



Ce document a été mis en ligne par l'organisme [FormaV®](#)

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :

[www.formav.co/explorer](http://www.formav.co/explorer)

Brevet de Technicien Supérieur

**GÉOLOGIE APPLIQUÉE**

**SCIENCES PHYSIQUES**

*Durée : 2 heures*

*Coefficient : 1,5*

Calculatrice réglementaire autorisée.

Tout autre matériel est interdit.

✓✓✓✓✓✓✓✓✓✓✓✓✓✓✓✓

**Avant de composer, le candidat s'assurera que le sujet comporte bien 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12.**

**Le sujet comporte deux parties indépendantes :**

- 1<sup>ère</sup> partie : physique appliquée (pages 2/12 à 8/12)
- 2<sup>ème</sup> partie : physique et chimie (pages 9/12 à 12/12)

**ATTENTION :**

Le **DOCUMENT RÉPONSE** (pages 7/12 et 8/12) est fourni en double exemplaire, un exemplaire étant à remettre avec la copie ; l'autre servant de brouillon éventuel.

*La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part importante dans l'appréciation des copies.*

**ÉNERGIES RENOUVELABLES**

L'énergie est l'un des moteurs du développement des sociétés. La civilisation industrielle s'est bâtie autour de l'exploitation du charbon à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, puis du pétrole au milieu du XX<sup>e</sup> siècle, deux types d'énergies en voie d'épuisement donc considérées comme non renouvelables. L'émergence de nouveaux pays industrialisés, les besoins énergétiques en forte croissance ainsi que l'impact sur l'environnement et le climat des énergies fossiles obligent les pays et les individus à se tourner vers d'autres ressources énergétiques. L'énergie éolienne, l'énergie solaire, l'énergie hydraulique, la biomasse, la géothermie sont des énergies quasi inépuisables et n'ont en outre que peu d'effets négatifs sur l'environnement ; leur exploitation ne donne, en particulier, pas lieu à des émissions de gaz à effet de serre.

Le problème se propose d'étudier deux systèmes exploitant ces énergies renouvelables.

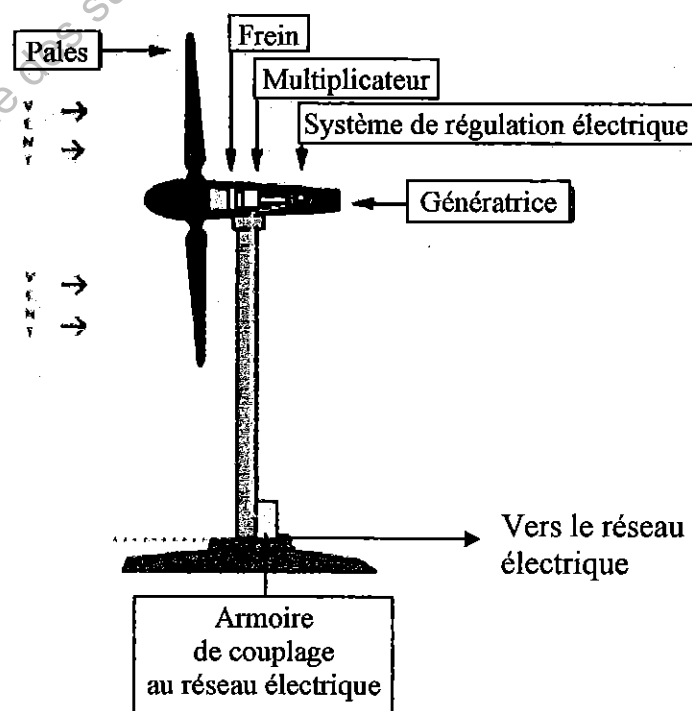
**A) L'éolienne**

Une éolienne permet de transformer l'énergie cinétique du vent en énergie électrique. Elle est constituée d'un mât au sommet de laquelle se trouve une nacelle équipée d'un rotor à axe horizontal, à trois pales mises en rotation par le vent. L'énergie mécanique ainsi produite est transformée en énergie électrique grâce à une génératrice placée dans la nacelle et couplée mécaniquement au rotor.

Les installations d'éoliennes se développent beaucoup sous forme de parcs éoliens.

Le « petit éolien », c'est à dire les éoliennes pour maisons individuelles, pour exploitations agricoles ou petites industries connaît aussi un essor vertigineux.

Principe de fonctionnement simplifié :



## GAPHYS

Le rotor de l'éolienne entraîne ici un **alternateur triphasé** à aimants permanents **couplé en étoile** de type **800 STK 6M**.

