

*N.B. : le candidat attachera la plus grande importance à la clarté, à la précision et à la concision de la rédaction. Si un candidat est amené à repérer ce qui peut lui sembler être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et devra poursuivre sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.*

x Utiliser uniquement un stylo noir ou bleu foncé non effaçable pour la rédaction de votre composition ; d'autres couleurs, excepté le vert, bleu clair ou turquoise peuvent être utilisées, mais exclusivement pour les schémas et la mise en évidence des résultats.

x Ne pas utiliser de correcteur.

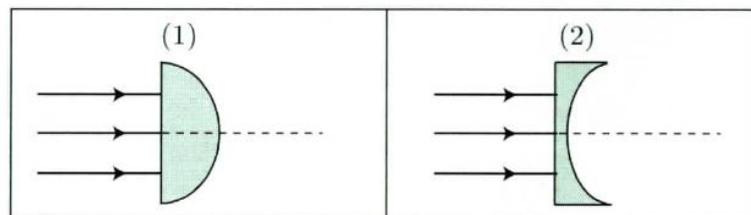
x Ecrire le mot FIN à la fin de votre composition

- Les résultats numériques exprimés sans unité ou avec une unité fautive ne seront pas comptabilisés.
- Les explications qualitatives des phénomènes interviennent dans la notation au même titre que les calculs.
- Tout résultat fourni dans l'énoncé peut être admis et utilisé par la suite, même s'il n'a pas été démontré par le candidat ou la candidate.
- La **présentation**, la lisibilité, l'orthographe, la qualité de la **rédaction, la clarté et la précision** des raisonnements entreront pour une **part importante** dans l'**appréciation des copies**. En particulier, les résultats non justifiés ne seront pas pris en compte. Les candidats sont invités à encadrer les résultats de leurs calculs.

### **Pb n°1 : PARTIE I (et un peu VI) de e3a PSI 2024 ; FORT BOYARD**

Avant de se lancer à l'assaut du Fort, les candidats l'observent depuis l'Île d'Aix à l'aide de jumelles, sommairement modélisées par une paire de lunettes de Galilée. Chaque lunette comprend deux lentilles, l'une plan convexe, l'autre plan concave.

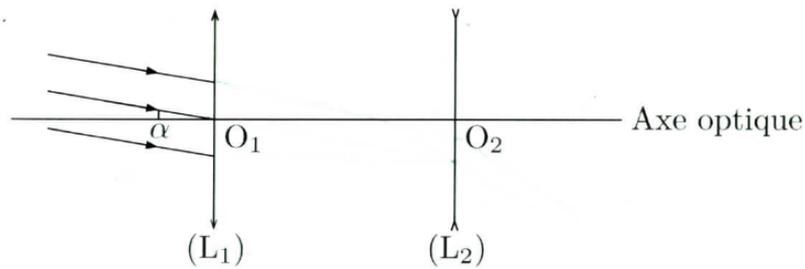
- Q1.** Rappeler les lois de Snell-Descartes relatives à la réfraction, au moyen d'un schéma faisant apparaître les grandeurs utiles.
- Q2.** La figure 2 représente les lentilles plan convexe et plan concave, taillées dans un verre d'indice optique  $n > 1$  et plongées dans l'air d'indice optique  $n_{\text{air}} = 1$ . Recopier la figure et tracer qualitativement le suivi des rayons au travers du dioptré air/verre, puis du dioptré verre/air. Bien qu'aucun calcul ne soit attendu, détailler la démarche adoptée en utilisant la réponse à la **question Q1**.



**Figure 2** – Lentilles plan convexe (1) et plan concave (2)

- Q3.** En déduire la nature, convergente ou divergente, de chaque lentille.

Dans la suite, les lentilles sont supposées minces et utilisées dans les conditions de Gauss. Chaque lunette de Galilée est composée d'une lentille ( $L_1$ ) de distance focale  $f'_1 > 0$  constituant l'objectif de la lunette, et d'une lentille ( $L_2$ ) de distance focale  $f'_2 < 0$ , telle que  $|f'_2| < f'_1$ , constituant l'oculaire (voir figure 3). On note respectivement  $O_1$ ,  $F_1$  et  $F'_1$  le centre optique, le foyer principal objet et le foyer principal image de l'objectif. De même, on note respectivement  $O_2$ ,  $F_2$  et  $F'_2$  le centre optique, le foyer principal objet et le foyer principal image de l'oculaire.



**Figure 3** – Schéma optique de la lunette de Galilée

La lunette est réglée de façon à donner une image à l'infini d'un objet à l'infini, ce qui permet à l'observateur d'éviter toute fatigue. Dans ces conditions, la lunette est dite afocale.

