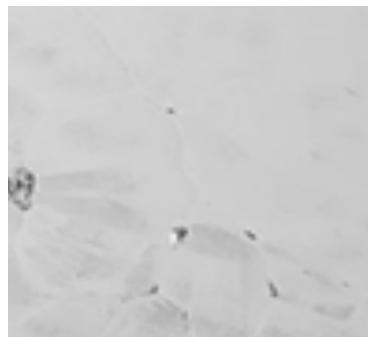
Puisque la lumière des étoiles d'arrière plan est complètement absorbée, l'épaisseur E du nuage doit vérifier : $E > l$, c'est-à-dire $E > 0,2 \text{ al.}$

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



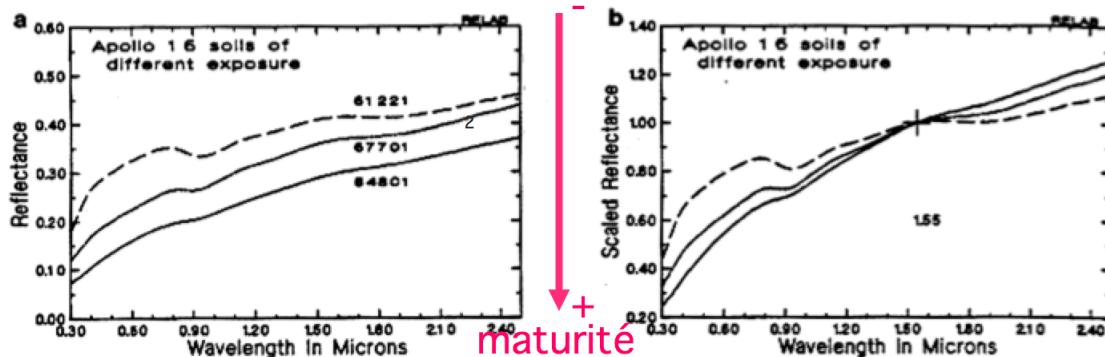
C. Image de 200 km de largeur sur Charon

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 1/4 : 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 2/4 : 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

Méli-Mélo planétologique

Question 3/4 : 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

Et un petit calcul pour finir en beauté !

Question 4/4 : L'astéroïde (7456) *Myself* orbite autour du Soleil avec une période de 1549 jours terrestres environ. Calculez son demi grand axe a .

A : $a = 1,421 \text{ UA}$

B: $a = 2,620 \text{ UA}$

C : $a = 3,450 \text{ UA}$

D : $a = 8,734 \text{ UA}$

E : aucune réponse

Galaxies – Wim van Driel (3 points)

- 1) Vu à l'œil dans l'oculaire d'un télescope de taille modeste ($<20 \text{ cm de diamètre}$) les images de galaxies spirales proches sont très différentes des images avec des beaux bras spiraux qu'on trouve dans des livres – et pas très spectaculaires. Pourquoi ?

La différence est dû à la distribution de la surface de brillance (μ , en magnitude par seconde d'arc²) dans les galaxies spirales. Au centre des galaxies spirales, les bulbes dominent la brillance de surface. Leur μ décroît rapidement en fonction de la distance au centre de la galaxie (loi de de Vaucouleurs). Les disques, qui contiennent les bras spiraux, ont une μ centrale moins brillante, et les niveaux de la brillance de surface des bras spiraux est bien en dessous de la brillance de surface du ciel même. Par conséquent, à l'œil dans un petit télescope on ne peut voir que le centre du bulbe et non pas les bras spiraux, mais sur des images photographiques à longue pose comme on les trouve dans les livres on peut voir les bras spiraux dans toute leur splendeur.

- 2) Dans le spectre d'une galaxie proche de la Voie Lactée, la longueur d'onde mesurée λ de la raie H α , dont la longueur d'onde mesurée en laboratoire λ_0 est de $656,28 \text{ nm}$, est de $655,84 \text{ nm}$. Quel est le décalage spectral de la galaxie ? Quelle est sa vitesse radiale observée ? En appliquant la loi de Hubble, à quelle distance se trouve cette galaxie - on prendra la constante de Hubble égale à $75 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$.

Le décalage spectral z de la galaxie est $z = (\lambda - \lambda_0) / \lambda_0$, soit $= (655,84 - 656,28) / 656,28 = -0,00067$; cette galaxy proche a une décalage vers le bleu. La vitesse à laquelle la galaxie s'approche de nous est $V = c * z = -200$ km/s.

On ne peut pas appliquer la loi de Hubble à des galaxies à vitesses radiales négatives : la vitesse propre de cette galaxie au sein du groupe locale de galaxies est plus grande que sa vitesse dû à l'expansion de l'Univers.

