

**MATURITA DES SECTIONS BILINGUES  
FRANCO-TCHÈQUES**

**EXAMEN DE MATURITA BLANCHE BILINGUE**

Année scolaire 2023/2024

Session de mars

**ÉPREUVE DE PHYSIQUE**

Durée : 3h

Le sujet est constitué de quatre exercices indépendants de même importance. Les candidats peuvent donc les résoudre dans l'ordre qui leur convient, en rappelant le numéro de l'exercice et des questions qui s'y rapportent. Si au cours de l'épreuve un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale dans sa copie et poursuit sa composition en indiquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre pour cela. Les correcteurs tiendront compte des qualités de soin, de rédaction et de présentation. L'utilisation des calculatrices est autorisée dans les conditions prévues par la réglementation.

**La page de l'annexe (la page 7 ) est à renuméroter et à rendre avec la copie.**

Chaque page  $x$  de la copie sera numérotée en bas et à droite «  $x/n$  »,  $n$  étant le nombre total de pages.

**Plan du sujet :**

- |   |   |
|---|---|
| 1. Questions de cours.....                | Circuits électriques  |
| 2. Exercice à caractère expérimental..... | Optique géométrique   |
| 3. Problème.....                          | Mouvement d'une particule chargée dans un champ                     |
| 4. Étude de documents.....                | Le télescope James Webb, aux premières lueurs<br>de l'aube cosmique |

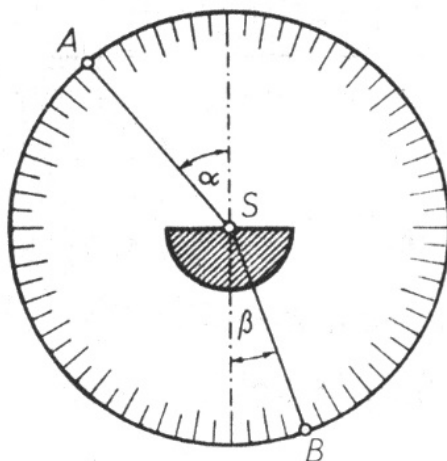
## Questions de cours: Circuits électriques

1. Définir chacune des grandeurs électriques suivantes par une phrase, une formule et les unités correspondantes:
  - (a) l'intensité du courant,
  - (b) la tension,
  - (c) la résistance.
2. Faire un schéma d'un circuit série constitué d'un générateur continu, d'un interrupteur fermé, d'un conducteur ohmique et d'une lampe. Ajouter dans le schéma les appareils qui permettent de mesurer l'intensité du courant et la tension sur la lampe. Indiquer le sens conventionnel du courant et le sens du mouvement des électrons.
3. Un circuit parallèle est constitué d'un générateur idéal de  $6,0\text{ V}$  et de résistors de  $60\ \Omega$  et de  $15\ \Omega$ . Déterminer l'intensité du courant débité par le générateur.
4. Un accumulateur a une tension électromotrice de  $6,0\text{ V}$  et une résistance interne de  $0,30\ \Omega$ .
  - (a) Expliquer la différence entre un accumulateur et une pile.
  - (b) Qu'est-ce que la tension électromotrice?
  - (c) Déterminer la tension aux bornes de l'accumulateur lorsqu'il est parcouru par un courant de  $2,0\text{ A}$ .
  - (d) Quel est le courant maximal que ce générateur peut théoriquement produire en court-circuit?
5. Un moteur électrique est alimenté sous une tension alternative de  $230\text{ V}$ . Il consomme une puissance électrique de  $1500\text{ W}$ .
  - (a) Expliquer en quoi diffère la tension alternative d'une tension continue.
  - (b) Quel est le coût de l'énergie électrique consommée par le moteur au bout de  $20\text{ min}$ ? On suppose que le prix de l'énergie électrique est fixé à  $6,0\text{ CZK}$  par  $1,0\text{ kW}\cdot\text{h}$ .
  - (c) Déterminer l'énergie mécanique fournie par le moteur pendant  $20\text{ minutes}$  si son rendement est de  $80\ \%$ ?

