Banque PT, France

Session 2019, filière PT

Physique A

Durée : 4 heures

Ce que traite le sujet

- Partie A, I : principe de l'électro-oculographie
- Partie A, II : traitement analogique et acquisition du signal
- Partie B, I : obtention d'interférences et cohérence
- Partie B, II : interféromètre de Michelson réglé en lame d'air
- Partie B, III : mesure de position
- Partie B, IV et V : biométrie de l'œil
- Partie C, I : écoulement dans un tuyau
- Partie C, II : perte de charge et circulation sanguine

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années :
prepahelp.com/annales/banque-pt/pt/2019/physique-a

Prepa Help ne revendique aucun droit sur le sujet, propriété de l'organisateur du concours.

Epreuve de Physique A

Durée 4 h

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

L'usage de calculatrices est interdit.

AVERTISSEMENT

Le thème général de ce sujet est l'étude de modèles biophysiques :

- Les parties A et B sont relatives à la mesure de quelques propriétés de l'œil.
- La partie C s'occupe de l'écoulement sanguin.

Aucune connaissance préalable en biologie n'est requise.

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.

Il est interdit aux candidats de signer leur composition ou d'y mettre un signe quelconque pouvant indiquer sa provenance.

Tournez la page S.V.P.

partie A. (35% environ)

A-I) Principe de l'électro-oculographie

En raison des différents échanges ioniques dans les cellules, l'arrière de l'œil (coté rétine) porte une charge électrique négative alors que l'avant de l'œil (coté cornée) est chargé positivement. Il en résulte un champ électrique supposé permanent utilisé pour mesurer l'angle de rotation du globe oculaire autour d'un de ses axes.

A-I-1) Système constitué deux plans de charges opposées

Dans un repère cartésien, on s'intéresse à un plan d'équation y = 0 porteur d'une densité surfacique uniforme de charge positive σ.

a- Rappeler le théorème de Gauss.

b- Déterminer le champ électrostatique créé par cette distribution en tout point de l'espace.

c- On superpose à cette distribution un deuxième plan d'équation y = a porteur d'une densité surfacique uniforme de charge négative $-\sigma$.

α- Déterminer le champ électrostatique en tout point de l'espace.

β- En déduire le potentiel électrostatique V(M) entre les plans en prenant V=0 au niveau du plan y = 0.

γ- Représenter quelques surfaces équipotentielles.

A-I-2) Globe oculaire.

Les figures1a et b représentent une modélisation de la répartition de charges portées par le globe oculaire et les lignes de champ électrique dues à cette distribution de charges ($\vec{u}_r$ représente le vecteur unitaire, attaché à l'œil, de l'axe rétine – cornée. voir figures 1, 2 et figure 11 : documents).

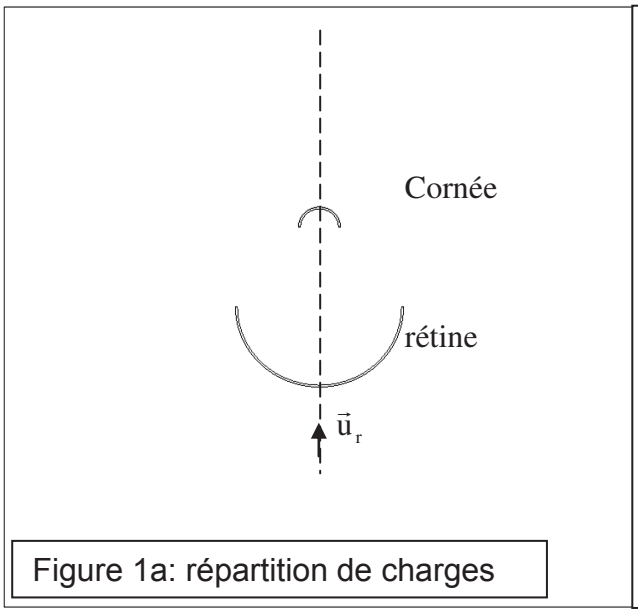


Figure 1a: répartition de charges

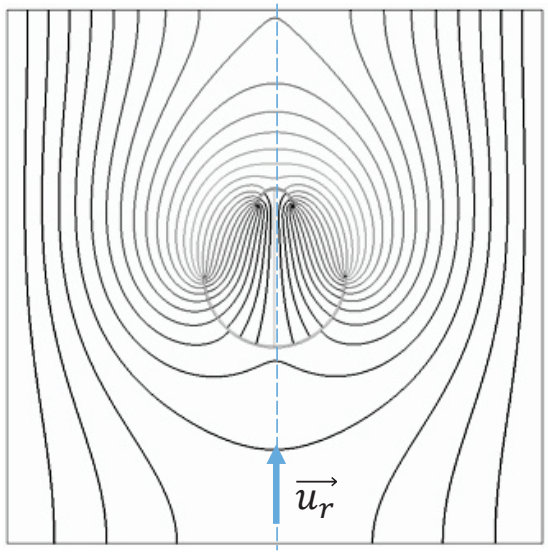


Figure 1b : lignes de champ

a- Donner la définition d'une ligne de champ.

b- Reproduire quelques lignes de champ et les orienter.

A-I-3) Mesure de l'angle de rotation θ du globe oculaire

On attache au visage, supposé fixe, un repère cartésien (O, x, y, z).
Le globe oculaire est mobile autour de l'axe Oz; θ est l'angle entre Oy et $\vec{u}_r$ (fig2).

Pour mesurer θ, on place deux électrodes, de part et d'autre de l'œil, aux points A (a, b, 0) et A'(-a, b, 0), fixes par rapport au visage. Le signal détecté par ces électrodes est traité par un circuit électronique étudié en A-II.



