

Calculatrice en mode examen autorisée ou calculatrice collègue

Mai 2021

Prénom et Nom : Note : sur/20

La feuille d'énoncé doit être rendue à la fin et vous devez émarginer au bureau du professeur.

Exercice 1 : la lunette astronomique amateur (9 pts : 55 min)

Quel astronome amateur n'a pas été émerveillé de voir la première fois Saturne et ses anneaux dans sa lunette astronomique qu'il venait de construire avec simplement deux lentilles et deux tubes en carton ?

Cet exercice traite d'une lunette astronomique construite avec deux lentilles dont les caractéristiques indiquées par le constructeur sont les suivantes :

- Objectif L_1 : Diamètre : $D_1 = 40$ mm Distance focale : $f_1' = O_1F_1' = 1,15$ m
- Oculaire L_2 : Diamètre : $D_2 = 15$ mm Distance focale : $f_2' = O_2F_2' = 2,5$ cm

On rappelle la relation de conjugaison appliquée à une lentille mince de centre optique O, de distance focale f' , donnant d'un point A situé sur l'axe optique une image A' :

$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$$

1°) Vérification des distances focales (2 pts):

L'astronome amateur veut d'abord vérifier les valeurs des distances focales indiquées par le constructeur.

- 1.1) Avec l'objectif, il cherche l'image du Soleil sur un écran. Quand il obtient une image nette, petite et très lumineuse, il mesure la distance séparant l'objectif de l'écran. *Quel doit être normalement cette valeur ? Justifier par une démonstration.*
- 1.2) La méthode précédente ne lui semble pas suffisamment précise pour vérifier la valeur très petite de f_2' de l'oculaire, aussi préfère-t-il utiliser une autre méthode, dite de Silbermann, dans son laboratoire. Il place un objet AB à l'extrémité d'un banc d'optique et perpendiculaire à celui-ci. Il déplace l'oculaire et un écran de manière à obtenir une image **A'B' renversée et de même grandeur que l'objet AB**. Les points A et A' sont sur l'axe optique de l'oculaire. Il mesure une distance $AA' = 10,0$ cm.
 - 1.2.1) *Faire la construction graphique correspondant à l'expérience. Tracer deux rayons remarquables issus de B permettant d'obtenir l'image B' et placer les foyers F_2 et F_2' de l'oculaire. Expliquer votre construction.*
 - 1.2.2) *À partir de ce schéma, trouver la relation entre $f_2' = O_2F_2'$ et la distance AA' (aucune démonstration n'est demandée). La valeur de $f_2' = O_2F_2'$ trouvée est-elle conforme à l'indication du constructeur ?*

2°) Grossissement de la lunette (4 pts) :

L'astronome amateur utilise sa lunette dans les meilleures conditions d'observations. Le foyer image de l'objectif et le foyer objet de l'oculaire sont alors confondus : la lunette est afocale. Il observe un objet AB considéré à l'infini et perpendiculaire à l'axe optique en A. Le diamètre apparent de l'objet est noté α . Le schéma en annexe (**à rendre avec la copie**) reproduit la situation sans souci d'échelle.

- 2.1) *Construire sur l'annexe l'image intermédiaire A_1B_1 de l'objet $A \infty B \infty$ donnée par l'objectif L_1 . Justifier.*
- 2.2) *Où se forme l'image définitive $A'B'$ donnée par la lunette ? Justifier avec une démonstration la réponse.*
- 2.3) *Tracer le rayon émergent de l'oculaire correspondant au rayon incident issu de $B \infty$ et passant par le centre optique O_1 de l'objectif qui formera l'image A_1B_1 , cette dernière permettra de former $A'B'$ (laisser la construction apparente sur l'annexe)*

2.4) Le grossissement de la lunette est donné par l'expression : $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$ α' étant l'angle sous lequel on voit l'image A'B'

à travers la lunette (c'est-à-dire à la sortie de l'oculaire) Les angles α et α' étant petits et exprimés en radians, on pourra écrire : $\tan \alpha \approx \alpha$ et $\tan \alpha' \approx \alpha'$.

Indiquer α' sur le schéma en annexe et trouver, par des considérations géométriques, le grossissement G en fonction des distances focales f_1' et f_2' , puis calculer sa valeur numérique (Démonstration obligatoire).

