

Lycée Jean Perrin

Filière PCSI

Samedi 8 novembre 2025

DEVOIR SURVEILLÉ DE PHYSIQUE N°2

Optique géométrique

Électrocinétique dans l'ARQS

**Circuits linéaires du premier
ordre**

Durée de l'épreuve : 2 heures.

L'usage de la calculatrice est autorisé.

L'énoncé de cette épreuve comporte 5 pages de texte.

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.

Il ne faudra pas hésiter à formuler des commentaires (incluant des considérations numériques) qui vous semblent pertinents, même lorsque l'énoncé ne le demande pas explicitement. Le barème tiendra compte de ces initiatives ainsi que des qualités de rédaction de la copie.

Certaines questions peu ou pas guidées, demandent de l'initiative de la part du candidat. Leur énoncé est repéré par une barre en marge. Il est alors demandé d'explicitier clairement la démarche, les choix et de les illustrer le cas échéant, par un schéma. Le barème valorise la prise d'initiative et tient compte du temps nécessaire à la résolution de ces questions.

Problème 1 : Étude optique de l'œil

L'œil est l'organe de la vision. Il capte la lumière et transforme celle-ci en signaux électriques transmis au cerveau via le nerf optique. La cornée est la membrane transparente par laquelle la lumière entre dans l'œil. Ce dernier est de forme approximativement sphérique avec un diamètre typique d'environ 25 mm. Il est maintenu dans la cavité orbitaire par un ensemble de muscles qui assure aussi son mouvement.

La figure 1 donne une représentation simplifiée de l'œil. La forme de la cornée permet la focalisation de la lumière sur la rétine, partie interne photosensible de l'œil. La mise au point s'effectue à l'aide du cristallin qui a la forme d'une lentille biconvexe. Sous l'action des muscles ciliaires, la courbure du cristallin est modifiée, si besoin, de façon à pouvoir former une image nette sur la rétine. Ce processus est appelé accommodation

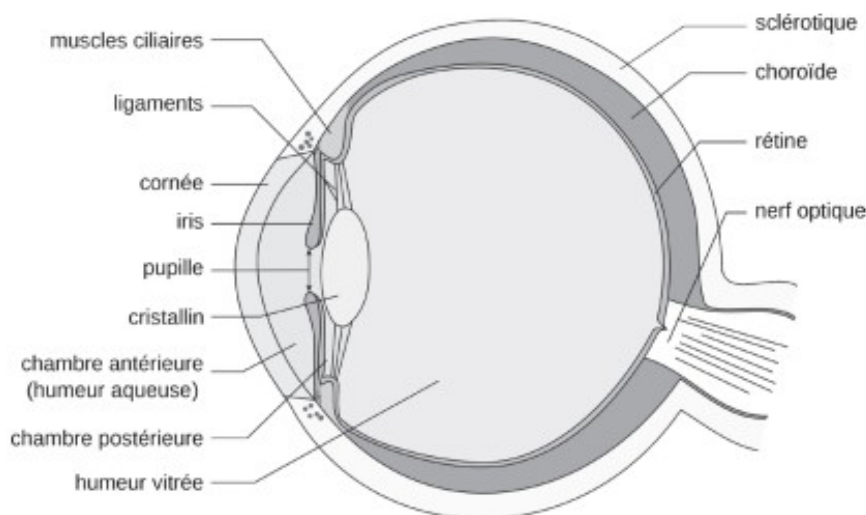


figure 1 : schéma simplifié de l'œil

1 La constitution de l'œil présente des analogies avec celle d'un appareil photographique. Regrouper dans un tableau trois éléments de l'œil et de l'appareil photographique pouvant être mis en correspondance.

2. En assimilant l'œil emmétrope (c'est-à-dire l'œil sans défaut) au repos à un ensemble {lentille mince de centre O_1 - écran} distants de 17 mm, donner la valeur correspondante de la vergence V de l'œil lorsqu'il n'accommode pas.

3. Comment la forme du cristallin est-elle modifiée lors de l'accommodation ? Comment appelle-t-on le point le plus proche que l'œil peut voir en accommodant ? Ce point est typiquement situé à 25 cm devant l'œil emmétrope. Trouver la valeur de la vergence V_{pp} de l'œil dans ce cas de figure.

La myopie est un défaut de la vision caractérisé par une perception floue d'objets éloignés . L'image de ces derniers se forme en avant de la rétine lorsque l'œil est au repos.