Figure 2 : Repérage de l'œil et emplacement des électrodes

a. Dans un souci de simplification, on suppose que, dans la zone des électrodes, le champ électrostatique $\vec{E}$ créé par la distribution de charges est uniforme et colinéaire à $\vec{u}_r$: $\vec{E}(M) = E_0.\vec{u}_r$
   - La modélisation par un champ uniforme est-elle bien adaptée?
   - Préciser, en justifiant soigneusement, le signe de E_0.

b. Le potentiel V(M) en un point M(x,y,0) se met sous la forme :
   V(x,y,0)=Kx+ K'y. Expliciter littéralement K et K'.

c. On se place d'abord dans le cas où $\vec{u}_r$ est colinéaire à l'axe Oy. Quelle différence de potentiel U = V(A) - V(A') mesurent les électrodes entre A et A' ?

d. $\vec{u}_r$ fait à présent un angle θ avec l'axe Oy. Exprimer la différence de potentiel U en fonction de E_0, a, b et θ.

A-II): Traitement analogique du signal

Les signaux issus des électrodes ne sont pas exploitables directement et doivent être amplifiés et filtrés.

A-II-1) Amplificateur de différence.

Les électrodes sont reliées à l'amplificateur d'instrumentation représenté à la figure 3. Celui-ci comporte 3 ALI (notés AL1, AL2, AL3).

On donne : R = 100 kΩ, R' = 2 kΩ.

a- Rappeler les ordres de grandeurs du gain statique, de l'impédance d'entrée et de l'impédance de sortie d'un ALI réel.
b- Quelles sont les valeurs de ces mêmes grandeurs pour un ALI idéal ?

Dans toute la suite, les ALI seront considérés comme idéaux et fonctionnant en régime linéaire.

Tournez la page S.V.P.

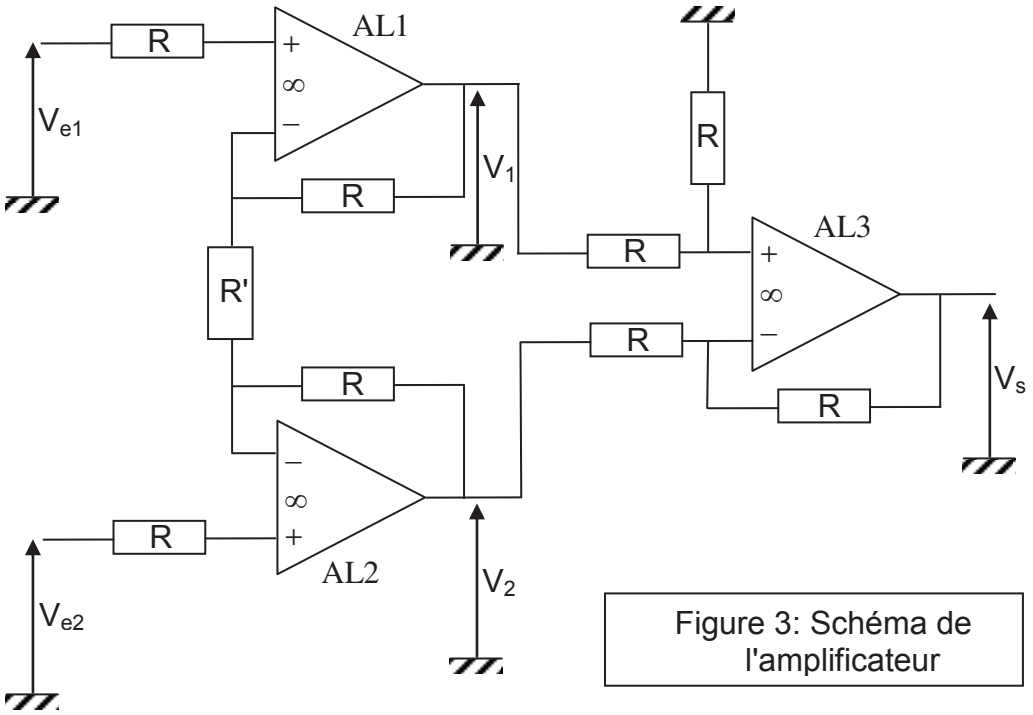


Figure 3: Schéma de l'amplificateur

c- L'électrode en A, dont le potentiel par rapport à une référence est noté V_{e1}, est reliée à AL1. L'électrode en A', dont le potentiel par rapport à une référence est noté V_{e2}, est reliée à AL2 (fig 3). Déterminer $V_2 - V_1$ en fonction de $V_{e2} - V_{e1}$, R et R'.

d- En déduire la tension de sortie V_s en fonction de $V_{e2} - V_{e1}$.

e- Le gain A_d de l'amplificateur est donné par $A_d = \left| \frac{V_s}{V_{e2} - V_{e1}} \right|$.

Expliciter A_d littéralement puis numériquement.

f- Les électrodes fournissent une différence de potentiel ayant une amplitude de l'ordre de 100 µV. Quel est l'ordre de grandeur de l'amplitude du signal en sortie de l'amplificateur ?

A-II-2) Filtrage

Le signal utile est compris dans une bande de fréquence comprise entre 0.002 Hz et 10 Hz.

a- D'une manière générale en électrophysiologie médicale, il est primordial d'inclure dans le traitement du signal un filtre coupe - bande à 50 Hz. Pourquoi ? Est-ce nécessaire pour les signaux oculaires ?

b- Les signaux électro-physiologiques sont également très bruités par des parasites ayant un contenu spectral situé dans les hautes fréquences. Quel type de filtre doit-on utiliser pour améliorer la qualité de ces signaux ?

c- Le signal issu de l'amplificateur d'instrumentation est traité par un filtre dont la fonction de transfert est : $\underline{H}(x) = \frac{Ho}{1 + j\frac{x}{Q} - x^2}$ avec $x = f/f_o$, f étant la fréquence du signal et f_o la fréquence caractéristique du filtre (on note $j^2 = -1$).

