

DS de physique n°2

Durée : 3h

L'usage de la calculatrice est autorisé. La copie doit être propre, lisible, sans faute d'orthographe. Les pages doivent être numérotées et **les résultats soulignés ou encadrés**. Un résultat donné sans justification, à moins que l'énoncé le précise, est considéré comme faux. Les valeurs numériques doivent être accompagnées de leur unité. Le devoir comporte 2 exercices indépendants. Dans chaque exercice les différentes parties sont indépendantes les unes des autres.

Exercice 1 : Utilisation d'un appareil photographique

On rappelle les formules de conjugaison et de grandissement pour les lentilles minces :

Relation de conjugaison de Descartes :

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

Relation de conjugaison de Newton :

$$\overline{FA} \times \overline{F'A'} = -f'^2$$

Relations de grandissement :

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{f'}{\overline{FA}} = -\frac{\overline{F'A'}}{f'}$$

Partie 1 : Objet et image

On modélise un appareil photo (**figure 1**) par l'association d'une lentille mince (L) de focale $f' = \overline{OF'}$ appelée "objectif", d'un capteur (C) sur lequel on souhaite récupérer l'image et d'un diaphragme (D) placé devant la lentille.

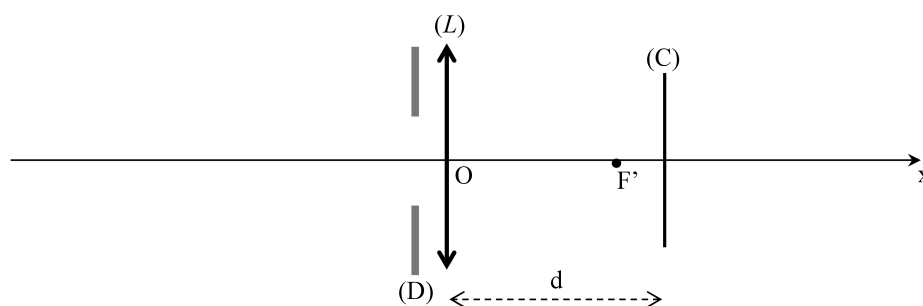


Figure 1 - Modélisation d'un appareil photo

La distance d entre la lentille (L) et le capteur (C) est réglable, grâce à un mécanisme lié à l'objectif ; elle est comprise entre $d_{\min}$ et $d_{\max}$.

À l'aide de cet appareil, on souhaite former sur le capteur l'image d'un arbre de hauteur h situé à une distance L devant l'objectif.

Q1. a) La lentille est utilisée dans les "conditions de Gauss". Préciser en quoi elles consistent.

b) Quelle partie de l'appareil permet de s'assurer que ces conditions sont remplies ?

- Q2. a)** Faire un schéma soigné de la situation en notant AB l'objet et A'B' son image sur le capteur (A est sur l'axe et AB appartient à un plan orthogonal à l'axe). Positionner les foyers principaux et tracer au moins deux rayons lumineux issus de B pour justifier la position de l'image A'B'.
- b)** Exprimer la taille $\overline{A'B'}$ de l'image de l'arbre sur le capteur en fonction de h , f' et L . Calculer cette taille avec $f' = 50$ mm, $h = 5$ m et $L = 20$ m.
- c)** Si on suppose que le capteur a pour dimensions : $24 \text{ mm} \times 36 \text{ mm}$, sera-t-il possible de voir l'arbre en entier sur la photo obtenue ?
- Q3. a)** Que vaut $d_{\min}$, sachant que cette distance correspond au cas où l'objet est à l'infini ?
- b)** Montrer qu'il existe une distance limite notée $L_{\min}$ en dessous de laquelle il ne sera pas possible d'obtenir une image sur le capteur.
- c)** Exprimer $L_{\min}$ en fonction de f' et $d_{\max}$.
- d)** Calculer $L_{\min}$ avec $f' = 50$ mm et $d_{\max} = 55$ mm.

