Conseils :

- Ce devoir comporte 2 exercices indépendants. Lisez attentivement l'énoncé du début à la fin et choisissez **ensuite** par quel problème commencer (aucun ordre n'est imposé).
- Le correcteur tiendra compte de la **présentation** (soin apporté aux schémas) et de la **rédaction de votre copie** : justifiez rapidement vos affirmations, donnez la **valeur littérale simplifiée** des résultats en fonction des données de l'énoncé, **vérifiez l'homogénéité et la cohérence** (tout résultat non homogène sera sanctionné).

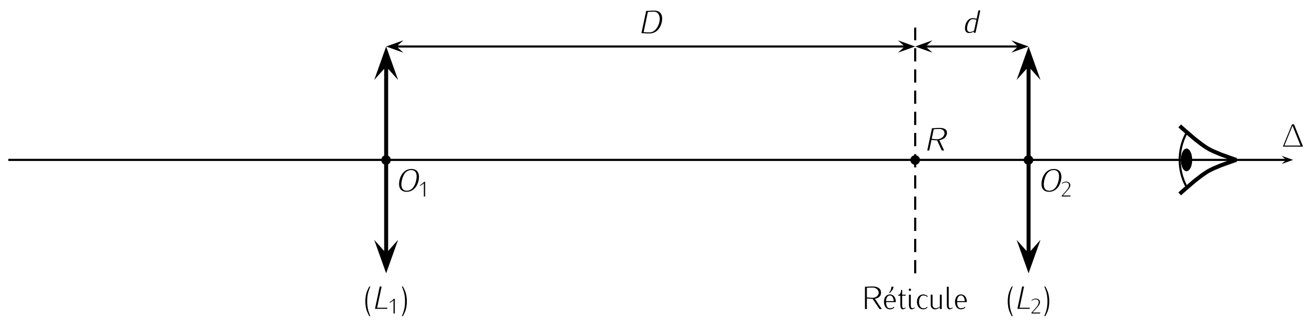
  Les résultats NON ENCADRÉS ne seront pas notés. Laissez une marge à gauche pour le correcteur.
- Numérotez les questions et ajoutez le label de la marge Q1, etc.
- L'usage des **calculatrices est autorisé**.

Mesure d'une distance focale

A. Viseur à frontale fixe

Un viseur à frontale fixe est constitué :

- d'un objectif, formé d'une lentille mince (L_1) convergente de centre O_1 et de distance focale image $f'_1 = 7{,}0$ cm,
- d'un réticule distant d'une distance $D = 14$ cm de l'objectif,
- d'un oculaire modélisé par lentille mince (L_2) convergente de centre O_2 et de distance focale image $f'_2 = 3{,}0$ cm située à la distance d du réticule.

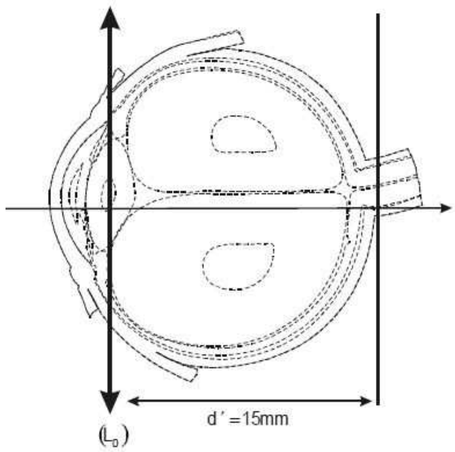


1. Un œil " normal " voit sans accommodation à l'infini.

Q1 En déduire la distance d pour que l'œil puisse voir le réticule sans accommoder.

2. Un œil myope est modélisable par une lentille (L_0) convergente dont le centre optique O est placé à d' de la rétine, modélisée par un écran.

   Sa faculté d'accommodation lui permet d'adapter sa focale : il obtient une image nette lorsque l'objet est situé à une distance comprise entre $d_1 = 12$ cm (punctum proximum) et $d_2 = 1{,}2$ m (punctum remotum) de (L_0).



(a) Quelle doit être la valeur de la focale image f'_0 de (L_0) pour obtenir une image nette sur la rétine d'un objet situé à une distance $d_1 = 12$ cm (punctum proximum)
Q2 devant l'œil.

(b) Quelle doit être la valeur de la focale image f'_0 de (L_0) pour obtenir une image nette sur la rétine d'un objet est situé à une distance $d_2 = 1{,}2$ m (punctum remotum)
Q3 devant l'œil.

(c) Déterminer graphiquement, dans le cadre de l'approximation de Gauss, les positions des foyers image, F' et objet F de la lentille sur la figure 1 **donnée en annexe**
Q4 **et à rendre avec la copie.** (dernière page).

3. On accole l'œil myope à l'oculaire. On admettra que l'œil accommode à son punctum remotum.

Q5 (a) Où doit se trouver R' l'image définitive du réticule à la sortie du viseur ?

Q6 (b) En déduire la nouvelle distance d entre le réticule et l'oculaire.

Q7 (c) Quelle serait la valeur de d si l'œil accommodait à son punctum proximum ?

(d) Expliquer comment on procède, en pratique, pour régler l'oculaire d'un viseur lors d'une séance
Q8 de travaux pratiques.

4. On cherche à voir simultanément l'objet visé et le réticule.

(a) Où doit-on placer un objet pour pouvoir le voir à travers le viseur ? On demande l'expression
Q9 littérale de $\overline{O_1A}$ et l'application numérique.

Q10 (b) Cette position dépend-elle de la nature de l'œil ("normal" ou myope) ?

