

OBSERVATOIRE DE PARIS

DU ECU

Année 2020-2021

Examen du 12 juin 2021

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)

N'indiquer sur vos copies qu'une seule réponse par question, en n'indiquant que le numéro de la question et la lettre correspondant à votre réponse (ex : Q23-d).

Q1 : la figure suivante montre la découverte de l'atome de Césium en 1860 par Kirchhoff et Bunsen, à partir de l'analyse spectroscopique d'un échantillon d'eau minérale. LA signature spectrale du Césium correspond aux raies dénotées α et β . A quel type de rayonnement correspondent-elles ? [0.5 point]

- 1 a) Des raies en absorption
2 b) Des raies en émission
c) Des raies interdites
d) Des ray-ban®



Annales de Chimie et de Physique, 3^e Série, Tome LXIV (Mars 1862)

PL.IV.

Q2 : Indiquer la loi de Kirchhoff qui correspond à ce type de raies. [0.5 point]

- 1 a) Un gaz froid à basse pression
b) Un gaz froid à haute pression
2 c) Un gaz chauffé à basse pression
d) Un gaz chauffé à haute pression

Q3 : les longueurs d'onde de ces raies sont mesurées à $\lambda_\alpha=459\text{nm}$ et $\lambda_\beta=455\text{ nm}$. A quel domaine de longueur d'onde appartiennent ces raies ? [0.5 point]

- a) Le domaine ultra-violet
- b) Le domaine visible
- c) Le domaine infrarouge
- d) Le domaine radio

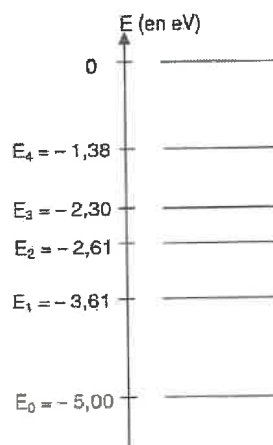
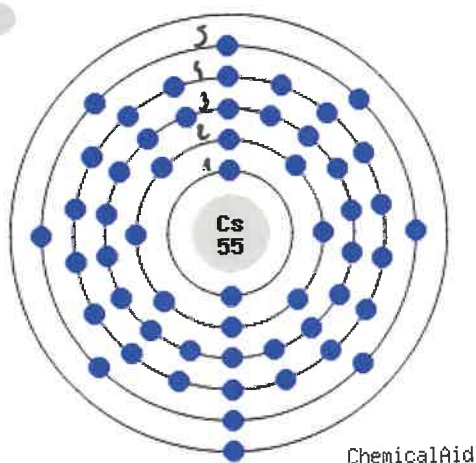
Q4 : On rappelle que l'énergie ΔE d'un photon émis dans une raie de longueur d'onde λ est $\Delta E=h.c/\lambda$ où h est la constante de Planck ($h=6.62 \times 10^{-34} \text{ J.s}^{-1}$) et $c=3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$. Quelle est l'énergie de transition ΔE pour la raie α (on rappelle que $1 \text{ eV}=1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$) ? [0.5 point]

- a) 0.02 eV
- b) 2.68 eV
- ☒ c) 2.70 eV
- d) 4.30 eV

$$\Delta E = \frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{6.62 \times 10^{-34} \cdot 3 \times 10^8}{459 \times 10^{-9}} = 4.32 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Q5 : On symbolise la répartition orbitale des électrons dans l'atome de Césium par le diagramme ci-dessous, à gauche (« modèle de Bohr »). Le diagramme (simplifié) de droite donne les niveaux d'énergies nécessaires aux électrons pour passer d'un état d'excitation à l'autre : E_0 correspond au niveau fondamental et E_5 au niveau d'énergie le plus excité (ionisation). Les énergies indiquées correspondent à l'énergie émise par un électron qui passe d'un état à l'autre. Lorsqu'un photon est émis dans la raie α , à quelle transition électronique cela correspond-il dans l'atome de Césium ? [0.5 point]