On choisit les composant de manière que H_0=1, f_0=15Hz et Q=$\frac{\sqrt{2}}{2}$.

$\alpha-$Faire la représentation de Bode du gain en décibel en fonction de log(x) en précisant les asymptotes et les résonances éventuelles.

$\beta-$Rappeler la définition de la fréquence de coupure à -3dB et la déterminer.

A-II-3) Acquisition du signal

On souhaite enregistrer le mouvement oculaire par l'intermédiaire d'une carte d'acquisition pendant 1 min.

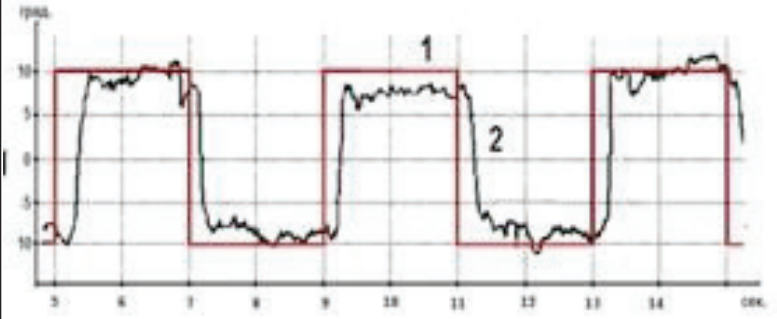
a- Rappeler la condition de Nyquist-Shannon

b- Préciser la fréquence d'échantillonnage limite pour l'enregistrement des signaux oculaires ainsi que le nombre de points enregistrés pour une acquisition à cette fréquence limite.

c- Sur enregistrement de la figure 4, on visualise le mouvement de l'œil (courbe 2) d'un patient ayant pour consigne de suivre une cible lumineuse qui se déplace (courbe 1). Estimer le retard de l'œil par rapport à la cible.

Figure 4 : exemple d'électro-oculogramme : courbe 1 : déplacement de la cible, courbe 2 : mouvement oculaire.

Echelle horizontale :1s/div,
Echelle verticale 5°/div



Partie B. BIOMETRIE DE L'OEIL PAR INTERFEROMETRIE A COHERENCE PARTIELLE (35% environ)

B-I) Obtention d'interférences

B-I-1) Longueur de cohérence temporelle d'une source lumineuse

a- Décrire le modèle des trains d'onde en précisant, sur un schéma, la période de l'onde et le temps de cohérence (c'est-à-dire la durée moyenne) du train d'onde.

b- Donner l'ordre de grandeur du temps cohérence d'un laser.

c- Calculer le temps de cohérence pour une source de largeur spectrale $\Delta\lambda$ = 50 nm et de longueur d'onde dans le vide λ_0 = 820 nm.

Tournez la page S.V.P.

d- La longueur de cohérence temporelle dans le vide (L_c) d'une source est la longueur occupée dans l'espace par un train d'onde se propageant dans le vide. Déterminer littéralement puis numériquement L_c pour la source précédente.

e- Quelle serait la longueur de cohérence temporelle d'une source parfaitement monochromatique ?

B-I-2) Interférences de 2 ondes.

On considère deux sources ponctuelles S_1 et S_2, cohérentes, en phase, émettant de manière isotrope une lumière monochromatique de longueur d'onde dans le vide λ_0 et d'intensité I_1 et I_2. On étudie les interférences éventuelles en un point P d'un milieu homogène d'indice de réfraction n, à la distance d_1 de S_1 et d_2 de S_2.

a- Définir la différence de chemin optique δ en P entre l'onde issue de S_2 et celle issue de S_1, en fonction de d_1, d_2 et de l'indice n du milieu.

b- Etablir la formule de Fresnel donnant l'intensité lumineuse $I_{(P)}$ en P, en fonction de I_1, I_2, δ et λ_0.

c- Dans le cas où $I_1=I_2=I_o$, l'intensité a pour expression (notée **« relation c »** dans toute la suite) : $I_{(P)}=2I_o\{1+\cos(\Phi)\}$; Expliciter Φ en fonction de δ et des données.

B-II) Interféromètre de Michelson réglé en lame d'air.

Un interféromètre de Michelson est réglé en lame d'air et éclairé par une source S, ponctuelle, monochromatique, de longueur d'onde dans le vide λ_0. Un écran E_{cr} est placé au foyer image d'une lentille convergente.

La figure 5 donne le schéma de principe de cet interféromètre pour lequel on supposera la séparatrice S_p idéale (infiniment mince, division d'amplitude à 50% et n'introduisant aucun déphasage). Le miroir M' est fixe ; M est mobile.

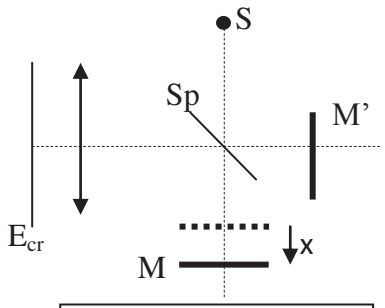


Figure 5

On note « onde 1 » l'onde issue de S se réfléchissant sur M' et « onde 2 » celle se dirigeant vers M. La différence algébrique de chemin optique entre l'onde 2 et l'onde 1, évaluée en un point P de l'écran E_{cr}, est notée δ.

A l'état initial, les deux miroirs sont équidistants de S_p. On déplace alors M d'une distance algébrique x (x>0 pour un éloignement de M) : l'interféromètre est réglé en « lame d'air ».

