

## **Test d'électrocinétique, électrotechnique, électronique de puissance, électronique et automatique**

### **FIP Génie Electrique - Session 2026**

L'épreuve est composée d'exercices et de problèmes indépendants.

**Les calculatrices non pourvues d'imprimante sont autorisées.**

Les réponses aux questions doivent être rédigées et numérotées conformément à l'énoncé. La rédaction doit être soignée et rédigée en respectant les règles de grammaire et d'orthographe. La syntaxe doit être claire. Les figures et tracés doivent être à l'échelle, les points particuliers doivent être indiqués sur les figures et les axes doivent être repérés. Sauf indication contraire, l'allure générale des courbes doit être tracée en indiquant les points caractéristiques.

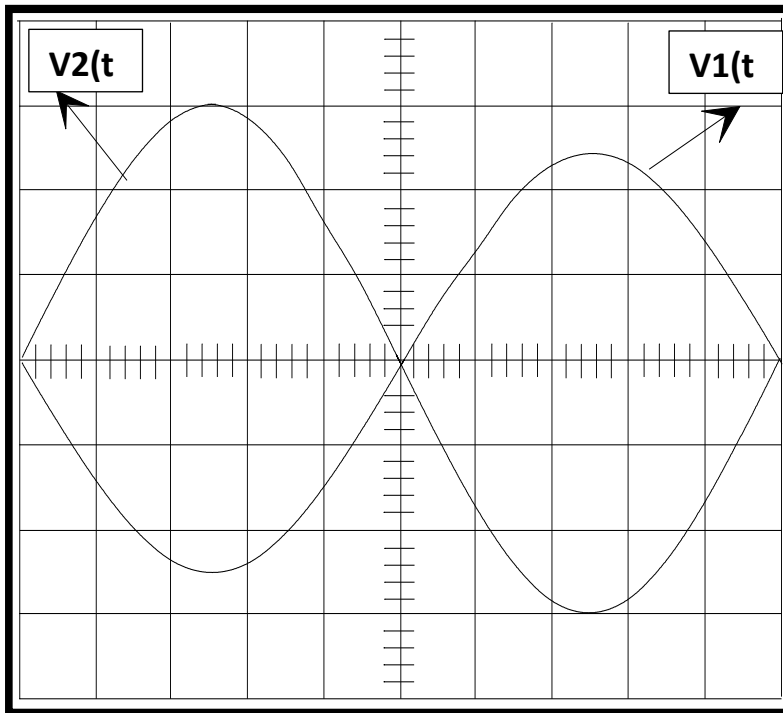
**De nombreuses questions au sein d'un même exercice ou problème sont des questions indépendantes. Il faut rendre votre copie rédigée proprement, avec des pages numérotées.**

**INDIQUER OBLIGATOIREMENT LES UNITÉS POUR LES RÉSULTATS NUMÉRIQUES.** Dans le cas contraire, aucun point ne sera attribué.

**Consignes strictes à respecter : les résultats (réponses aux questions posées) doivent être obligatoirement encadrés, les résultats intermédiaires et les calculs ne doivent pas être encadrés. La copie doit être organisée et rédigée de manière claire, structurée et cohérente. L'organisation générale de la copie et le respect des règles de grammaire et d'orthographe sont des éléments pris en compte dans l'évaluation.**

## Première partie : grandeurs sinusoïdales

La figure ci-dessous représente deux tensions sinusoïdales  $v_1(t)$  et  $v_2(t)$  de même fréquence.



Echelle de tension (axe des ordonnées) : 10V/division

Echelle du temps (axe des abscisses) : 0,5ms/division

- 1.1 Déterminer la fréquence  $f$  de la tension  $v_1(t)$ .
- 1.2 Déterminer la pulsation  $\omega$  de la tension  $v_1(t)$ .
- 1.3 Déterminer la valeur efficace  $V_2$  de la tension  $v_2(t)$ .
- 1.4 Ecrire l'expression temporelle de la tension  $v_2(t)$ . La seule variable est le temps  $t$ , les autres valeurs doivent être des valeurs numériques.
- 1.5 Quel est le déphasage  $\phi$  en radian de la tension  $v_2(t)$  par rapport à la tension  $v_1(t)$ . Justifier la réponse en traçant un diagramme de Fresnel.
- 1.6 De combien de temps la tension  $v_1(t)$  est-elle **en avance** par rapport à la tension  $v_2(t)$ .
- 1.7 De combien de temps la tension  $v_1(t)$  est-elle **en retard** par rapport à la tension  $v_2(t)$ .
- 1.8 Expliquer ce que représente la notion de « valeur efficace ».
- 1.9 Que signifie la dénomination RMS sur les appareils de mesure de tension ou de courant ?
- 1.10 Pour une tension périodique quelconque  $v(t)$ , quelle formule permet de calculer sa valeur efficace  $V$  ?