- a) $E_2 \rightarrow E_5$
- b) $E_5 \rightarrow E_3$
- ☒ c) $E_3 \rightarrow E_0$
- d) $E_0 \rightarrow E_3$



Q6 : On considère un atome de Césium qui reçoit un photon d'énergie 2.39 eV. Quel va être le résultat de l'interaction entre ce photon et l'atome de Césium ? [0.5 point]

- ☒ a) Une raie en absorption correspondant à une transition $E_0 \rightarrow E_2$
- b) Une raie en émission correspondant à une transition $E_2 \rightarrow E_0$
- c) Rien : le photon n'a pas une énergie permettant une interaction avec l'atome de Césium
- d) Il faut tenir compte du fait que le nuage de Tchernobyl contient du Césium, produit par la fission nucléaire de l'Uranium. Si cela se produisait massivement dans du Césium contenu dans l'atmosphère, cela créerait une « météorite de Césium » qui pourrait être détectée avec le réseau de caméras de surveillance CABERNET. Et J. Vaubaillon serait très content.

Astrométrie et mécanique céleste – Jérémie Vaubillon (3 points)

Coordonnées célestes

Vous préparez l'observation au télescope (depuis le sol terrestre) de Saturne et Jupiter pendant l'été 2021. On donne les coordonnées des 2 planètes :

Jupiter : RA=22h13, DEC=-12 deg

Saturne : RA=20h55, DEC=-18 deg

$$\alpha = \text{RA} - \text{RA}_{\text{M}} \\ \delta = \text{DEC} - \text{DEC}_{\text{M}}$$

Q1. Quelle planète vaut-il mieux observer en premier ? (une seule réponse possible)

- 1- Jupiter car c'est la plus brillante (étant plus grosse et plus proche de la Terre)
- 2- On ne peut répondre à la question : la réponse dépend du lieu d'observation, non spécifié dans l'énoncé.
- 3- Jupiter car c'est la première à passer au méridien
- 4- 4- Saturne car c'est la première à passer au méridien
- 5 Jupiter car c'est la dernière à passer au méridien
- 6- Saturne car c'est la dernière à passer au méridien
- 7- Aucune préférence car les 2 astres se lèvent peu de temps après le coucher du Soleil

Mécanique Céleste

Le 25 janvier 2021 l'Agence Spatiale Européenne annonçait la découverte (par le satellite Cheops, dans le système TOI-178) de 6 exo-planètes dont 5 sont en résonance orbitale (également dite de moyen mouvement).

Q2. Qu'est-ce qu'une résonance orbitale (de moyen mouvement) ?

- 1- Une rotation synchrone des planètes entre elles
- 2- Une révolution synchrone des planètes entre elles
- 3- Un son particulier émis par toutes les planètes à la même fréquence
- 4- Une répétition régulière des configurations orbitales (position-vitesse)
- 5- Aucune de ces propositions
- 6- Toutes ces propositions

Astrométrie et phénomènes

Alors qu'on parle de collision possible entre la Terre et l'astéroïde Apophis depuis 2004, l'Agence Spatiale Européenne (ESA) a annoncé avec certitude en mars 2021 qu'il n'y aurait pas d'impact pour au moins les 100 ans à venir. Comment l'ESA peut en être aussi certaine ?

Q3. À partir de vos connaissances du DU-ECU (uniquement), Choisissez la/les réponse(s) correcte(s).

- 1- L'orbite d'Apophis a été perturbée par la planète Jupiter, ce qui l'a éloigné de la Terre
- 2- Les nouvelles observations prises à différents instants permettent de diminuer l'incertitude d'une orbite d'astéroïde
- 3- Les nouveaux modèles de dynamique du Système Solaire permettent de diminuer l'incertitude d'une orbite d'astéroïde
- 4- Le nouveau catalogue fourni par GAIA (appelé "DR3" et publié en décembre 2020) permet d'améliorer les mesures astrométriques et donc de diminuer l'incertitude d'une orbite d'astéroïde
- 5- Les astéroïdes ne peuvent percuter la Terre

Météores et temps

7/12

On rappelle que l'heure d'été en France métropolitaine en été (d'avril à octobre) est de 2h en avance sur le temps universel (TU+2).