## Exercice à caractère expérimental: Optique géométrique

On étudie la réfraction de la lumière en mesurant l'angle d'incidence et l'angle de réfraction pour déterminer l'indice de réfraction d'un demi-cylindre.

**Donnée:** indice de l'air  $n_{\text{air}} = 1,000$



1. Formuler les deux lois de réfraction de Descartes-Snell. En déduire la formule pour déterminer l'indice  $n$  du prisme.
2. Expliquer pourquoi on utilise un demi-cylindre et pas un prisme triangulaire.
3. Les valeurs mesurées sont données dans le tableau ci-dessous. En utilisant ces valeurs, compléter le tableau de l'annexe (page 7).

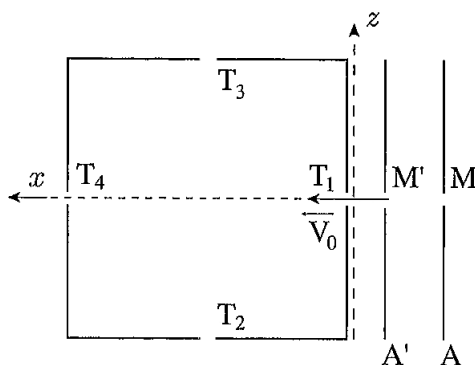
$\alpha$ (°)	6	20	37	50	60
$\beta$ (°)	4	13	24	31	36

4. Calculer la moyenne arithmétique de l'indice  $\bar{n}$ .
5. Calculer l'écart-type expérimental  $s_{\text{exp}}$  de cette série de  $N=5$  mesures. Utiliser la formule:  

$$s_{\text{exp}}(n) = \sqrt{\frac{\sum(\Delta n)^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{\sum(\Delta n)^2}{4}}$$
où  $\sum(\Delta n)^2$  est la somme des écarts (entre  $n$  et  $\bar{n}$ ) élevés au carré.
6. Puis préciser l'incertitude-type  $u(n) = \frac{s_{\text{exp}}(n)}{\sqrt{N}} = \frac{s_{\text{exp}}(n)}{\sqrt{5}}$  et représenter la valeur mesurée de l'indice du demi-cylindre sous la forme  $\bar{n} \pm u(n)$ .
7. En utilisant la loi de réfraction, exprimer  $\sin \alpha$  en fonction de  $\sin \beta$ . D'après les valeurs dans le tableau complété, tracer la courbe de  $\sin \alpha$  en fonction de  $\sin \beta$  ( $\sin \alpha = f(\sin \beta)$ ) sur le papier millimétré. Préciser l'échelle choisie.
8. Comment peut-on trouver l'indice de réfraction du demi-cylindre à partir de ce graphique?

## Problème: Mouvement d'une particule chargée dans un champ

On considère le dispositif représenté sur la figure ci-dessous. L'ensemble du dispositif est sous vide. Un faisceau de protons, émis par un trou M dans la plaque A, est accéléré par la différence de potentiel entre les plaques A et A'. Les protons traversent le trou M' avec une vitesse  $v_0 = 100 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ . Les protons pénètrent ensuite dans une enceinte carrée de côté  $a = 20,0 \text{ cm}$ . Cette enceinte comporte quatre trous T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> et T<sub>4</sub> au milieu de chacun de ses côtés. Il y règne un champ magnétique uniforme  $\vec{B}$  perpendiculaire au plan de la figure.



**Données:** la charge d'un proton  $q = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ , la masse d'un proton  $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .

### Partie I

1. Quelle est le signe de la tension  $U_{AA'}$ ?
2. Quelle est en joule l'énergie d'un proton en point M'? Et en électron-volt?

### Partie II

Les protons décrivent un quart de cercle et sortent par l'ouverture T<sub>2</sub>.

1. Donner l'expression de la force qui s'exerce sur un proton de vitesse  $\vec{v}_0$  dans le champ magnétique  $\vec{B}$ .
2. Quel est le sens de  $\vec{B}$ ?
3. Donner l'expression de la valeur de l'intensité  $B$  du champ magnétique en fonction de  $v_0$ ,  $q$ ,  $a$  et  $m_p$ . Effectuer l'application numérique.

