Lycée Jean Perrin

Filière PCSI

Samedi 16 novembre 2024

# 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.

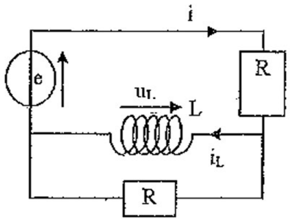
Certaines questions peu ou pas guidées, demandent de l'initiative de la part du candidat. Leur énoncé est repéré par une barre en marge. Il est alors demandé d'expliciter clairement la démarche, les choix et de les illustrer le cas échéant, par un schéma. Le barème valorise la prise d'initiative et tient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

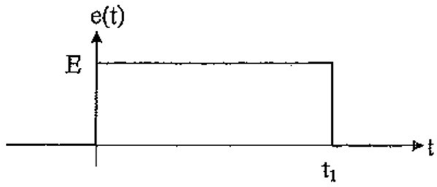
# EXERCICES COURTS ET SIMPLES (35min)

## EXERCICE I : Circuit RL (Extrait ENAC) 20 min

Dans le circuit ci-dessous, le générateur délivre une tension créneau e(t) d'amplitude E, qui débute à l'instant initial (t=0) et se termine à l'instant $t_1$ :

Figure 1




**Q1**. En régime stationnaire (grandeurs indépendantes du temps) à quel dipôle est équivalente la bobine ?

**Q2,**En supposant le régime permanent établi pour t<0 (e(t<0)=0), déterminer la valeur de l'intensité du courant $i(0^-)$ à $t= 0^-$ .

**Q3.** Pour t compris entre 0 et $t_1$, établir l'équation différentielle vérifiée par i(t). On introduira un temps caractéristique $\tau$.

## EXERCICE 2 : Lunette astronomique E3A 15 min

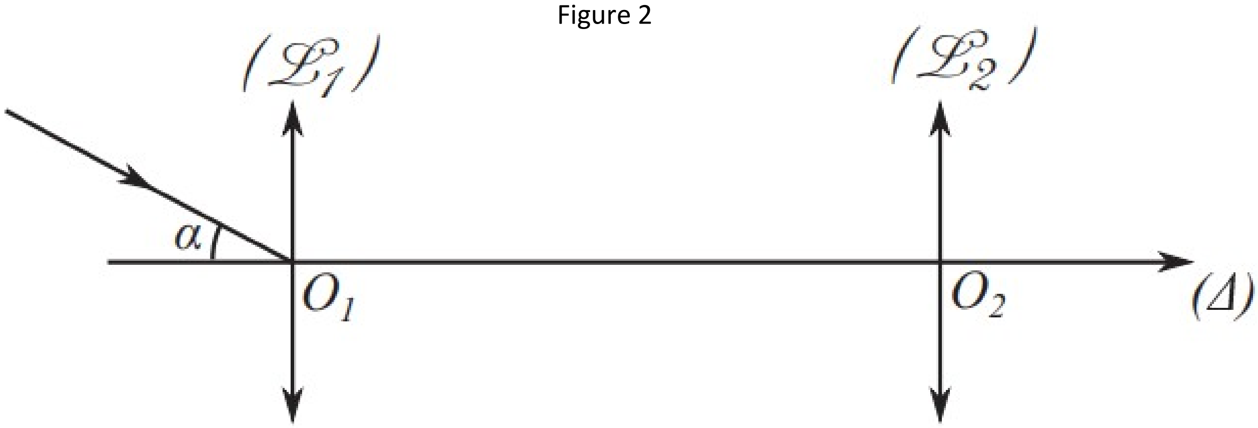
Une lunette astronomique est un système optique centré constitué d'un objectif et d'un oculaire. L'objectif est assimilé à une lentille mince convergente de centre optique O1 , de distance focale $f'_1 = 100$ cm et de diamètre $D_1$ . L'oculaire est une lentille mince convergente de centre optique O2 , de distance focale $f'_2 = 20$ mm et de diamètre $D_2$ .

**Q1** À quelle condition l'œil d'un observateur, supposé sans défaut, n'accommode-t-il pas (ne se fatigue pas) ? En déduire la position relative de l'objectif et de l'oculaire dans ce cas de figure.

**Q2** Rappeler les conditions de Gauss. Reproduire la figure 2, sans respecter les échelles, et compléter la marche du rayon incident d'angle α avec l'axe optique en faisant clairement apparaître les traits de construction. Indiquer l'angle α ′ sous lequel est vue la planète à travers l'instrument sous ces mêmes conditions.

**Q3** Déterminer le grossissement de la lunette $G = \alpha' / \alpha$ en fonction de $f'_1$ et de $f'_2$ et calculer celui-ci.

Figure 2



# Problème A – Modélisation d'une lampe de secours à secouer (50 min)

On s'intéresse dans cette exercice à une « lampe à secouer »

Voici un extrait de la notice de cet objet :

**Document - Extrait de la notice pour une lampe à secouer**
En secouant la lampe 30 secondes (un peu comme une bombe de peinture), de l'énergie électrique est produite et stockée dans un condensateur. Vous obtenez alors environ 20 minutes d'une lumière produite par une DEL (diode électroluminescente). Si vous n'utilisez pas toute l'énergie produite, elle restera stockée dans le condensateur pendant plusieurs semaines pour être ensuite immédiatement disponible sur simple pression du bouton marche/arrêt.

