Mardi 7 novembre 2023

DEVOIR SURVEILLE N°2
PHYSIQUE

I. Étude d'une lunette de Galilée :

Nous allons étudier une lunette de Galilée constituée de deux lentilles L_1 (objectif) et L_2 (oculaire) de vergences respectives $V_1 = 4\,\delta$ et $V_2 = -25\,\delta$. Elle est utilisée pour observer un objet très lointain. Toute l'étude se fait dans les conditions de Gauss.

1. Déterminer la distance e = $\overline{O_1O_2}$ qu'il faut prévoir entre les deux lentilles pour que l'ensemble forme un système afocal. Faire l'A.N. Quel est l'intérêt pour une lunette de Galilée d'être afocale ?

Le grandissement angulaire γ_a est défini par : $|\gamma_a| = \theta'/\theta$ où θ est l'angle sous-lequel est vu l'objet à l'infini (diamètre apparent de l'objet) et θ' est l'angle sous-lequel est vue l'image à la sortie de la lunette (diamètre apparent de l'image). Les angles ne sont pas orientés (ils sont donc toujours positifs et compris entre 0° et 90°).

2. Sur la figure annexe n°1, tracer le trajet d'un rayon provenant de l'infini sous un angle θ petit passant par F_1 [commencer par placer les foyers de chaque lentille].

3. Déduire de la figure précédente l'expression de la valeur absolue du grandissement angulaire en fonction de f_1' et f_2'.

4. A partir de la construction précédente, donner et justifier le signe de γ_a.

5. Faire l'A.N pour γ_a en prenant en compte l'incertitude-type relative sur les distances focales égale à 1% [$u(f')/f' = 0{,}01$].

6. Que voit-on lorsque l'on regarde dans la lunette en plaçant son œil du côté de l'objectif ?

La lunette est conçue pour observer des objets infiniment éloignés mais des objets situés à distance finie peuvent malgré tout aussi être vus nettement par l'œil **à travers la lunette** au prix d'un effort d'accommodation. On désire déterminer la profondeur de champ de vision **à travers la lunette**. Les deux points limites du champ de vision **à travers la lunette** sont A_{PR} et A_{PP}.

A_{PR} correspond à la position de l'objet vu net à travers la lunette par l'œil lorsque ce dernier n'accommode pas. A_{PP} correspond à la position de l'objet vu net à travers la lunette par l'œil lorsqu'il est à son maximum d'accommodation.

On considèrera que le punctum proximum est situé à la distance d_{PP} = 25 cm en avant de l'œil.

L'œil de l'observateur est plaqué contre la lentille de l'oculaire donc confondu avec le centre optique O_2.

7. Déterminer la position de A_{PR} (aucun calcul n'est nécessaire mais une phrase de justification l'est).

8. Déterminer la position de A_{PP} par rapport au foyer objet de L_1 [donc exprimer $\overline{F_1A_{PP}}$] puis faire l'A.N.

9. On place un objet AB au niveau de A_{PP} de taille $h = 1{,}5\ m$. A l'aide de la formule de Newton, établir l'expression de la taille de l'image $A'B'$ vue à travers la lunette et faire l'A.N. En déduire l'expression du grandissement transversal γ_t et montrer qu'il ne dépend pas de $\overline{F_1A_{PP}}$.

En pratique, il est difficile de se procurer une lentille mince divergente de vergence aussi importante ($V_2 = -25\ \delta$). Pour cette raison, l'oculaire de la lunette est en réalité constitué d'un doublet de lentilles caractérisé par le triplet $\{-2, 1, -2\}$. Il est donc composé de deux lentilles L_3 et L_4 avec $f_3' = -2a$, $f_4' = -2a$ et $\overline{O_3O_4} = e = a$ où a est une longueur à déterminer ultérieurement dans le problème.

