



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.**

γ γ γ γ γ γ γ γ

Avant de composer, le candidat s'assurera que le sujet comporte bien 8 pages numérotées de 1/8 à 8/8.

**Le sujet comporte deux parties indépendantes :**

- 1<sup>ère</sup> partie : sciences physiques (pages 2/8 à 4/8)
- 2<sup>ème</sup> partie : physique appliquée (pages 5/8 à 8/8)

**ATTENTION :**

Le **DOCUMENT RÉPONSE** (pages 7/8 et 8/8) 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.*

**Première partie : SCIENCES PHYSIQUES (12 points)**

**Exercice A) Traitement du minerai de zinc en hydrométallurgie (5 points)**

Dans la métallurgie du zinc, une des méthodes de production est l'hydrométallurgie. Cette opération est suivie d'une opération d'électrométallurgie.

La première opération consiste en un « grillage » du minerai de zinc, la blende  $ZnS$ , pour obtenir la calcine  $ZnO$  (oxyde de zinc).

Cette calcine est traitée par une solution d'acide sulfurique qui solubilise, en même temps que les ions  $Zn^{2+}$ , notamment des ions  $Fe^{3+}$  et  $Cu^{2+}$ , présents dans le minerai d'origine. Cette opération est appelée lixiviation acide.

L'objet de la première partie de l'exercice est d'étudier la méthode d'élimination de ces ions.

**D) Séparation des ions  $Fe^{3+}$  et  $Cu^{2+}$**

Elle s'effectue par précipitation sélective des deux ions en fonction du pH de la solution.

On donne : Produit de solubilité d'un solide ionique  $X_a Y_b$  :  $K_s = [X^{n+}]^a [Y^{m-}]^b$

**I.1** Cette précipitation se fait par introduction d'ions hydroxyde  $HO^-_{(aq)}$  dans la solution acide obtenue lors de la lixiviation.

**I.1.a** Écrire l'équation de la réaction de précipitation des ions  $Cu^{2+}$  par les ions hydroxyde.

**I.1.b** On introduit des ions hydroxyde dans une solution contenant des ions  $Cu^{2+}$  à une concentration égale à  $[Cu^{2+}] = 3,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .

Sachant que le produit de solubilité de l'hydroxyde de cuivre à  $20^\circ C$  est  $K_{S1} = 2,0 \times 10^{-20}$ , calculer la concentration en ions hydroxyde  $[HO^-]$  de ce milieu en début de précipitation des ions  $Cu^{2+}$ .

**I.1.c** Déduire de la question précédente la concentration en ions oxonium  $[H_3O^+]$  de la solution.

Donnée : pour une solution aqueuse  $[H_3O^+].[HO^-] = 10^{-14}$  à  $20^\circ C$ .

**I.1.d** En déduire le pH de la solution étudiée.

Rappel :  $pH = -\log [H_3O^+]$ .

**I.2** Lorsqu'on réalise la même étude avec une solution contenant des ions  $Fe^{3+}$  à une concentration  $[Fe^{3+}] = 3,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  le début de la précipitation de l'hydroxyde de fer (III) se produit à  $pH = 1,8$ .

Pour éliminer les ions  $Fe^{3+}$  de la solution issue de la lixiviation, on fixe son pH à 4,7.

**I.2.a** Déduire de ce pH, la concentration en ions hydroxyde  $HO^-$  (notée  $[HO^-]$ ) de la solution.

**I.2.b** Sachant que le produit de solubilité de l'hydroxyde de fer (III) ( $Fe(OH)_3$ ) est  $K_{S2} = 1,0 \times 10^{-38}$ , calculer la concentration en ions  $Fe^{3+}$  (notée  $[Fe^{3+}]$ ) de cette solution.

**I.2.c** Peut-on considérer que la quasi-totalité des ions  $Fe^{3+}$  a précipité à ce pH ?

## GAPHYS

### II) Séparation des ions $Zn^{2+}$ et $Cu^{2+}$

Le début de la précipitation des ions  $Zn^{2+}$  contenus dans la solution issue de la lixiviation précédente se fait à  $pH = 5,4$ .

À  $pH = 4,7$  le milieu réactionnel obtenu après un premier traitement aux ions hydroxyde, contient donc les ions  $Zn^{2+}$  et  $Cu^{2+}$  et un précipité d'hydroxyde de fer (III) ( $Fe(OH)_3$ ) qui est éliminé par filtrage.

