

## Devoir surveillé n°2 :

**Durée : 3h**

**Toutes les données sont en fin d'énoncé.**

### Exercice n°1 : le Tantale

Le tantale est un métal brillant et argenté, d'une très grande dureté qui résiste bien à la corrosion. Les industries chimique et nucléaire s'en servent surtout pour fabriquer de l'équipement industriel. Les fours à haute température, le filament des ampoules électriques et certains instruments tranchants contiennent tous du tantale à cause de sa faible réactivité. L'organisme tolère très bien ce métal en raison de sa nature très inerte. C'est d'ailleurs à ce comportement très conciliant qu'on doit son utilisation dans les sutures et les plaques crâniennes, en chirurgie. L'oxyde de tantale est utilisé pour fabriquer un verre à indice de réfraction élevé pour les lentilles d'appareils photo notamment.

Le tantale a pour numéro atomique  $Z = 73$ . Il a été découvert en 1802 dans un minerai de Finlande par le chimiste et minéralogiste Anders Gustaf Ekeberg, à Uppsala en Suède. Plus tard, il est apparu que le tantale découvert par Ekeberg était en réalité constitué de deux éléments : le tantale et le niobium (ainsi appelé par référence à la fille du roi Tantale, Niobe).

Il existe deux isotopes naturels du tantale :  $^{180}\text{Ta}$  (0,012 %) et  $^{181}\text{Ta}$  (99,988%).

#### **L'atome**

- 1) Donner la composition du noyau de l'isotope majoritaire du tantale.
- 2) Quelle est la masse molaire du mélange isotopique naturel ?
- 3) Énoncer les règles permettant d'établir la configuration électronique d'un atome.
- 4) Établir la configuration électronique du tantale dans son état fondamental.
- 5) Localiser le tantale dans la classification périodique (période, colonne). Bien justifier.
- 6) Le niobium (symbole Nb) a pour numéro atomique  $Z = 41$ . Comment justifier simplement que tantale et niobium ont longtemps été confondus ?
- 7) Quels sont les électrons de valence du tantale ? Combien l'atome de tantale possède-t-il d'électrons célibataires ? Justifier.
- 8) Donner le nom et la valeur des nombres quantiques caractérisant les orbitales de valence du tantale.

#### **Les ions et les composés du tantale**

Il existe de très nombreux composés ioniques du tantale, parmi lesquels  $\text{TaO}$ ,  $\text{TaBr}_3$ ,  $\text{Ta}_2\text{O}_5$ ,  $[\text{TaF}_7]^{2-}$ .

- 9) Donner la configuration électronique de l'ion  $\text{Ta}^+$ .
- 10) La valeur expérimentale de l'énergie de première ionisation (énergie minimale nécessaire pour arracher un électron) est de  $761 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ . En déduire la longueur d'onde maximale du photon capable d'ioniser le tantale. A quel domaine appartient-elle ?
- 11) Déterminer l'ion du tantale présent dans chacun des 4 composés.
- 12) Quel est l'ion le plus stable a priori pour le tantale ? Justifier.

### Exercice n°2 : L'urée

Formée dans le foie lors du cycle de l'urée  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , à partir de l'ammoniac  $\text{NH}_3$  qui provient de la dégradation terminale de trois acides aminés : l'arginine, la citrulline et l'ornithine, l'urée naturelle est éliminée par l'urine. La dégradation de tous les autres acides aminés de l'organisme aboutissent, directement ou indirectement, aux trois précédemment cités. En traitant l'acide cyanique  $\text{HOCN}$  par l'ammoniaque  $\text{NH}_4^+$ , en 1828, on obtient du cyanate d'ammonium qui s'isomérisent en urée. Cette expérience provoque une révolution. Elle apporte en effet la preuve qu'il est possible de synthétiser un composé organique en dehors d'un organisme vivant.

Proposer un schéma de Lewis pour l'urée (l'atome de carbone est central, lié à O et 2 N), l'acide cyanique, l'ammoniac et l'ion ammoniac.