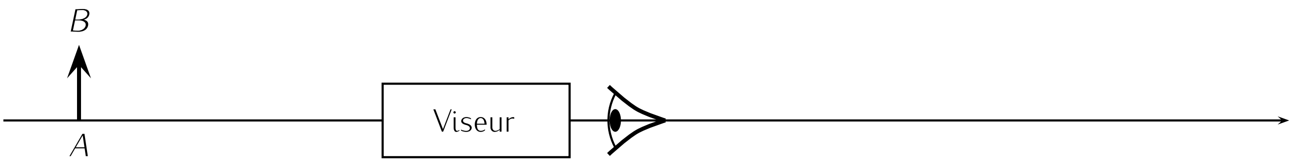
(c) Lorsque un œil "normal" n'accommode pas, faire la construction de la position de l'objet sur la
Q11 figure 2 en annexe et à rendre avec la copie (dernière page).

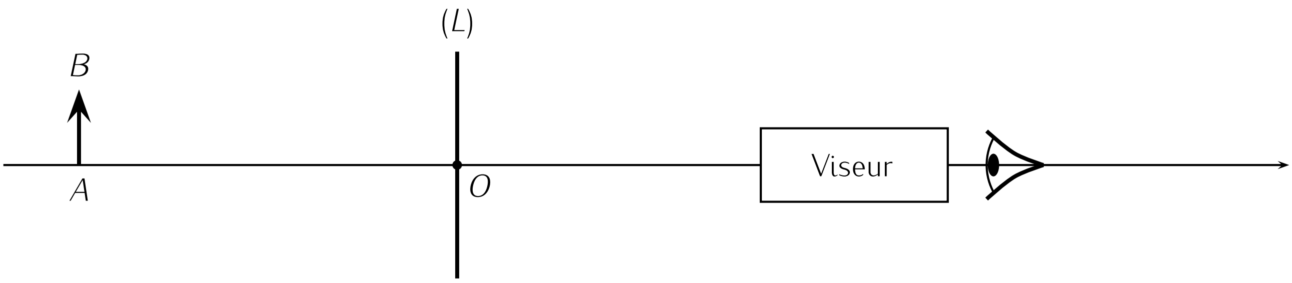
Q12 Rajouter sur le même dessin le tracé d'au moins deux rayons à travers l'instrument.

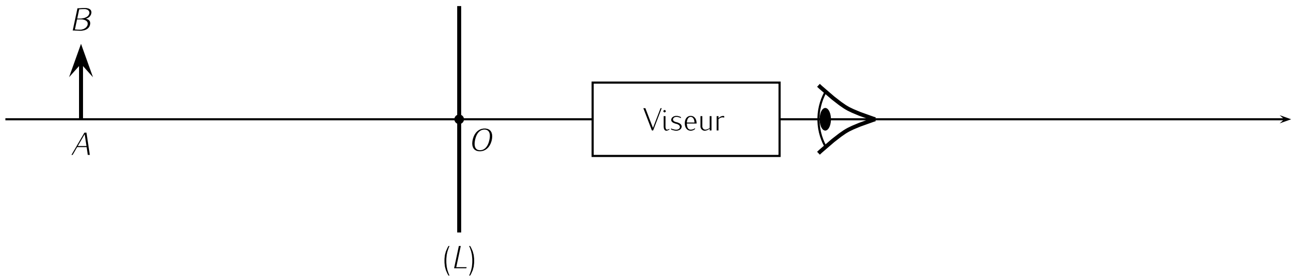
Q13 (d) Justifier le nom de "viseur à frontale fixe".

B. Application

Le viseur est utilisé pour mesurer la distance focale d'une lentille (L) de distance focale inconnue (représentée par un trait vertical sur les figures ci-dessous).







- La 1ère étape est la visée de l'objet AB. La position du viseur lue sur le banc optique est alors $x_1 = 80$ cm.
- On place ensuite la lentille inconnue après l'objet et on vise le centre O de la lentille. Pour cela, nous devons placer le viseur en $x_3 = 100$ cm.
- Pour la visée de l'image $A'B'$ à travers la lentille, nous plaçons le viseur de $x_2 = 90$ cm (voir figures ci-dessus).

Q14 (a) Préciser les valeurs algébriques $\overline{OA}$ et $\overline{OA'}$.

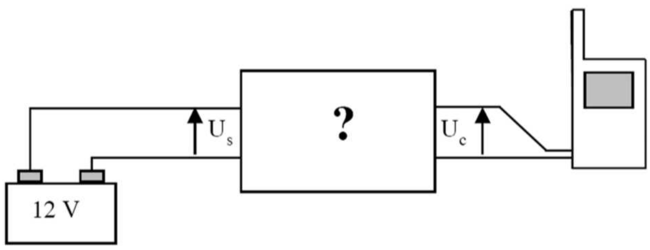
Q15 (b) En déduire la distance focale f' de la lentille.

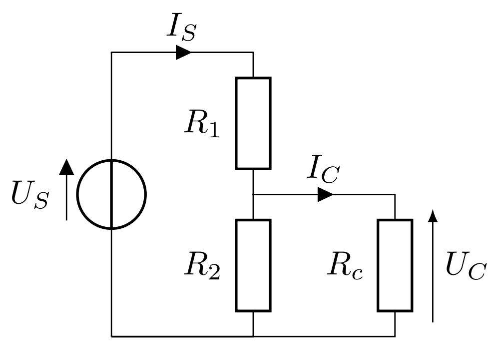
Q16 (c) Faire la construction de l'image à travers cette lentille inconnue (L).

Recharge d'un smartphone à l'aide d'une batterie de voiture

Les 3 parties de ce problème sont largement indépendantes.

On souhaite réaliser un adaptateur pour recharger un téléphone portable à partir de la batterie d'une voiture. La batterie (source de tension) délivre une tension continue $U_S = 12$ V (schéma de gauche). On considère pour simplifier les calculs un téléphone devant être alimenté par une tension continue $U_C = 6$ V.





