Université de Bourgogne Franche-Comté
Licence Sciences et Techniques, L1-ST Juin. 2018

Examen de rattrapage Module Phys. 1A

Durée 1h45, sans documents ***sans*** *calculatrice. La contribution à la note finale est indiquée pour chaque exercice.*

OPTIQUE GEOMETRIQUE

Rappel : La relation de conjugaison d'une lentille mince avec origine au sommet est donnée par :

$$\frac{1}{\overline{SA'}}-\frac{1}{\overline{SA}}=\frac{1}{f'}$$

Le grandissement transversal d'une lentille mince est donné par :

$$\gamma=\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}=\frac{\overline{SA'}}{\overline{SA}}$$

OPTIQUE GEOMETRIQUE

Exercice n° 1 : Association de deux lentilles minces (20%)

On considère l'association de deux lentilles minces L_1 et L_2 de centre optique respectifs S_1 et S_2. Les deux lentilles sont disposées selon le schéma de la Fig. 1. La lentille L_1 est convergente tandis que la lentille L_2 est divergente. On note f'_1 la distance focale (algébrique) de la lentille L_1 et f'_2 la distance focale (algébrique) de la lentille L_2. La distance entre les centres optiques des deux lentilles est notée e (e>0).

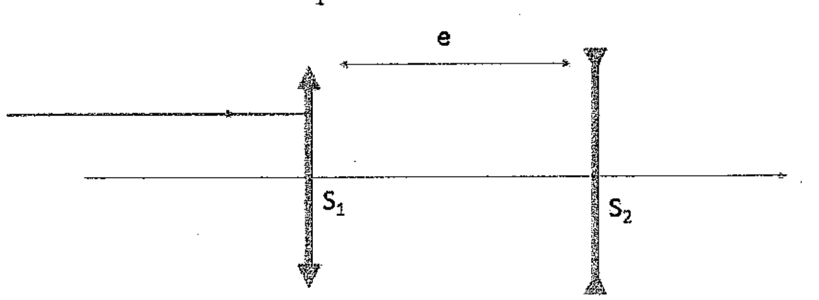


Fig. 1

L'objectif de l'exercice est d'établir la position du foyer image de l'association des deux lentilles par rapport à S_2 en fonction de la distance e.

1. On considère un rayon incident issu d'une source ponctuelle **A** repoussée à l'infini. Donner l'expression en fonction des données du problème de la mesure algébrique $\overline{S_1A'}$ où **A'** désigne l'image de **A** formée par L_1.
2. A quel point remarquable correspond l'image **A'** ? L'image **A'** est-elle réelle ou virtuelle ? Justifier votre réponse.
3. On forme l'image de **A"** de **A'** par L_2. Exprimer la mesure algébrique $\overline{S_2A"}$ en fonction de **f'_1, e** et **f'_2**.

4. Dans le cas où les deux lentilles minces sont accolées, on constate expérimentalement que l'association des deux lentilles est de vergence nulle. Que peut-on en conclure sur les distances focales des deux lentilles ? Justifier votre réponse.
5. Les deux lentilles vérifiant la propriété décrite à la question (4), on fixe maintenant la distance **e** telle que **e=2f'₁**. Exprimer dans ce cas la mesure algébrique $\overline{S_2A''}$ en fonction de **f'₂**.
6. On fixe f'_1=50mm. Réaliser la construction géométrique à l'échelle 1 des images **A'** et **A''** pour la situation décrite à la question (5). La construction géométrique est-elle en accord avec le résultat analytique de la question (5) ? L'image **A ''** est-elle réelle ou virtuelle ? Justifier votre réponse.

ELECTROCINETIQUE

Exercice n° 2 : Résistance équivalente (10%)

Donner en fonction de R l'expression de la résistance équivalente vue des points A et B du réseau représenté sur la Fig. 2.

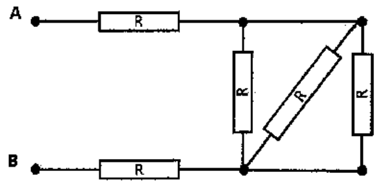


Fig. 2

Exercice n° 3 : Equivalents Norton-Thévenin (15%)

On considère le réseau linéaire représenté sur la Fig. 3. Le réseau est alimenté par des sources de tension et de courant en **régime continu**. En utilisant les équivalents Norton-Thévenin des sources de tension et de courant, déterminer l'expression de l'intensité i circulant dans le circuit en fonction de la force électromotrice e, du courant électromoteur i_0 et des résistances r. On détaillera les différentes phases de la simplification du réseau de départ.