Il possède les caractéristiques techniques suivantes en régime de fonctionnement nominal :

800 STK 6M	unités	
Fréquence nominale	tr / min	350
Puissance électrique moyenne nominale (1)	W	98 974
Moment du couple nominal d'entrée nécessaire (1)	N.m	2 868
Rendement à puissance nominale (1)	%	94
Valeur efficace de l'intensité du courant à puissance nominale (1)	A	252,0
Valeur efficace de la tension simple à puissance nominale (1) (2)	V	133

(1) température ambiante 40°C, vent de 10 m/s

(2) le niveau de tension peut être adapté en fonction de l'application

### Question A.1

- 1.1 Compléter le **document réponse figure 1** en plaçant les barrettes (liaisons électriques) sur la plaque à bornes de l'alternateur couplé en étoile.  
Préciser les fils de phase et le neutre sur le schéma.
- 1.2 Déterminer la valeur efficace de la tension composée  $U$  du réseau triphasé obtenue en sortie de l'alternateur.

### Question A.2

- 2.1 Déterminer la puissance mécanique de l'alternateur triphasé en régime nominal.
- 2.2 Calculer le facteur de puissance de l'alternateur dans les conditions nominales de fonctionnement.

### Question A.3

- 3.1 En vous aidant de la documentation constructeur pour les alternateurs de la série 800 STK (**document annexe 1 figure 1**), déterminer, pour une fréquence de rotation du rotor de 175 tr/min (c'est-à-dire à mi-fréquence), la puissance électrique délivrée par l'alternateur.
- 3.2 En supposant le facteur de puissance égal à 0,985 et la valeur efficace de la tension simple aux bornes de la charge de 133V, déterminer la nouvelle valeur efficace  $I'$  de l'intensité du courant débité par l'alternateur.
- 3.3 La valeur du moment du couple d'entrée pour ce point de fonctionnement intermédiaire étant de 3 297 N.m, en déduire la puissance mécanique nécessaire au fonctionnement de l'alternateur à mi-fréquence.
- 3.4 En déduire le rendement  $\eta'$  de l'alternateur pour ce fonctionnement à mi-fréquence.

## B) Les panneaux solaires

Les panneaux solaires photovoltaïques, appelés modules solaires convertissent l'énergie lumineuse en énergie électrique.

Schéma de principe d'une installation photovoltaïque domestique connectée au réseau :

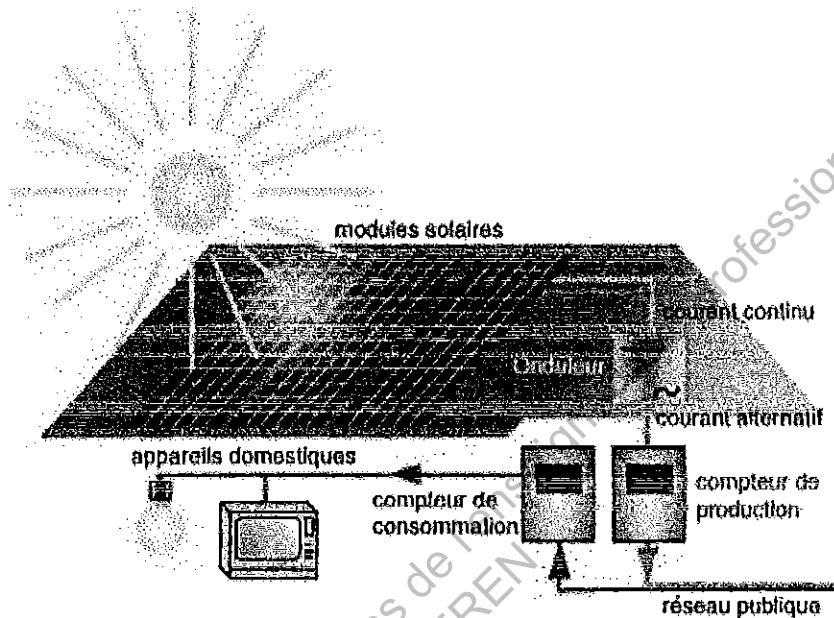
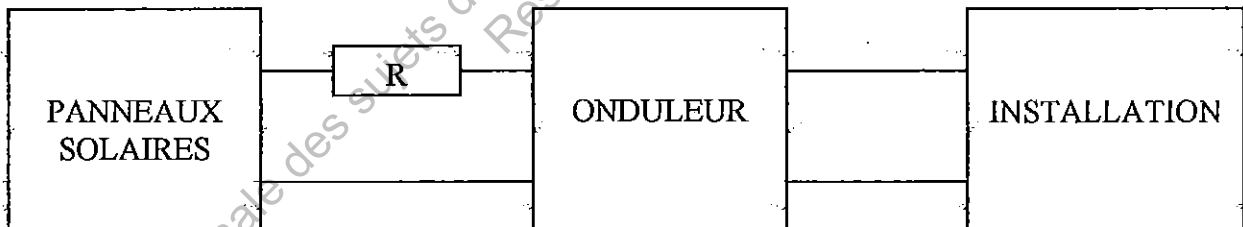