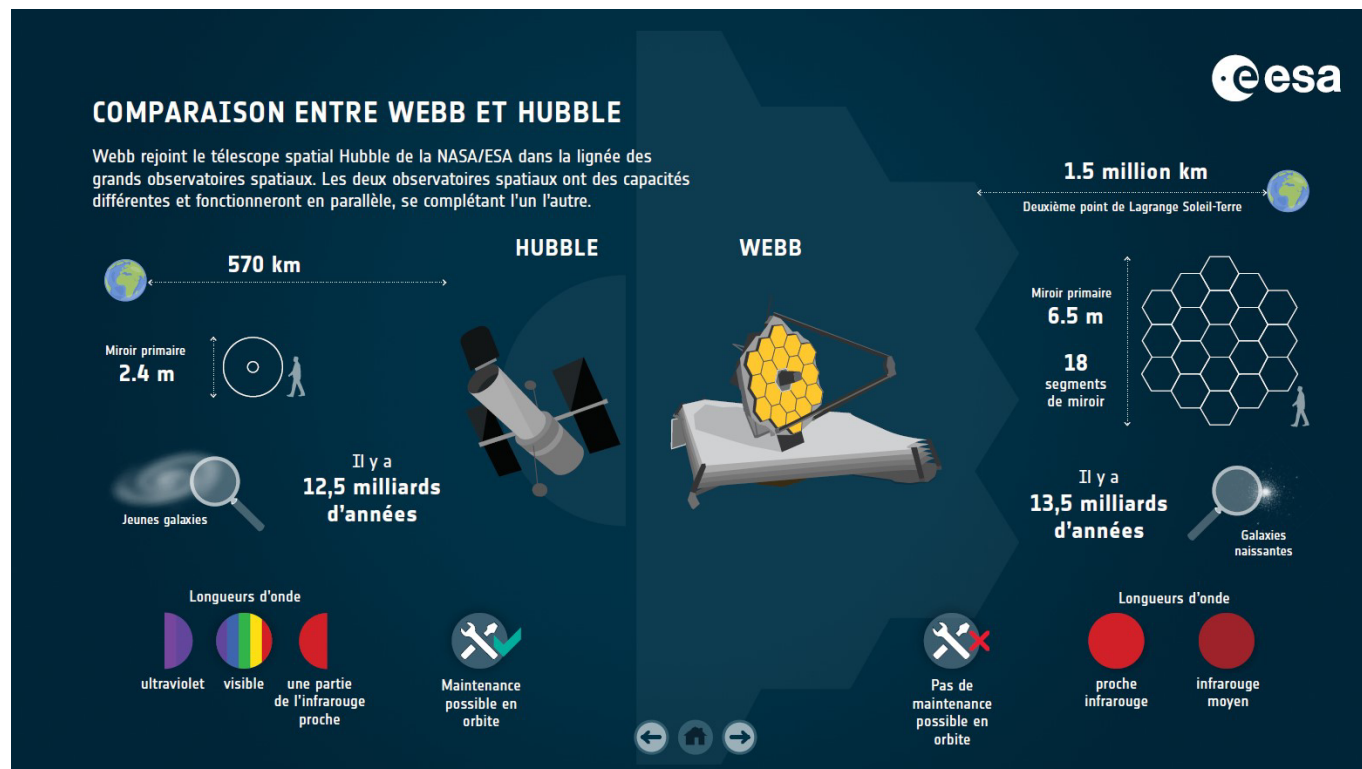
### Partie III

On supprime le champ magnétique précédent et on applique à présent un champ électrique uniforme  $\vec{E}$  vertical, de manière à ce que les protons sortent par le trou T<sub>3</sub>.

1. Déterminer les équations horaires des protons dans l'enceinte carrée.
2. En déduire l'équation de la trajectoire de ces protons. Quelle est la nature de la trajectoire?
3. Donner l'expression de l'intensité du champ électrique en fonction de  $v_0$ ,  $q$ ,  $a$  et  $m_p$ . Effectuer l'application numérique.