1°- A partir d'un schéma clair (à tracer sur la copie), montrer que la différence de chemin optique dans cette situation : $\delta = 2.n_a.x.\cos(i)$. Que représente i ? Que représente n_a ?

2°- Qu'observe-t-on sur l'écran (aucun calcul n'est demandé, on attend juste une description de l'écran) ?

3°- On diminue alors x en déplaçant M de manière à obtenir, sur l'écran, une intensité lumineuse $I_{(P)}$ uniforme (teinte plate). Expliquer en 5 lignes maximum quelle est la manipulation à effectuer et ce que l'on voit sur l'écran au fur et à mesure de ce réglage.

B-III): Mesure de position.

On revient au réglage de l'interféromètre en lame d'air et en teinte plate (M et M' équidistants de Sp, chacun à la distance d_o).

On modifie la source : la source S, ponctuelle, monochromatique, de longueur d'onde dans le vide λ_0, est à présent au foyer principal objet d'une lentille convergente Lo (figure 6).

Un détecteur est placé au foyer principal image (noté O) d'une lentille convergente L. Ce détecteur enregistre l'intensité lumineuse au point O $\{I_{(O)}\}$ au fur et à mesure du déplacement x du miroir M.

A partir de l'état initial (M et M' équidistants de d_o de S_p) on translate M' d'une distance inconnue x_1.

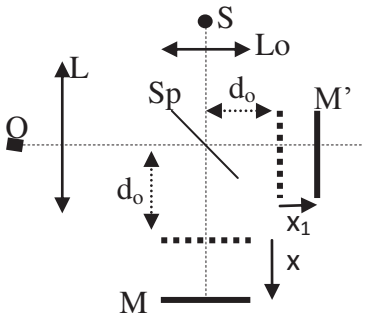


Figure 6

On examine ici la possibilité de repérer la position x_1 du miroir M' en mesurant le déplacement x du miroir M à l'aide de la courbe enregistrée $I_{(O)}$ =f(x).

Les notations (1) et (2) des faisceaux et de la différence de chemin optique sont les mêmes qu'en B-II.

B-III-1)

a- Reproduire la figure 6 et tracer la marche des faisceaux 1 et 2 qui se recombinent au point O.

b- Expliciter alors la différence de chemin optique δ en O en fonction de x, x_1 et des données optiques.

c- On note p l'ordre d'interférence ; rappeler la définition de p.

d- On note x_o le déplacement de M générant un état interférentiel d'ordre 0. Expliquer pourquoi la détection de l'ordre 0 permettrait de mesurer x_1 à partir de la mesure de x_o.

B-III-2) cas où la source est parfaitement monochromatique.

a- A partir de la **« relation c »**, donner l'expression de $I_{(O)}$ en fonction de x, x_1 et des données optiques.

b- On suppose que l'intensité est maximale lorsque x=0.
   $\alpha-$ Déterminer les positions x de M générant des maximas d'intensité.
   $\beta-$ Représenter graphiquement $I_{(O)}$ en fonction de x.

c- Est-il possible de repérer l'état d'interférence d'ordre 0 sur la courbe $I_{(O)}$ lorsque la source est parfaitement monochromatique ?

Tournez la page S.V.P.

B-III-3) La source S est à faible cohérence temporelle.

Dans une première approche, on considère que :

- ***pour observer des interférences entre 2 ondes issues d'une même source, il faut*** $|\delta| < L_c$.
- Dans le domaine où $|\delta| < L_c$, l'intensité lumineuse résultant des interférences en O est donnée par la **« relation c »** ;
- Si $|\delta| > L_c$, il n'y a plus interférence et l'intensité conserve la valeur $2I_o$ constante indépendante de δ.
- Pour les applications numériques : λ_0=800nm ; n_a=1,00 ; L_c =1,80μm.

a- Pour l'état d'interférence d'ordre 0 : quelle est la position théorique (x_o) de M? pourquoi l'intensité de cette frange est-elle maximale ?

b- Déterminer littéralement les valeurs minimale (x_-) et maximale (x_+) de x entre lesquelles il y a interférences.

c- Déterminer littéralement puis numériquement le nombre de maximas d'intensité détectables.

d- Faire une représentation graphique de l'intensité $I_{(O)}$ en fonction de x, pour $x \in \left[x_- - \frac{L_c}{n_a}, x_+ + \frac{L_c}{n_a} \right]$.

e- Expérimentalement, on détecte l'état d'interférence d'ordre 0 par un maximum d'intensité correspondant à un déplacement x_o de M (voir B-III-3-a).

$\alpha-$ Expliquer pourquoi la courbe $I_{(O)}=f(x)$ ne permet pas de trouver exactement x_o mais seulement un encadrement de x_o.

$\beta-$ Justifier alors que le meilleur estimateur de x_o est le milieu de l'intervalle x_-, x_+ (déterminé en B-III-3-b) avec une incertitude $\Delta x_o = L_c/2n_a$.

Une étude plus détaillée conduit à l'expression $I_{(O)}=2I_o\{1+V(x).\cos(\Phi)\}$ différente de la « relation c ».
Le terme V(x) est lié au profil spectral de la source.
La figure 7a donne l'allure d'un enregistrement de $I_{(O)}$ en fonction de x.
On conditionne le signal $I_{(O)}$ en supprimant sa composante continue et en détectant son enveloppe positive. On obtient le signal utile I_u (fig 7b).

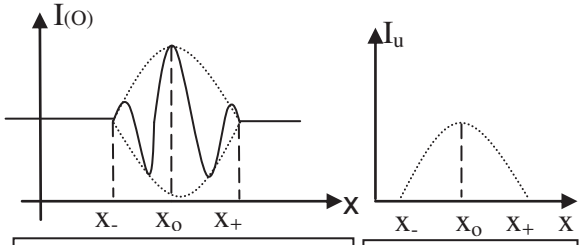


Figure 7a : sur cette figure on observe 3 maximas

Fig 7b

B-IV) Application à la biométrie de l'œil.