La séparation des ions  $Zn^{2+}$  et  $Cu^{2+}$  est obtenue par introduction dans le filtrat précédent, de poudre de zinc (cette opération est appelée cémentation).

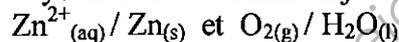
**II.1** Le zinc étant plus réducteur que le cuivre, expliquer la réaction qui s'opère lors de cette opération et écrire l'équation de cette réaction.

**II.2** Montrer que grâce à cette cémentation, le cuivre peut être éliminé par filtration.

### III) Production du Zinc par électrolyse

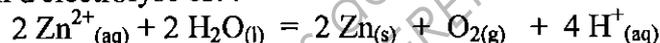
Plus de 50% de la production mondiale est obtenue par électrolyse de la solution de sulfate de zinc issue des opérations décrites précédemment.

Lors de cette électrolyse, les couples oxydant/réducteur mis en jeu sont :



Elle produit le Zinc solide et du dioxygène gazeux.

**III.1** En écrivant les demi-équations d'oxydo-réduction qui entrent en jeu, montrer que l'équation globale de la réaction d'électrolyse est :



**III.2** Sachant qu'une cellule d'un électrolyseur produit environ 2,4 tonnes de zinc en 24 h :

- calculer la quantité de matière de zinc produite en 24 h ;
- calculer la quantité de matière et le volume de dioxygène produits pendant ce temps.

Données :  $M(Zn) = 65 \text{ g.mol}^{-1}$  ; volume molaire à température ordinaire :  $V_m = 24 \text{ L.mol}^{-1}$

### Exercice B) Datation d'un granite par le couple Rubidium-Strontium (7 points)

Le rubidium  $Rb$  est présent dans les granites de la croûte terrestre sous la forme de deux isotopes : l'isotope  $^{85}_{37}Rb$  stable (environ 72%) et l'isotope  $^{87}_{37}Rb$  (environ 28%), radioactif, se désintégrant par émission  $\beta^-$  en strontium  $Sr$ .

Le strontium, lui, est présent sous forme de plusieurs isotopes, dont la plupart (et en particulier ceux concernés par cet exercice) sont stables.

**I.1** Donner la définition des isotopes d'un élément chimique.

**I.2** Donner la composition des noyaux  $^{85}_{37}Rb$  et  $^{87}_{37}Rb$ .

**I.3** Écrire l'équation de la désintégration du noyau  $^{87}_{37}Rb$ .

**I.4** Décroissance radioactive

**I.4.a** La demi-vie radioactive du noyau  $^{87}_{37}Rb$  est  $t_{1/2} = 50$  milliards d'années.

Donner la définition de la demi-vie radioactive (ou période radioactive) d'un isotope.

**I.4.b** On rappelle que la loi de désintégration radioactive s'écrit :  $N = N_0 \times e^{-\lambda t}$

où :  $N$  = nombre de noyaux radioactifs présents à l'instant  $t$

$N_0$  = nombre de noyaux radioactifs présent à l'instant initial ( $t = 0$ )

$\lambda$  = constante de désintégration, caractéristique de l'isotope radioactif.

Montrer que la relation entre la demi-vie radioactive  $t_{1/2}$  et la constante de désintégration  $\lambda$

s'écrit :  $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$ .

## GAPHYS

- I.4.c** Calculer la constante  $\lambda$  du noyau de  $^{87}_{37}\text{Rb}$  en  $\text{an}^{-1}$  puis en  $\text{s}^{-1}$ .
- I.4.d** Donner la définition de l'activité  $A$  d'un noyau radioactif.
- I.4.e** On rappelle l'expression de l'activité d'un noyau radioactif :  $A = \lambda N$   
où :  $A$  = activité d'un échantillon contenant un isotope radioactif à un instant  $t$ .  
 $\lambda$  = constante de désintégration de l'isotope radioactif.  
 $N$  = nombre de noyau de l'isotope présents dans l'échantillon à l'instant  $t$ .  
L'activité du noyau de  $^{87}_{37}\text{Rb}$  dans un kilogramme de roche est  $A = 81,0 \text{ Bq}$ .  
Calculer le nombre de noyaux de  $^{87}_{37}\text{Rb}$  présents dans ce kilogramme de roche.
- I.4.f** En déduire la masse de  $^{87}_{37}\text{Rb}$  radioactif dans un kilogramme de roche.  
Données : Nombre d'Avogadro :  $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$   
Masse molaire du  $^{87}\text{Rb}$  :  $M_{\text{Rb}87} = 87,0 \text{ g.mol}^{-1}$