10. Par construction sur la figure annexe n°2, vérifier que ce doublet est bien divergent en construisant le trajet d'un faisceau lumineux issu d'un point objet situé à l'infini sur l'axe optique [justifier en une phrase votre conclusion]. En déduire graphiquement la position du foyer image F' du doublet.

11. Par le calcul, déterminer la distance algébrique $\overline{O_4F'}$ en fonction de a et vérifier la cohérence avec la localisation graphique de F' effectuée à la question précédente.

12. En utilisant le principe du retour inverse de la lumière et le fait que le doublet est symétrique déterminer, par un raisonnement clair [et pas uniquement des paraphrases], la position du foyer objet du doublet : donner $\overline{O_4F}$.

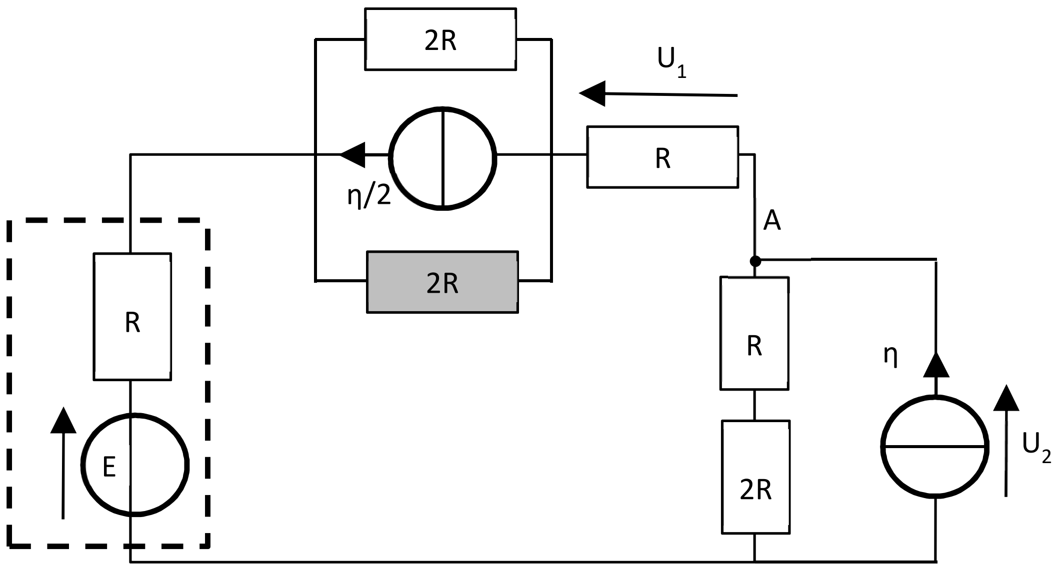
13. La vergence V du doublet est donnée par la formule de Gullstrand :

$$V = V_3 + V_4 - eV_3V_4$$

En déduire la valeur numérique du facteur a puis les valeurs numériques des focales f_3', f_4' et de la distance e afin que l'association remplisse la fonction de la lentille divergente utilisée initialement ($V_2 = -25\ \delta$).

II. Électricité en régime stationnaire :

On considère le circuit ci-dessous qui fonctionne en régime stationnaire avec $E = 10\ V$, $\eta = 0{,}20\ A$ et $R = 20\ \Omega$.