Pour mesurer les épaisseurs intéressantes de l'œil, on utilise un biomètre.
En ophtalmologie, les biomètres dérivent de l'interféromètre de Michelson en remplaçant le miroir M' par l'œil à mesurer (figure 8), chaque interface biologique jouant successivement le rôle de M'.
Le faisceau 1 arrivant sur l'œil est partiellement réfléchi par la première interface (en A sur la figure 8), la partie transmise se réfléchissant partiellement sur l'interface suivante (en B) et ainsi de suite.
Les faisceaux sont assez fins pour que l'on puisse considérer les interfaces comme planes ; la réflexion sur une interface sera assimilée à celle qui aurait lieu sur un miroir plan M' de même position.

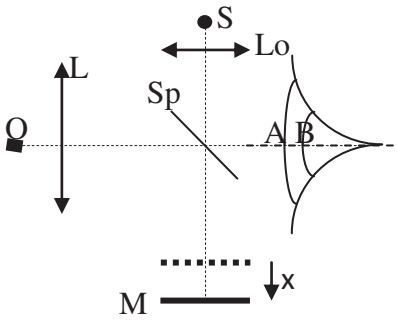


Figure 8

Le détecteur en O fournit, après détection d'enveloppe, le signal utile I_u de la figure 9, au fur et à mesure du déplacement x du miroir M.
Le pic de référence ($x=x_A=0$) correspond au signal issu de la réflexion en A ; le pic en x_B correspond au signal issu de la réflexion en B.
On note : D_c la distance AB ; n_c l'indice de réfraction du milieu biologique compris entre A et B.

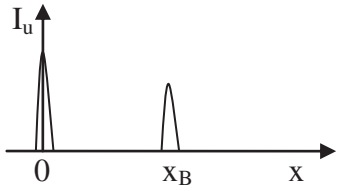


Figure 9

Données : λ_0, n_a, L_c, n_c.

B-IV-1) Expliciter la différence de chemin optique en O ($\delta_{B/2}$) entre le faisceau 1 se réfléchissant en B et le faisceau 2, en fonction x, D_c et des données.
B-IV-2) A partir des résultats de B-III-3, déterminer la valeur théorique de x_B ;
B-IV-3) En déduire l'expression littérale de D_c .

B-V) Enregistrement (fig 10).

Lors d'un examen ophtalmologique, le miroir M est translaté sur une distance suffisamment grande pour recueillir des informations sur les différences structures de l'oeil selon le principe décrit dans les questions précédentes.

Certains pics (P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 et P_6), repérés automatiquement par le logiciel de traitement du signal, correspondent chacun à une interface biologique, le pic P_1 représente l'interface air - cornée (voir document fig 11). L'axe horizontal est proportionnel déplacement du miroir M, l'axe vertical représente la réponse du détecteur.

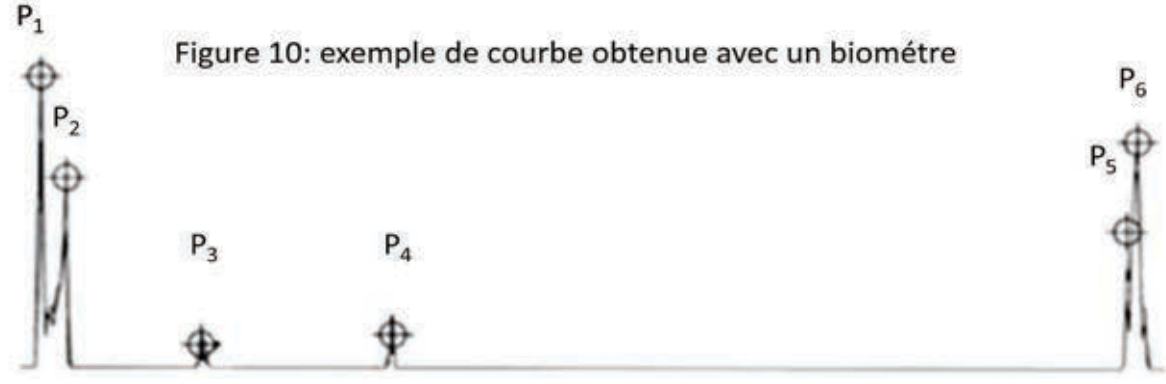


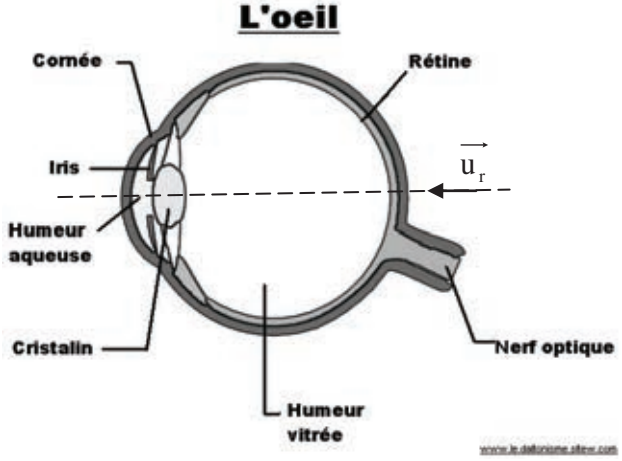
Figure 10: exemple de courbe obtenue avec un biométre

Tournez la page S.V.P.

a- Indiquer quel élément du globe oculaire se situe entre les pics P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 et P_6.