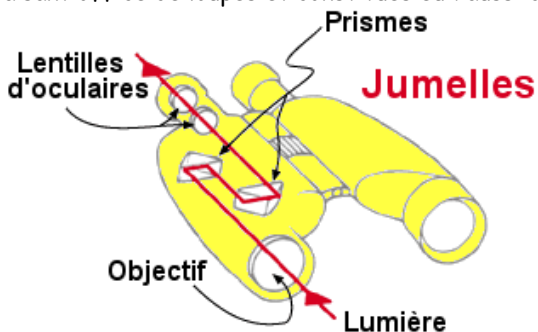
**Exercice n°3 : Etude d'une paire de jumelles**

**Doc. 1 : Caractéristiques optiques d'une paire de jumelle**

Des jumelles sont un dispositif optique binoculaire grossissant destiné à l'observation d'objets à distance, constitué de deux lunettes symétriques montées en parallèle.

L'intérêt des jumelles par rapport à une lunette simple est, dans une certaine mesure, de pouvoir conserver la vision stéréoscopique (perception du relief à partir de deux images planes.)

La lumière entre dans le système optique par les objectifs, comportant plusieurs lentilles, à l'extrémité de chaque tube. Les objectifs sont des systèmes convergents et forment une image intermédiaire. Cette image est transmise par les prismes qui permettent de réduire la distance entre l'objectif et l'oculaire. L'image définitive est vue grossie à travers des oculaires faisant office de loupes et constitués eux aussi de plusieurs lentilles.

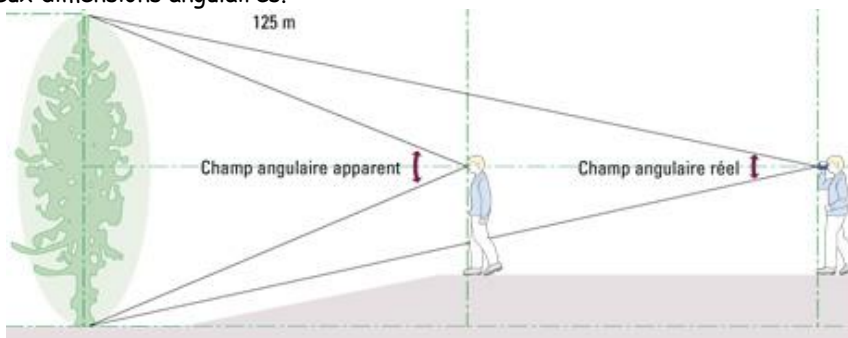


Trois paramètres sont particulièrement importants dans les caractéristiques d'une paire de jumelles :

- 50 mm : le diamètre de l'objectif en mm
- 16 : le grossissement
- 3,5° : le champ d'observation ou champ visuel réel : il s'agit du champ angulaire observé et calculé à partir du centre des objectifs des jumelles, il est indiqué soit en mètre pour 1000m soit en degré.

**Doc. 2 : Champ apparent et Grossissement**

La dimension angulaire d'un objet est agrandie par l'instrument d'observation. L'objet est aperçu à l'œil nu avec une dimension angulaire  $\alpha$ . Avec un instrument grossissant, il apparaît avec la dimension angulaire  $\alpha'$ . On appelle grossissement le rapport entre ces deux dimensions angulaires.



« Avec un instrument d'observation, on voit un objet comme s'il était situé à une distance différente. Le grossissement est le rapport entre ces deux distances. Ainsi, une paire de jumelle qui grossit 10 fois permet d'observer un objet éloigné comme s'il était placé à une distance 10 fois moins grande. »

On modélise chaque lunette par l'association de 2 lentilles convergentes. L'observateur regarde à travers la lunette, un objet AB (A sur l'axe, B hors de l'axe), situé à l'infini et vu sous un angle  $\alpha$ . On ne tient pas compte par la suite des prismes.



On note  $f'_1$ ,  $D_1$  et  $O_1$  (respectivement  $f'_2$ ,  $D_2$  et  $O_2$ ) la distance focale image, le diamètre et le centre optique de l'objectif (respectivement de l'oculaire).

$f'_2 = 10$  mm,  $D_1 = 50$  mm et  $D_2 = 18,4$  mm.