Schéma simplifié de l'installation :



R représente la résistance totale des conducteurs de liaison.

On s'intéressera d'abord au raccordement des panneaux solaires avant d'étudier l'onduleur autonome.

### Question B.1

On veut dimensionner l'installation et ainsi déterminer le nombre de panneaux à placer sur le toit de la maison.

Caractéristiques d'un panneau solaire :

- Tension maximale :  $U_p = 17,3 \text{ V}$
- Puissance crête d'un panneau :  $P_p = 70 \text{ W}$

1.1 Calculer la valeur de l'intensité du courant  $I_p$  délivrée par un panneau solaire dans les conditions nominales de fonctionnement.

- 1.2 On désire obtenir une tension continue  $E = 230 \text{ V}$  à l'entrée de l'onduleur. On considérera qu'il se produit une chute totale de tension  $\Delta U = 10 \text{ V}$  due à la résistance totale  $R$  des conducteurs. Déterminer le nombre de panneaux solaires à placer en série.
- 1.3 Que vaut l'intensité du courant  $I$  délivré par l'ensemble des modules solaires dans les conditions nominales de fonctionnement ? Justifier.

### Question B.2 : Onduleur autonome

Le document annexe 1 figure 2 donne le schéma de principe de l'onduleur autonome.

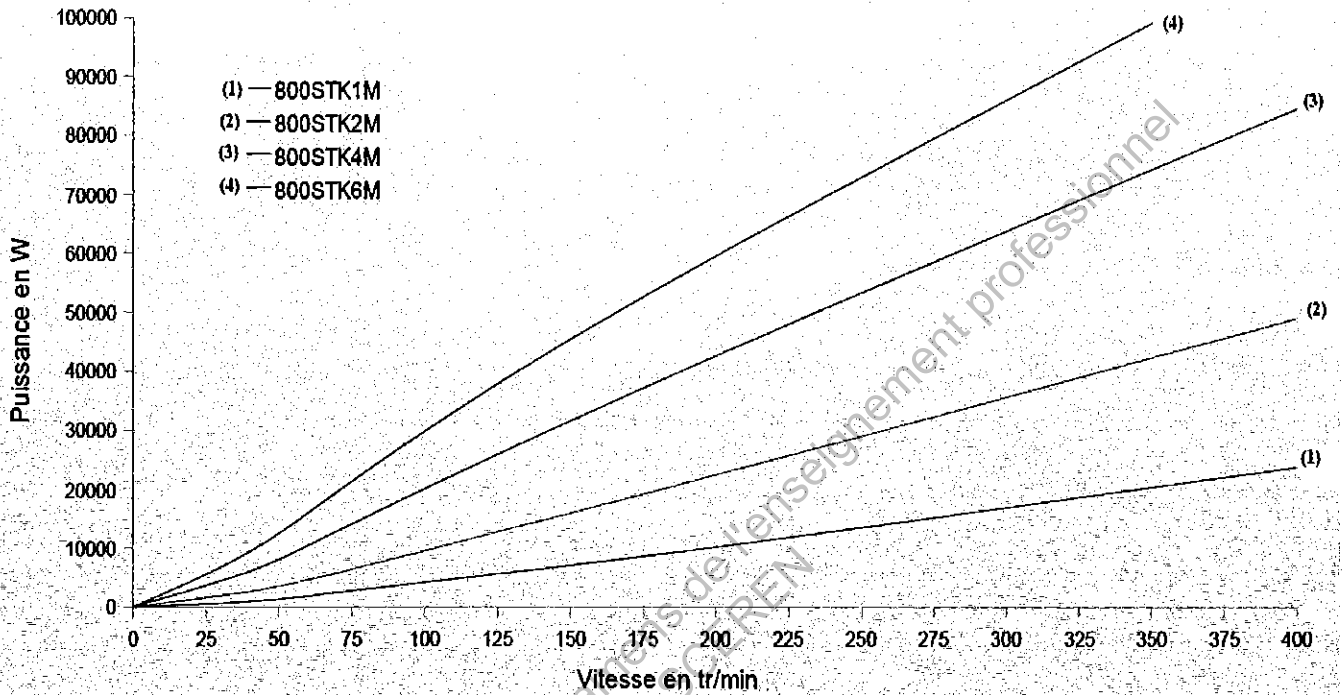
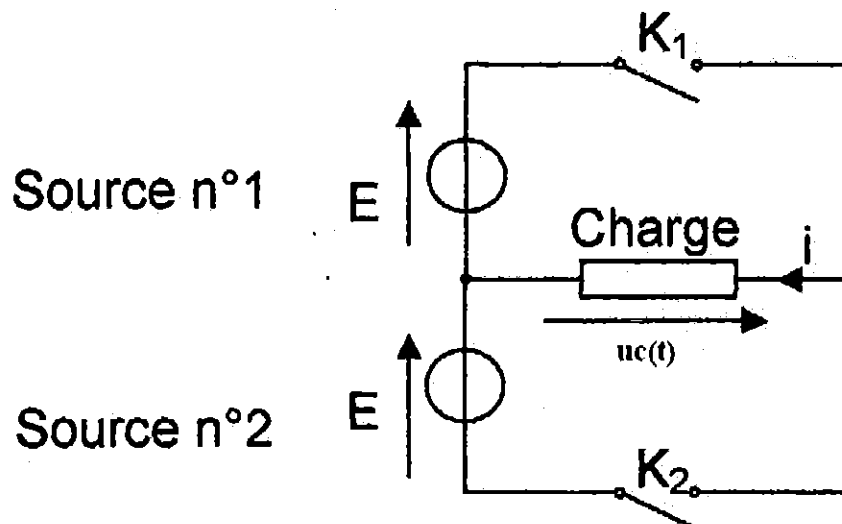
La valeur de  $E$ , tension délivrée par chacune des deux sources, vaut  $230 \text{ V}$ .