Partie 2 : Influence de la focale

- Q4. a)** Faire un schéma de la situation correspondant cas où la mise au point est faite à l'infini. On note A et B les extrémités du capteur (C). Déterminer à l'aide d'un tracé de rayons les directions dans lesquelles se trouvent les deux points conjugués de A et B par la lentille.
- b)** L'angle α entre ces deux directions est appelé "champ angulaire" de l'appareil. Exprimer α en fonction de f' et de la dimension $\ell = AB$ du capteur.
- c)** Calculer les champs angulaires correspondant aux deux dimensions d'un capteur $24 \text{ mm} \times 36 \text{ mm}$, avec $f' = 50$ mm.
- d)** La **figure 2** montre deux photos du même objet, prises du même endroit (même distance L dans les deux cas) mais avec deux objectifs de distances focales différentes ; $f' = 50$ mm et $f' = 150$ mm. Expliquer, en justifiant soigneusement le raisonnement, à quel objectif correspond chaque photo.



Photo 1

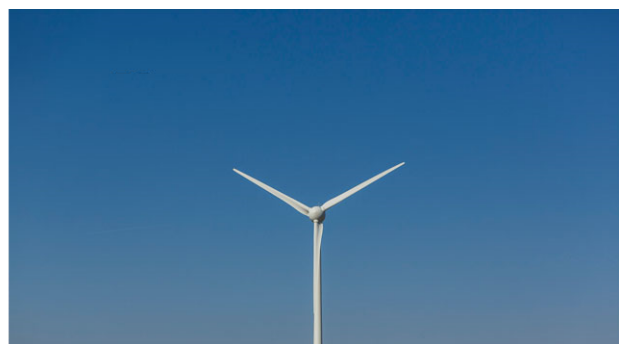


Photo 2

Figure 2 – Influence de la distance focale sur le champ angulaire

Partie 3 : Hyperfocale

En photographie un objet qui ne se trouve pas dans le plan de mise au point peut quand même être vu net, à condition que pour chaque point de l'objet la dimension de la tâche image soit inférieure ou de l'ordre de la taille d'un pixel du capteur. On appelle **distance hyperfocale** L_H la distance de mise au point minimale qui permet de garantir que les objets à l'infini sont vus quasiment nets sur la photo (voir **figure 3**). On note δ la taille d'un pixel et D le diamètre du diaphragme.

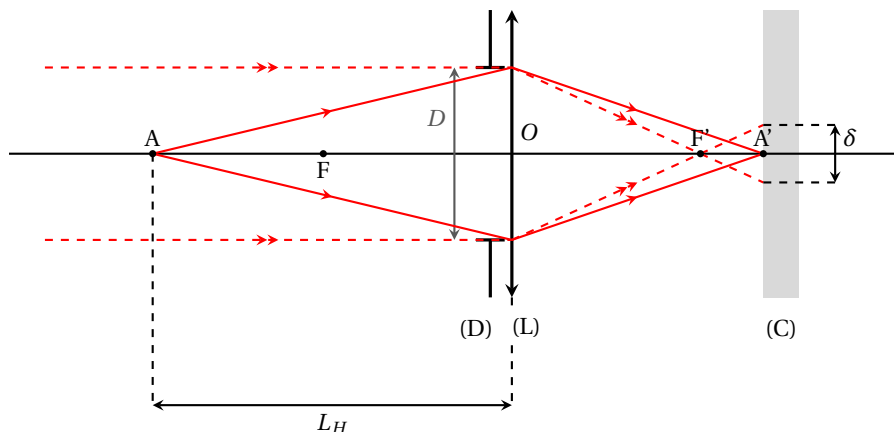


Figure 3 – Mise au point sur l'hyperfocale

Q5. a) Démontrer que :

$$L_H = f' \left(1 + \frac{D}{\delta} \right)$$

b) Chaque pixel est un carré de côté δ . Le capteur a pour dimensions : 24 mm $\times$ 36 mm et possède 30 millions de pixels. Calculer δ .

c) Calculer L_H avec $f' = 50$ mm et $D = f'/8$.

En photographie de paysage on souhaite généralement obtenir une impression de netteté aussi bien en arrière-plan qu'au premier plan ; pour cela il est avantageux de faire la mise au point sur l'hyperfocale plutôt que sur l'infini.