Vous préparez l'observation de la pluie des eta-Aquariides (issue de la comète de Halley) début mai en France métropolitaine. On donne :

Vitesse d'entrée : 66 km/s

— Coordonnées du radiant : $\alpha=338^\circ$; $\delta=-1^\circ$

Lever du radiant : 1:30 TU

1h30 →

Indice de population : 2.4

ZHR au maximum (estimé) : 50 /h

Date et heure du maximum (estimé) : 6 mai à 3h TU

Heure locale de culmination du radiant : 8h

Début de l'aube (astronomique) : 2:30 TU

Fin du crépuscule (astronomique) : 20:40 TU

Q4. À quelle heure locale les météores de l'essaim des eta-Aquariides commencent à être visible ?

A- 23h30

B- 1h30

C- 3h00

☒ D- 3h30

Q5. À quelle heure locale verrez-vous un maximum de météore ?

A- 2h30

B- 3h00

C- 3h30

☒ D- 5h00

E- 4h30

F- 6h00

G- 6h30

H- 8h00

I- 10h00

Soleil - Ludwig Klein (1 point)

Répondez en quelques mots aux questions suivantes:

a) Qu'est-ce qu'une tache solaire ?

b) Quel processus physique détermine les structures de la couronne solaire, telles les boucles, les grands jets et les protubérances ?

c) Pourquoi l'espace interplanétaire n'est-il pas vide ?

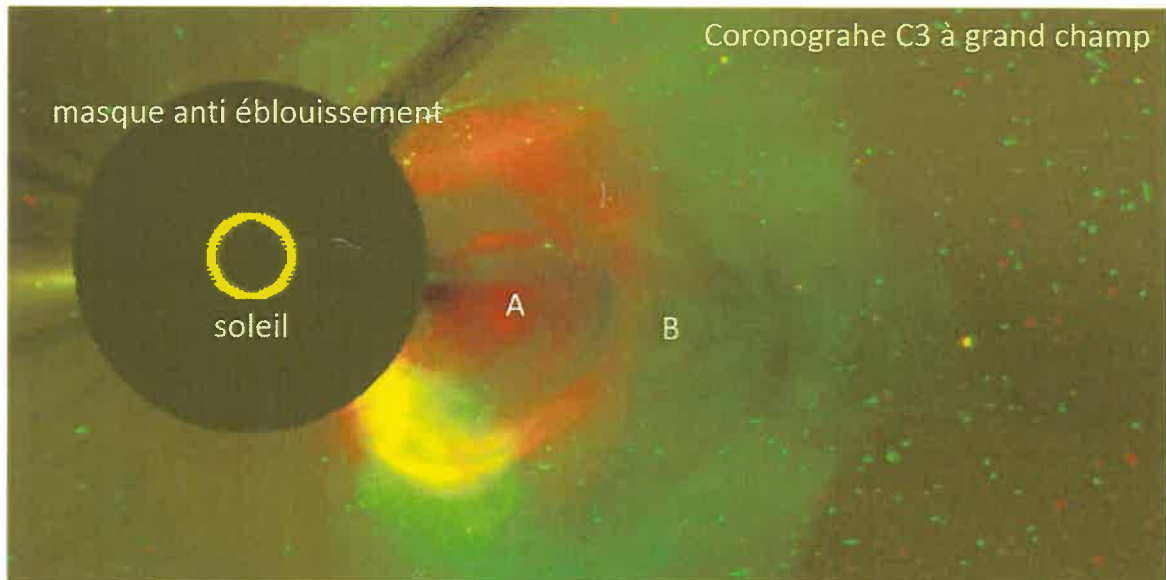
d) Qu'entend-on par transport convectif de l'énergie du Soleil et par quel phénomène observable se révèle-t'il ?

e) Qu'entend-on par "cycle de l'activité solaire" ?

f) Comment un sursaut solaire en rayons EUV et X peut-il affecter l'atmosphère de la Terre ?