1 Premier montage

Le procédé le plus immédiat pour abaisser une tension continue est sans doute un montage diviseur de tension, où R_C représente la résistance de charge, ici la résistance d'entrée du téléphone portable.

Q17 1. Afin d'obtenir la transformation de tension souhaitée, quelle doit être la relation liant R_1, R_2 et R_C ? Vérifier que dans le cas où $R_C \gg R_2$, cette relation équivaut à $R_1 \approx R_2$.

Q18 2. En supposant que la relation établie dans la question précédente est vérifiée, exprimer la puissance fournie par la batterie notée P_S en fonction de U_S et R_1, ainsi que celle reçue par le téléphone notée P_C en fonction de U_S et R_C.
En déduire l'expression du rendement $\eta = P_C/P_S$ en fonction de R_1 et R_C.

Le téléphone portable présente une impédance d'entrée équivalente à une résistance $R_C = 10\ \Omega$.

3. Applications numériques :

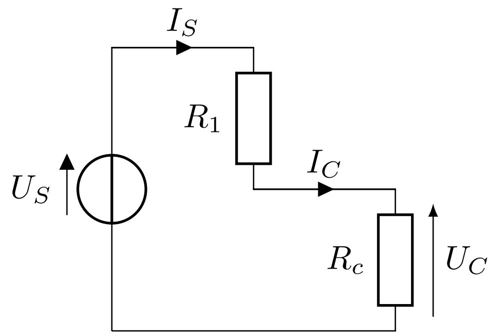
Q19 (a) Si on choisit pour R_1 et R_2 deux résistances de 1 Ω, montrer que l'on obtient la fonction souhaitée (à 5% près).

Q20 (b) Calculer le rendement η correspondant. Pourquoi est-il si faible ?

Q21 (c) Si maintenant $R_C = 5\ \Omega$, calculer de nouveau U_C/U_S et η.

2 Second montage

Pour éviter au maximum les pertes par effet Joule dans R_2 et ainsi augmenter le rendement, on propose d'utiliser le montage représenté ci-contre, avec $R_1 = R_C = 10\ \Omega$.



Q22 4. Vérifier que le rapport de tensions U_C/U_S vaut 1/2 (soit $U_C = 6$ V).

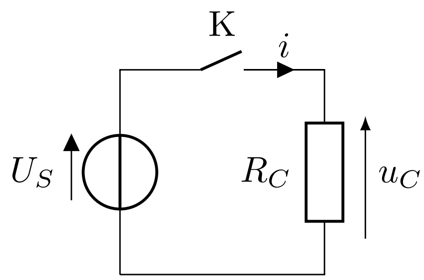
Q23 5. Calculer le nouveau rendement $\eta = P_C/P_S$.

Q24 6. Si $R_C = 5\ \Omega$ et R_1 inchangé ($R_1 = 10\ \Omega$), calculer de nouveau U_C/U_S.

Q25 7. Conclure en faisant apparaître les avantages et les inconvénients de ces deux schémas.

3 Circuit en commutation : le principe du "hacheur série"

On considère le circuit ci contre, comportant un interrupteur K. Cet interrupteur est alternativement fermé pendant un temps αT_e puis ouvert pendant $(1-\alpha)T_e$, l'ensemble donnant un signal périodique de période T_e.
Le nombre sans dimension $\alpha \in [0,1]$ est appelé rapport cyclique.



Q26 8. Représenter la tension u_c en fonction du temps aux bornes de la résistance d'entrée R_C du téléphone portable.

Q27 9. Exprimer la valeur moyenne U_{moy} de cette tension en fonction des données du problème. Dépend-elle de la valeur de R_C ?
Finalement, quelle valeur de α faut-il imposer pour obtenir la transformation souhaitée ?

Q28 10. Exprimer ensuite les puissances moyennes sur une période fournie par la batterie (notée $P_{S,m}$) et reçue par le téléphone (notée $P_{C,m}$) et en déduire le rendement du système.

Q29 11. Dans ce montage, l'inconvénient est que la tension aux bornes de la charge présente de fortes discontinuités. On améliore alors le montage en plaçant un condensateur en parallèle de la charge. Faire un schéma du nouveau montage et expliquer en quoi cela résout le problème.

Nom du candidat :

À rendre avec votre copie.