## Etude de documents: Le télescope James Webb, aux premières lueurs de l'aube cosmique

Le télescope spatial James Webb (JWST) va lever un peu plus le voile sur les premières lueurs de l'aube cosmique, quand sont apparues les premières étoiles et galaxies à peupler l'Univers. Il va prendre le relais de Hubble, qui observe l'espace essentiellement dans le domaine de la lumière visible, en s'aventurant lui dans une longueur d'onde qui échappe à l'œil : l'infra-rouge moyen.

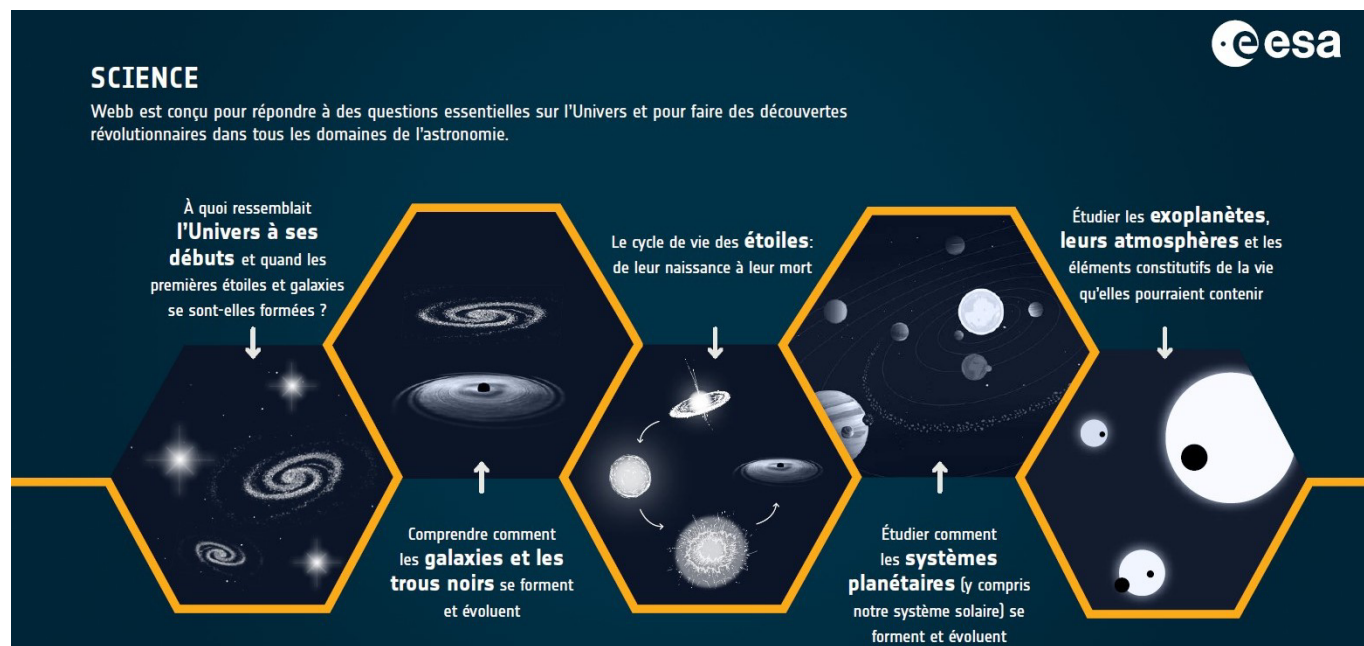


**Fig. 1** Comparaison entre le télescope Hubble et le télescope Webb.

En astronomie, plus on voit loin, plus on voit il y a longtemps. Là où les particules de lumière du Soleil mettent huit minutes pour parvenir à un œil terrestre, la coupole du James Webb ambitionne de capter la lumière des premières galaxies il y a plus de 13,4 milliards d'années. Celles apparues dans l'Univers jeune, moins de 400 millions d'années après le Big Bang. Mais avec l'expansion, cette lumière parcourt toujours plus de chemin pour atteindre l'observateur, et ce faisant elle « rougit ». Comme le bruit d'un objet qui s'éloigne s'assourdit, l'onde lumineuse s'étire et passe de la fréquence visible à l'œil nu, à celle de l'infrarouge.