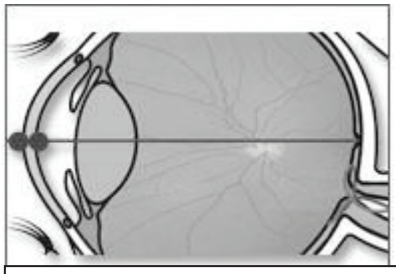
b- L'épaisseur de l'humeur vitrée de l'oeil étudié est D_v (D_v = 16.14mm).
En déduire l'épaisseur LT, en expliquant clairement la méthode utilisée.

Figure 11 : Document



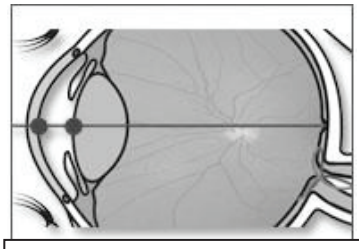
Indice de réfraction des structures transparentes de l'œil

- Indice de la cornée : n_c = 1.376
- Indice de l'humeur aqueuse : n_{aq} = 1.345
- Indice du cristallin théorique : n_{ct}= 1.406 (au centre)
- Indice de l'humeur vitrée : n_v= 1.344



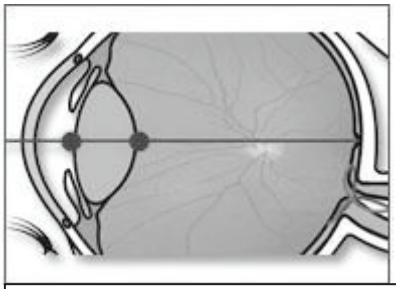
Epaisseur centrale de la cornée : CCT

Ordre de grandeur : 300 à 800 μm

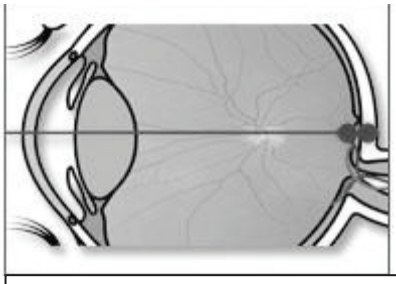


Profondeur de la chambre antérieure contenant l'humeur aqueuse : AD

Ordre de grandeur : 2 à 6 mm



Epaisseur du cristallin : LT



Epaisseur de la rétine : RT

Ordre de grandeur : 200 μm

partie C : Ecoulement sanguin.(30% environ)

Jean-Marie POISEUILLE (1797-1869) est un médecin français diplômé de l'école polytechnique (X1815).

On lui doit, entre autre, une méthode de mesure de la pression sanguine et plusieurs études sur la circulation sanguine qui l'amenèrent à poser les lois d'écoulement dans les tuyaux.

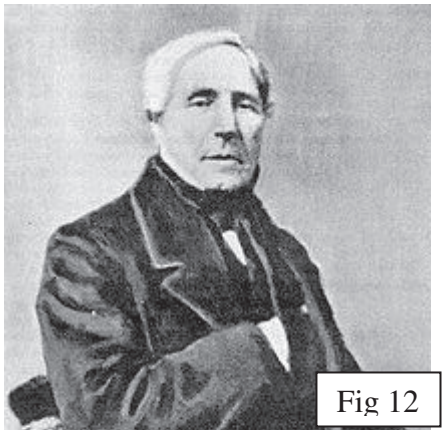


Fig 12

C-I) Ecoulement dans un tuyau (fig13).

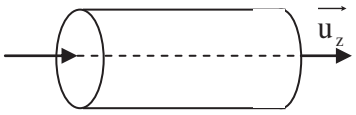


Fig 13

- Un liquide visqueux newtonien incompressible (masse volumique ρ, viscosité dynamique η) s'écoule dans un tuyau cylindrique horizontal de rayon R et de longueur L.
- Le régime d'écoulement est laminaire et stationnaire avec un débit volumique D_v.
- La vitesse en un point situé à la distance r de l'axe du tuyau, de symétrie axiale, obéit à la loi : $\overrightarrow{V(r)} = B\left[1-\left\{\frac{r}{R}\right\}^2\right].\vec{u}_z$
- Le nombre de Reynolds s'écrit $R_e=\frac{2V_m\rho R}{\eta}$, V_m étant la vitesse moyenne du fluide dans une section droite du tuyau.

Les données sont : ρ, η, **R, L** et le débit volumique (ou débit en volume) $\mathbf{D_v}$.

C-I-1) Expliciter le coefficient B en fonction des données.

C-I-2) Le module de la force F tangentielle exercée par le fluide, à cause de sa viscosité, sur la paroi interne du tuyau, est : $F=8\eta\frac{L}{R^2}D_v$.

a- Démontrer cette relation en précisant clairement le raisonnement.
b- Préciser sur un schéma le sens de cette force.

C-I-3) Le maintien du mouvement stationnaire du fluide nécessite une différence entre la pression à l'entrée de tuyau (P_e) et la sortie (P_s) : $\mathbf{P_e-P_s=F/\pi R^2}$. Justifier *qualitativement* cette relation.

C-I-4) En déduire l'expression $P_e-P_s=R_h.D_v$ et expliciter la résistance à l'écoulement R_h en fonction des données.

Tournez la page S.V.P.

C-II) Perte de charge.

C-II-1) En dynamique des fluides, on appelle charge la quantité $\mathcal{E} = P + \rho g z + \frac{\rho v^2}{2}$.

a- Quelle est l'unité de $\mathcal{E}$ dans le système international ?

b- Rappeler l'équation de Bernoulli pour un fluide parfait.

C-II-2) Pour tenir compte de la dissipation d'énergie, on modifie la relation de Bernoulli en introduisant un terme de perte de charge.