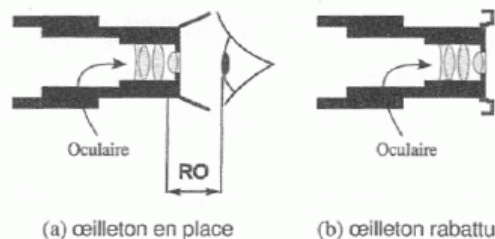
On note  $A'B'$ , l'image finale et  $A_1B_1$ , l'image intermédiaire.

- 1) La lunette est réglée de façon à ce que l'œil n'accomode pas. Expliquer ce terme.
- 2) En déduire où est située l'image définitive  $A'B'$ .
- 3) Comment appelle-t-on un tel système ?
- 4) Exprimer la distance à laquelle sont situées les 2 lentilles l'une de l'autre.
- 5) Sur le schéma de principe ci-dessus à reproduire sur la copie, tracer la marche d'un faisceau lumineux issu de B. On note  $\alpha'$  l'angle du rayon émergent par rapport à l'axe optique.
- 6) Les prismes des jumelles sont dits redresseurs. Expliquer.
- 7) Démontrer, à l'aide du schéma précédent, que la valeur absolue du grossissement est  $|G| = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{f'_1}{f'_2}$ .
- 8) En déduire la valeur de  $f'_1$  ainsi que celle du champ apparent des jumelles du doc 1.
- 9) Expliquer à l'aide d'un schéma la phrase en italique du doc.2.

### Le cercle oculaire

Il est l'image par l'oculaire de la monture de l'objectif. Le constructeur appelle dégagement oculaire ou relief de l'œil (RO), la distance entre l'œil et la première lentille. Cette distance est imposée par l'œilleton, un anneau en caoutchouc repliable, ou rigide et rétractable, fixé à l'oculaire et sur lequel on appuie l'œil pour plus de confort.

Le diamètre de la pupille de l'œil mesure en moyenne 3mm en plein jour. Il augmente dans l'obscurité : près de 15 min, il peut mesurer en moyenne 6 à 7 mm pour les moins de 30 ans.



- 10) Construire le cercle oculaire sur un nouveau schéma.
- 11) Pourquoi est-il intéressant de placer la pupille de l'œil dans ce cercle ?
- 12) Déterminer le dégagement oculaire optimal des jumelles étudiées.
- 13) Pourquoi certains observateurs doivent-ils replier l'œilleton ?
- 14) Exprimer la valeur du diamètre  $D_s$  du cercle oculaire en fonction de  $D_1$  et  $G$ . Le calculer. Commenter.
- 15) Quel(s) inconvénient(s) présentent des jumelles à usage nocturne ?

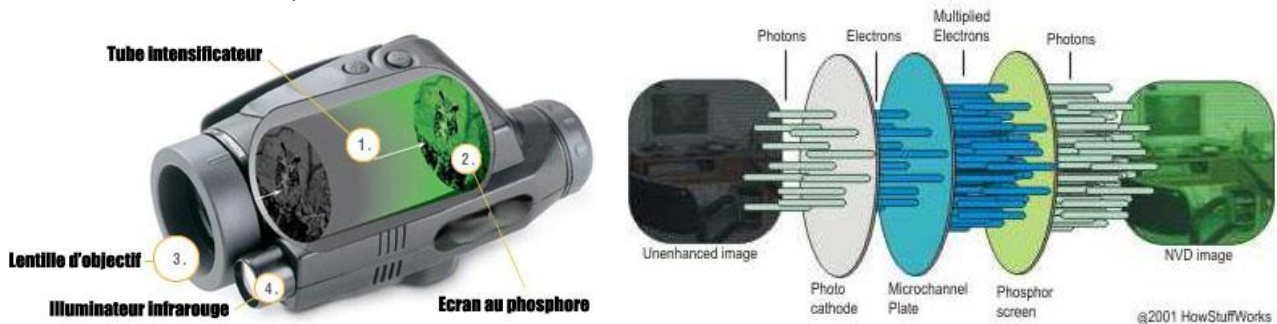
### La limite de résolution de l'instrument

Elle est la plus petite distance angulaire entre deux points objets dont le système (instrument + œil) donne deux images nettement séparées.