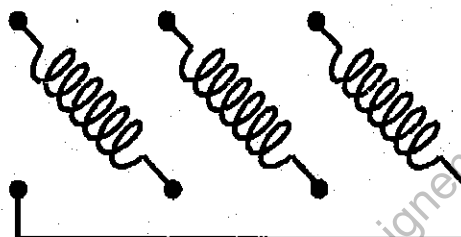
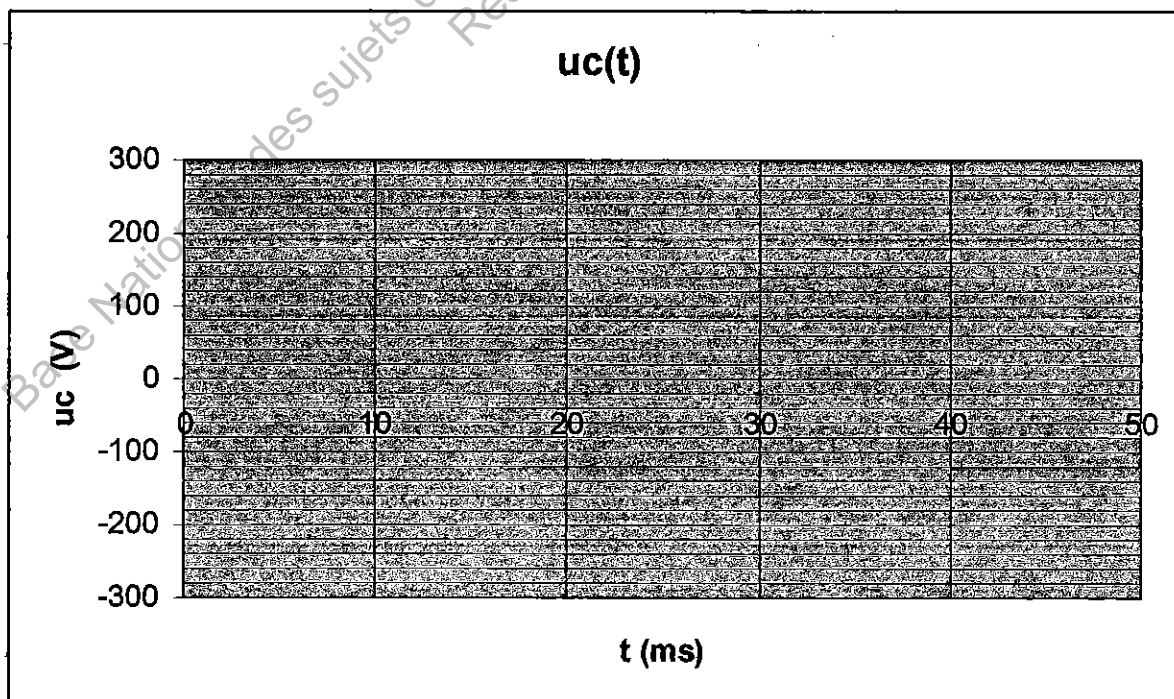
Les interrupteurs  $K_1$  et  $K_2$ , supposés parfaits, sont commandés périodiquement et à tour de rôle. La fréquence de commande de ces interrupteurs est  $50 \text{ Hz}$ .