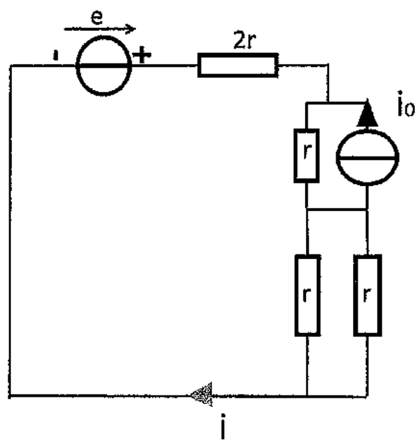


Fig. 3

MECANIQUE DU POINT MATERIEL

Exercice n°4: Cinématique, mesure de la vitesse d'une balle de fusil (20%)

On considère le dispositif représenté sur la Fig. 4. Le dispositif se compose de deux disques rigides en carton liés à un axe qui tourne à une vitesse angulaire ω constante au cours du temps. Les deux disques sont séparés d'une distance L fixée.

Fig. 4

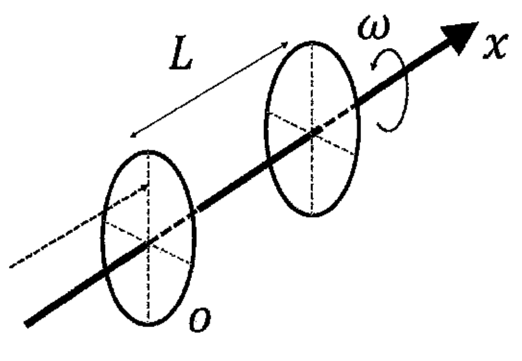
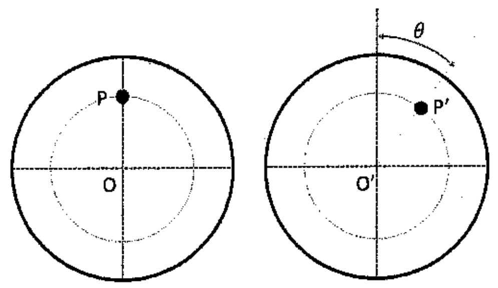


Fig. 5



A l'aide de ce dispositif, on souhaite étudier le mouvement d'une balle de fusil dont la vitesse typique est de l'ordre de quelques centaines de mètres par seconde. On suppose qu'un opérateur déclenche le tir d'une balle de fusil au travers du premier disque. On suppose de plus que la trajectoire de la balle est parfaitement parallèle à l'axe (Ox). Après avoir traversé le disque d'entrée, la balle continue sa trajectoire entre les deux disques. Durant le temps de vol de la balle entre les deux disques, le dispositif continue sa rotation de telle sorte que le l'impact de la balle sur le disque de sortie présente un décalage angulaire θ par rapport à la position de l'impact sur le disque d'entrée comme le montre schématiquement la Fig. 6. On suppose que la vitesse de rotation du système est suffisamment élevée pour que le décalage angulaire entre les impacts P et P' soit inférieur à un tour. **On néglige dans toute la suite l'effet de la gravité sur la trajectoire de la balle.**

1. On suppose que la balle a un mouvement rectiligne uniforme entre les deux impacts sur les disques d'entrée et de sortie. Soit v_1 le module de la vitesse de la balle entre les deux disques. Exprimer le temps de vol t_1 de la balle entre les deux disques en fonction des données du problème.
2. En déduire l'expression littérale de l'angle θ_1 existant entre les deux impacts P et P' en fonction de v_1, L et ω.
3. <u>Application numérique</u> : La fréquence de rotation du système est fixée à 10Hz, c'est-à-dire qu'un disque effectue 10 tours par seconde. La longueur du dispositif est L=10m.
   a. Que vaut la vitesse angulaire ω du dispositif exprimée en rad/s ?
   b. On mesure un angle entre les deux impacts P et P' de $\theta_1 = \frac{2\pi}{5}$ rad. Que vaut la vitesse v_1 de la balle exprimée en m/s ?

<u>Exercice n°5: Dynamique, Mouvement à force centrale (35%)</u>

On considère un mobile M assimilé à un point matériel de masse m attaché à un fil inextensible de masse négligeable. Le mobile M peut glisser sans frottement sur un plateau confondu avec le plan xOy du repère $R(O,\overrightarrow{u_x},\overrightarrow{u_y}\ \overrightarrow{u_z})$ lié au référentiel terrestre par rapport auquel on étudie le mouvement de M. Le plateau est percé en son centre d'une ouverture au travers de laquelle le fil passe comme le montre la Fig. 6.