## Deuxième partie : fonctions logiques et codage

La table de vérité suivante représente une fonction (ou opérateur) logique.  $S$  est la sortie,  $a$ ,  $b$ , et  $c$  sont les trois entrées.

a	b	c	S
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

2.1 Quelle fonction logique correspond à la table de vérité ? Justifier la réponse.

2.2 Ecrire l'équation logique qui représente la relation entre S, a, b et c.

2.3 Dans le cadre de l'algèbre de Boole, la relation suivante est-elle vraie ou fausse ?

$$(a + b) \cdot (a + c) = a + b \cdot c$$

2.4 Démontrez par le calcul votre réponse à la question 2.3.

2.5. Comment appelle-t-on le code indiqué dans la troisième colonne du tableau suivant ?

Codage décimal	Codage binaire classique	
0	0000	0000
1	0001	0001
2	0010	0011
3	0011	0010
4	0100	0110
5	0101	0111
6	0110	0101
7	0111	0100

2.6 Quelle est la particularité du code binaire indiqué à la troisième colonne du tableau ?

2.7 Dans le cadre d'une utilisation dans un montage d'électronique, quel est l'aléa que le code de la troisième colonne permet d'éviter, comparativement au code binaire classique ?

### Troisième partie : étude d'une installation monophasée

Une installation est alimentée par un réseau **monophasé 230 V – 50 Hz**.

La puissance active absorbée par l'installation est  $P = 5,5 \text{ kW}$ , le facteur de puissance vaut  $\cos \varphi_1 = 0,72$  (charge inductive).

#### Bilan de puissance

- 3.1 Calculer la **puissance apparente**  $S_1$  absorbée par l'installation.
- 3.2 Calculer la **puissance réactive**  $Q_1$ .
- 3.3 Calculer le **courant de ligne**  $I_1$ .
- 3.4 Commenter l'impact d'un faible facteur de puissance.

#### Relèvement du facteur de puissance

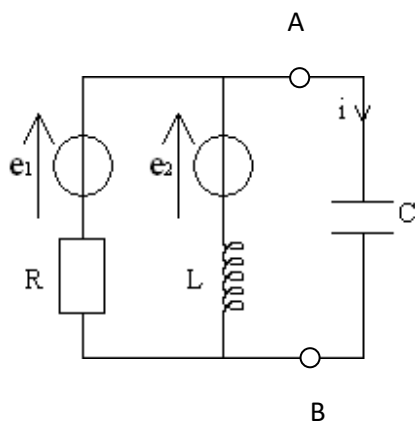
On souhaite relever le facteur de puissance à  $\cos \varphi_2 = 0,95$ .

- 3.5 Calculer la **nouvelle puissance réactive**  $Q_2$  correspondant à ce facteur de puissance.
- 3.6 Calculer la **puissance réactive à compenser**  $Q_c$  pour obtenir  $\cos \varphi_2 = 0,95$ .
- 3.7 En déduire la **capacité du condensateur** à installer en parallèle sur l'installation.
- 3.8 Calculer le **nouveau courant de ligne**  $I_2$  après compensation.

### Quatrième partie : électrocinétique, théorème de Thévenin.

On étudie le circuit ci-dessous, pour lequel on pose :  $e_1(t) = \sqrt{2} \cdot E_1 \cdot \cos(\omega \cdot t)$ ,

$e_2(t) = \sqrt{2} \cdot E_2 \cdot \cos(\omega \cdot t)$  et  $i(t) = \sqrt{2} \cdot I \cdot \cos(\omega t + \phi)$ .  $e_1(t)$  et  $e_2(t)$  sont en phase.