Soleil - Jean-Marie Malherbe (1 point)

Le 10 Septembre 2017, la dernière éruption remarquable du cycle solaire 24 a été observée par le coronographe à grand champ C3 embarqué par l'observatoire spatial SOHO situé au point de Lagrange L1. Pour suivre la progression d'une éjection de matière, on a superposé deux images distantes de $\Delta t = 24$ minutes de temps, la première est codée en rouge et la seconde en vert. Les points A et B représentent la progression de l'éjection en 24 minutes.



Une réponse exacte par question :

Q1: Quelle est la distance AB (appréciée à **vue d'oeil**) entre les points A et B, sachant que le diamètre du Soleil est de 1 400 000 km ?

- A- AB = 1 diamètre = 1 400 000 km
- ☒ B- AB = 2 diamètres = 2 800 000 km
- C- AB = 3 diamètres = 4 200 000 km

Q2: Quel intervalle de temps Δt y a-t-il entre les deux images en secondes ?

- A- $\Delta t = 720$ s
- ☒ B- $\Delta t = 1440$ s
- C- $\Delta t = 2160$ s

$$v = \frac{d}{\Delta t} \quad v = \frac{2800}{24} = 1160$$

Q3: Quelle est la vitesse approximative de l'éjection $V = AB/\Delta t$ en km/s ?

- A- $V = 800$ km/s
- ☒ B- $V = 2000$ km/s
- C- $V = 3500$ km/s

Q4: La vitesse de libération du Soleil est de 600 km/s, c'est à dire que toute particule s'éloignant du Soleil à une vitesse supérieure échappe à son attraction. L'éjection:

- A- retombera sur le Soleil
- ☒ B- se répandra dans le milieu interplanétaire

Etoiles et milieu interstellaire - Éric Michel (3 points)

Ex.1 : Structure et évolution des étoiles :

Procyon est une étoile double composée de Procyon_A, une sous-géante de $\sim 1.4 M_{\text{sol}}$ (qui vient juste de sortir de la phase de séquence principale) et Procyon_B, une naine blanche de $\sim 0.6 M_{\text{sol}}$.

a) Décrivez schématiquement la structure de Procyon_A (zones convectives, zones radiatives, région où ont lieu des réactions de fusion nucléaires en précisant quel élément est fusionné)

b) A supposer que les deux étoiles composant la binaire soient nées simultanément et aient évolué sans être influencées l'une par l'autre, pouvez-vous déduire des caractéristiques données précédemment, des contraintes sur la masse initiale M_{Bini} de Procyon_B (la masse qu'elle avait sur la ZAMS) ?

c) La distance au soleil de Procyon est estimée à 3.5 pc, grâce aux mesures de parallaxe faites avec Hipparcos. Pouvez-vous donner une estimation de cette parallaxe π mesurée avec Hipparcos ?

$$\pi = \frac{1}{3.5} = 0.28''$$

d) Dans l'expression : $m_V - M_V = 5 \log(d) - 5$, où m_V représente 'la magnitude apparente dans le filtre V', et d la distance (en pc), pouvez-vous expliquer ce que représente la grandeur M_V ? Quand a-t-on $M_V = m_V$?

e) Pour Procyon, on mesure $m_{V,A} = 0.37$ et $m_{V,B} = 10.75$. Procyon_B est-elle visible à l'œil nu ?

f) L'écart de magnitude entre Procyon_A et Procyon_B est supérieur à 10 magnitudes. Qu'en déduisez-vous concernant le rapport d'intensité lumineuse $I_{V,A}/I_{V,B}$ mesuré dans le filtre V ?

g) Donnez une estimation de $M_{V,A}$ et $M_{V,B}$

Ex.2 : chimie du milieu interstellaire :

L'interaction de deux atomes $H+H$ donne une molécule H_2^* dans un état dit excité, c'est-à-dire instable, de durée de vie très courte, qui doit (rapidement) évacuer de l'énergie pour 'redescendre' dans un état stable, sinon, elle se dissocie à nouveau ($H_2^* \rightarrow H_2 + \text{Energie à évacuer}$).