Physiquement, lorsqu'on secoue vigoureusement cette lampe lors de la phase de recharge, le condensateur se charge.
On part d'une situation où on suppose que le condensateur vient d'être chargé et que la tension à ses bornes est $U_0$ = 3,3 V. On cesse alors d'agiter la lampe et donc de recharger le condensateur

Tout d'abord, on étudie la décharge de ce condensateur de capacité $C$ = 10 F (" super-condensateur ") dans un conducteur ohmique de résistance $R$ pouvant modéliser une lampe à incandescence.

Le circuit étudié est donc représenté par le schéma de la **figure 3.** La partie de circuit utile lors de la phase de charge du condensateur n'est pas représentée

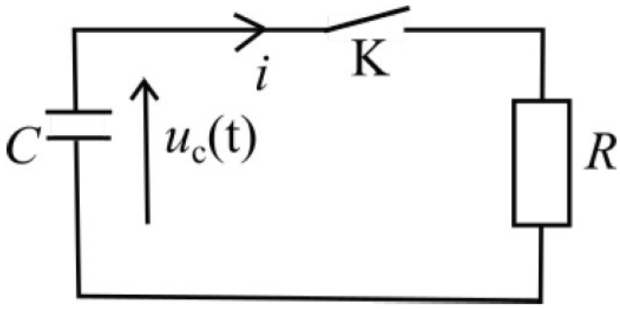



Figure 3

À l'instant initial $t_0$ = 0 s, on ferme l'interrupteur K et la décharge commence.

**Q1** déterminer l'énergie stockée dans le condensateur en fonction des paramètres.

**Q2** Établir l'équation différentielle vérifiée par $u_C(t)$ pendant la décharge en faisant apparaître une constante de temps τ dont on donnera l'expression.

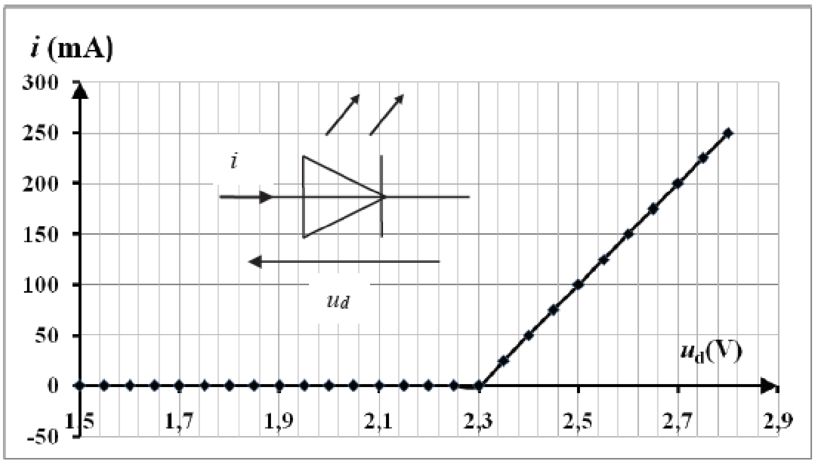
**Q3.** Déterminer l'expression littérale de la solution de cette équation différentielle.

Au bout d'une durée environ égale à 5τ , la décharge du condensateur est quasi-complète.

**Q4.** Si l'on considère que cette durée est égale à 20 minutes, déterminer la valeur de la résistance $R$ du conducteur ohmique qu'il faut alors associer au condensateur de capacité $C$ = 10 F.

**Pour la suite des questions, on considère toujours C initialement chargé sous une tension $U_0$ = 3,3 V. On remplace maintenant le conducteur ohmique de résistance *R* par une DEL.**

La caractéristique i= f($u_d$) de la DEL est la suivante :




Pour cette diode, on appelle $U_{seuil}$ la tension minimale au-delà de laquelle la diode devient passante (quand i est une fonction affine croissante de $U_d$ sur la caractéristique)

On convient alors que la diode électroluminescente cesse d'émettre suffisamment de lumière dès que :

$u_d < U_{seuil} + 0{,}1$ V .

**Q5.** Proposer un modèle électrique équivalent pour la DEL lorsqu'elle est passante. On attend des valeurs numériques pour les grandeurs physiques introduites ( à determiner à partir de la caractéristique )

**Q6** Montrer alors, en justifiant par un schéma, que la nouvelle équation différentielle régissant l'évolution de $u_c$(t) lorsque le condensateur se décharge dans la diode électroluminescente est :

$$\frac{du_c}{dt}+\frac{u_c}{\tau'}=\frac{U_{seuil}}{\tau'}$$

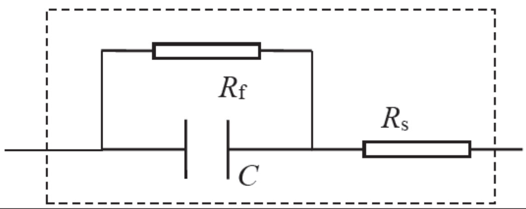
on exprimera le nouveau temps caractéristique τ' en fonction de C et d'un paramètre introduit à la question Q5

**Q7.** Déterminer la solution $u_c$(t) de cette nouvelle équation différentielle.

**Q8** Représenter graphiquement l'allure de l'évolution de $u_c$(t) en mettant en évidence les points importants du graphe (valeur et tangente à l'origine ainsi que asymptote éventuelle).