Pour les applications numériques on prendra :

$$E_1 = E_2 = 6 \text{ V}, \quad \omega = 100\pi \text{ rad/s},$$

$$R = 1 \text{ k}\Omega, \quad L = 0,1 \text{ H} \text{ et } C = 0,1 \mu\text{F}.$$

L'opérateur complexe est noté  $j$ , avec  $j^2 = -1$ .

**Première partie : calcul littéral (sans application numérique).**

- 4.1 Déterminer les impédances complexes  $\underline{Z}_L$  et  $\underline{Z}_C$  associées respectivement à L et à C.
- 4.2 On utilise la notation complexe. On note  $\underline{E}_{TH}$  et  $\underline{Z}_{eq}$  les éléments du schéma équivalent de Thévenin. Représenter ce schéma équivalent (on demande de représenter la forme générale d'un générateur de Thévenin, pas de calculer les éléments).
- 4.3 On note  $\underline{E}_1$  et  $\underline{E}_2$  les tensions complexes associées à  $e_1(t)$  et  $e_2(t)$ . Déterminer les éléments du générateur équivalent de Thévenin, vu des bornes A et B, associés à  $\underline{Z}_L$ , R,  $\underline{E}_1$  et  $\underline{E}_2$ . On utilisera la notation  $\underline{E}_{TH}$  et  $\underline{Z}_{eq}$ . On mettra les résultats sous une forme simple à interpréter, du type « numérateur divisé par dénominateur ».

**Deuxième partie : calcul numérique (sans application littérale préliminaire).**

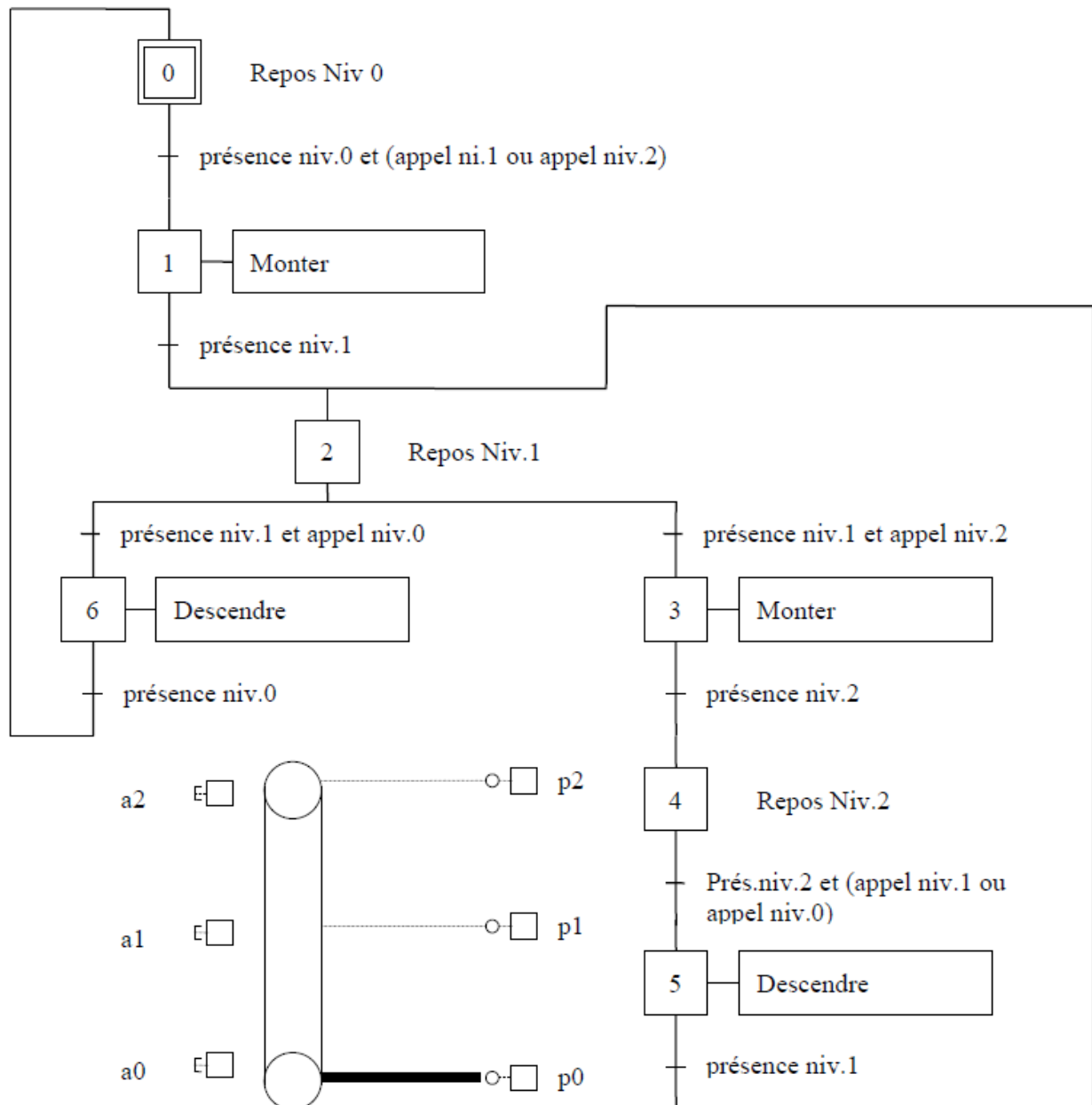
- 4.4 Application numérique : calculer  $\underline{E}_{TH}$ , en mettant le résultat sous la forme exponentielle (il faut donc déterminer le module et l'argument).
- 4.5 Application numérique : calculer  $\underline{Z}_{eq}$ , en mettant le résultat sous la forme exponentielle (il faut donc déterminer le module et l'argument).
- 4.6 Déterminer numériquement le module et l'argument du courant complexe  $\underline{I}$  dans C.
- 4.7 Ecrire l'expression numérique temporelle du courant  $i(t)$  dans C.