2.5) Le grossissement précédent est bien adapté à l'observation de la Lune ou des anneaux de Saturne. Pour observer le ciel profond (galaxies, nébuleuses...), donc pas des planètes ou satellites, l'astronome utilise un grossissement inférieur. Pour cela, sans changer d'objectif, utilise-t-il un oculaire de distance focale supérieure ou inférieure à 2,5 cm? Justifier la réponse.

3°) **Cercle oculaire (3 pts) :**

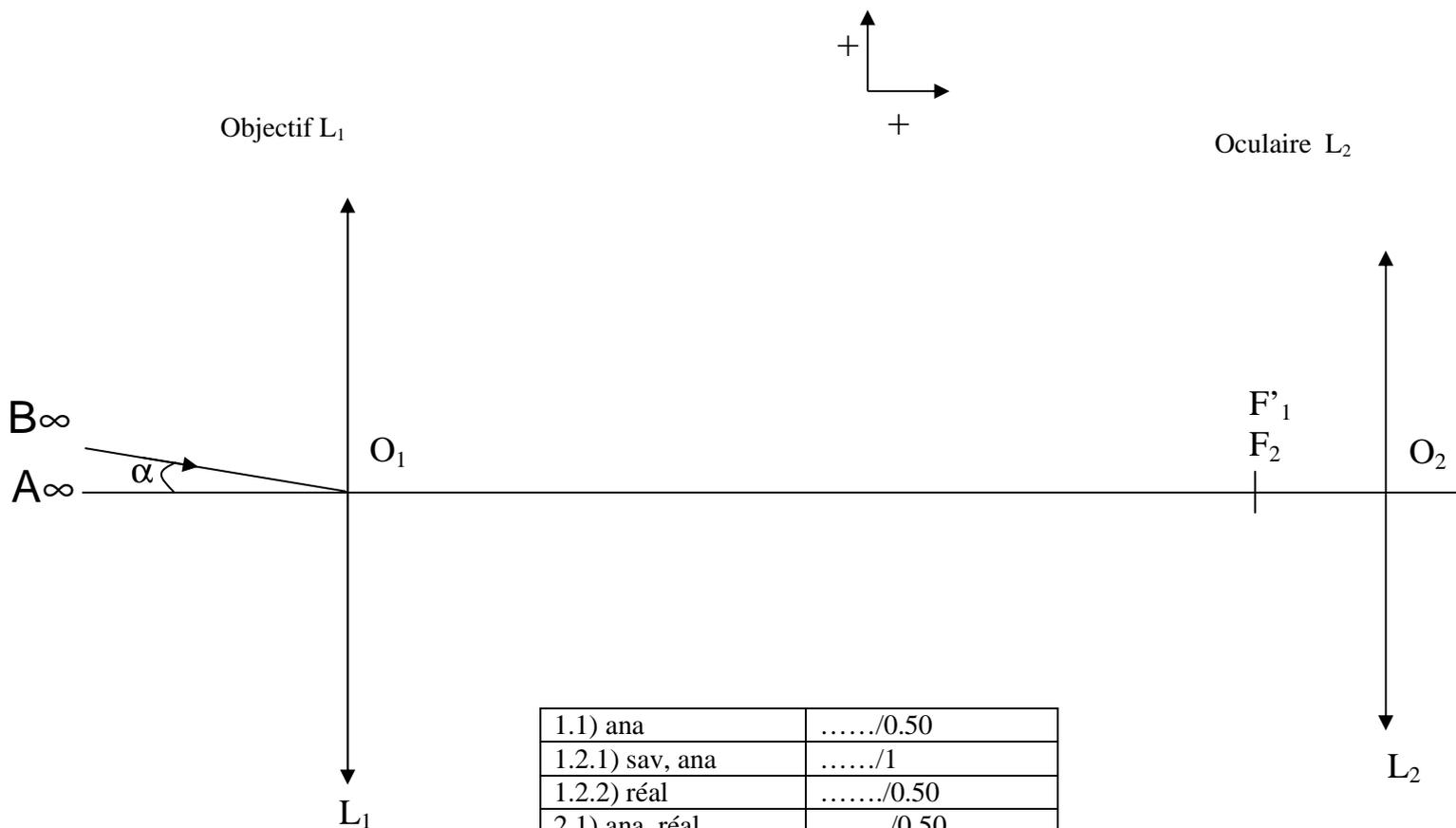
On appelle cercle oculaire l'image de l'objectif (donc de la lentille L_1) à travers l'oculaire. Le **cercle oculaire** correspond à la section la plus étroite du faisceau sortant de l'**oculaire**, l'œil reçoit le maximum de lumière, il doit donc être placé au niveau du cercle oculaire. Cette position d'observation permet de collecter dans l'œil toute la lumière recueillie par l'objectif.