- 3) Dans les spectres optiques de certains types de galaxies AGN à noyau actif on observe des raies d'émission très larges, mais dans d'autres types on n'observe que des raies étroites. Quel(s) phénomène(s) peuvent expliquer cette différence ?

Autours du trou noir qui se trouve au centre de chaque galaxie à noyau actif, il y a un disque d'accrétion très chaude. L'énergie émis par ce disque d'accrétion chauffe la matière au dessus (et en dessous) du plan du disque. Plus proche du trou noir et du disque, le gaz est chauffé jusqu'à des températures plus élevées que le gaz plus lointain. Les raies spectrales émis par le gaz plus chaud sont assez plus larges que celles du gaz plus froid. Pour cette raison, la zone du gaz chaud plus proche du trou noir est appelé le BLR (Broad Line Region) émettant des raies larges, et la zone plus froide et plus lointaine le NLR (Narrow Line Region) aux raies étroites.

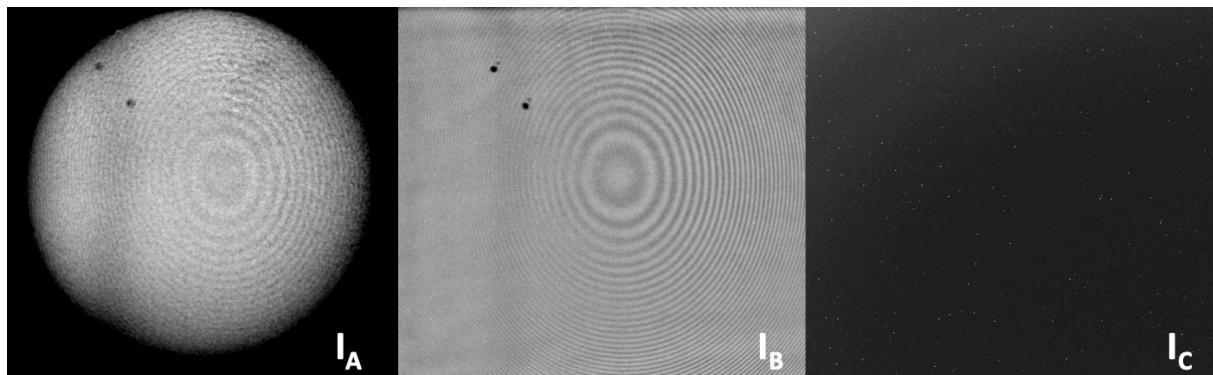
Selon le modèle uniifié des galaxies à AGN, autours du disque d'accrétion se trouve un torus épais de matière opaque en optique. Quand on observe un AGN d'un angle de vue assez proche de l'axe perpendiculaire à celui du disque d'accrétion, le torus ne gêne pas l'observation de la région proche du trou noir, le BLR, l'origine des raies larges (comme dans les quasar). Si par contre, on observe un AGN dans le plan du disque, le torus bloque la vue du BLR et on ne peut observer que la région du NLR, à plus grande distance verticale au-dessus du disque (comme dans les Seyferts 2).

Cosmologie – Andrea Cattaneo (3 points)

- 1) L'observation que le fond du ciel est noir implique que :
- a) L'Univers n'est pas infini.
 - b) L'Univers n'a pas toujours existé.
 - c) L'Univers ne peut pas être infini et avoir toujours existé en même temps.
- 2) Dans l'Univers primordial, pourquoi l'ère des leptons vient après l'ère des hadrons ?
- a) Parce que les hadrons ont un temps de désintégration radioactive plus court.
 - b) Parce qu'à un certain moment, les photons n'ont plus assez d'énergie pour former des couples hadron/anti-hadron.
 - c) Parce qu'au-dessous d'une certaine température, les quarks sont confinés dans les baryons.
- 3) Les galaxies elliptiques:
- a) sont rouges et ont, normalement, des taux de formation stellaire très bas.
 - b) contiennent, dans la plupart des cas, des trous noirs supermassifs avec des taux de croissance très élevés.
 - c) se sont formées assez tard dans l'histoire de formation des structures cosmiques.

Traitements de données – Pierre Baudoz (2 points)

Un ami a observé le soleil et vous envoie les 3 images ci-dessous qu'il a enregistrées suivant vos conseils.



Q1 : Les images de votre ami correspondent à quelle série ci-dessous :

- 1) Deux images du soleil, une image de dark
- 2) Une image du soleil, deux images de dark à des temps de pose différents
- 3) **Une image du soleil, une image de flat, une image de dark**

Q2 : Les 2 taches sombres visibles sur le disque solaire sont-elles des taches solaires ?

