

Devoir surveillé n°2

Problème n°1 : Le chlore et sa famille

1. À quoi correspond le numéro atomique $Z = 17$ du chlore Cl ? Qu'appelle-t-on isotopes ? Citer plusieurs espèces chimiques contenant à l'élément chlore.

2. Rappeler les trois règles permettant d'établir la configuration électronique d'un atome ou d'un ion dans son état fondamental.

3. Donner la configuration électronique de l'atome de chlore dans son état fondamental. Combien d'électrons de valence possède-t-il ? Représenter la couche de valence et donner les quadruplés de nombres quantiques caractérisant les électrons de valence. Préciser si le chlore a des propriétés magnétiques (paramagnétique) ou non (diamagnétique).

4. Dédurre de la réponse à la question précédente la place du chlore dans la classification périodique des éléments. À quelle famille le chlore appartient-il ?

5. Le chlore est-il un bon réducteur ou un bon oxydant ? Si le chlore est réducteur, citer alors un très fort oxydant en précisant sa famille d'appartenance. Si le chlore est oxydant, citer un très fort réducteur en précisant sa famille d'appartenance.

6. Préciser en le justifiant quel(s) ion(s) stable(s) l'atome de chlore peut former.

7. Donner la configuration électronique de l'atome d'astate At de numéro atomique $Z = 85$ dans son état fondamental. Que dire des propriétés chimiques de cet élément vis à vis de celle du chlore ?

8. Définir ce qu'est l'énergie d'ionisation EI et l'affinité électronique AE d'un élément.

9. On donne l'évolution de l'énergie de première ionisation des éléments de la famille du chlore sur la figure ci-dessous. Commenter et expliquer la tendance observée sur la figure 1.

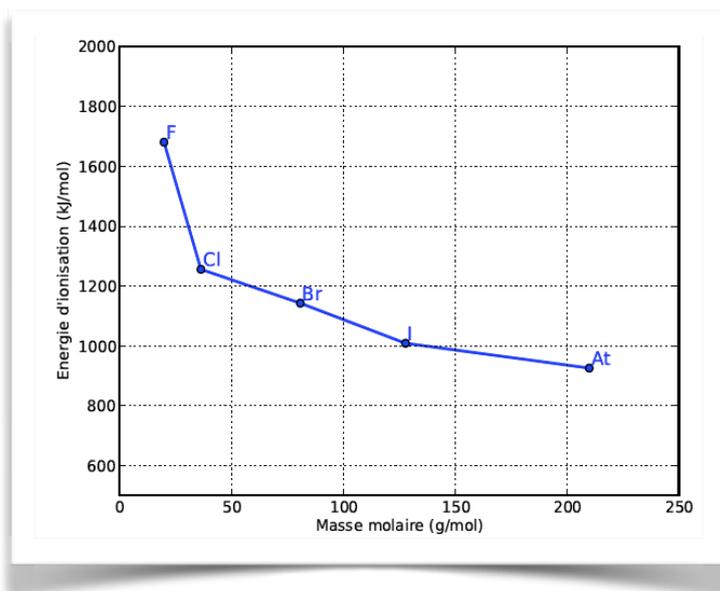
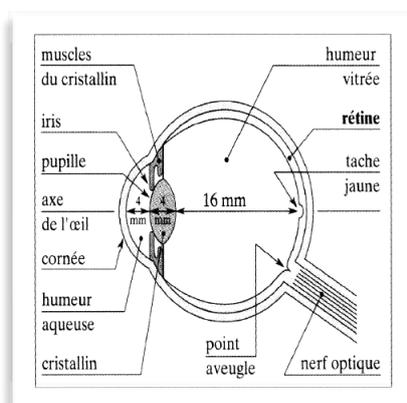