Annexe au I

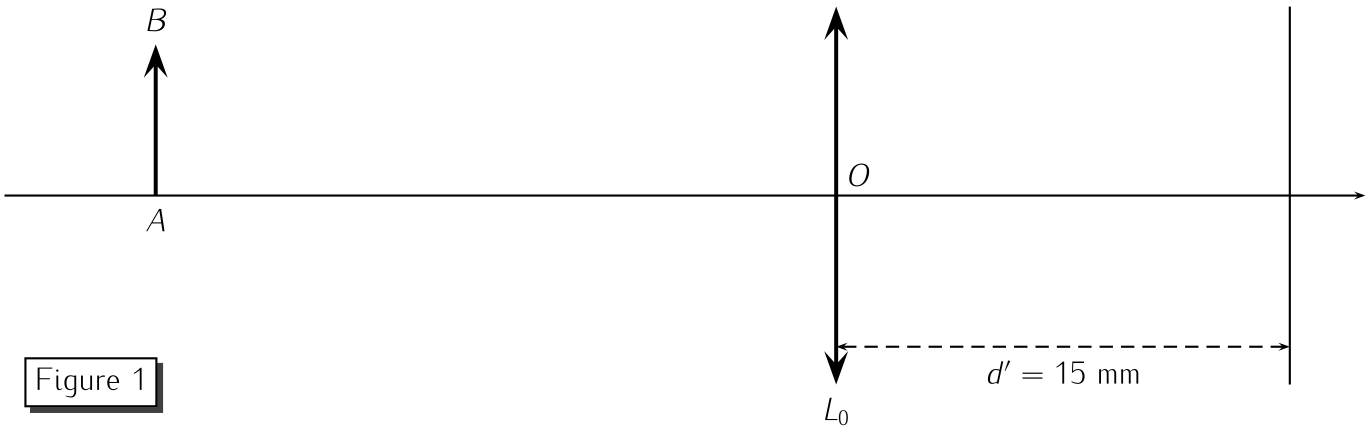


Figure 1

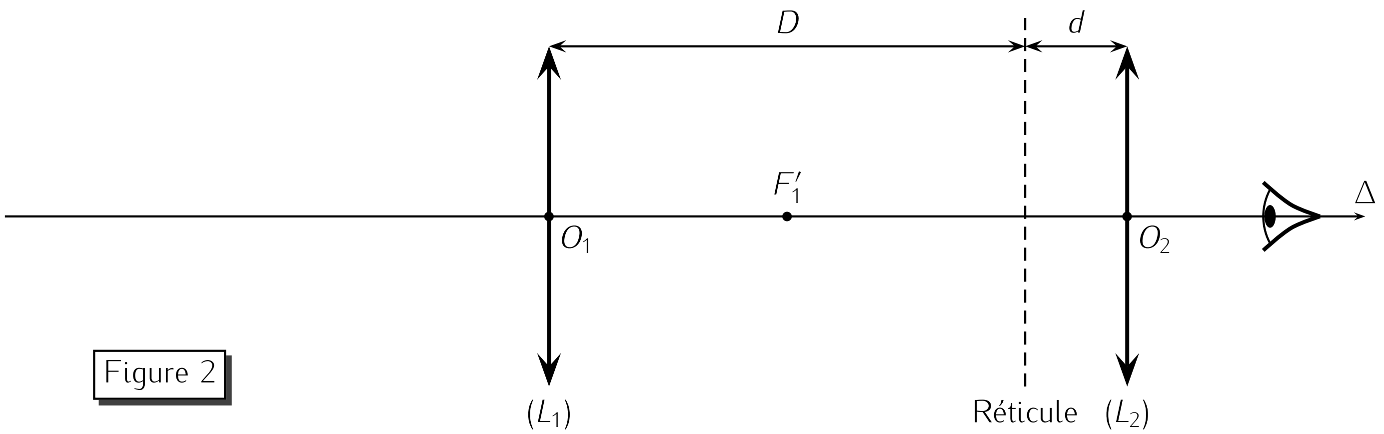


Figure 2

MESURE D'UNE DISTANCE FOCALE

D'après *Petites Mines 2007*

Ici, il y a plusieurs lentilles, des objets et des images intermédiaires. Il faut être très clair sur "quel système optique ou partie de système optique" on étudie. Qui est l'objet, qui est l'image, qui est le système optique.

Ici un schéma "complet" serait quelque chose comme :
Objet $\xrightarrow{Objectif}$ im. interm. sur le réticule $\xrightarrow{Oculaire}$ image (de préf. au PR) $\xrightarrow{cristallin}$ image sur la rétine
Mais chaque question n'étudiera qu'une petite partie qu'il convient de bien identifier.

Viseur à frontale fixe :

1. Dans cette question, on étudie la partie image (de préf. au PR) $\xrightarrow{cristallin}$ image sur la rétine et on pose la question de la position de "l'objet" pour ce système optique pour que l'œil n'accommode pas.
   Comme l'œil " normal " voit sans accommodation à l'infini, il faut que l'image du réticule par la lentille (L_2) soit à l'infini. Pour cela, il faut et il suffit que le réticule soit placé dans le plan focal
   Q1 objet de (L_2), on doit donc avoir $\boxed{d = f_2' = 3{,}0 \text{ cm}}$.
2. Œil myope :
   (a) On prend un objet AB réel situé à la distance d_1 de L_0, d'où $\overline{OA} = -d_1$. $\boxed{\text{Justifier vos signes}}$
   La partie étudiée est : objet réel au PR $\xrightarrow{cristallin}$ image sur la rétine
   Pour obtenir une image nette $A'B'$ de AB sur l'écran, il faut que $\overline{OA'} = d'$.
   Comme A' et le conjugué de A par L_0, on peut appliquer la relation de conjugaison de Des-
   Q2 cartes :
   $$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f_0'} \Rightarrow f_0' = \frac{\overline{OA}.\overline{OA'}}{\overline{OA} - \overline{OA'}} = \frac{-d_1 d'}{-d_1 - d'} \Rightarrow \boxed{f_0' = \frac{d_1 d'}{d_1 + d'} \simeq 1{,}3 \text{ cm}}$$
   Q3 (b) La partie étudiée est : objet réel au PP $\xrightarrow{cristallin}$ image sur la rétine
   Si AB est à la distance d_2 de (L_0), le même raisonnement aboutit à $\boxed{f_0' = \frac{d_2 d'}{d_2 + d'} \simeq 1{,}5 \text{ cm}}$
   (c) Extrait de l'annexe :