## II. Méthode de datation

Dans la suite de l'énoncé on appellera :

- $N_{10}$  : le nombre de noyaux de  $^{87}\text{Rb}$  présents à l'instant initial  $t = 0$   
 $N_1$  : le nombre de noyaux de  $^{87}\text{Rb}$  présents à un instant  $t$   
 $N_{20}$  : le nombre de noyaux de  $^{87}\text{Sr}$  présents à l'instant initial  $t = 0$   
 $N_2$  : le nombre de noyaux de  $^{87}\text{Sr}$  formés depuis l'instant  $t = 0$   
 $N_{2T}$  : le nombre total de noyaux de  $^{87}\text{Sr}$  présents à l'instant  $t$   
 $N_3$  : le nombre de noyaux de  $^{86}\text{Sr}$  présents à un instant  $t$

- II.1** On rappelle que si à un instant  $t$ , il reste  $N_1$  noyaux de  $^{87}_{37}\text{Rb}$ , alors  $(N_{10} - N_1)$  noyaux de  $^{87}_{37}\text{Rb}$  se sont désintégrés depuis l'instant initial.

En utilisant l'équation de désintégration demandée à la question I.2 et la loi de désintégration radioactive rappelée à la question I.4.b, montrer que :

$$N_2 = N_{10} \times (1 - e^{-\lambda t})$$

- II.2** En déduire que :  $N_2 = N_1 \times (e^{-\lambda t} - 1)$

- II.3** Le strontium 87 étant stable, à un instant  $t$ , le nombre de noyaux de  $^{87}\text{Sr}$  présents est égal à  
 $N_{2T} = N_2 + N_{20}$  ( $N_{20}$  n'a pas varié depuis l'origine)

Un autre isotope stable du strontium, le  $^{86}\text{Sr}$ , est présent dans les roches.

La datation du granite se fait à partir de la détermination, sur plusieurs échantillons d'une même roche, des rapports :

$$Y = \frac{N_{2T}}{N_3} \text{ et } X = \frac{N_1}{N_3}$$

et on montre que pour cette roche  $Y = f(X)$  est une fonction affine de la forme  $Y = aX + b$ .

Pour un granite de Guéret, dans le Limousin, on a déterminé pour 7 échantillons relevés sur 7 sites différents les valeurs suivantes :

Échantillon	1	2	3	4	5	6	7
X	1,76	2,19	2,63	3,13	3,37	3,72	4,11
Y	0,719	0,721	0,723	0,726	0,727	0,728	0,731

- II.3.a** Reporter les couples  $(X, Y)$  sur le graphique du document réponse.  
**II.3.b** Tracer, à la règle, la droite moyenne passant le mieux par les points du graphique.  
**II.3.c** Déterminer le coefficient directeur  $a$  de la droite représentée.

- II.4** L'âge de la roche est donné par la relation  $t = \frac{\ln(a+1)}{\lambda}$   
Calculer l'âge, en années, du granite de Guéret en prenant  $\lambda = 1,38 \times 10^{-11} \text{ an}^{-1}$ .

**Deuxième partie : PHYSIQUE APPLIQUÉE (8 points)**

**Étude de l'alimentation d'un laboratoire d'analyse**

**I. Réseau triphasé**

L'alimentation électrique du laboratoire se fait à partir d'une ligne triphasée (3 phases + neutre).

Le réseau électrique est un réseau pour lequel la valeur efficace de la tension entre phases vaut 400 V.

Quelle est la tension disponible entre le neutre et une phase ?

**II. Moteur asynchrone**

Sur ce réseau est couplé un moteur asynchrone triphasé : il a été couplé en triangle.

Il constitue pour le réseau une charge équilibrée.

**II.1** Compléter le document réponse en représentant le branchement des enroulements de ce moteur à partir du schéma proposé.