La formule de Darcy donne la forme des pertes de charges régulières :

$$\mathcal{P}_c = f.\frac{L}{2R}.\frac{\rho V_m^2}{2}$$, $\mathcal{P}_c$ ayant la même unité que $\mathcal{E}$.

a- Faire une analyse dimensionnelle de coefficient f.

b- A quoi correspondent les pertes de charges régulières ?

c- Donner 2 exemples d'autres types de pertes de charges.

C-II-3) Le diagramme (de Moody) ci-dessous (figure 14) donne f en fonction de R_e. En abscisse (respectivement ordonnée) sont portées les valeurs de R_e (respectivement f) mais en échelle logarithmique (échelle log/log).

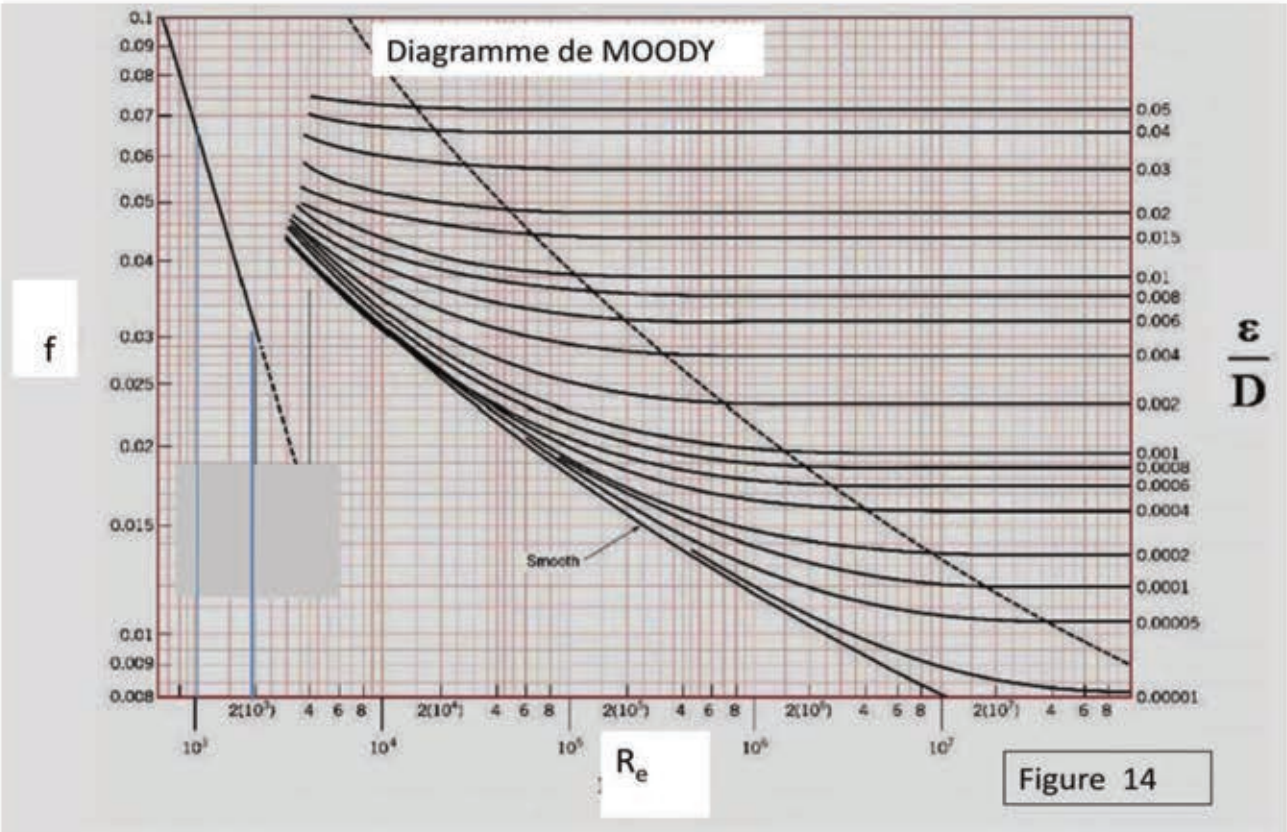


Figure 14

a- La partie droite du diagramme fait apparaitre un réseau de courbes dépendant de la rugosité relative du tuyau (notée ε/D sur la figure 14).

- Un tuyau rugueux possède des aspérités dont la taille a pour valeur moyenne ε (en mètre) ; la rugosité relative est le rapport sans dimension ε/D (D : diamètre du tuyau).

- L'évaluation du coefficient f peut se faire avec la relation expérimentale de Colebrook : $\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left[\frac{\varepsilon}{3,71.D} + \frac{2,51}{R_e.\sqrt{f}}\right]$

Justifier, à l'aide de la relation de Colebrook, l'allure du diagramme de Moody pour des nombres de Reynolds très élevés.

b- Préciser comment R_e permet de distinguer deux types d'écoulement et identifier la zone de ce diagramme associée à chaque type d'écoulement.

c- La partie gauche du diagramme fait apparaitre une droite.

α- Montrer que cela correspond à une relation du type : f = K. R_e^{α}.

β- Déterminer, à partir des valeurs lues sur la figure14 et du tableau ci contre, les valeurs approchées des constantes K et α.

x	2	3,2	3,7	6,5
Log(x)	0,3	0,5	0,6	0,8

C-II-4) Application à l'écoulement étudié en C-I.

Les données et les notations sont celles de C-I (données : ρ, η, R, L et D_v).

a- Trouver le lien entre D_v et la vitesse moyenne V_m.

b- Trouver une relation liant P_e-P_s , f et les données, en utilisant la relation de Bernoulli tenant compte des pertes de charges données par la formule de Darcy (C-II-2).

c- Déduire des questions précédentes (C-I et C-II-4) le lien théorique entre f et le nombre de Reynolds R_e.

d- Comparer au résultat trouvé en C-II-3-c ; conclure.