Dans le milieu interstellaire, on trouve couramment l'hydrogène sous forme monoatomique neutre (H) mais aussi, dans certaines régions, sous la forme moléculaire (H_2).

a) Pourriez-vous donner un exemple d'observation qui signale la présence de l'hydrogène atomique H dans le MIS ?

b) Dans le MIS, pour expliquer la synthèse de H_2 à partir de deux atomes d'hydrogène, on est obligé de faire intervenir un troisième élément. Lequel et quel est son rôle ?

c) Dans l'atmosphère terrestre, la situation est en quelque sorte inverse, puisqu'on trouve essentiellement l'hydrogène sous sa forme moléculaire H_2 et non atomique H. Pouvez-vous expliquer pourquoi ?

Planétologie comparée - Alain Doressoundiram (3 points)

Q1 : Planet or not planet ? (max ¼ page)

Prague, 24 août 2006, la 26^e assemblée générale de l'Union Astronomique Internationale vient de voter une nouvelle définition au mot « planète ». Quelle est-elle?

Q2 : Une question d'albédo

Indiquez la ou les propositions correctes :

- ☒ A. Plus la magnitude d'un corps céleste est grande, plus il est lumineux
- ☒ B. Plus l'albédo d'un corps est élevé, plus il absorbe la lumière, et donc, moins il réfléchit de lumière.
- ☐ C. Pour une taille donnée, plus l'albédo de l'objet est grand, plus sa magnitude est petite.
- ☐ D. Pour une magnitude donnée, plus l'albédo de l'objet est grand, et plus son diamètre est petit.
- ☒ E. Une surface planétaire à faible albédo aura une température plus élevée que la même surface à fort albédo

Q3 : Planète géante (max ¼ page)

Donnez en quelques lignes les caractéristiques propres aux planètes géantes. Citez une mission spatiale qui a permis de les explorer

10.10'

Galaxies – Wim van Driel (3 points)

1) Quelle(s) différence(s) y-a-t-il entre une galaxie de type elliptique, une lenticulaire, une Sa et une SBc (on pourra faire un petit schéma représentant chaque type) – ceci en termes de morphologie, contenu stellaire, et cinématique ?

2) a. Dans le spectre du noyau d'une galaxie, 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 nm, est de 678,16 nm. Quel est le décalage spectral de la galaxie ? Quelle est sa vitesse d'éloignement ? A quelle distance se trouve cette galaxie ? On prendra la constante de Hubble égale à 75 km s⁻¹ Mpc⁻¹.

X

b. La largeur $\Delta\lambda$ de la raie est de 2,2 nm. Est-ce que c'est une galaxie à noyau actif ?

3) A l'intérieur d'un amas de galaxies, comment sont distribués les galaxies en fonction de la distance au centre de l'amas en termes de leur morphologie et de leur masse ? Quelle(s) explication(s) peut-on donner à ces répartitions ?

Cosmologie – Andrea Cattaneo (3 points)

1) Laquelle de ces trois affirmations est correcte ?

- a) Notre Univers est plat et suit le modèle de Einstein-de Sitter.
- b) Notre Univers est en expansion, mais le taux d'expansion est toujours constant (modèle de Sitter).
- ☒ c) L'Univers primordial était très bien décrit par le modèle de Einstein-de Sitter. L'Univers actuel est en transition vers une configuration qui ressemble toujours plus à l'Univers de de Sitter.