**II.2** Quelle est la tension  $U$  aux bornes de chaque enroulement du moteur ?

**II.3** En fonctionnement, la mesure de la valeur efficace de l'intensité en ligne donne  $I_M = 2,4$  A.

**II.3.a** Quelle est la valeur efficace de l'intensité du courant  $J_M$  dans chaque enroulement du moteur ?

**II.3.b** Chaque enroulement du moteur peut être considéré comme un dipôle d'impédance  $Z$ . Exprimer et calculer la valeur de cette impédance.

**II.3.c** Si le facteur de puissance est  $\cos \varphi = 0,76$  (pour chaque enroulement du moteur), calculer les puissances active  $P$ , réactive  $Q$  et apparente  $S$  pour un enroulement du moteur.

**III. Transformateur monophasé**

Sur le réseau est branché un transformateur monophasé 230 V / 48 V.

**III.1** Compléter sur le **document réponse** le schéma précédent en représentant la liaison entre le primaire du transformateur et le réseau.

**III.2** En considérant que le transformateur est parfait :

**III.2.a** Exprimer le rapport  $m$  de transformation du transformateur.

**III.2.b** Si le transformateur porte  $n_1 = 920$  spires au primaire, de combien de spires  $n_2$  est constitué le secondaire de ce transformateur ?

**III.2.c** Si la valeur efficace  $I_2$  de l'intensité du courant au secondaire vaut  $I_2 = 2,0$  A, calculer la valeur efficace  $I_1$  de l'intensité du courant primaire.

# GAPHYS

## IV. Convertisseur continu

Le transformateur précédent, associé à un dispositif de redressement et de filtrage, constitue un réseau continu d'alimentation.

Ce réseau fournit au convertisseur représenté sur le schéma figure 1 (ci-dessous) une tension continue  $U_0 = 65 \text{ V}$ .

Ce convertisseur alimente la charge constituée de l'induit d'un moteur à courant continu.

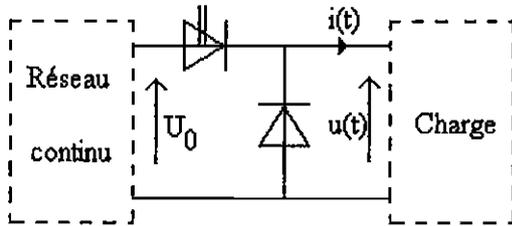


figure 1

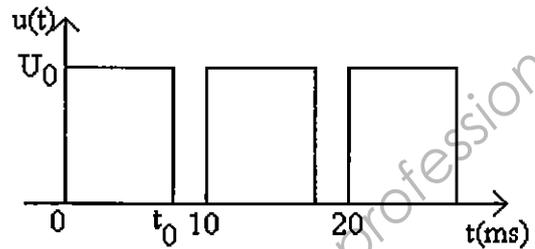


figure 2

IV.1 Le convertisseur représenté est-il :

- a) un transformateur ? b) un hacheur ? c) un onduleur ? d) un redresseur commandé ?

IV.2 Justifier le choix de ce convertisseur.

IV.3 La tension de sortie  $u(t)$  du convertisseur est de la forme représentée sur la figure 2 ci-dessus.

IV.3.a Que valent la période et la fréquence de cette tension ?

IV.3.b Si  $t_0 = 8 \text{ ms}$ , calculer la valeur moyenne  $\langle u(t) \rangle$  de la tension de sortie du convertisseur.  
On donne :  $U_0 = 65 \text{ V}$ .

## V. Moteur à courant continu

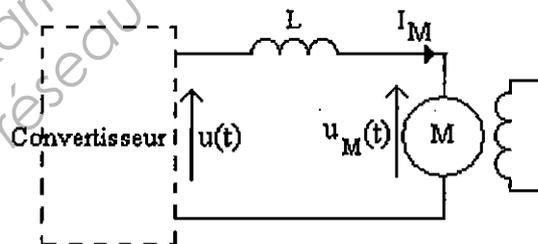


figure 3

Le convertisseur précédent alimente l'induit d'un moteur à courant continu à excitation indépendante. Grâce à une bobine de lissage, l'intensité du courant dans l'induit du moteur peut être considérée comme constante.

La tension aux bornes de cet induit peut varier de 0 à 60V en fonction de la commande du convertisseur.