Sur l'intervalle  $[0 ; T/2]$  :  $K_1$  est fermé et  $K_2$  ouvert

Sur l'intervalle  $[T/2 ; T]$  :  $K_1$  est ouvert et  $K_2$  fermé

- 2.1 Quel composant électronique peut être utilisé comme interrupteur commandé  $K$  ?
- 2.2 Tracer sur le document réponse figure 2 l'allure de la tension de sortie  $u_c(t)$  en supposant la charge résistive.
- 2.3 Calculer en précisant la méthode, la valeur efficace  $U_e$  de la tension de sortie de l'onduleur.
- 2.4 Préciser le type et la position (AC ou DC) de l'appareil permettant la mesure de cette valeur efficace  $U_e$ .

**DOCUMENT ANNEXE 1****Figure 1** : document constructeur pour les alternateurs de la série 800 STK**Alternateur 800STK Puissance - Vitesse****Figure 2** : schéma de principe de l'onduleur autonome

**EXEMPLAIRE POUVANT SERVIR DE BROUILLON****DOCUMENT RÉPONSE****Figure 1** : plaque à bornes de l'alternateur**Figure 2** : tension  $u_c(t)$  aux bornes de la charge résistive en sortie de l'onduleur



**EXERCICE A – GRANULOMÉTRIE ET MICROSCOPIE OPTIQUE (5 POINTS)**

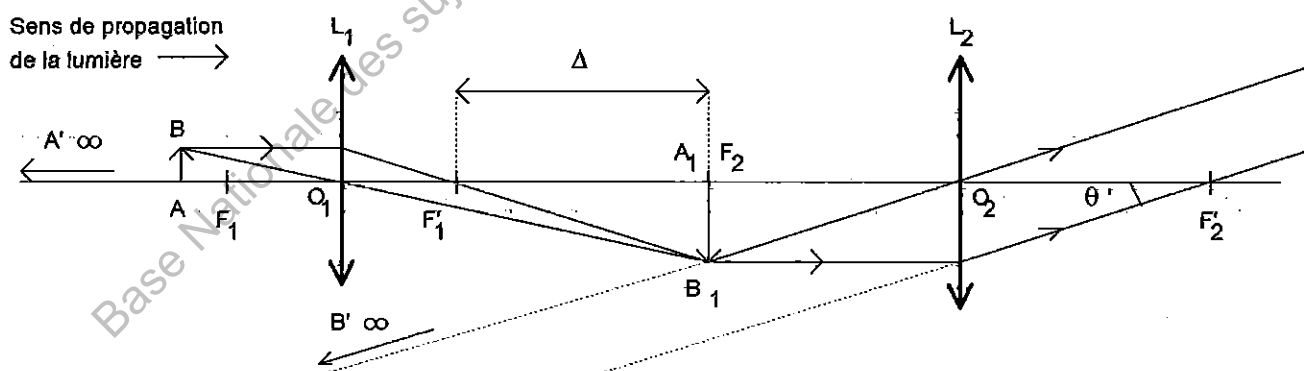
La granulométrie a pour objet la mesure de la taille des particules ou grains qui constituent les sols tels que poussières, sables, graviers, galets, fragments de roches, etc. En géologie, la texture du sol ainsi analysé permet de déterminer des propriétés importantes comme la conductivité capillaire, l'humidité disponible, la perméabilité, le tassement, les conditions de sédimentation entre autres. Certains échantillons microscopiques sont examinés sous loupe binoculaire ou microscope optique pour en mesurer la taille et identifier leur composition.