2) Laquelle de ces trois affirmations est correcte ?

- a) Les atomes de la plupart des éléments chimiques (carbone, azote, oxygène) se sont formés quelque minute après le Big Bang.
- b) Les atomes de la plupart des éléments chimiques (carbone, azote, oxygène) se sont formés dans les étoiles.
- c) Les atomes de la plupart des éléments chimiques (carbone, azote, oxygène) se sont formés quelque seconde après le Big Bang

3) Les trous noirs influencent l'évolution des galaxies parce que :

- a) ils absorbent le gaz qui aurait pu autrement former des étoiles
- b) les jets radios souvent associés à leur croissance empêchent le refroidissement du gaz chaud dans le milieu intra-amas
- c) le rayonnement de Hawking empêche le refroidissement du milieu circumgalactique.

Traitements de données – Pierre Baudoz (2 points)

On a observé une nébuleuse diffuse avec une caméra CCD. On dispose de :

- A) Une image I_A enregistrée avec un temps de pose très court et avec l'obturateur de l'instrument fermé. *effet*
- B) Une image moyenne I_B qui correspond à la moyenne de 100 images I_A enregistrées à la suite des observations. *Master, effet*
- C) Une image I_C enregistrée avec une source uniforme placée à l'entrée de l'instrument et à laquelle on a déjà retiré le master-biais *Flat*
- D) Une image I_D non traitée de l'objet astronomique.
- E) Une image traitée I_E de l'objet astronomique

Q1 : À quelle donnée correspond le master-biais :

- 1) I_A
- 2) I_B *$I = I_D - I_B$*
- 3) I_C
- 4) I_D
- 5) I_E
- 6) Aucune

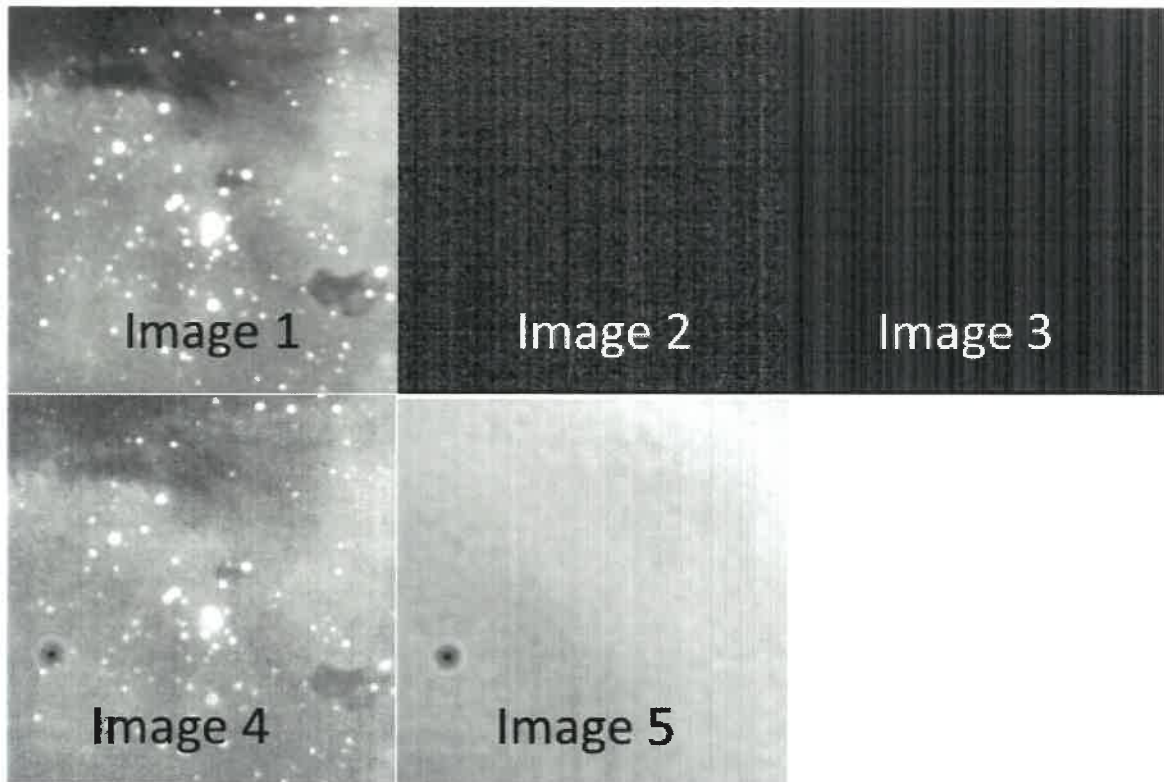
Q2 : À quelle donnée correspond le Master-Flat :