La résistance de l'induit du moteur est  $r = 2,5 \Omega$ . Sa force électromotrice est notée  $E$ .

V.1 Quand la valeur moyenne de la tension  $\langle u_M \rangle$  aux bornes de l'induit vaut  $U = 50 \text{ V}$ , l'intensité du courant dans le moteur est  $I_M = 2,0 \text{ A}$  et sa fréquence de rotation est  $n = 600 \text{ tr.mn}^{-1}$ .

Exprimer et calculer dans ce cas la valeur de la force électromotrice  $E$  du moteur.

V.2 On rappelle que la force électromotrice  $E$  d'un moteur à courant continu est liée à la fréquence de rotation  $n$  par une relation de proportionnalité.

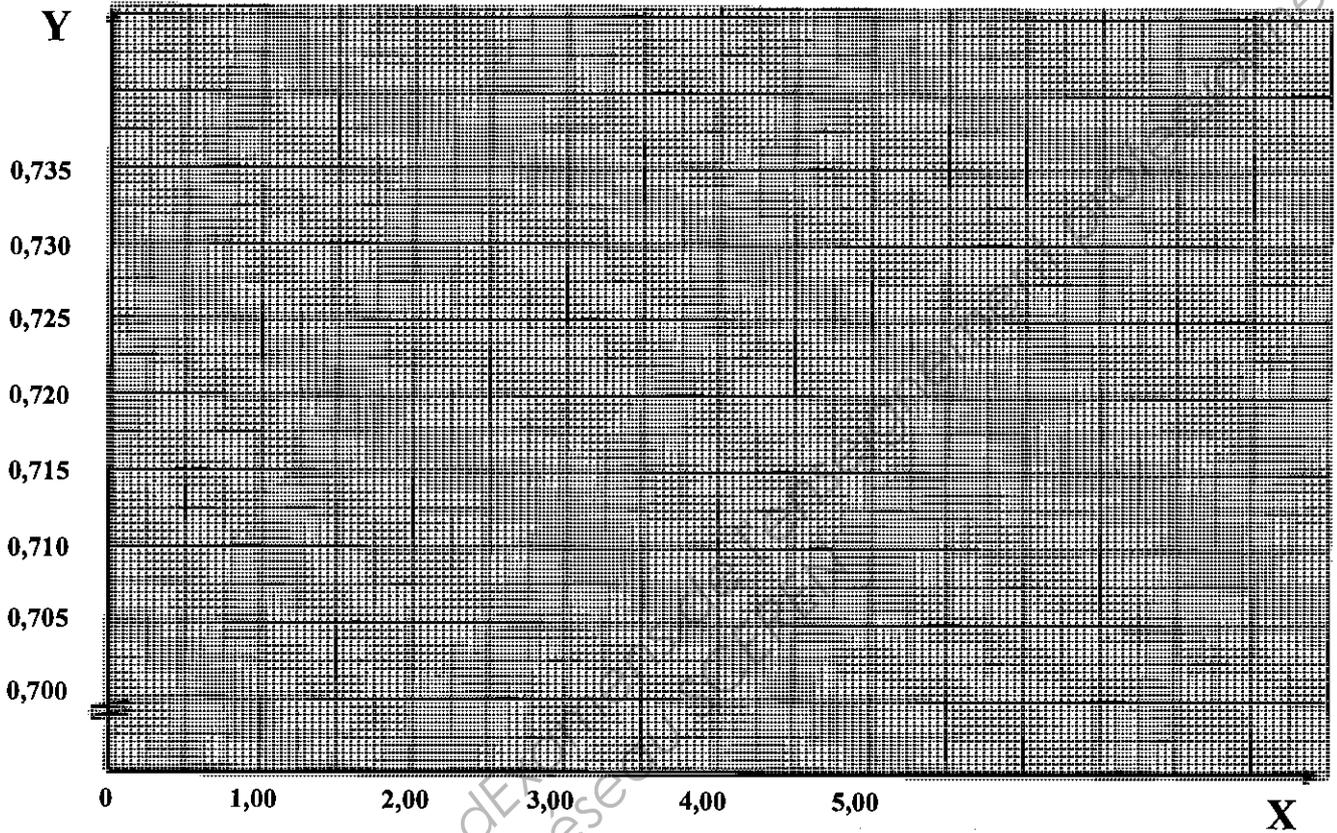
Quand la valeur moyenne de la tension  $\langle u_M \rangle$  aux bornes de l'induit vaut  $U' = 35 \text{ V}$ , l'intensité dans l'induit du moteur prend une valeur  $I'_M = 1,5 \text{ A}$ .