3.1) On se place toujours dans le cas d'une lunette afocale. Construire le cercle oculaire sur le schéma donné en annexe (à rendre avec la copie), pour cela tracer deux rayons issus du bord inférieur et supérieur de l'objectif L_1 , passant par A_1 c'est-à-dire (F'_1 et F_2) et arrivant sur l'oculaire. Ces rayons forment un angle β avec l'axe optique.

3.2) Calculer la valeur d du diamètre du cercle oculaire. Pour cela faire une démonstration donnant d en fonction de D_1 , f'_2 et f'_1 , on considérera toujours que $\tan\beta \approx \beta$. (Démonstration, formule littérale et calcul détaillé obligatoire).

3.3) Où l'astronome doit-il placer son œil et quel doit être le diamètre de sa pupille pour recevoir le maximum de lumière ?

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE



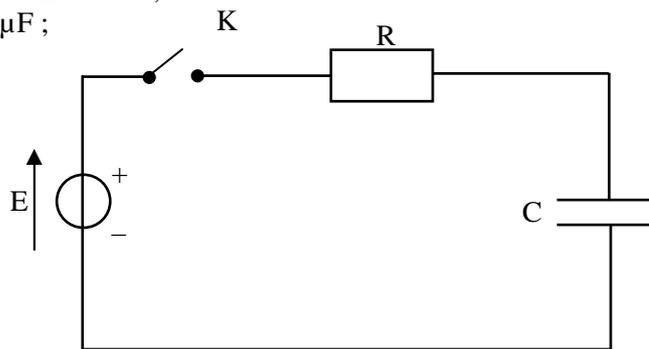
1.1) ana	...../0.50
1.2.1) sav, ana	...../1
1.2.2) réal	...../0.50
2.1) ana, réal	...../0.50
2.2) ana	...../0.5
2.3) sav	...../0.50
2.4) ana, réal	...../2
2.5) ana, com	...../0.50
3.1) réal	...../0.5
3.2) ana, réal	...../2
3.3) ana	...../0,5

Exercice II : principe d'une minuterie (11 pts 65 minutes)

1°) Étude théorique d'un dipôle RC soumis à une tension (6,5 pts)

Le montage du circuit électrique schématisé ci-dessous (figure 1) comporte :

- un générateur de tension fixée à $E = 12,0 \text{ V}$;
- un conducteur ohmique de résistance R inconnue ;
- un condensateur de capacité $C = 120 \mu\text{F}$;
- un interrupteur K .



Le condensateur est initialement déchargé. À la date $t = 0 \text{ s}$, on ferme l'interrupteur K .

Sur le schéma du circuit donné en ANNEXE (figure 1 à rendre avec la copie), une flèche représente le sens de circulation du courant d'intensité i dans le circuit. Ce sens sera considéré comme le sens positif. Par ailleurs, on note q la charge de l'armature du condensateur qui se chargera positivement.

1.1. En utilisant la convention récepteur, représenter par des flèches sur la figure 1 de l'ANNEXE les tensions $u_C(t)$ aux bornes du condensateur et $u_R(t)$ aux bornes du conducteur ohmique.

1.2. Donner l'expression de $u_R(t)$ en fonction de $i(t)$.

1.3. Donner l'expression de $i(t)$ en fonction de la charge $q(t)$ du condensateur.

1.4. Donner la relation liant $q(t)$ et $u_C(t)$.

1.5. En déduire l'expression de $i(t)$ en fonction de la capacité C et de la tension $u_C(t)$.

1.6. En appliquant la loi d'additivité des tensions, établir une relation entre E , $u_R(t)$ et $u_C(t)$.

1.7. Établir l'équation différentielle notée (1) à laquelle obéit $u_C(t)$ (démonstration obligatoire).

1.8. $u_C(t) = E \times (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$, avec $\tau = R \times C$, est solution de l'équation différentielle (1).

1.8.1. Vérifier que $u_C(t) = E \times (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ est solution de l'équation différentielle (1). (Démonstration obligatoire).

1.8.2. De même, vérifier que $u_C(t) = E \times (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ respecte la condition initiale ($t=0 \text{ s}$) (Démonstration obligatoire).

1.9. On s'intéresse à la constante de temps du dipôle RC : $\tau = R \times C$.

1.9.1. Par une analyse dimensionnelle et en vous servant des questions précédentes, vérifier que le produit $\tau = R \times C$ est bien homogène à une durée (Démonstration obligatoire).