Figure 1 - Énergie d'ionisation des éléments de la famille du chlore

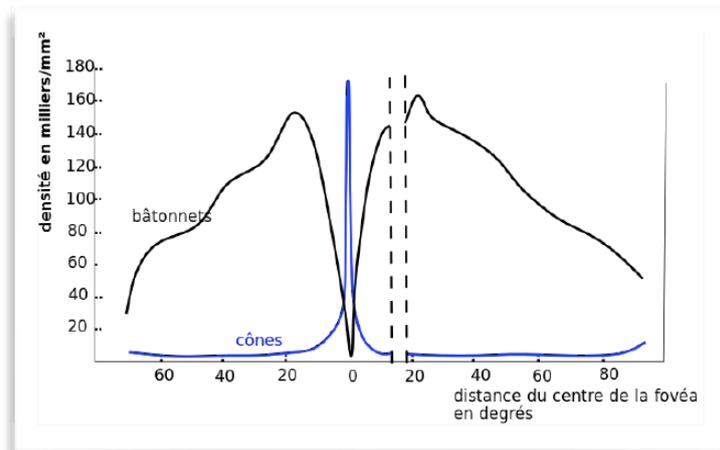


Problème n°2 : Rétine artificielle

Dans ce problème, on s'intéresse à l'oeil humain et aux rétines artificielles développées récemment qui visent à combler certaines formes de cécité.



Document 1 - Physiologie de l'oeil humain

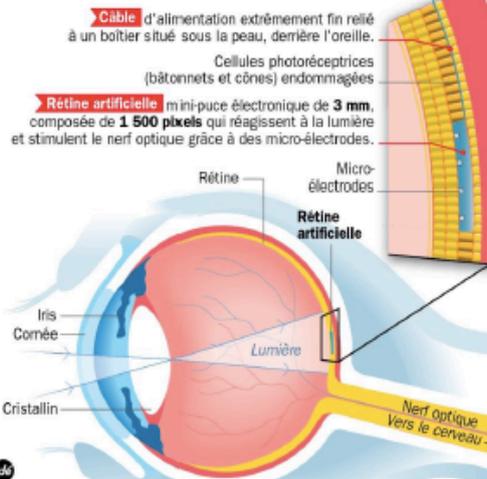


Document 2 - Densité de cellules sur la rétine (la rétine est constituée de cônes permettant la vision diurne et colorée ainsi que de bâtonnets permettant la vision crépusculaire et nocturne en noir et blanc)

La rétine de l'œil est composée de cellules sensibles à la lumière, les photorécepteurs, et d'un réseau de neurones. Les premières transforment les signaux lumineux en signaux électriques et stimulent des neurones, notamment les cellules ganglionnaires, qui acheminent les messages jusqu'au cerveau via le nerf optique. La défaillance des photorécepteurs altère la vue et peut conduire à la cécité.

Une rétine artificielle testée avec succès

2 patients anglais, aveugles depuis plusieurs années, ont retrouvé une perception partielle de la vue grâce à l'implantation de rétines artificielles.