Q6. a) Montrer que si la mise au point est effectuée sur l'hyperfocale alors le point le plus proche qui peut être vu quasiment net sur la photo se situe à la distance $L = \frac{L_H}{2}$.

b) Sachant que l'on peut faire varier le diamètre d'ouverture du diaphragme entre $f'/1,8$ et $f'/16$, expliquer quel choix est le plus adapté à la photographie de paysage.

c) Au-delà d'une certaine limite la qualité d'une photographie se dégrade quand on ferme trop le diaphragme. Quel phénomène peut expliquer cette propriété ?

Partie 4 : Exploitation d'une photo

Les tailles des capteurs dont sont équipés les appareils numériques actuels sont variables, comme l'indique le **document 1**.

Document 1 - Exemples de capteurs d'appareils photo numériques			
Standard	Diagonale	Dimensions	Exemples
1/2,5"	7,18 mm	4,29x5,76 mm	Panasonic TZ6
1/2,3"	7,7 mm	4,62x6,16 mm	Nikon P90, Canon 110 IS
1/2"	8 mm	4,8x6,4 mm	Fuji F70EXR
1/1,7"	9,5 mm	5,7x7,6 mm	Canon G10
1/1,6"	10 mm	6x8 mm	Fuji S200EXR
4/3"	21,6 mm	13x17,3 mm	reflex 4/3 et hybrides Micro 4/3
APS	24,8 mm	13,8x20,7 mm (Sigma)	reflex amateurs
	à 28,4 mm	à 15,8x23,6 mm (Nikon, Sony)	
24x36	43,3 mm	24x36 mm	Nikon D700, Sony Alpha 900

Source : Wikipedia

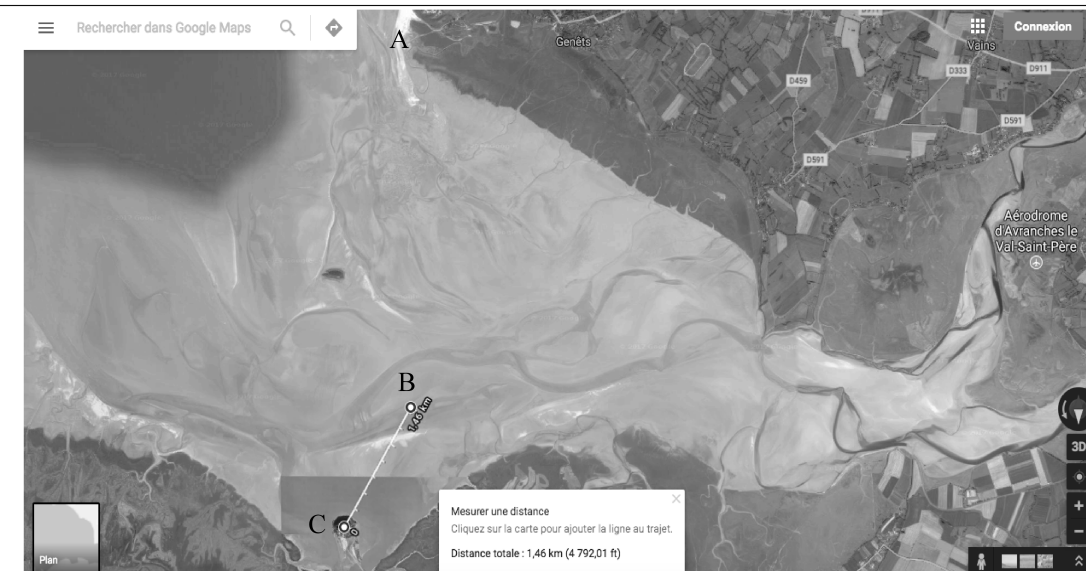
La photo ci-dessous a été prise avec un appareil photo numérique de type " Canon G10 ". Il s'agit d'une photo prise dans la baie du Mont Saint-Michel (au point B sur la carte satellite du **document 3**). La distance BC vaut 1,46 km. Les informations relatives à la photo sont consignées dans le **document 2**.