- 1) Oui
- 2) **Non**

Q3 : Justifiez votre réponse précédente en quelques lignes

Les 2 taches noires visible sur l'image du soleil sont aussi visibles sur l'image du flat. Elles vont donc disparaître au moment du traitement lors de la division par le flat. Il n'y a donc pas de tache solaire visible facilement sur cette image du soleil

Q4 : Quelle équation peut-on utiliser pour obtenir une image du soleil corriger des effets du détecteur et de la transmission de l'instrument :

- 1) $I_{Soleil} = (I_B - I_C) / (I_A - I_C)$
- 2) $I_{Soleil} = (I_C - I_B) \times (I_A - I_B)$
- 3) $I_{Soleil} = (I_A - I_B) / I_C$
- 4) **$I_{Soleil} = (I_A - I_c) / (I_B - I_c)$**
- 5) $I_{Soleil} = (I_B - I_A - I_C)$

I_A est l'image du soleil sans traitement, I_B est une image de flat et I_C est une image de dark ou de biais.

Q5 : Vous aimerez augmenter le rapport signal à bruit de votre image d'un facteur 5. De combien d'images avez besoin au minimum :

- 1) 100
- 2) 50
- 3) **25**
- 4) 10
- 5) 5
- 6) Non, on diminue le rapport signal à bruit

La somme de 25 images augmente le signal d'un facteur 25 et le bruit d'un facteur 5 si le bruit est bien un processus aléatoire non corrélé. Le rapport signal à bruit est donc augmenté d'un facteur 5.

Q6 : Une image qui correspond à la moyenne de 100 images enregistrées avec un temps de pose très court et avec l'obturateur de l'instrument fermé s'appelle :

- 1) Un master-biais
- 2) Un master-dark
- 3) Un master-flat

Histoire - Jérôme LAMY (2 points)

1- Quels sont les principes énoncés par Platon qui ont guidé toutes les spéculations astronomiques de l'Antiquité jusqu'à Copernic ?

Platon exige de décomposer tous les mouvements astronomiques en mouvements circulaires et uniformes. Il exige qu'on "sauve les apparences" i.e. qu'on explique les phénomènes tels qu'ils nous apparaissent et non pas nécessairement tels qu'ils sont. Enfin, Platon veut que l'on passe par la géométrie davantage que par l'observation astronomique

2- En quoi les observations de Galilée ont constitué des arguments coperniciens ? Et pourquoi ces arguments contrevenaient aux dogmes catholiques ?

- les tâches solaires montrent que le monde supralunaire n'est pas immuable
- idem pour les reliefs de la Lune
- les satellites de Jupiter montrent que la Terre n'est pas la seule planète à avoir des satellites

Les arguments de Galilée sont nombreux en faveur d'un système héliocentrique

Ces arguments contreviennent au Livre de Josué qui stipule que Josué a fait arrêté la course du Soleil. Ce qui suppose un système géocentrique

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

Réservé aux parcours vidéo à distance : sujet compté dans la moyenne

- 1) 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 les AGN sans et avec une émission forte dans la bande radio.
- 2) Les jets émanant des trous noirs supermassifs consistent
 - a) d'atomes d'hydrogène neutre
 - b) de plasma relativiste
 - c) de neutrinos relativistes
 - d) de gaz moléculaire

3) La fréquence caractéristique d'une source d'ondes gravitationnelles de masse M est

- a) inversement proportionnelle à M
- b) indépendante de M
- c) proportionnelle à M
- d) proportionnelle à M^2

4) Pour déterminer le redshift d'un GRB, on utilise :

- A) La courbe de lumière de l'émission prompte du GRB
- B) Le spectre de l'émission prompte du GRB
- C) Le spectre de l'émission rémanente du GRB
- D) Le spectre de la galaxie hôte du GRB

Introduction à la Philosophie des sciences – Gauvain Leconte (1 points)

Supposons qu'une scientifique ait mis au point une nouvelle théorie T (par exemple, une nouvelle théorie de la gravitation). Elle déduit de sa théorie T la prédition d'un phénomène O jusqu'ici inconnu (par exemple, que l'on devrait observer une nouvelle planète autour du Soleil). Symboliquement, on note cette prédition : « $T \rightarrow O$ ». Que peut-on dire sur T et O ? (plusieurs réponses possibles)

- A. Que si le phénomène O est observé, cela prouvera par **induction** que la théorie T est vraie.
- B. Que si le phénomène O est observé, cela prouvera par **déduction** que la théorie T est vraie.
- C. Qu'il n'existe aucune **autre théorie** que T qui puisse prédire ou expliquer le phénomène O.
- D. Que si le phénomène O est observé, Karl Popper dirait que la théorie T est **corroboree**, c'est-à-dire qu'elle a passé avec succès un test qui aurait pu la réfuter.
- E. Que si le phénomène O est observé, Imre Lakatos dirait que la théorie T est un programme de recherche **progressif**.