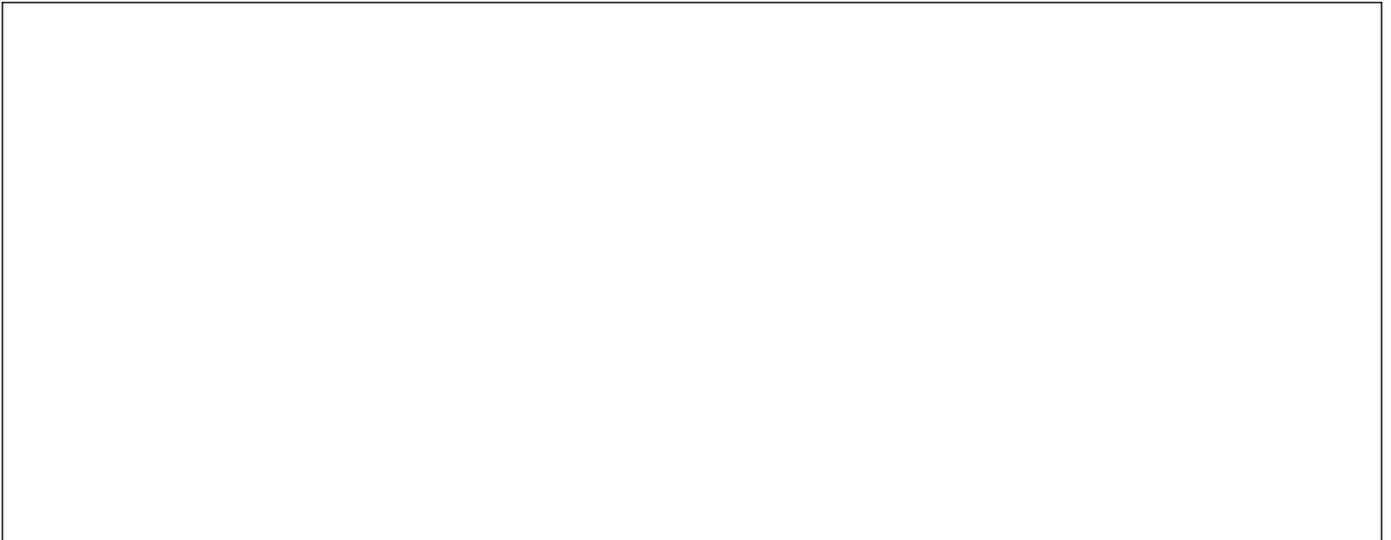
La rétine artificielle se substitue à ces cellules pour stimuler les neurones résiduels de la rétine et rendre en partie la vue à ces personnes. Il s'agit notamment d'un implant de 3 mm × 3 mm fixé sur ou sous la rétine et composé d'électrodes qui stimulent les neurones rétiniens. Les premiers essais ont débuté dans les années 1990 avec des dispositifs incluant 16 à 20 électrodes. Ils en comportent actuellement jusqu'à 1 500.

Les patients équipés de rétines artificielles sont capables de détecter des mouvements, repérer des obstacles mais aussi reconnaître des visages et lire le courrier.

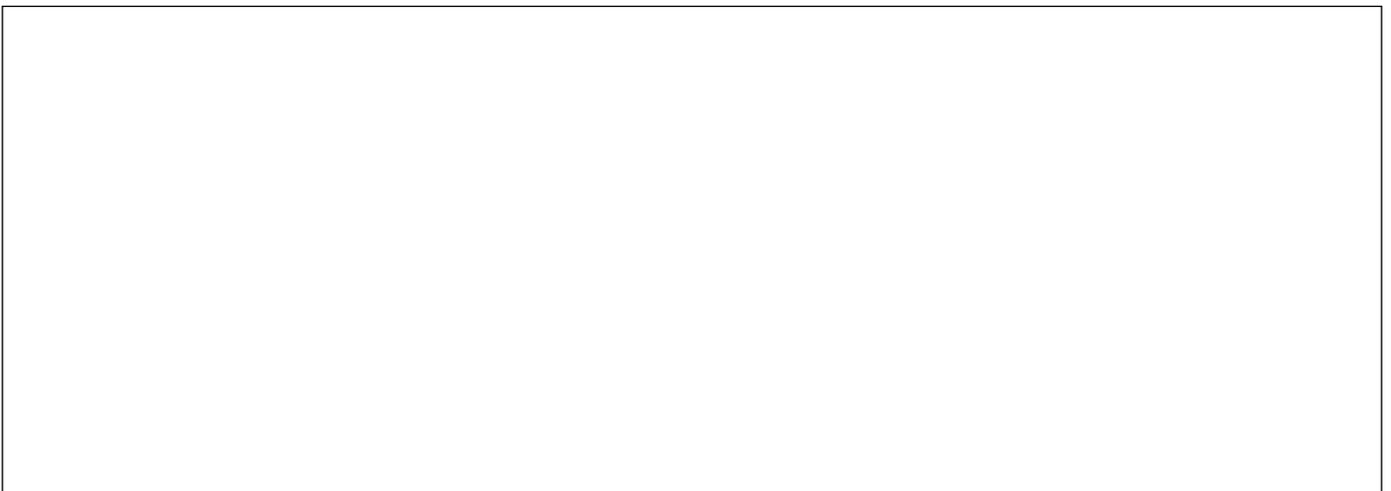
1. Proposer une modélisation très simple de l'oeil. Représenter ce modèle.