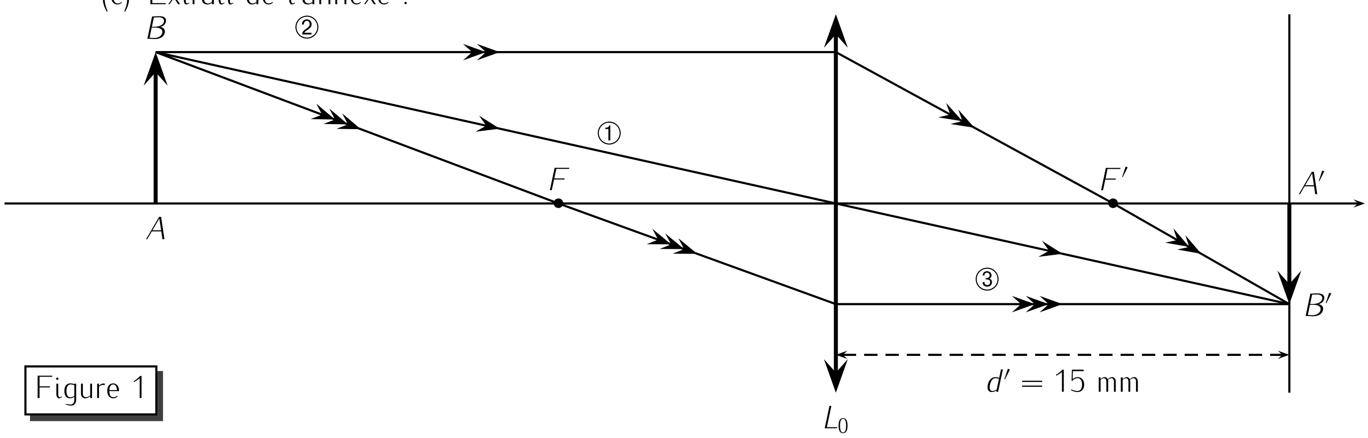


Figure 1

On commence par tracer le rayon ① qui passe par O, on en déduit B'. On sait ensuite que le
Q4 rayon ② passera par F' et B'. De même, le rayon ③ est passé par F.

3. Œil myope accolé à l'oculaire.

(a) Si l'œil accommode à son punctum remotum, l'image définitive en sortie du viseur
Q5 $\boxed{R' \text{ doit se trouver à la distance}}$ $\boxed{d_2 = 1{,}2 \text{ m de l'œil}}$.

> ***Attention, il était bien demandé "en sortie du viseur", il est vrai que la toute dernière image par le cristallin se trouvera sur la rétine, mais ce n'est pas la question.***

(b) La partie étudiée est im. interm. sur le réticule $\xrightarrow{Oculaire}$ image (de préf. au PR)
Comme on considère que l'œil est accolé à l'oculaire (L_2), alors l'image doit être virtuelle pour être située entre le PP et le PR de l'œil. On a donc $\overline{O_2R'} = -d_2$ (signe <u>moins</u> !) et on peut en déduire $d = \overline{RO_2}$ par utilisation de la relation de conjugaison de Descartes,

$$\frac{1}{\overline{O_2R'}} - \frac{1}{\overline{O_2R}} = \frac{1}{f'_2} \Rightarrow -\frac{1}{d_2} + \frac{1}{d} = \frac{1}{f'_2} \Rightarrow \boxed{d = \frac{d_2.f'_2}{d_2 + f'_2} \simeq 2{,}9 \text{ cm}}$$

Q6

Q7 (c) Si l'œil accommodait à son punctum proximum, $\overline{O_2R'} = -d_1 \Rightarrow \boxed{d = \frac{d_1.f'_2}{d_1 + f'_2} \simeq 2{,}4 \text{ cm}}$

> ***Attention aux <u>signes</u> pour ces questions : les objets sont réels et les images virtuelles !***

(d) Lors d'une séance de travaux pratiques, pour régler l'oculaire, on rapproche au maximum (L_2) du réticule puis on place son œil tout contre l'oculaire. On vise une surface claire et on essaye de voir le réticule en éloignant doucement (L_2) de R. Au moment où on voit l'image R' de R pour la première fois, l'œil accommode au maximum (R' est au ponctum proximum). C'est ce qu'on a montré dans les questions précédentes.

On continue à augmenter $d = RO_2$ et au moment où R' devient à nouveau flou elle vient de passer par le ponctum remotum. On revient alors légèrement en arrière pour terminer le
Q8 réglage.

Remarque, si on n'est pas parfaitement au PR, ce n'est pas grave pour les mesures, mais l'œil se fatiguera plus.

> ***S'il est demandé le réglage de l'oculaire, ne donnez pas celui de l'objectif ...***

4. On cherche à voir <u>simultanément</u> l'objet visé et le réticule.

(a) Il faut que l'image A_1B_1 de l'objet AB par (L_1) se forme dans le plan du réticule : $A - (L_1) \rightarrow A_1 = R - (L_2) \rightarrow A'$ au PR.

Dans cette question on étudie donc la partie : Objet $\xrightarrow{Objectif}$ im. interm. sur le réticule
On peut utiliser la relation de conjugaison de Descartes avec $\overline{O_1A_1} = D$ (im. interm. sur le réticule).

$$\frac{1}{\overline{O_1A_1}} - \frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{1}{f'_1} \Rightarrow -\frac{1}{D} - \frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{1}{f'_1} \Rightarrow \boxed{\overline{O_1A} = \frac{D.f'_1}{f'_1 - D} = -14 \text{ cm}}$$

Q9 Il n'est pas utile d'utiliser une relation de conjugaison pour L_2 ou pour l'œil car on connait la position de l'image par L_1

Q10 (b) Cette position $\boxed{\text{ne dépend pas de la nature de l'œil}}$, on la détermine par utilisation de la relation de conjugaison pour (L_1) et non (L_0).

En effet, « physiquement » c'est l'oculaire qui « compense » la vision normale ou non de l'œil en plaçant l'image du réticule au PR, mais le réticule ne bouge pas par rapport à L_1.

Q11 (c) Pour œil "normal" le PR est à l'infini : $A - (L_1) \rightarrow A_1 = R = F_2 - (L_2) \rightarrow A'_\infty$

On a donc A_1 et R confondus avec F_2 d'où le tracé suivant.