- 1) I_A
- 2) I_B
- 3) I_C
- 4) I_D
- 5) I_E
- 6) Aucune

Q3 : Quelle équation va-t-on utiliser pour soustraire les effets de la CCD des données brutes de I_D :

- 1) $I_E = (I_D - I_C) / (I_C - I_B)$
- 2) $I_E = (I_D - I_B) \times (I_C - I_B)$
- 3) $I_E = (I_D - I_B) / I_C$
- 4) $I_E = (I_D - I_A) / (I_C - I_A)$
- 5) $I_E = (I_D - I_A) / I_C$

Les images ci-dessous correspondent à I_A, I_B, I_C, I_D, I_E mais dans le désordre.



Q4 : A quelle image correspond le master-biais:

- 1) Image 1
- 2) Image 2
- 3) Image 3
- 4) Image 4
- 5) Image 5

Q5 : A quelle image correspond le master-flat:

- 1) Image 1
- 2) Image 2
- 3) Image 3
- 4) Image 4
- 5) Image 5

Q6 : A quelle image correspond l'image astronomique traitée :

- 1) Image 1
- 2) Image 2
- 3) Image 3
- 4) Image 4
- 5) Image 5

$$\frac{5}{\sqrt{100}} \frac{1}{10}$$

Q7 : Par rapport à une seule image, lorsqu'on calcule la moyenne de 100 images, on augmente le rapport signal à bruit :

- 1) D'un facteur 100
- 2) D'un facteur 10

- 3) D'un facteur 2
- 4) Non, on diminue le rapport signal à bruit

Histoire - Jérôme LAMY (2 points)

- 1- Citer et expliquer les deux innovations astronomiques attribuées à Apollonios de Perga.
- 2- Expliquer la démonstration de Galilée concernant les taches solaires.

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

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

1- Les ondes gravitationnelles se propagent

- a) à la vitesse du son.
- ☒ b) à la vitesse de la lumière.
- c) à une vitesse supérieure à celle de la lumière.

2- 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.

3- La forme géométriques des disques d'accrétion est due

- a) à la conservation de l'énergie pendant l'accrétion
- b) au champ magnétique
- ☒ c) au spin du trou noir
- d) à la conservation du moment cinétique pendant l'accrétion

4- Comment s'appelle la future mission spatiale sino-française pour la détection des sursauts gamma :

- a) SVOM
- ☒ b) BeppoSAX
- c) Swift
- d) COMPTON

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

- A. On peut prouver qu'une hypothèse théorique est vraie si toutes ses conséquences sont vraies.
- B. On peut prouver qu'une hypothèse théorique est fausse si une seule de ses conséquences est fausse.
- ☒ C. Toute donnée d'observation peut être expliquée par plusieurs hypothèses théoriques différentes.
- D. On peut être certain qu'une hypothèse théorique est vraie si elle est induite à partir d'observations.
- ☒ E. On peut trancher de manière nette et objective entre deux hypothèses théoriques empiriquement équivalentes en regardant laquelle est la plus simple.

O
N
D
E
T