2. À l'aide du modèle précédent, représenter le cas où un oeil sans défaut observe un objet à l'infini. D'après le document 1, quelle serait dans ce cas la valeur de la distance focale de l'oeil ?



3. Qu'appelle-t-on accommodation de l'oeil ? Représenter le cas où l'oeil sans défaut observe un objet situé à distance fini (environ 50 cm).



4. Définir le punctum proximum et le punctum remotum. Préciser leurs valeurs pour un oeil sans défaut.

5. Quel est l'ordre de grandeur de la densité moyenne de cellules sur la rétine ? Déterminer la taille caractéristique d'une cellule rétinienne en assimilant celles-ci à des carrés de côté a .

6. Faire un schéma illustrant la notion de profondeur de champ c'est-à-dire l'ensemble des points de l'axe optique pouvant être vus nets simultanément dans le cas d'une vision sans accommodation d'un objet situé à l'infini.

7. Calculer la profondeur de champ de l'oeil (on prendra pour diamètre d'ouverture de la pupille $D \approx 2 \text{ mm}$)

8. L'iris agissant comme un diaphragme, on doit s'attendre à observer un phénomène de diffraction.

8.a.Établir l'ordre de grandeur de l'angle de diffraction de la lumière entrant dans l'oeil.

8.b.Calculer l'ordre de grandeur de la taille de la tache de diffraction obtenue sur la rétine.

En déduire que la taille caractéristique d'une cellule rétinienne constitue un optimum physiologique.

9. On souhaite justifier l'affirmation suivante : « Les patients équipés de rétines artificielles sont capables de ... lire le courrier. » sachant que le courrier sera déchiffrable par un patient équipé d'une rétine artificielle si la taille de l'image $A'B'$ de l'image sur la rétine tient au moins sur trois pixels (le patient peut alors résoudre les détails constitutifs des lettres).

9.a.On place le courrier au punctum proximum ($d_m \approx 25 \text{ cm}$) afin que l'image sur la rétine soit la plus grande possible. Évaluer l'ordre de grandeur du grandissement correspondant.

9.b.En déduire la taille de l'image sur la rétine en considérant pour objet un caractère de 2 mm de haut.

9.c. À l'aide du document 3, évaluer la taille d'un pixel de la rétine artificielle.

9.d. Conclure quant à la lisibilité du document.

Problème n°3 : Le séisme de Sumatra

Certains phénomènes physiques complexes engendrent simultanément plusieurs types d'ondes. La foudre produit une onde sonore (le tonnerre) et une onde électromagnétique (l'éclair) ; un séisme en haute mer crée une onde dans le fluide (tsunami) et deux types d'ondes dans la croûte terrestre, les ondes S et les ondes P.

Un glissement de plaques tectoniques se produit au fond de l'océan, au large. Ce glissement provoque un séisme avec :

- émission d'ondes surfaciques de type P (primaires) se déplaçant à la vitesse de $6,0 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$
- émission d'ondes volumiques de type S (secondaires) se déplaçant à la vitesse de $4,0 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$
- une vague de très grande énergie correspondant à la chute brutale d'une tranche d'eau qui s'étend sur la totalité de la profondeur de l'océan, qu'on appelle tsunami, se déplaçant à la vitesse de $150 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Le 26 décembre 2004, à 00h 58 min 23s en temps universel, un séisme de magnitude 9,1 a eu lieu à 160 km à l'ouest de Sumatra.

1. À quelle heure précise les ondes P et les ondes S ont-elles été perçues sur la côte de Sumatra ?

2. À quelle heure précise le tsunami a-t-il déferlé sur cette côte ? On estime qu'il a fait 200 000 victimes.