1.9.2. A l'aide de la courbe $u_C(t) = f(t)$ donnée en ANNEXE (figure 2 à rendre avec la copie), déterminer graphiquement la valeur de τ par la méthode de votre choix. La construction qui permet la détermination de τ doit figurer sur la courbe $u_C(t) = f(t)$.

1.9.3. En déduire la valeur de la résistance R . Cette valeur sera donnée avec deux chiffres significatifs (formule littérale et calcul détaillé obligatoire)

1) sav	...../0.50
2) sav	...../0.25
3) sav	...../0.50
4) sav	...../0.25
5) sav, réel	...../0.5
6) réel	...../0.25
7) sav, réel	...../0.5
8.1) ana, réel	...../0.75
8.2) réel	...../0.5
9.1) ana	...../1
9.2) sav	...../1
9.3) réel	...../0.5

2°) Application (4,5 pts):

Au dipôle RC précédemment étudié, on associe un montage électronique qui commande l'allumage d'une lampe :

- la lampe s'allume lorsque la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur est inférieure à une valeur limite $u_{al} = 6,0 \text{ V}$;
- la lampe s'éteint dès que la tension u_C aux bornes du condensateur est supérieure à cette valeur limite $u_{al} = 6,0 \text{ V}$.

Le circuit obtenu (figure 3) est le suivant :

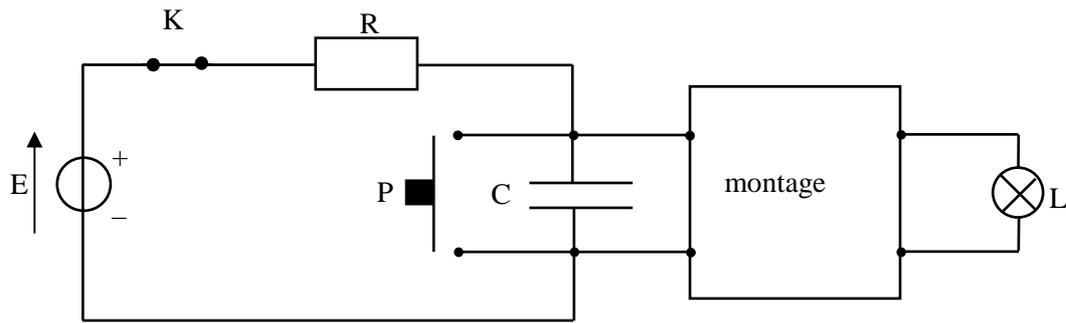


figure 3

Fonctionnement du bouton poussoir :

Lorsqu'on appuie sur le bouton poussoir, ce dernier entre en contact avec les deux bornes du condensateur et se comporte comme un fil conducteur de résistance nulle. Il provoque la décharge du condensateur.

Lorsqu'on relâche le bouton poussoir, ce dernier se comporte alors comme un interrupteur ouvert et le condensateur se charge.

2.1. Le condensateur est initialement chargé avec une tension égale à 12,0 V (celle du générateur), la lampe est éteinte. On appuie sur le bouton poussoir P.

Que devient la tension aux bornes du condensateur $u_C(t)$ pendant cette phase de contact du bouton poussoir ? La lampe s'allume-t-elle ? Justifier la réponse.

2.2. On relâche le bouton poussoir.

2.2.1. *Comment évolue qualitativement la tension aux bornes du condensateur au cours du temps ?*

2.2.2. La constante de temps du dipôle RC utilisé est $\tau = 25$ s.

Comment évolue l'état de la lampe aussitôt après avoir relâché le bouton poussoir ? (Justifier).

2.2.3. En vous aidant de la solution de l'équation différentielle (donnée à la question 1.8.1.), donner l'expression littérale de la date t_{ab} à laquelle la tension aux bornes du condensateur atteint la valeur limite u_{al} en fonction de u_{ab} , E et τ (démonstration et formule littérale obligatoire)

2.2.4. *Calculer la valeur de t_{al} durée d'allumage de la lampe (calcul détaillé obligatoire).*

2.2.5. *Retrouver graphiquement la valeur de t_{al} à l'aide de la courbe $u_C(t) = f(t)$ fournie en ANNEXE (figure 2 à rendre avec la copie). Indiquer clairement cette durée sur le graphe.*

2.3. La tension aux bornes du générateur E étant constante, on voudrait augmenter la durée d'allumage.

Quels sont les deux paramètres du circuit électrique de la figure 1 sur lesquels on peut agir ? Préciser pour chacun d'entre eux comment ils doivent varier en justifiant.