4. Un œil myope possède un punctum remotum situé à 1,0 m sans verre correcteur. On suppose que la distance {cristallin de centre O_1 - rétine} modélisant l'œil est toujours de 17 mm, que vaut la vergence V_{myope} de l'œil myope qui n'accommode pas ?

5 On rajoute une lentille correctrice proche du cristallin.

On imagine des rayons provenant de l'infini. Quelle est la vergence V_c de la lentille correctrice à utiliser pour que l'image se forme nette sur la rétine avec un œil myope qui n'accommode pas et en présence de la lentille correctrice ? On supposera que l'association {verre correcteur + cristalline} se comporte comme une lentille équivalente de vergence totale $V_{tot} = V_c + V_{myope}$.

La lentille est-elle convergente ou divergente d'après le signe de la vergence ?

6 Faire un schéma montrant la marche de rayons lumineux incidents sur l'ensemble {lentille correctrice + œil}. On représentera l'œil par un ensemble {lentille mince – écran} le verre correcteur par une lentille mince. L'objet initiale sera à l'infini et sur l'axe optique (rayons parallèle à l'axe optique). **Il n'est pas demandé de faire un schéma à l'échelle**

Les cônes sont les cellules photoréceptrices permettant la perception de la couleur. Ils sont concentrés dans la zone centrale de la rétine avec une densité typique de $\sigma = 2,0 \cdot 10^5$ cellules/mm². On modélise toujours l'œil par un ensemble {lentille mince - écran} distants de 17 mm. Le pouvoir séparateur de l'œil est caractérisé par l'angle qui doit séparer deux points à l'infini pour qu'ils soient distingués.

7 . Donner une estimation, en radians, du pouvoir séparateur de l'œil en supposant que celui-ci est lié à la distance entre deux cônes voisins.

Problème 2 : Étude d'un défibrillateur

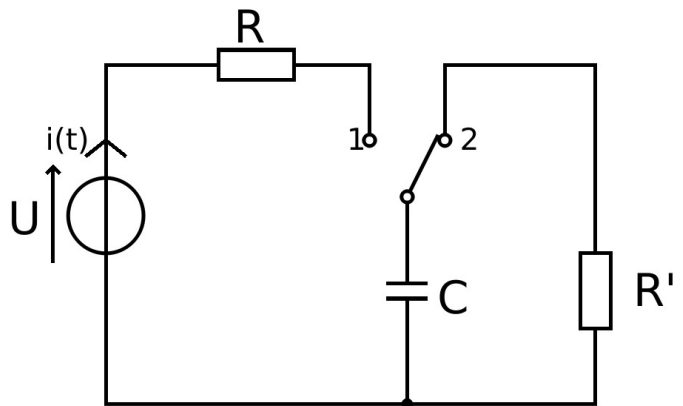
En 1947, le Dr Claude BECK invente dans l'Hôpital Universitaire de Cleveland le défibrillateur¹ fonctionnant avec le courant alternatif du secteur, avec une tension utile de l'ordre de 1500 volts. Dans les années 1960, une amélioration notable est de permettre l'utilisation ambulatoire d'un défibrillateur à alimentation autonome à courant continu. On stocke de l'énergie dans des condensateurs, puis cette énergie est libérée pendant un intervalle de temps très court.

¹: Le défibrillateur permet de lutter contre la fibrillation cardiaque, qui est un trouble grave du rythme cardiaque pouvant aboutir à un infarctus, qui correspond lui à une mort cellulaire de tout ou partie du muscle cardiaque.

On considère un condensateur idéal de capacité C placé dans le circuit ci-contre.

La bascule de l'inverseur en position 1 permet de charger le condensateur. Le circuit de charge est constitué d'une fem U et d'une résistance R .

La décharge se fait lorsque l'inverseur passe en position 2. La résistance R' modélise le thorax du patient.



Charge du condensateur

On suppose que le condensateur est complètement déchargé avant le début de la charge. À $t = 0$, l'inverseur bascule en position 1.

1- Reproduire le circuit pour $t > 0$ sur votre copie et flécher la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur en convention récepteur.

2- Pour $t > 0$, établir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur. La mettre sous forme canonique en introduisant le paramètre τ . Donner et justifier l'unité de τ .

3- En résolvant cette équation, déterminer l'expression de $u_C(t)$ pour $t > 0$.

4- Tracer l'allure de $u_C(t)$ pour $t > 0$ et $t < 0$. Faire figurer sur le graphe les paramètres τ et U .

5- Représenter le schéma électrique simplifié équivalent lorsque la charge est terminée. En déduire $u_C(t \rightarrow \infty)$. Est-ce en accord avec la fonction obtenue dans la question 3.