Un grain de poussière est observé à l'aide d'un microscope optique constitué de deux systèmes convergents : l'objectif et l'oculaire.

⇒ La fiche technique du microscope utilisé est donnée ci-dessous :

Objectif $L_1$	Distance focale $f'_1 = 4,0 \text{ mm}$
	Grandissement $ \gamma_1  = 10$
Oculaire $L_2$	Distance focale $f'_2 = 20,0 \text{ mm}$
	Grossissement $G_2 = 12,5$
Grossissement commercial du microscope	$G = 125$
Intervalle optique	$\Delta = F'_1 F_2 = 160 \text{ mm}$

- l'objectif est assimilé à une lentille mince  $L_1$  de centre optique  $O_1$  et de distance focale  $f'_1$  ;
- l'oculaire est assimilé à une lentille mince  $L_2$  de centre optique  $O_2$  et de distance focale  $f'_2$  ;
- le grain de poussière observé a un diamètre  $AB$  de l'ordre de  $80 \mu\text{m}$  ( $1 \mu\text{m} = 1 \times 10^{-6} \text{ m}$ ) et est placé perpendiculairement à l'axe optique du microscope conformément au schéma ci-dessous sur lequel aucune échelle n'est respectée :

**Question A.1 : Position de l'image intermédiaire et position de l'image définitive**

Le grain de poussière observé est fixé sur une lame placée à  $4,1 \text{ mm}$  du centre optique de l'objectif  $L_1$ . L'observateur regarde à travers l'oculaire  $L_2$ , effectue la mise au point et voit l'image définitive  $A'B'$  de l'objet  $AB$  donnée par l'instrument.

- 1.1. En utilisant la formule de conjugaison des lentilles minces, déterminer la position  $\overline{O_1 A_1}$  de l'image intermédiaire  $A_1 B_1$  de l'objet  $AB$  donnée par l'objectif. En déduire que cette image  $A_1 B_1$  est située dans le plan focal objet de l'oculaire.

- 1.2. Le diamètre AB du grain de poussière est de  $80 \mu\text{m}$ . Connaissant le grandissement  $|\gamma_1|$  de l'objectif, calculer la taille de l'image intermédiaire  $A_1B_1$ .
- 1.3. Où se forme l'image définitive A'B' de l'objet AB ? Justifier votre réponse sans calcul.

## Question A.2 : Diamètre apparent et pouvoir séparateur de l'œil

Le punctum proximum d'un œil normal (encore appelé œil emmétrype) est situé à une distance  $d_m = 25 \text{ cm}$ . Cette distance est la distance minimale de vision distincte. On rappelle que le diamètre apparent  $\theta$  d'un objet est l'angle sous lequel il est vu à l'œil nu.

- 2.1. En s'aidant d'un schéma, exprimer le diamètre apparent  $\theta$  de ce grain de poussière lorsque qu'il est placé à la distance minimale de vision distincte  $d_m$ . L'angle  $\theta$  est exprimé en radian. Calculer la valeur de  $\theta$ .

*On indique que lorsque l'angle  $\theta$  est petit et exprimé en radian, on peut écrire que :*

$$\tan \theta \approx \theta$$

- 2.2. Un œil emmétrype ne peut distinguer deux points que s'ils sont vus sous un diamètre apparent au moins égal à  $3,0 \times 10^{-4} \text{ rad}$ . Cet angle limite est appelé pouvoir séparateur de l'œil. Ce grain de poussière est-il visible à l'œil nu ? Justifier votre réponse.

## Question A.3 : Grossissement du microscope et puissance optique

On définit  $\theta'$  comme étant l'angle délimité par l'axe optique et le rayon issu de  $B_1$  passant par le foyer principal image  $F'_2$  de l'oculaire  $L_2$  (voir schéma).

- 3.1.  $\theta'$  est l'angle sous lequel est vue l'image A'B' à travers le microscope.
  - Donner l'expression de l'angle  $\theta'$  en fonction de  $f'_2$  et de  $A_1B_1$ .
  - Calculer la valeur de  $\theta'$  (en radian).
- 3.2. Le grossissement  $G$  du microscope est défini par :
 
$$G = \theta' / \theta \quad (\theta' \text{ et } \theta \text{ sont exprimés en radian})$$
  - Calculer la valeur de  $G$  à partir des questions 3.1. et 2.1.
  - Comparer cette valeur de  $G$  au grossissement commercial donné par la fiche technique.
- 3.3. On définit la puissance optique  $P$  du microscope (exprimée en dioptries) par le rapport du diamètre apparent  $\theta'$  de l'image par la longueur de l'objet :
 
$$P = \theta' / AB \quad (\theta' \text{ en radian et } AB \text{ en mètre})$$
 Calculer cette puissance optique  $P$ .
- 3.4. Quelle relation existe-t-il entre le grossissement commercial  $G$  du microscope, sa puissance optique  $P$  et la distance minimale de vision distincte  $d_m$  ?