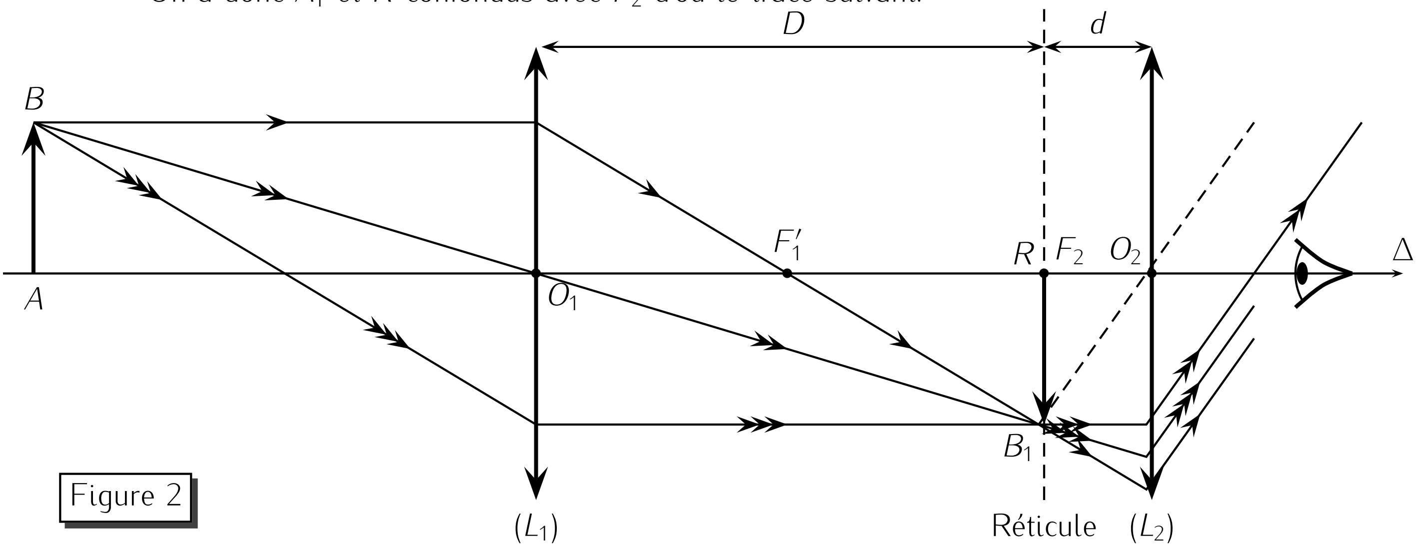


Figure 2

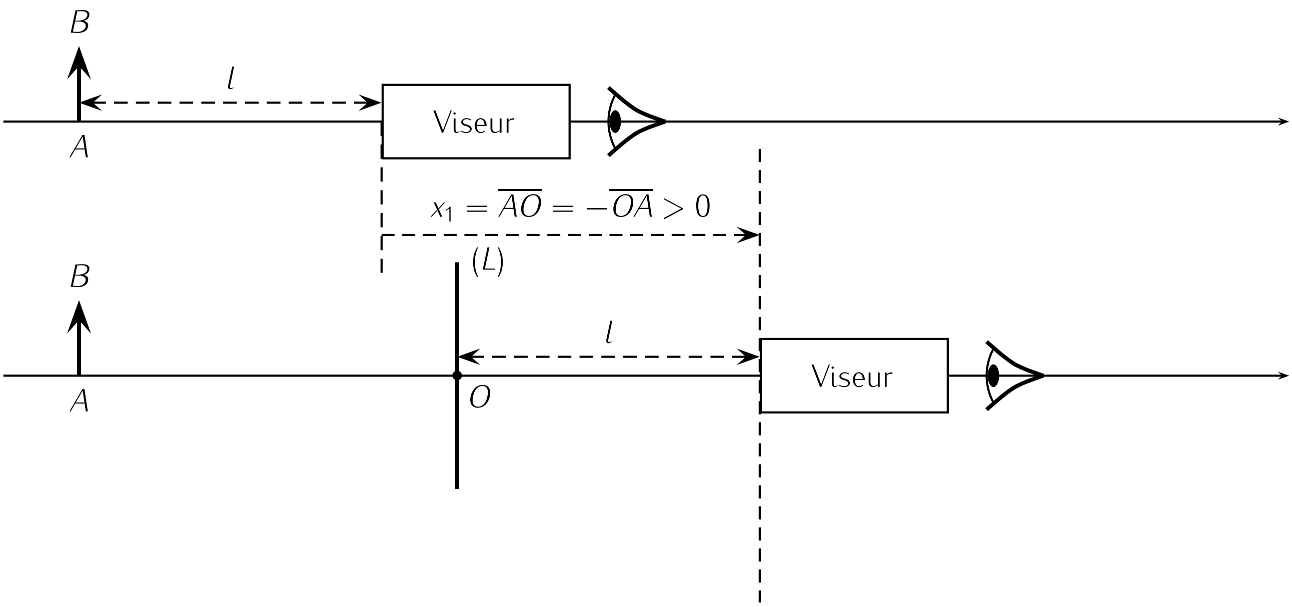
Q12 On complète la figure avec deux rayons issus de B, qui passent ensuite par B_1 puis ressortent parallèlement du viseur.