ANNEXE (à rendre avec la copie)

Fig 1

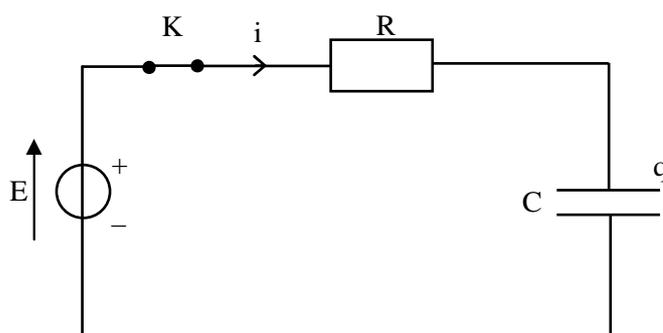


Figure 1

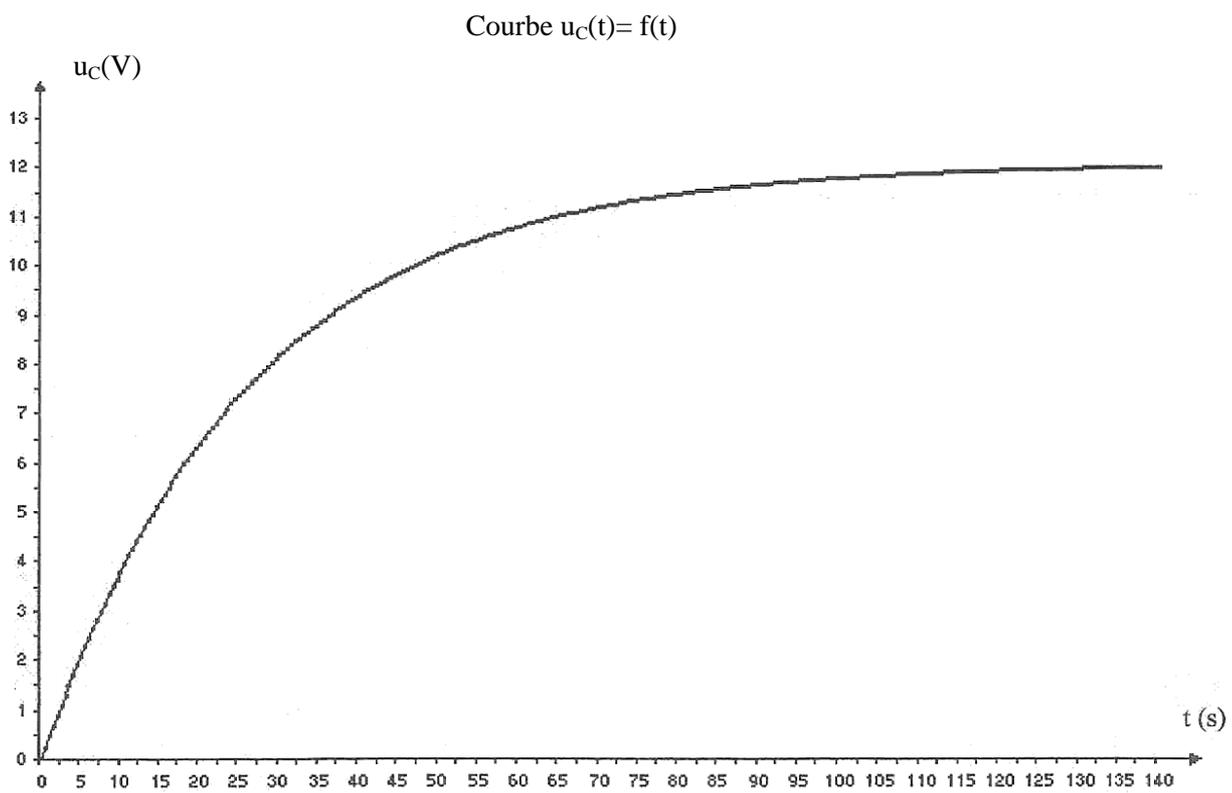


Figure 2

2.1) ana réal	...../0.50
2.2.1) sav, com	...../0.50
2.2.2) sav	...../0.50
2.2.3) ana, réal	...../1
2.2.4) réal	...../0.5
2.2.5) réal	...../0.75
2.3) sav, réal	...../0,75