- Q4.** Préciser et justifier la position relative des foyers des lentilles. En déduire l'encombrement  $\ell = O_1O_2$  en fonction de  $f'_1$  et de  $|f'_2|$ .
- Q5.** Recopier le schéma de la figure 3 et poursuivre le tracé des rayons incidents parallèles faisant un angle  $\alpha$  avec l'axe optique et émergeant sous un angle  $\alpha'$  avec l'axe optique.
- Q6.** L'image du Fort à travers les jumelles apparaît-elle droite ou renversée par rapport au Fort observé à l'œil nu ? Justifier.
- Q7.** En se plaçant dans les conditions de Gauss, les angles  $\alpha$  et  $\alpha'$  sont petits ; déterminer l'expression du grossissement de la lunette  $G = \alpha'/\alpha$  en fonction de  $f'_1$  et de  $|f'_2|$ .
- Q8.** Compte tenu des valeurs de grossissement et d'encombrement précisées en fin de partie, calculer la valeur des distances focales  $f'_1$  et  $f'_2$ .

On observe le Fort, de hauteur  $h$ , depuis l'Île d'Aix située à une distance  $d$ .

- Q9.** Sous quel angle le Fort est-il observé à l'œil nu ? Sous quel angle est-il observé à travers les jumelles ? Vérifier la validité des conditions de Gauss.

#### Données pour la partie I

Hauteur du Fort Boyard :  $h = 20$  m

Distance Île d'Aix-Fort Boyard :  $d = 3,0$  km

Caractéristiques de la lunette de Galilée :

- grossissement :  $G = 20$
- encombrement :  $\ell = 25$  cm

## Partie VI – Composition chimique du gong



**Figure 14** – Gong

Le gong de Fort Boyard permet de matérialiser le temps de l'aventure. Le gong désigne une variété d'instruments de musique de percussion en métal, originaires de l'Asie du Sud-Est. Sa sonorité est, entre autres, liée au matériau utilisé pour sa fabrication : le bronze, alliage de cuivre Cu et d'étain Sn. Cette sonorité dépend du pourcentage d'étain constituant le bronze. Le cuivre pur cristallise dans le système cubique à faces centrées.

- Q34.** Représenter la maille conventionnelle, puis déterminer le nombre d'atomes de cuivre par maille. En adoptant le modèle des sphères dures indéformables, expliciter la relation entre le paramètre de maille  $a$  et le rayon métallique  $R_{\text{Cu}}$ .
- Q35.** Exprimer la masse volumique du cuivre  $\rho$  en fonction des données, puis calculer sa valeur.
- Q36.** Repérer, puis dénombrer les sites octaédriques dans cette structure. Évaluer numériquement le rayon maximal  $R_o$  d'un atome étranger pouvant occuper un tel site.
- Q37.** Le bronze est-il un alliage d'insertion ou de substitution ? Justifier.

Nombre d'Avogadro :  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Constante des gaz parfaits :  $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

Propriétés atomiques :

Élément	Cu	Sn
Rayon métallique (pm)	128	151
Masse molaire ( $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ )	63,5	118,7

### Pb n°2 : D'après CCINP PSI 2024 Physique-Chimie

Les calculatrices sont interdites pour cette partie du DM.

## Partie II - Milieu marin (Fort Boyard aussi)

Le principal sel neutre dissous dans l'eau de mer est le chlorure de sodium. Il s'agit d'un composé chimique ionique de formule NaCl. Il est notamment un facteur aggravant de la corrosion qui touche toutes les infrastructures construites en bord de mer ou pire, en pleine mer, comme le fort Boyard.

### II. 1 - Structure cristallographique du chlorure de sodium

Le chlorure de sodium NaCl est un cristal ionique dans lequel les ions  $\text{Na}^+$  forment un réseau de type cubique face centrée (cfc) de paramètre de maille  $a$ . Les ions  $\text{Cl}^-$ , quant à eux, se logent dans les sites octaédriques.

On note  $r$  le rayon d'un cation  $\text{Na}^+$  et  $R$  le rayon d'un anion  $\text{Cl}^-$ .

Q14. Combien y a-t-il d'ions sodium par maille ?

Q15. Préciser la position des centres des sites octaédriques. Combien y en a-t-il par maille ? Sont-ils tous occupés par les atomes de chlore ?

On donne  $r = 97 \text{ pm}$ ,  $R = 181 \text{ pm}$  et  $a = 556 \text{ pm}$ . On admet que  $a\sqrt{2} = 786 \text{ pm}$  et  $a\sqrt{3} = 963 \text{ pm}$ .

Q16. Préciser si les ions  $\text{Na}^+$  sont tangents entre eux et si oui, préciser suivant quel alignement. Préciser si les ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  sont tangents entre eux et si oui, préciser suivant quel alignement.

Q17. Exprimer, en fonction de  $r$  et de  $R$ , la compacité du cristal de NaCl.

Q18. Exprimer la masse volumique  $\rho_{\text{NaCl}}$  du chlorure de sodium en fonction de  $r$  et de  $R$  ainsi que des masses molaires  $M(\text{Na})$  et  $M(\text{Cl})$ . Indiquer ensuite la valeur numérique correcte parmi les valeurs suivantes :

$$\rho_{\text{NaCl}} = 2,16 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}; \rho_{\text{NaCl}} = 216 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}; \rho_{\text{NaCl}} = 21,6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

### Données

Masses molaires  $M(\text{Na}) = 23 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Constante fondamentale :  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$