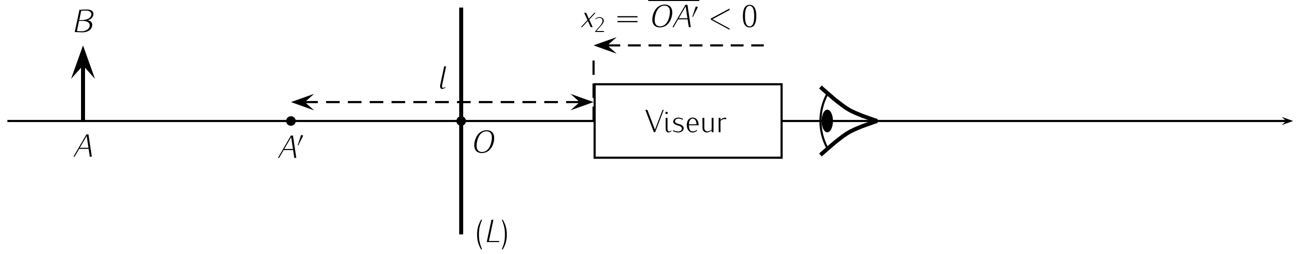
Q13 (d) On parle de "viseur à frontale fixe" car à travers de cet instrument, on ne voit net que les objets qui se trouvent à la $\boxed{\text{distance de visée fixe}}$ (14 cm ici).

En effet, la profondeur de champ de l'œil est extrêmement faible, ainsi il n'est possible de voir les objets nets en même temps que le réticule que lorsque l'image de ceux-ci par (L_1) est parfaitement sur le réticule.

Puisque (L_1) est fixe, alors la distance des objets nets au viseur est toujours la même, d'où le nom de frontale fixe.

B. Application : notons l la distance de visée.



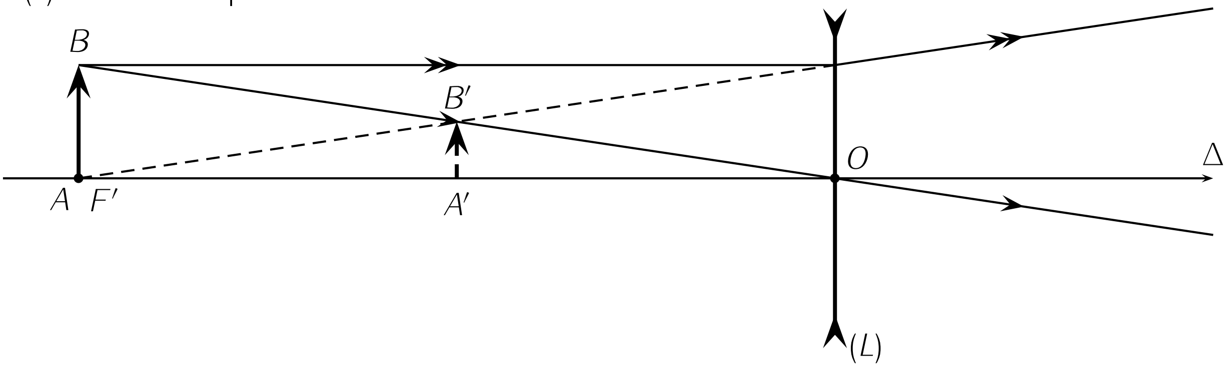


Q14 (a) Sur la figure, on lit directement $\boxed{\overline{OA} = -x_1 = -20\text{ cm}}$ et $\boxed{\overline{OA'} = -x_2 = -10\text{ cm}}$.

(b) On peut calculer f' en utilisant à nouveau $\frac{1}{f'} = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} \Rightarrow f' = \frac{\overline{OA}.\overline{OA'}}{\overline{OA}-\overline{OA'}} = -20{,}0$ cm.

Q15 D'où finalement $\boxed{f' = -20{,}0\text{ cm}}$

Q16 (c) Vérification par le tracé.



Cette configuration avait été utilisée en TP !

RECHARGE D'UN SMARTPHONE À L'AIDE D'UNE BATTERIE DE VOITURE

1 Premier montage

1. On applique le résultat du pont diviseur de tension. Mais pour cela il faut regrouper les deux résistances en parallèle en une résistance équivalente que l'on note R_{eq} avec $(1/R_{eq} = 1/R_C + 1/R_2)$. On en déduit : Q17

$$U_C = \frac{R_{eq}}{R_1 + R_{eq}} U_S \Rightarrow U_C = \frac{U_S}{1 + R_1/R_{eq}}$$

Pour obtenir $U_C = U_S/2$, il convient de choisir $R_{eq} = R_1$, soit $\boxed{1/R_1 = 1/R_C + 1/R_2}$. Si $R_C \gg R_2$, cette relation devient simplement : $1/R_1 \approx 1/R_2$ soit $\boxed{R_1 \approx R_2}$

2. La puissance fournie par la source est $P_S = U_S I_S$ (convention générateur pour le générateur). Comme $R_{eq} \approx R_1$, on a simplement $U_S = 2R_1 I_S$ (loi des mailles) soit $P_S = U_S^2/(2R_1)$. Quant à la puissance reçue par la charge, $P_C = U_C I_C = U_C^2/R_C = U_S^2/(4R_C)$ Q18

On en déduit $\boxed{\eta = \frac{P_C}{P_S} = \frac{R_1}{2R_C}}$

3. Applications numériques :

Q19 (a) Avec les valeurs numériques, on trouve $R_{eq} = 0{,}91\ \Omega$ et donc $U_{C,n} = 5{,}71$ V. Or on voulait $U_C = 6$ V. On observe que l'écart relatif est de $\boxed{4{,}8\,\%}$ (ou 5 % en fonction du sens dans lequel on fait l'écart) : on réalise donc bien la fonction souhaité avec une précision d'au moins 5 % .

Q20 (b) Le rendement correspondant vaut $\boxed{\eta = 5\,\%}$ (sans les approximations faites on trouverait 4,3 %) . Il est très faible car le courant circulant dans R_2 est beaucoup plus important que celui circulant dans R_C donc les pertes par effet Joule dans R_2 sont importantes et inutiles pour la recharge du téléphone.