3. Le signal associé aux ondes P peut être assimilé à un signal sinusoïdal pendant une durée limitée, détectable par un grondement sourd et grave parfaitement audible.

a. Quel est l'ordre de grandeur de la fréquence de ce signal ?

b. Peut-on dire que l'onde associée est progressive sinusoïdale ? Le cas échéant, quel est l'ordre de grandeur de la longueur d'onde ?

c. Les ondes S et le tsunami sont dévastateurs. Pourquoi considère-t-on que les ondes P forment un message d'alerte ?

d. Peut-on dire que le tsunami forme une onde progressive sinusoïdale ?

4. Pour un séisme, on mesure les distances entre le foyer du séisme et trois stations de mesure. Sans faire de calcul, montrer que cette information permet de localiser le foyer du séisme à l'intérieur de la Terre. Quel système fonctionne sur ce même principe ?

Problème n°4 : Grossissement et puissance d'un microscope

Un microscope optique élémentaire à champ large se compose essentiellement de quatre parties :

- le tube optique, aux extrémités duquel se trouvent deux systèmes optiques centrés convergents de même axe optique : l'objectif du côté de l'objet et l'oculaire du côté de l'oeil ou du capteur
- la platine sur laquelle est placée l'objet (ou la préparation) à étudier
- le dispositif de translation du tube, parallèlement à son axe, par rapport à la platine (à mouvements micrométrique « lent » et macrométrique « rapide ») nécessaire à la mise au point
- le système d'éclairage de l'objet constitué d'une source, du condenseur et d'un diaphragme

Les liaisons entre ces éléments sont assurés par le statif qui permet de maintenir leur alignement.

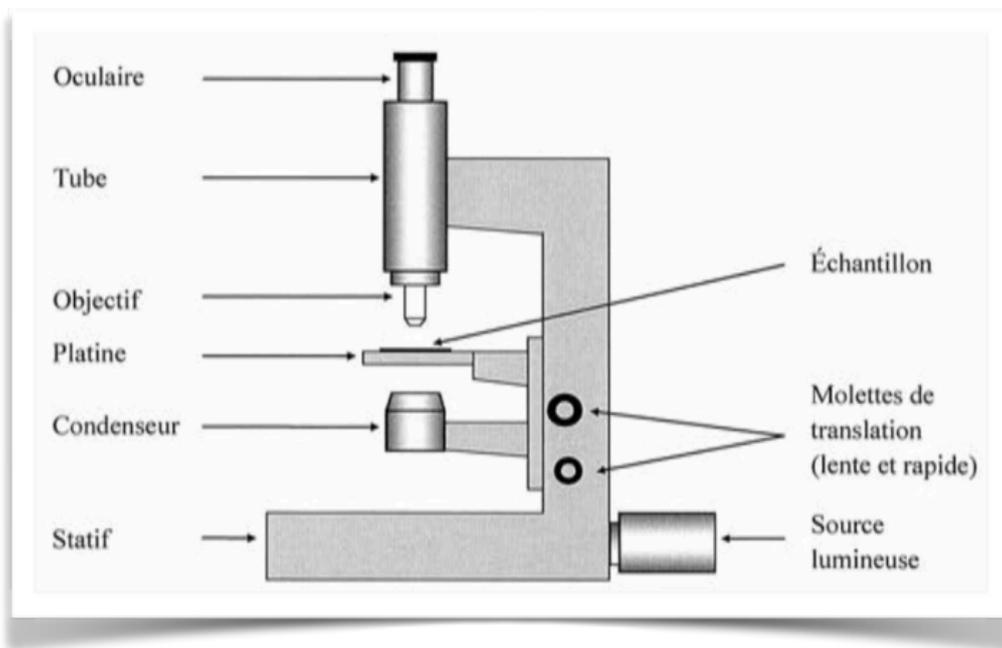


Figure 1 : Schéma présentant les différents éléments d'un microscope

On assimile l'objectif et l'oculaire du microscope à deux lentilles minces convergentes notées respectivement (L_1) et (L_2) , de même axe optique et de centres optiques respectifs O_1 et O_2 .