**EXERCICE B – TENEUR EN FER DANS UN MINERAL (5 POINTS)**

Les minerais de fer sont des mélanges naturels d'oxyde de fer : magnétite  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , hématite  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , sidérose  $\text{FeCO}_3$ , etc. Il est utile de connaître le pourcentage massique en fer dans un minerai pour la fabrication des fontes et des aciers dans l'industrie.

**Données :**

Couples rédox	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq})/\text{Cr}^{3+}(\text{aq})$	$\text{Fe}^{3+}(\text{aq})/\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$	$\text{Zn}^{2+}(\text{aq})/\text{Zn}(\text{s})$
Potentiels rédox Standard $E^0$ (V)	1,33	0,77	- 0,76
Masse molaire atomique de l'élément fer : $\text{Fe} = 55,8 \text{ g.mol}^{-1}$			

**Traitement du minerai**

Un minerai de fer, de masse  $m = 0,120 \text{ g}$ , préalablement broyé et séché, est traité à l'acide sulfurique concentré. La dissolution complète du minerai est ensuite obtenue par chauffage. L'élément fer se trouve alors essentiellement sous forme d'ions fer (III)  $\text{Fe}^{3+}$ . Pour pouvoir effectuer le dosage de l'élément fer, il doit se trouver sous forme d'ions fer (II)  $\text{Fe}^{2+}$ . Pour réaliser cette opération, on effectue la réduction des ions  $\text{Fe}^{3+}$  par le métal zinc. Soit S la solution obtenue.

**Titrage des ions  $\text{Fe}^{2+}$**

Il est réalisé à l'aide d'une solution de dichromate de potassium  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  à  $c = 9,5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ , en milieu acide en présence de diphénylaminésulfonate de baryum comme indicateur de fin de réaction.

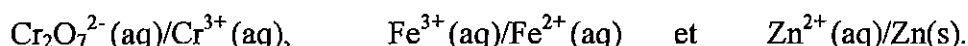
- À la solution S, acidifiée avec de l'acide sulfurique, on ajoute 3 à 4 gouttes d'indicateur.
- On dose alors la solution S par la solution de dichromate de potassium de concentration c. L'apparition progressive des ions  $\text{Cr}^{3+}$  fait prendre à la solution une teinte vert pâle.

L'équivalence est observée pour un volume versé équivalent  $V_E$  égal à **24,7 mL**. La couleur de la solution passe alors du vert pâle au violet très foncé

**Exploitation des résultats**

**Question B.1 : Couples rédox**

Les couples oxydant/réducteur mis en jeu sont :



Pour les trois couples précédents, citer les trois espèces oxydantes ainsi que les trois espèces réductrices.

## GAPHYS

### Question B.2 : Réduction des ions fer (III) par le métal zinc

- 2.1. Écrire l'équation de la réduction des ions fer (III) par le métal zinc.
- 2.2. On rappelle que pour l'équilibre d'oxydo-réduction  $n_2 \cdot \text{ox}_1 + n_1 \cdot \text{red}_2 = n_2 \cdot \text{red}_1 + n_1 \cdot \text{ox}_2$  mettant en jeu les deux couples rédox  $\text{ox}_1/\text{red}_1$  et  $\text{ox}_2/\text{red}_2$  de potentiels standard respectifs  $E^0_1$  et  $E^0_2$ , la constante d'équilibre  $K$  est donnée par la relation :

$$0,059 \times \log K = n_1 n_2 (E^0_1 - E^0_2)$$

Calculer la constante d'équilibre de la réaction précédente et vérifier que cette transformation est bien totale dans le sens de la réduction des ions fer (III).