6- Soit Δt la durée de la charge complète du condensateur. On estime que la charge est complète lorsque u_C atteint 95 % de sa valeur finale. Déterminer en justifiant Δt en fonction de τ .

Décharge du condensateur

Le condensateur est désormais chargé sous une tension U . Afin de délivrer un choc au patient (modélisé par la résistance R'), on bascule à $t=0$ l'inverseur en position 2.

7. Pour $t > 0$, établir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_c(t)$. La mettre sous forme canonique en introduisant le paramètre τ' .

Donner sans justification l'allure de $u_c(t)$ pour cette décharge.

8. En réutilisant le critère de la question 6, exprimer la durée $\Delta t'$ de la décharge complète en fonction de τ' .

Conception du défibrillateur

Pour la conception du défibrillateur, nous avons à choisir : un générateur de tension continue, une résistance et un condensateur. Ces choix vont s'opérer en fonction de plusieurs contraintes exposées ci-dessous. Dans chaque cas une justification est attendue.

9. On estime que la résistance du thorax du patient est environ $R' = 50 \, \Omega$ et on souhaite que la durée du choc (de la décharge) soit d'environ 15 ms.

Quel valeur choisir pour le condensateur C ?

10. De plus, on souhaite pouvoir délivrer au patient un choc de 200 joules. Quel valeur choisir pour la fém U ?

11. Le circuit de charge est en réalité constitué de différents composants électroniques qui n'acceptent pas d'intensités trop importantes. Quelle résistance R choisir de manière à ce que l'intensité ne dépasse pas 2 A dans le circuit de charge ?

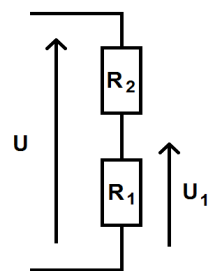
Le temps de charge reste-t-il acceptable ?

Problème 3 : Modélisation d'une fibre nerveuse

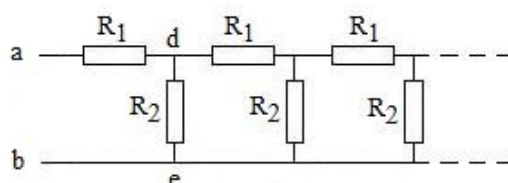
Questions préliminaires :

a. Établir l'expression de la résistance R_{eq} équivalente à l'association en parallèle (ou dérivation) de deux résistances R_1 et R_2 . Une démonstration est attendue.

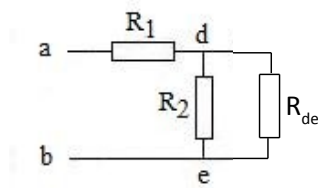
b. Démontrer la formule du pont diviseur de tension donnant U_1 en fonction de U et des résistances dans le circuit ci-contre.



On modélise une fibre nerveuse par le réseau dipolaire infini ci-dessous (appelé chaîne atténuatrice) constitué d'une infinité de cellules élémentaires du type (adbe). On note R_T la résistance équivalente du dipôle (on admet qu'il existe une limite finie) entre a et b.



1. En notant R_{de} la résistance équivalente à la partie à droite de la 1ère cellule, c'est-à-dire à droite de (de) comme indiqué sur le **schéma ci-dessous**, exprimer la résistance R_{ab} entre a et b en fonction de R_1 , R_2 et R_{de} .



2. La résistance totale R_T tendant vers une limite, on a, puisque le nombre de cellules est important :

$$R_{de} \approx R_{ab} = R_T.$$

En déduire que
$$R_T = \frac{R_1 + \sqrt{R_1^2 + 4 R_1 R_2}}{2}.$$

3. Montrer que si la tension appliquée à l'entrée du réseau est $U_{ab} = U_0$, alors $U_{de} = \frac{U_0}{1+\beta}$ avec β un coefficient à exprimer en fonction de R_T , R_1 et R_2 .

4. En déduire la tension U_n , après n cellules élémentaires, en fonction de U_0 , β et n . (point bonus si démonstration par récurrence mais vous aurez tous les points si vous donnez seulement U_n)

5.

A.N. : Pour un axone non myélinisé, $R_1 = 0,35 \text{ M}\Omega$ et $R_2 = 1,1 \text{ G}\Omega$; la longueur d'une cellule élémentaire est $ad = 10 \text{ }\mu\text{m}$. Déterminer l'atténuation de la tension (exprimé en %) sur une distance de $2,0 \text{ mm}$.

Un axone non myélinisé transporte -t-il efficacement l'influx nerveux ?

FIN