V.2.a Calculer la force électromotrice  $E'$ .

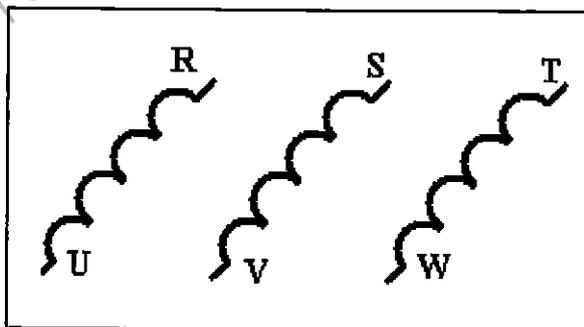
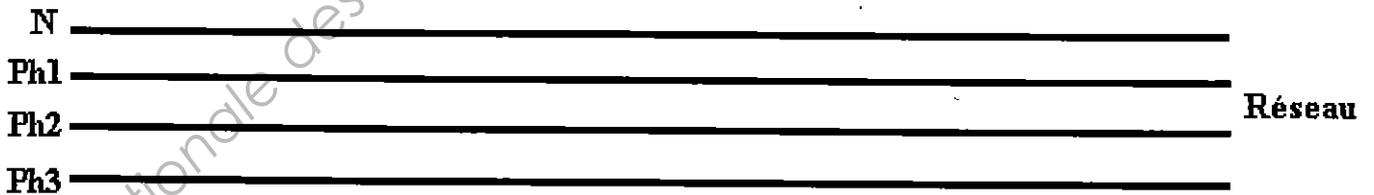
V.2.b Calculer la nouvelle fréquence de rotation  $n'$ .

DOCUMENT RÉPONSE

Exercice de physique (radioactivité) : question II.3.



Exercice de physique appliquée : question "moteur asynchrone triphasé" II  
et question "transformateur monophasé" III



Plaque à bornes du moteur asynchrone triphasé

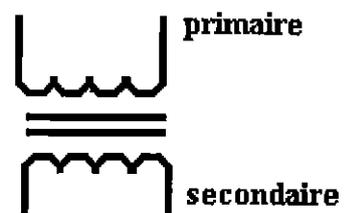
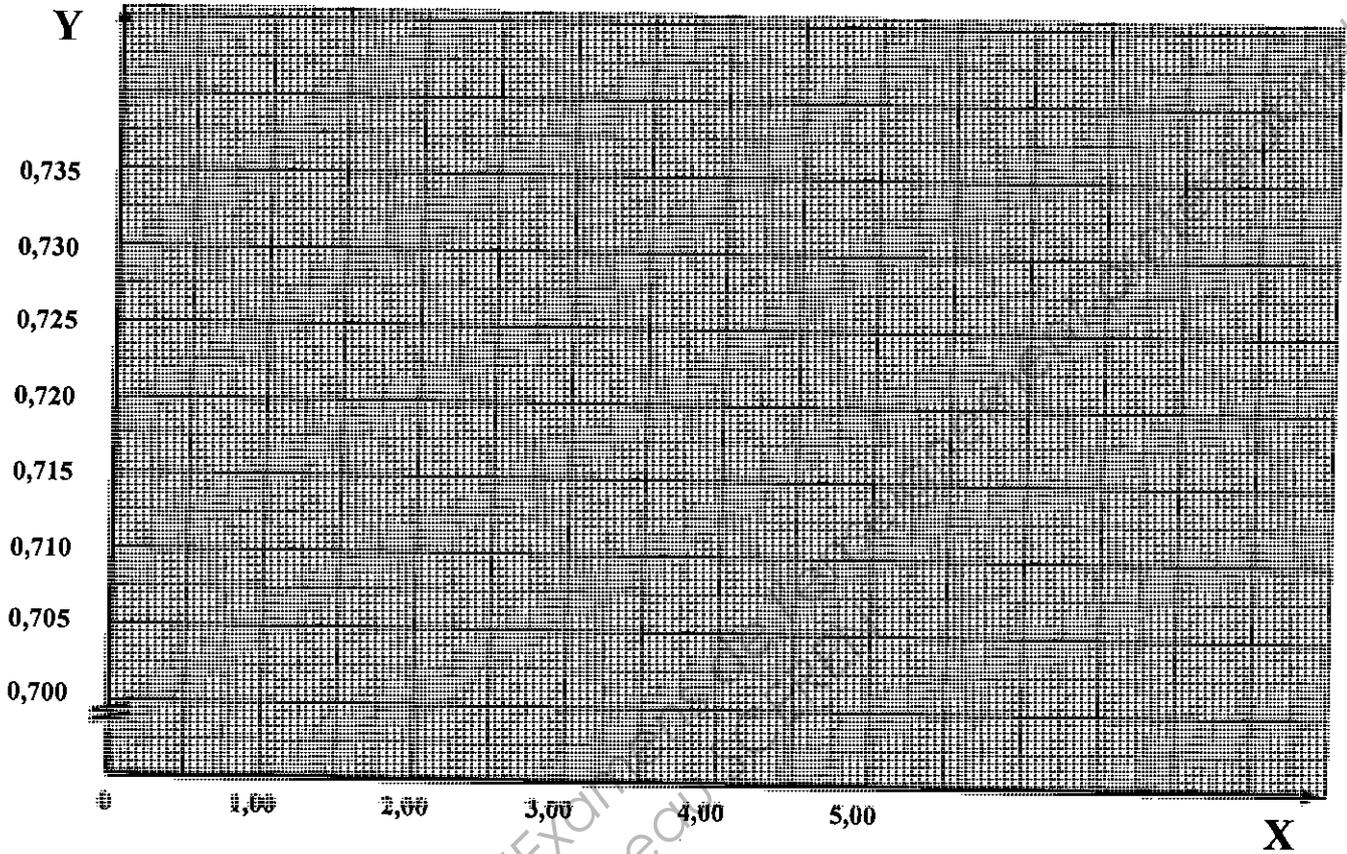