Tournez la page S.V.P.

C-II-5) Application à la circulation sanguine.

Le sang est un liquide incompressible visqueux circulant dans le corps à travers un réseau d'artères, artérioles, capillaires, veinules, veines (figure 15).

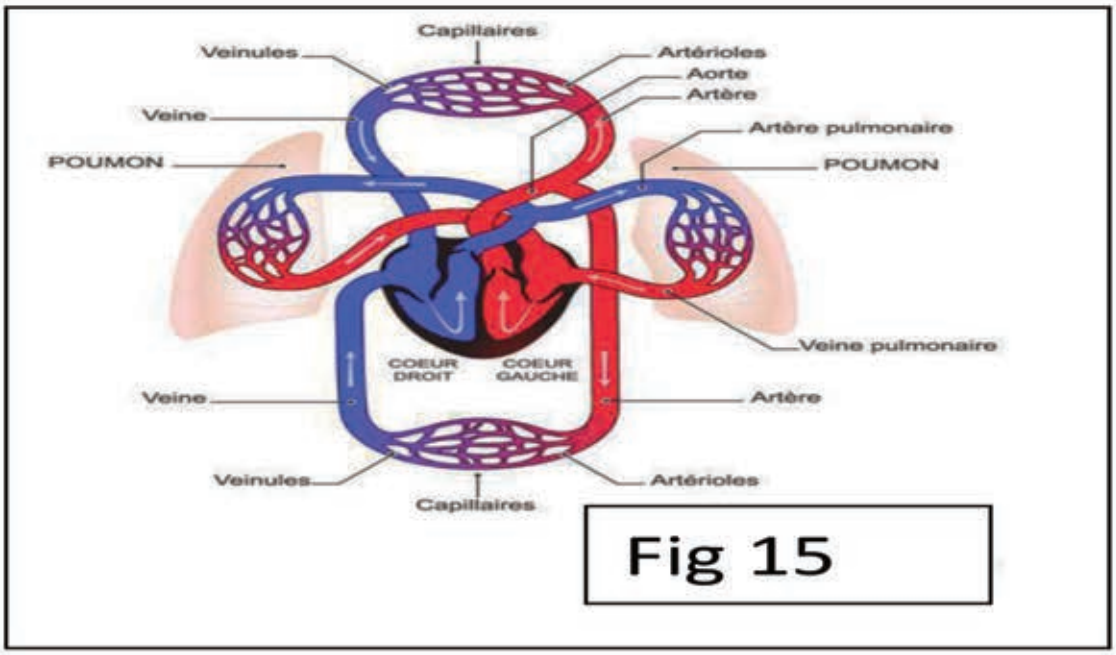


Fig 15

Les échanges biochimiques se font à travers le réseau capillaire d'un organe pour lequel on mesure (figure 16) :

En A : pression moyenne $P_A=4{,}0.10^3$Pa pour un débit volumique D_{VA}= 1,8 L/min ;

En B : $P_B=1{,}6.10^3$Pa.

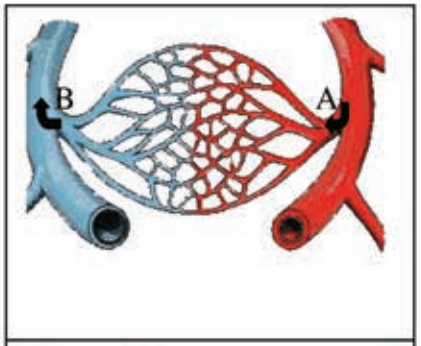


Figure 16

a- Déterminer, à partir de la relation C-I-4, la résistance totale R_{hAB} à l'écoulement entre A et B, en utilisant les unités (à préciser) du système international.

b- La figure 17 représente un modèle ramifié du réseau capillaire.

En moyenne, chaque vaisseau capillaire possède une longueur L = 1 mm, un rayon r = 3µm, une résistance à l'écoulement $R_{hcap}=1{,}2.10^{19}$ SI.

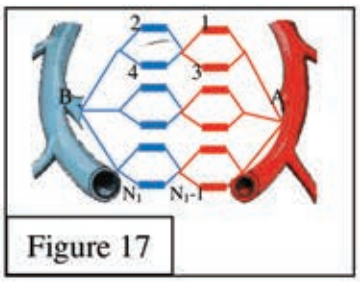


Figure 17

Evaluer littéralement le nombre N_1 de capillaires de ce modèle ramifié (sur la figure 17, chaque trait épais représente 1 capillaire) en fonction de R_{hAB} et R_{hcap}.

-- Fin du sujet --

Travailler les chapitres de ce sujet

Prepa Help suit le programme de PT chapitre par chapitre : cours détaillé, méthodes, pièges, exercices et problèmes corrigés pas à pas, tirés des concours. L'essai gratuit donne accès aux chapitres offerts de ta filière, sans carte bancaire.

Chapitres liés à ce sujet

- Électrostatique : formulation locale et condensateur
- Amplificateur linéaire intégré, stabilité et rétroaction
- Filtrage linéaire
- Électronique numérique
- Notation complexe, régime sinusoïdal forcé et fonctions de transfert
- Modèle scalaire des ondes lumineuses
- Superposition d'ondes lumineuses, trous d'Young et réseau
- Interféromètre de Michelson

Ouvrir l'essai gratuit

Scanne le code ou clique sur le bouton.

prepahelp.com/#essai

Une question sur le concours ou sur ta filière : **écrire sur WhatsApp**

Les autres années et épreuves : prepahelp.com/annales/banque-pt/pt