### Question B.3 : Titration des ions fer (II)

- 3.1. Écrire la demi-équation rédox de chaque couple mis en jeu et en déduire l'équation de l'oxydation des ions fer (II) par les ions dichromate en milieu acide.
- 3.2. On donne les colorations des solutions aqueuses en fonction des ions présents :

ESPECES	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	$\text{Cr}^{3+}$	$\text{Fe}^{2+}$	$\text{Fe}^{3+}$
COULEUR	orangé	vert	vert pâle	rouille

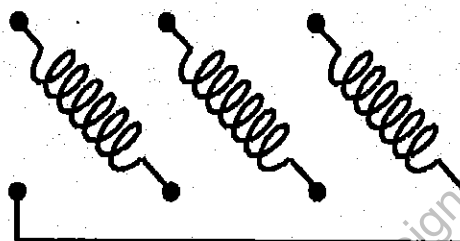
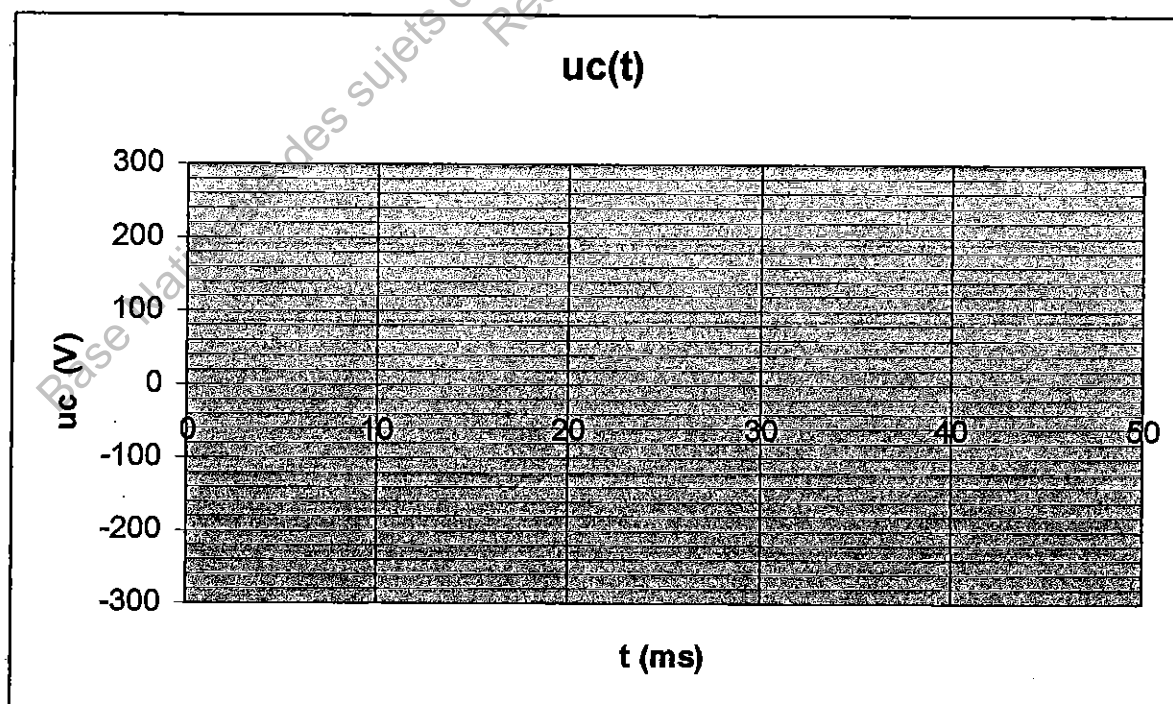
On indique ci-dessous quelques tests relatifs à l'indicateur de fin de réaction utilisé :

	Couleur initiale	Couleur après ajout de quelques gouttes de diphénylaminésulfonate de baryum
Solution aqueuse de sulfate de fer (II)	vert pâle	vert pâle
Solution aqueuse de dichromate de potassium	orangé	violet foncé

Justifier l'utilisation du diphénylaminésulfonate de baryum comme indicateur de fin de réaction sachant que la superposition des couleurs « vert et rouille » donne une teinte tirant sur le marron.

### Question B.4 : Teneur en fer du minerai

- 4.1. On indique que tout le fer présent dans l'échantillon a été transformé en ions  $\text{Fe}^{2+}$  lors du traitement. En utilisant la relation à l'équivalence du dosage, déterminer la quantité de matière d'élément fer présent dans l'échantillon de ce minerai.
- 4.2. En déduire la masse de fer contenue dans l'échantillon, puis le pourcentage massique en fer du minerai analysé.

**EXEMPLAIRE À RENDRE AVEC LA COPIE****DOCUMENT RÉPONSE****Figure 1** : plaque à bornes de l'alternateur**Figure 2** : tension  $u_c(t)$  aux bornes de la charge résistive en sortie de l'onduleur

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.