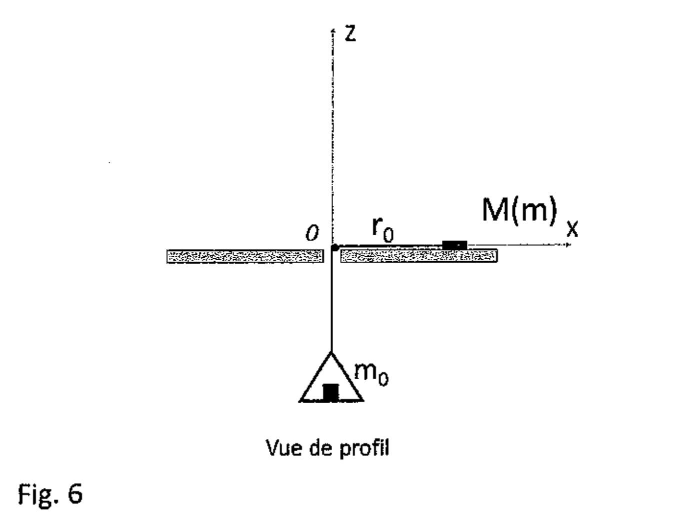


Fig. 6

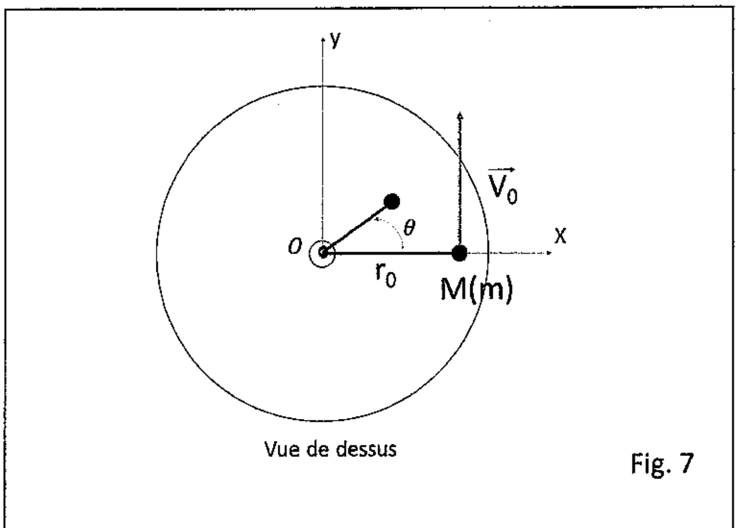


Fig. 7

A l'extrémité du fil est pendue une masse ponctuelle m_0 qui attire le mobile M vers le centre O du plateau. On suppose que les frottements du fil au niveau de l'ouverture centrale du plateau sont négligeables. A l'instant initial du mouvement t=0, la distance entre le mobile M et l'origine O du repère est r_0 et un opérateur lance le mobile de telle sorte que sa vitesse linéaire initiale v_0 soit dirigée selon Oy et que la vitesse angulaire instantanée vaille ω_0 (voir Fig. 7). La norme de la vitesse instantanée v_0 est donc reliée à la vitesse angulaire instantanée par la relation $v_0=r_0\omega_0$. Au cours de son mouvement, le mobile M reste en contact avec le plateau.

1. Décrire la trajectoire que va suivre le mobile M au cours de son mouvement.
2. Reproduire la Fig. 6 et faire figurer sur ce schéma les trois forces agissant sur le mobile M. On rapportera toutes les forces au point M.
3. Exprimer les composantes dans la base cylindrique des forces agissant sur M.
4. En partant du vecteur position dans la base polaire $\overrightarrow{OM} = r(t)\,\overrightarrow{u_r}$, exprimer les composantes polaires de la vitesse instantanée $\overrightarrow{V_R(M)}$.
5. Exprimer le principe fondamental de la dynamique (PFD) appliqué au point M.
6. A partir du PFD, montrer que la composante orthoradiale Γ_θ de l'accélération de M est nulle. On notera l'accélération de M sous la forme $\overrightarrow{\Gamma_R(M)} = \Gamma_r\,\overrightarrow{u_r} + \Gamma_\theta\,\overrightarrow{u_\theta}$ et on ne cherchera pas à exprimer la composante Γ_r.
7. On considère le vecteur $\vec{C} = \overrightarrow{OM} \wedge \overrightarrow{V_R(M)}$. Montrer que $\vec{C} = r^2\frac{d\theta}{dt}\overrightarrow{u_z}$.
8. Montrer que le calcul de la dérivée par rapport au temps et par rapport à R du vecteur $\vec{C}$ conduit à :
$$\left(\frac{d\vec{C}}{dt}\right)_R = \overrightarrow{V_R(M)} \wedge \overrightarrow{V_R(M)} + \overrightarrow{OM} \wedge \overrightarrow{\Gamma_R(M)}$$
9. En déduire que le vecteur $\vec{C}$ est un vecteur constant.
10. Quelle est la propriété remarquable de la quantité $r^2\frac{d\theta}{dt}$ au cours du mouvement de M.
11. <u>Application numérique</u> : On donne r_0=1m et $\omega_0=4\pi$ rad/s. Calculer la vitesse angulaire de M lorsque r=0.5m et r=$\frac{1}{\sqrt{2}}$m.