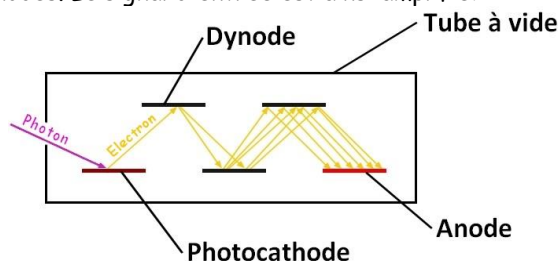
- 16) Donner une valeur approximative de la résolution angulaire de l'œil.
- 17) Calculer la limite de résolution des points objets  $(\theta_{\min})_{\text{œil}}$  imposée par l'œil pour un grossissement  $G = 16$ .
- 18) Calculer la limite de résolution  $(\theta_{\min})_{\text{diff}}$  due à la diffraction par la monture de l'objectif pour  $\lambda = 500$  nm.
- 19) Est-ce l'œil ou le phénomène de diffraction qui limite la résolution dans ce cas ?
- 20) Quelle est la taille du plus petit objet observable situé à 100 m ?

**Jumelles nocturnes****Doc.3 : Principe de fonctionnement**

Contrairement à des jumelles classiques, la vision de nuit n'est généralement pas destinée à l'agrandissement des objets à grande distance (la plupart des dispositifs de vision de nuit offrent un grossissement de 2x à 8x). Les jumelles de vision nocturne sont des dispositifs optico-électroniques sophistiqués qui aident la vision dans l'obscurité presque complète en amplifiant toute la lumière disponible.



La lumière pénètre dans la jumelle à travers la lentille d'objectif et percute la photocathode du tube intensificateur ou photomultiplicateur. Des électrons à haute énergie sont produits par la photocathode puis amplifiés en un nombre beaucoup plus grand par un processus électrique. Ces électrons arrachés sont attirés vers des électrodes secondaires (dynodes) portées à un potentiel supérieur. Le choc mécanique entre les électrons et chaque dynode crée des électrons secondaires qui sont émis sur chacune de ces dynodes. Le signal d'entrée est ainsi amplifié.



A la fin du tube, les électrons sont projetés contre un écran phosphorescent qui les « convertit » en lumière visible. L'image, de couleur verte, est vue à travers l'oculaire. La valeur du gain de lumière produite par le tube détermine la luminosité et la clarté de l'image affichée.

Certaines jumelles de vision de nuit comprennent un illuminateur infrarouge intégré qui lorsqu'il est activé agit comme une « lampe de poche de vision de nuit » et fournit un éclairage supplémentaire, améliorant la vision dans l'obscurité totale.

- 21) Nommer et décrire le phénomène responsable de la production d'électrons.
- 22) La photocathode est une couche Argent-Oxygène-Césium, l'émission d'électron n'apparaît que pour des rayonnements de longueur d'onde inférieure à 1220 nm.
  - a) Calculer le travail d'extraction d'un électron.
  - b) La photocathode est éclairée avec une longueur d'onde de 430 nm. Calculer la vitesse maximale d'un électron arraché.
  - c) On suppose que le tube photomultiplicateur comporte 16 dynodes. Chaque électron frappant une dynode provoque l'arrachement de trois électrons secondaires. La photocathode reçoit une puissance de  $10^{-9}$  W sous la forme d'un rayonnement de fréquence  $7 \times 10^{14}$  Hz.
    - Calculer le nombre de photons reçus par la photocathode.
    - Sachant que le rendement quantique de la cellule photoélectrique (nombre d'électrons émis/nombre de photon) est de 1 %, calculer l'intensité du courant (quantité de charge par seconde) débité par le photomultiplicateur.

**Données :**

Nombre d'Avogadro :  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Constante de Planck :  $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

Vitesse de la lumière :  $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Charge élémentaire :  $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Masse d'un électron :  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$