Schéma du transformateur monophasé

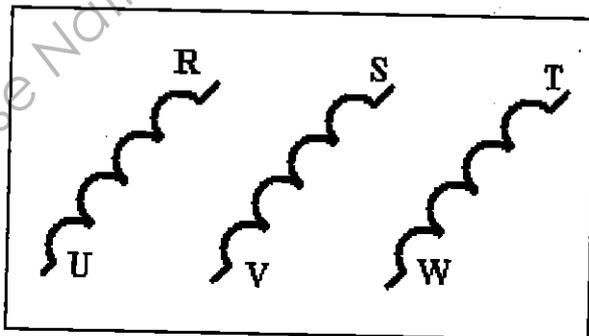
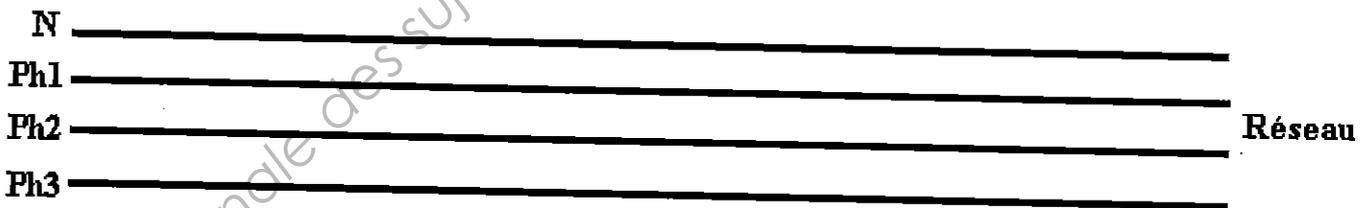
DOCUMENT RÉPONSE

Exercice de physique (radioactivité) : question II.3.



Exercice de physique appliquée :

question "moteur asynchrone triphasé" II  
et question "transformateur monophasé" III



Plaque à bornes du moteur asynchrone triphasé

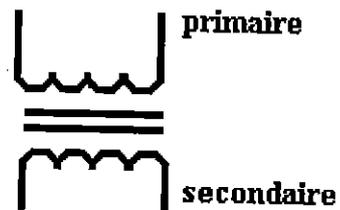


Schéma du transformateur monophasé