1. Présenter l'équivalence Thévenin – Norton et la démontrer.

2. Déterminer la tension U_1 en fonction des données (E, R et η) et faire l'A.N.

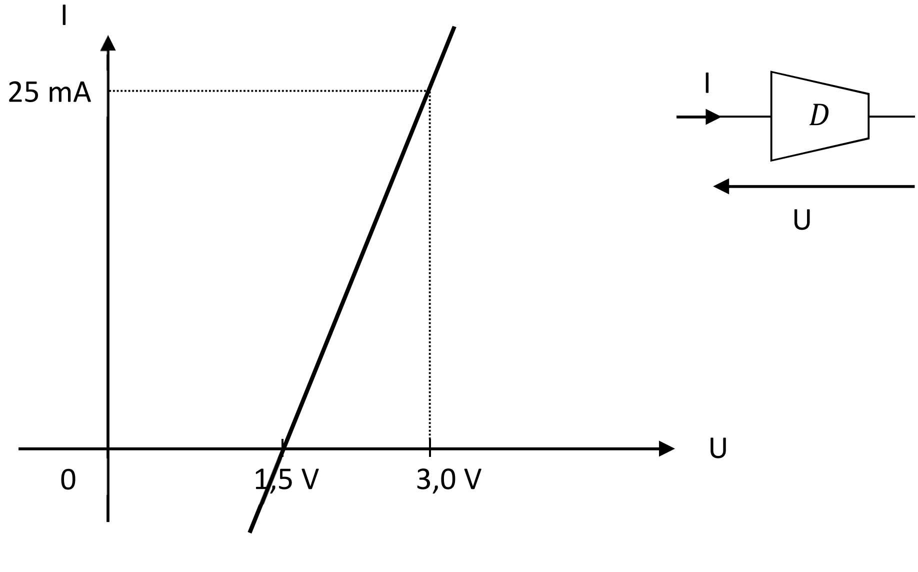
3. Indépendamment du résultat précédent, déterminer la tension U_2 et faire l'A.N.

4. Vérifier la cohérence entre les réponses précédentes en écrivant la loi des nœuds au nœud A [donc établir une relation entre U_1 et U_2 et vérifier l'A.N.].

5. Déterminer la puissance dissipée par effet Joule dans la résistance $2R$ grisée. Faire l'A.N.

6. Déterminer la puissance fournie par le générateur réel de tension encadré en pointillés. Faire l'A.N. Quel est le mode de fonctionnement de ce générateur dans ces conditions ?

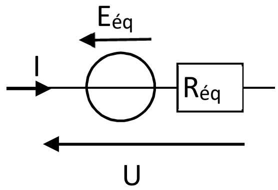
On considère désormais un dipôle D dont la caractéristique courant - tension est présentée ci-dessous :



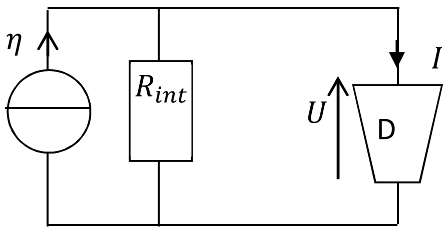
7. Le dipôle D est-il un dipôle passif ou un dipôle actif ? Une justification est bien sûr attendue.

8. Montrer que ce dipôle peut être modélisé par l'association en série d'un générateur de tension idéal de fém $E_{éq}$ et d'un conducteur ohmique de résistance $R_{éq}$ comme indiqué sur le schéma ci-contre :

Déterminer les valeurs numériques de la fém $E_{éq}$ et de la résistance $R_{éq}$.



9. Le dipôle D est alimenté par un générateur de Norton de cém $\eta = 150\ mA$ et de résistance interne $R_{int} = 20\ \Omega$ comme présenté ci-dessous. Déterminer les expressions puis les valeurs numériques de la tension U et de l'intensité I.



Afin de connaître plus précisément les valeurs de R_{int} et η, on mesure à l'aide d'un voltmètre la tension à vide entre les nœuds aux bornes du générateur de Norton et on obtient : $U_v = 2{,}826\ V$.

On branche alors une résistance $R_{ch} = 60\ \Omega$ aux bornes du générateur de Norton et on relève la nouvelle tension aux bornes du générateur : $U_{ch} = 2{,}085\ V$.