Certains modèles électriques plus élaborés du " super-condensateur " utilisé ici permettent de traduire, plus fidèlement à la réalité, son comportement réel dans un circuit. Un des modèles possibles fait apparaître, autour de la capacité *C*, une résistance $R_f$ en parallèle et une résistance série *R*s conformément au schéma ci-dessous :

**Document - Modèle plus fidèle à la réalité pour le " super-condensateur "**




**Q9.** Dans cette application de stockage et de restitution d'énergie, faut-il $R_s$ la plus grande ou la plus petite possible ? Justifier.

**Q10** Dans cette application de stockage et de restitution d'énergie, faut-il $R_f$ la plus grande ou la plus petite possible ? Justifier.

## Problème B - Mesure d'une résistance inconnue (inspiré de CCP) (35 min )

On dispose d'un résistor de résistance inconnue R=X

**Q1** Pour déterminer X, on place en série le résistor de résistance X, un résistor de résistance connue r = 100 Ω un générateur de tension idéal de force électromotrice e= 1,50 V et un ampèremètre A de résistance interne négligeable. Représenter le circuit correspondant.

**Q2** Exprimer la tension $U_X$ aux bornes de X en fonction de e, r et X . Montrer que la mesure de $U_x$ permet de déterminer X connaissant e, r et $U_x$.

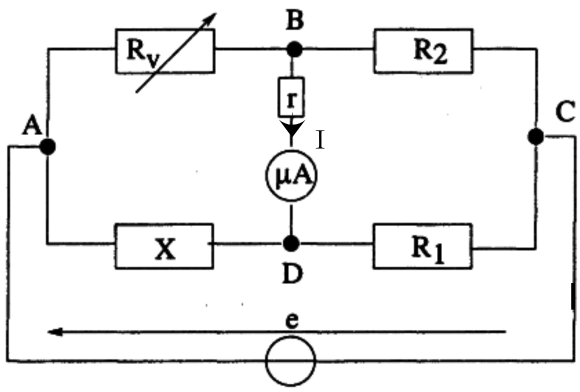
**Q3** Rajouter sur le schéma de la question 1 le voltmètre permettant de mesurer $U_X$ (en précisant la position des bornes V et COM )

**Q4** Montrer que la mesure de l'intensité I du courant traversant le circuit permet aussi de remonter à la valeur de X. On a u(r)/ r = 0,005 et u(e)/e= 0,001 tandis que la lecture de l'ampèremètre donne I= 4,290 mA avec une incertitude négligeable devant celles sur les autres grandeurs. Donner la valeur de X ainsi que l'incertitude u(X) portant sur la mesure.

**On pourra utiliser le formulaire de propagation des incertitudes en ANNEXE 1 à la fin du sujet**

La résistance X est maintenant placée dans le montage (**classique...**) de la Figure 4, appelé pont de Wheatstone. Entre les bornes B et D est placé un microampèremètre de résistance interne négligeable, protégé par un résistance r = 100 Ω. les résistances $R_1$, $R_2$ sont des résistances étalons et $R_V$ est une résistance variable (obtenue par exemple au moyen de boites de résistances montées en série)

**Figure 4 : pont de Wheatstone**




**Q5** Établir une condition sur $R_1$ , $R_2$, $R_V$ et X pour laquelle le courant traversant le microampèremètre s'annule.

On choisit $R_1$ = 100 Ω $R_2$ = 1, 000 kΩ et la mesure donne $R_V$ = 2520 Ω lorsque le pont est équilibré (I =0). Les résistances possèdent une incertitude type relative de 0,5 % (u(R)/R =0,005 ) . le générateur de f-e-m e est le même que celui des questions Q1 à Q4.

**Q6** Calculer la valeur de X et l'incertitude u(X) associée à cette mesure. Comparer les deux méthodes en terme de précision.
**On pourra utiliser le formulaire de propagation des incertitudes en ANNEXE 1 à la fin du sujet.**

**ANNEXE 1 : formules de propagation des incertitudes**

| Cas | Relation | Incertitude |
|---|---|---|
| 1 | $X = \lambda Y$ ($\lambda$ constante) | $u(X) = \lvert\lambda\rvert \cdot u(Y)$ |
| 2 | $X = Y + Z$ ou $X = Y - Z$ | $u(X) = \sqrt{u(Y)^2 + u(Z)^2}$ |
| 3 | $X = Y/Z$ ou $X = Y \cdot Z$ | $u(X) = \lvert X\rvert \sqrt{\left(\frac{u(Y)}{Y}\right)^2 + \left(\frac{u(Z)}{Z}\right)^2}$ |