Grâce à sa capacité dans l'infrarouge, James Webb verra non seulement des objets plus anciens, mais aussi les nuages de poussière interstellaire qui absorbent la lumière des étoiles et les cachent au regard de Hubble. Cette "lumière invisible permet de voir ce qui se cache dans les nuages, la naissance des étoiles et des galaxies", explique David Elbaz, astrophysicien au Commissariat à l'énergie atomique.

Le Commissariat à l'énergie atomique français (CEA) est maître d'œuvre de l'imageur Mirim, qui couplé avec le spectrographe MRS de la NASA va étudier ces structures dans l'infrarouge-moyen, et pourra aussi "voir la signature des atomes dans les galaxies lointaines", ajoute M. Elbaz. [...] Peu de temps après le flash du Big Bang, l'Univers est entré dans un "âge sombre", un bain de gaz neutre essentiellement composé d'hydrogène et d'hélium, sans lumière. La théorie veut que ce gaz se soit condensé dans des "puits" de matière noire (une mystérieuse substance indétectable, dont l'existence est simplement théorisée) pour y faire naître les premières étoiles. Ces étoiles, qui se multiplieront par un effet de boule de neige, vont commencer à ioniser, c'est-à-dire charger électriquement, le gaz neutre de l'Univers. Un processus appelé "réionisation", qui va sortir l'Univers de son opacité pour le rendre "transparent". [...]



**Fig. 2** Les observations prévues.

"La théorie est que toutes les petites galaxies vont réioniser l'Univers, parce qu'elles sont très nombreuses, et ce qu'on va vérifier avec le James Webb, c'est de voir s'il en existe suffisamment pour cela", explique la professeure Combes. Personne n'imagine pour autant observer les premières étoiles. Baptisées étoiles de "population III", ces géantes de peut-être 100 à 1000 masses solaires, aux températures phénoménales et à la brève durée de vie, vont commencer à ioniser le gaz neutre de l'Univers. Étudier ce phénomène, c'est étudier la formation des galaxies. [...]

Sources: [https://www.sciencesetavenir.fr/sciences/le-telescope-james-webb-aux-premieres-lueurs-de-l-aube-cosmique\\_159780](https://www.sciencesetavenir.fr/sciences/le-telescope-james-webb-aux-premieres-lueurs-de-l-aube-cosmique_159780) ; publié le 9/12/2021, Graphiques: <https://www.esa.int/>

### Questions

1. Comparer les caractéristiques du télescope Hubble et du télescope Webb. Relever trois différences.
2. Dans le texte on trouve la phrase : « En astronomie, plus on voit loin, plus on voit il y a longtemps. ». Expliquer clairement cette phrase.
3. Pouvons-nous estimer l'âge de l'Univers d'après les informations données dans le texte? Si oui, donner cet âge.
4. Quelle est la cause du fait que la lumière se décale vers l'infrarouge?
5. Le télescope James Webb est destiné à l'étude entre autres de la formation et de l'évolution des étoiles et des galaxies. Donner un autre système astrophysique qui sera disponible à l'étude.
6. Décrire brièvement comment la lumière est apparue dans l'Univers.
7. Est-ce que le télescope de James Webb nous permettra de voir la création de premières étoiles ?
8. Trouver la contradiction concernant la physique dans la dernière phrase du deuxième paragraphe du texte: "Comme le bruit d'un objet qui s'éloigne s'assourdit, l'onde lumineuse s'étire et passe de la fréquence visible à l'œil nu, à celle de l'infrarouge."

ANNEXEFeuille de réponse à rendre avec la copie

Škola  
Jméno  
Třída

Exercice à caractère expérimental: Optique géométrique

$\alpha$ (°)	$\beta$ (°)	$\sin \alpha$	$\sin \beta$	$n$	$(\Delta n)^2$
6	4				
20	13				
37	24				
50	31				
60	36				
			$\Sigma$		