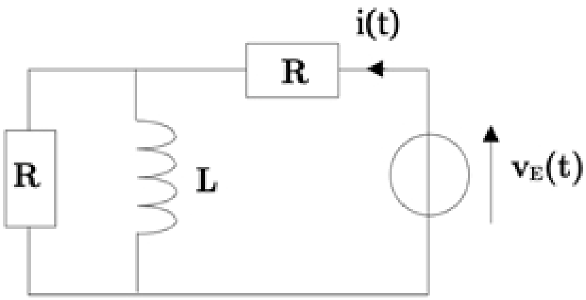
La notice du voltmètre indique que la précision sur ce calibre est de : $p = 0{,}1\%\ lecture + 5\ digits$.

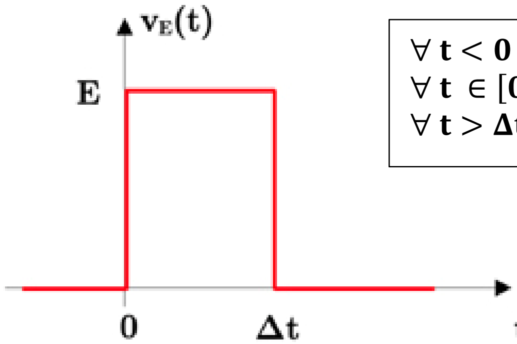
10. Déterminer la valeur de l'incertitude-type sur chaque mesure de tension (U_v et U_{ch}).

11. Faire un schéma clair des deux manipulations réalisées et exprimer η et R_{int} en fonction de U_v, U_{ch} et R_{ch}. Faire l'A.N. [Ne pas essayer de déterminer l'incertitude-type sur R_{int}].

III. Électricité en régime transitoire :

Le circuit présenté ci-dessous est alimenté par un générateur délivrant une tension variable $v_E(t)$. La tension $v_E(t)$ prend la forme d'une impulsion d'amplitude E et de durée Δt ayant l'allure présentée ci-dessous :





$\forall\, \mathbf{t} < \mathbf{0} : \mathbf{v_E(t) = 0}$
$\forall\, \mathbf{t} \in [\mathbf{0}, \mathbf{\Delta t}] : \mathbf{v_E(t) = E}$
$\forall\, \mathbf{t} > \mathbf{\Delta t} : \mathbf{v_E(t) = 0}$

1. Exprimer $i(t = 0^+)$ en fonction de E et R.

2. Exprimer de même $i(t = \Delta t^-)$ en supposant Δt suffisamment grand pour que l'on puisse considérer que le circuit a atteint un régime stationnaire à l'instant $t = \Delta t^-$.

3. Établir l'équation différentielle vérifiée par $i(t)$ pour $t \in]0, \Delta t[$. Mettre celle-ci sous forme canonique et en déduire l'expression de la constante de temps τ du circuit.

4. En déduire l'expression de $i(t)$ sur l'intervalle $]0, \Delta t[$.

5. Calculer la durée notée t_1, pour laquelle $i(t_1) = 0{,}99 \times i(\Delta t^-)$.

6. Établir la valeur de $i(t = \Delta t^+)$ puis l'expression de $i(t)$ sur l'intervalle $]\Delta t, +\infty[$.

7. En déduire l'allure des variations de l'intensité $i(t)$.

8. Calculer l'énergie reçue par la bobine sur l'ensemble de l'évolution (entre $t = 0^-$ et $t \to +\infty$).

9. De même calculer l'énergie fournie par le générateur sur l'ensemble de l'évolution.

RAPPELS SUR LES INCERTITUDES

Incertitude-type de type B (mesure unique) :

- On détermine le **demi-intervalle** acceptable pour la mesure, noté ***a*** **:**
  - pour une lecture sur une **échelle graduée** (règle, thermomètre gradué, palmer…) :

$$\boldsymbol{a = 1/2\ graduation}$$

  - pour un **appareil de mesure** à affichage digital (voltmètre, thermomètre électronique, …) :

a est appelé **précision** et est donné par la **notice**

  - pour un **composant** (résistances, condensateurs, bobines, …) :

a est appelé **tolérance** et est donné par le **fabricant**

  - pour une **évaluation directe par l'utilisateur** entre x_1 et x_2 :

$$\boldsymbol{x = \frac{x_1 + x_2}{2} \quad et\ le\ demi - intervalle\ a = \frac{x_2 - x_1}{2}}$$