Document 2 - Informations relatives à la prise de vue (Photo Mont Saint-Michel)

Sensibilité : 100 ISO
 Vitesse : 1/250 s
 Ouverture : f/7,1
 Focale : 18 mm

Document 3 - Image satellite de la baie du Mont Saint-Michel



A : Bec d'Andaine

B : lieu de la prise de vue

C : Mont Saint-Michel

- Q7.** À partir de la photo obtenue et des **documents 1, 2 et 3**, déterminer la hauteur du Mont Saint-Michel (flèche comprise) en indiquant les hypothèses posées, la modélisation du problème (par exemple par un schéma légendé) et les calculs effectués.

Exercice 2 : Alimentation d'un moteur

Partie 1 : Étude du générateur

Dans cette partie on étudie le générateur représenté sous la forme du dipôle AB de la **figure 4**.

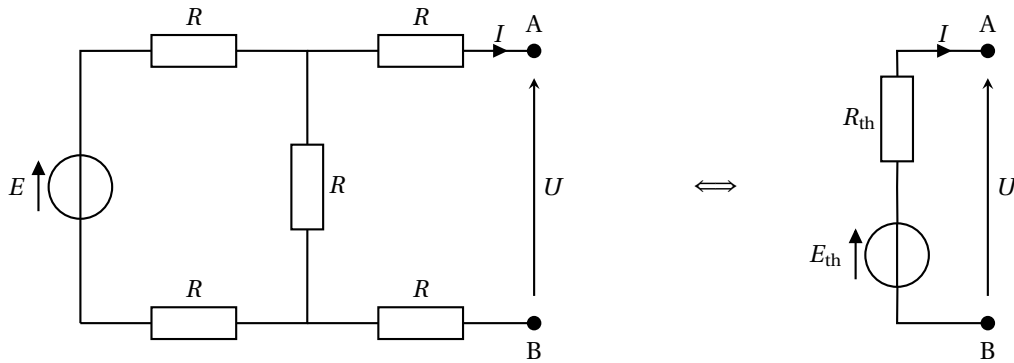


Figure 4 : Générateur linéaire (schéma à gauche et modèle de Thévenin associé à droite)

Il s'agit d'un générateur linéaire car il est constitué uniquement de dipôles linéaires (résistors et source idéale de tension), si bien que sa caractéristique statique est affine comme le montre la **figure 5**. Sur cette figure la tension à vide est notée U_0 et le courant de court-circuit I_0 .

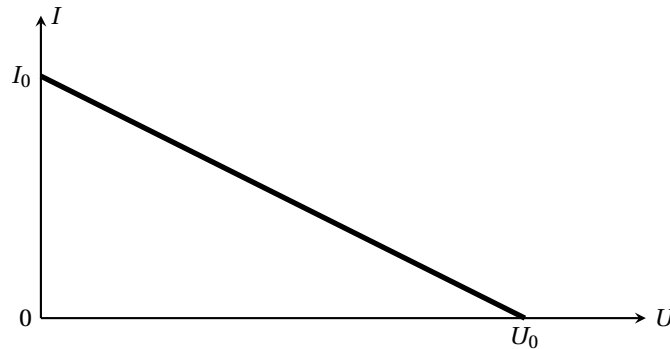


Figure 5 : Caractéristique statique du générateur

1. Justifier que tous les points de cette caractéristique correspondent à un comportement générateur du dipôle AB.
2. Justifier, en vous appuyant sur la caractéristique, que le dipôle AB peut être représenté par un modèle de Thévenin équivalent (voir **figure 4**). Exprimer la force électromotrice E_{th} et la résistance interne R_{th} de ce modèle de Thévenin en fonction de U_0 et I_0 .

On s'intéresse dans les questions qui suivent à la tension à vide U_0 et au courant de court-circuit I_0 , que l'on va chercher à exprimer en fonction de E et R .

3. La tension U_0 est définie comme la tension aux bornes du générateur lorsque celui-ci est ouvert (voir **figure 6**).

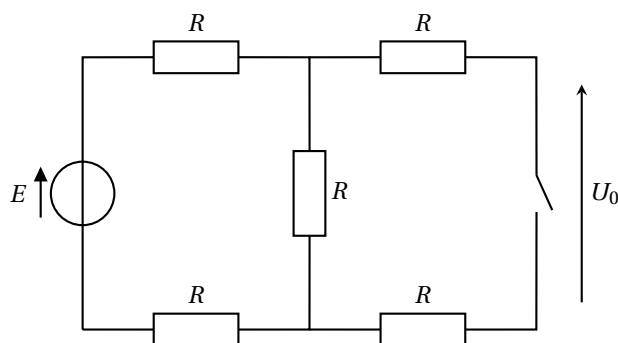


Figure 6 : Tension à vide du générateur

Exprimer U_0 en fonction de E .