Q21 (c) Avec les autres valeurs numériques ($R_C = 5\,\Omega$), on trouve $U_{C,n} = 5{,}45$ V, soit $\boxed{U_{C,n}/U_C = 0{,}91}$, pour un rendement de $\boxed{10\,\%}$ (7,6 %sans approximations, il y a quasiment 25% d'erreur en faisant l'approximation ici). En baissant R_C, on améliore sensiblement le rendement mais il reste très faible, et la consigne $U_C = 6$ V n'est plus vérifiée qu'à 9% près (10 % si on fait l'écart dans l'autre sens).

2 Second montage

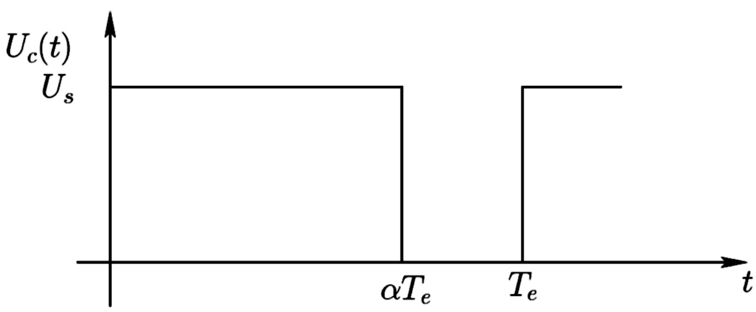
4. Le nouveau circuit ne comporte qu'une seule branche donc $I_S = I_C = I$ et on peut appliquer le
Q22 résultat du pont diviseur de tension : $U_C = \dfrac{R_C}{R_1 + R_C} U_S$
Avec les valeur numériques ($R_C = R_1$), on a $\boxed{U_C = U_S/2}$.
5. Pour calculer le rendement, on repasse par le calcul de P_C et P_S qui est plus immédiat cette fois.
Q23 on trouve $P_C = U_C I$ et $P_S = U_S I$. On en déduit que :

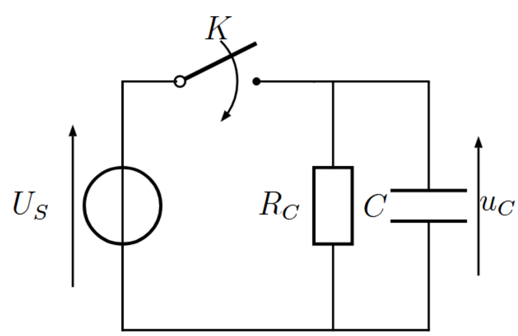
$$\boxed{\eta = \frac{P_C}{P_S} = \frac{U_C I}{U_S I} = \frac{1}{2}}$$

Ici, seul le rendement est attendu. Les expressions des puissances ne sont donc pas à expliciter car le courant (identique pour les deux dipôles) se simplifie lors du calcul du rendement.

Q24 6. Si $R_C = 5\ \Omega$ alors $\boxed{U_C/U_S = \dfrac{R_C}{R_1 + R_C} = 1/3}$, ce qui n'est pas la relation souhaitée : le facteur d'atténuation de la tension est très sensible à la valeur de R_C.
7. *Les deux schémas sont ceux obtenus lors de la partie A et la partie B.*
Q25 Le second montage permet un meilleur rendement, mais il est très sensible à la valeur de R_C. Ainsi, ce chargeur serait spécifique à un seul modèle de téléphone. C'est exactement le contraire pour le premier montage (faible rendement, mais on trouve à peu de chose près le bon rapport entre U_C et U_S pour les deux valeurs de R_C).

3 Circuit en commutation : le principe du "hacheur série"





8. Lorsque l'interrupteur est fermé, on a $u_C(t) = U_S$ (loi des mailles). De plus, lorsque l'interrupteur
Q26 est ouvert, on a $i = 0$ et donc $u_C(t) = R_C i = 0$. Voir le graphique ci-dessus, pensez à justifier !

Q27 9. U_{moy} se calcule comme une moyenne pondérée :

$$U_{moy} = \frac{1}{T_e}\left(U_s \alpha T_e + 0 \times (T_e - \alpha T_e)\right) \Rightarrow \boxed{U_{moy} = \alpha U_S}$$

On observe de plus que ce résultat ne dépend pas de R_c (ce qui est un des avantages de cette méthode). Afin d'imposer $U_c = U_S/2$, il convient de choisir $\alpha = \frac{1}{2}$.

10. *Attention, la puissance est une grandeur quadratique de la tension. On a donc en général* $P_{\text{moy}} \neq U_{\text{moy}} I_{\text{moy}}$.

Q28 Pour $t \in [0,\alpha T_e]$, on a $P_S = P_C = U_S i = U_S^2/R_C$ et pour $t \in [\alpha T_e, T_e]$, on a $P_S = U_S \times 0$ et $P_C = 0$. Dans les deux cas, les puissances sont identiques et on obtient :

$$P_{C,m} = P_{S,m} = \frac{\alpha T_e U_S^2/R_C + 0}{T_e} = \alpha \frac{U_S^2}{R_C}$$

Les puissances moyennes étant égales, on en déduit le nouveau rendement $\boxed{\eta = 1}$

Q29 11. La tension aux bornes d'un condensateur est une fonction continue du temps. Comme il est en parallèle de la charge, on a $u_C = u_c$, donc u_C est continue et va donc varier moins brusquement. Pour une valeur de la capacité bien choisie, on obtiendra finalement une tension quasi constante pour U_C (c.f. chapitre sur le filtrage du signal).

Remarque (détail) : le schéma proposé présente un problème de modélisation. En effet, lorsque l'on ferme l'interrupteur, on est censé avoir $u_C = U_S$ instantanément et ce quelque soit la valeur de U_c aux bornes du condensateur. On n'aurait donc pas continuité de la tension aux bornes du condensateur. Ici une modélisation plus précise du comportement des dipôles serait nécessaire.