- L'incertitude-type de la mesure est donnée par :

$$\boxed{\boldsymbol{u_B = \frac{a}{\sqrt{3}}}}$$

Comparaison d'une mesure : x_1 ; $u(x_1)$

avec une **valeur de référence x_{ref}**	avec une **autre mesure : x_2 ; $u(x_2)$**
On détermine l'**écart normalisé** ou **z-score :**	
$\boldsymbol{z = \frac{\lvert x_1 - x_{ref}\rvert}{u(x_1)}}$	$\boldsymbol{z = \frac{\lvert x_1 - x_2\rvert}{\sqrt{u(x_1)^2 + u(x_2)^2}}}$
Si z<2, on considère qu'il y a **compatibilité** **Si z ≥ 2**, on considère qu'il y a **incompatibilité** et il faut **chercher la cause**.	

Propagation des incertitudes dans les calculs

Une seule variable : Y = f(X)

Relation affine : $si\ \ Y = a\,X + b \quad alors\ \ u(Y) = |a|\,u(X)$

Relation de puissance : $si\ \ Y = a\,X^n \quad alors\ \ \frac{u(Y)}{Y} = |n|\,\frac{u(X)}{X}$

Deux variables : Y = f(X_1, X_2)

Combinaison linéaire : $si\ \ Y = a\,X_1 + b\,X_2 \ \ alors\ \ u(Y) = \sqrt{\left(a\,u(X_1)\right)^2 + \left(b\,u(X_2)\right)^2}$

Monôme : $si\ \ Y = X_1^a\,X_2^b \quad alors\ \ \frac{u(Y)}{Y} = \sqrt{\left(a\,\frac{u(X_1)}{X_1}\right)^2 + \left(b\,\frac{u(X_2)}{X_2}\right)^2}$

Figure annexe n°1 :

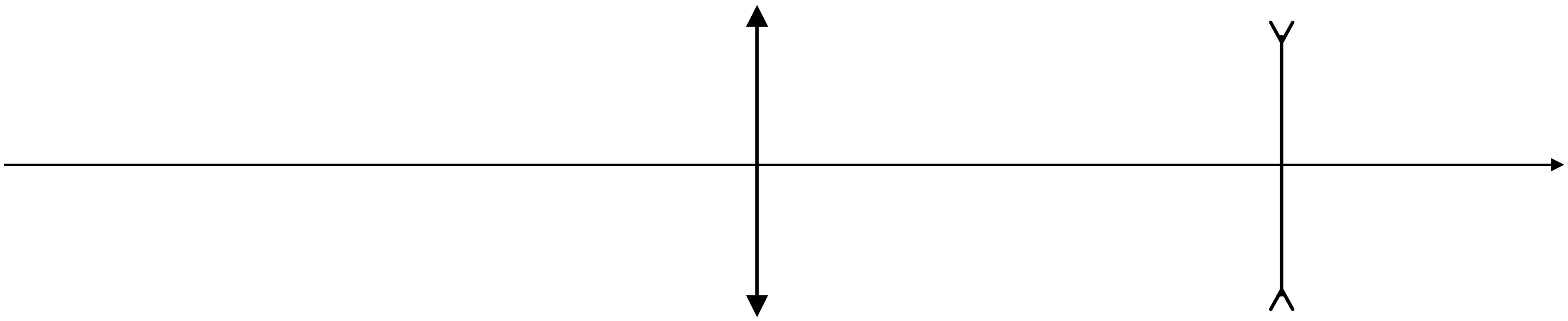


Figure annexe n°2 :