L'objectif placé proche d'un objet (AB) , positionné perpendiculairement à l'axe optique et tel que le point A soit situé sur cet axe, en donne une image réelle intermédiaire (A_1B_1) très agrandie. L'oculaire joue le rôle de loupe et donne de (A_1B_1) une image virtuelle $(A'B')$ agrandie.

Les objectifs usuels ont des distances focales f'_1 très petites, de l'ordre de quelques millimètres, et les oculaires des distances focales f'_2 de l'ordre de quelques centimètres. On appelle longueur optique du microscope la distance $\Delta = \overline{F'_1F_2}$ entre le foyer image de (L_1) et le foyer objet de (L_2) .

1. On se place dans les conditions de l'approximation de Gauss d'utilisation des lentilles. Rappeler en quoi consistent ces conditions. Donner l'intérêt pratique à respecter ces conditions.

2. L'oeil emmétrope (à vision normale) voit nettement des objets situés entre la distance minimale de vision distincte $d_m = 25 \text{ cm}$ (le punctum proximum) et l'infini (le punctum remotum). Rappeler ce que signifie « régler un instrument d'optique à l'infini » et l'intérêt que présente ce réglage.

3. Dans toute la suite de cet exercice, le microscope est réglé pour donner une image $(A'B')$ l'infini d'un objet (AB) perpendiculaire à l'axe optique. Réaliser soigneusement sur le document réponse la construction géométrique (A_1B_1) , en traçant notamment la marche de trois rayons lumineux particuliers issus de B . Faire apparaître l'angle α' sous lequel on voit l'objet à travers le microscope (α' est le diamètre apparent de l'objet à travers le microscope). Les diaphragmes circulaires D_o et D_c sont placés respectivement dans le plan focal image de (L_1) et dans le plan focal objet de (L_2) . Leur rôle sera étudié dans la seconde partie.

4. Compléter la construction en traçant les rayons issus de A passant par les bords du diaphragme d'ouverture D_o (rayons dits marginaux). Pour la lisibilité de la figure, on utilisera des couleurs différentes pour les rayons issus de A et B .

Un microscope est constitué d'un objectif portant l'indication $\times 20$ et d'un oculaire portant l'indication $\times 10$. La longueur optique Δ est égale à $+160\text{mm}$. On observe un objet (AB) placé perpendiculairement à l'axe optique.

5. L'indication $\times 10$ de l'oculaire est son grossissement commercial $G_{c,oc}$ défini par le rapport de l'angle sous lequel on voit l'objet à l'infini à travers l'oculaire et celui sous lequel on voit ce même objet à l'oeil nu à la distance minimale de vision distincte d_m .

5.1. Exprimer l'angle α sous lequel l'objet AB est vu à l'oeil nu lorsque ce dernier est placé au punctum proximum.

5.2. Exprimer l'angle α' sous lequel on voit l'objet AB à l'infini à travers l'oculaire.

5.3. En déduire l'expression de la distance focale f'_2 de l'oculaire et sa valeur numérique.

6. L'indication $\times 20$ de l'objectif est la valeur absolue de son grandissement transverse γ_{ob} pour une image (A_1B_1) formée à la distance Δ de F_1' . Déterminer la distance focale image f_1' de l'objectif et donner sa valeur numérique.

7. Le grossissement commercial G_c du microscope est la valeur absolue du rapport de l'angle sous lequel on voit l'objet à travers le microscope et celui sous lequel on le voit à l'oeil nu à la distance d_m . Exprimer G_c en fonction de $G_{c,oc}$ et γ_{ob} puis déterminer numériquement G_c .

8. Justifier l'affirmation suivant laquelle le grossissement du microscope mesure le rapport de la dimension de l'image rétinienne obtenue par observation de l'objet à travers le microscope et celle obtenue à l'oeil nu.

9. La puissance intrinsèque d'un microscope est la valeur absolue du rapport entre l'angle sous lequel on voit l'objet à travers le microscope et la taille de l'objet ; la puissance P_m s'exprime en dioptrie. Donner la relation entre la puissance du microscope, le grandissement de l'objectif et la distance focale de l'oculaire. Évaluer numériquement la puissance P_m .