4. L'intensité I_0 est définie comme l'intensité qui parcourt le générateur lorsque celui-ci est court-circuité (voir **figure 7**).

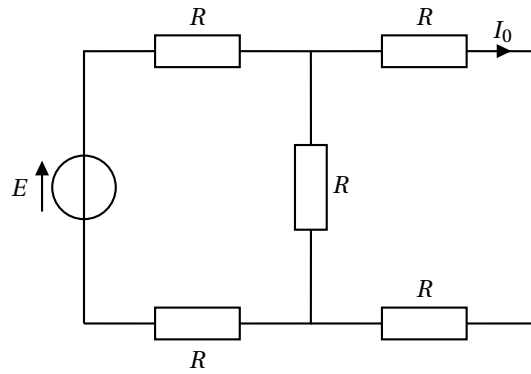


Figure 7 : Courant de court-circuit du générateur

Exprimer I_0 en fonction de E et R .

5. Dédire des résultats précédents les expressions de E_{th} et R_{th} en fonction de E et R .

Partie 2 : Générateur connecté à un moteur

Le générateur est maintenant connecté à un moteur qui est un récepteur actif linéaire que l'on peut lui aussi modéliser à la manière de Thévenin (voir **figure 8**). Pour les applications numériques, on prendra $E_m = 5,0V$, $E_{th} = 15V$, $R_m = 6,0\Omega$ et $R_{th} = 20\Omega$.

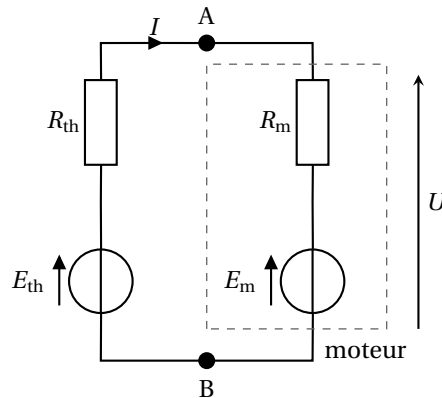


Figure 8 : Schéma du générateur alimentant un moteur électrique

6. Exprimer littéralement, en fonction de E_m , E_{th} , R_m et R_{th} uniquement :

- l'intensité I ,
- la tension U ,
- la puissance $\mathcal{P}_r$ reçue par le moteur (c'est-à-dire par la source idéale de tension E_m et la résistance R_m).

Faire ensuite les applications numériques.

7. Le moteur reçoit une puissance $\mathcal{P}_r$ du générateur mais la fraction de cette puissance qui est effectivement convertie en énergie mécanique s'identifie à la puissance $\mathcal{P}_m$ consommée par la source idéale de tension E_m **seule** (le reste étant dissipé par effet Joule dans R_m). Déterminer littéralement et numériquement $\mathcal{P}_m$ puis le rendement $\eta = \frac{\mathcal{P}_m}{\mathcal{P}_r}$ du moteur.

Dans les questions qui suivent on considère que la valeur de E_m peut être modifiée librement.

8. Sachant que le moteur ne peut fonctionner que s'il se comporte effectivement comme un récepteur électrique, quelle est la valeur maximale que l'on peut donner à E_m ?
9. Étudier les variations de la fonction $\mathcal{P}_m(E_m)$ (tous les autres termes étant constants) et montrer que cette puissance motrice devient maximale lorsque $E_m = E_{th}/2$.
Déterminer alors littéralement et numériquement la puissance motrice maximale $\mathcal{P}_{m,max}$ qu'il est possible d'obtenir.
10. Montrer que le rendement η est une fonction croissante de E_m . Calculer le rendement maximal qu'il est possible d'obtenir, la condition de la question 6 étant remplie. Quelle est alors la valeur de $\mathcal{P}_m$? Cette configuration est-elle souhaitable ?