**Cinquième partie : grafcet**

Soit un monte-charge à trois niveaux. La figure de la page suivante représente de manière schématique le monte-charge ainsi que le grafcet décrivant le fonctionnement.

**Question :** proposer un nouveau grafcet tel qu'il n'y ait plus d'arrêt au niveau 1 dans les déplacements entre les niveaux 0 et 2.

**Compléter le document réponse, et le joindre obligatoirement à la copie, même s'il n'est pas complété.**



## Sixième partie : circuit logique 74279

Rappels :  $\bar{X}$  est le complément de  $X$ .



Ce symbole correspond à une fonction logique NAND (NON-ET)

On utilise un circuit dont les caractéristiques électriques indiquées par le fabricant sont les suivantes :

### Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	Min	Nom	Max	Units
$V_{CC}$	Supply Voltage	4.75	5	5.25	V
$V_{IH}$	HIGH Level Input Voltage	2			V
$V_{IL}$	LOW Level Input Voltage			0.8	V
$I_{OH}$	HIGH Level Output Current			-0.4	mA
$I_{OL}$	LOW Level Output Current			8	mA
$T_A$	Free Air Operating Temperature	0		70	°C

### Electrical Characteristics

over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 4)	Max	Units
$V_I$	Input Clamp Voltage	$V_{CC} = \text{Min}, I_I = -18 \text{ mA}$			-1.5	V
$V_{OH}$	HIGH Level Output Voltage	$V_{CC} = \text{Min}, I_{OH} = \text{Max}$ $V_{IL} = \text{Max}, V_{IH} = \text{Min}$	2.7	3.5		V
$V_{OL}$	LOW Level Output Voltage	$V_{CC} = \text{Min}, I_{OL} = \text{Max}$ $V_{IL} = \text{Max}, V_{IH} = \text{Min}$ $I_{OL} = 4 \text{ mA}, V_{CC} = \text{Min}$		0.35 0.25	0.5 0.4	V
$I_I$	Input Current @ Max Input Voltage	$V_{CC} = \text{Max}, V_I = 7V$			0.1	mA
$I_{IH}$	HIGH Level Input Current	$V_{CC} = \text{Max}, V_I = 2.7V$			20	$\mu A$
$I_{IL}$	LOW Level Input Current	$V_{CC} = \text{Max}, V_I = 0.4V$			-0.4	mA
$I_{OS}$	Short Circuit Output Current	$V_{CC} = \text{Max}$ (Note 5)	-20		-100	mA
$I_{CC}$	Supply Current	$V_{CC} = \text{Max}$ (Note 6)		3.8	7	mA

**Note 4:** All typicals are at  $V_{CC} = 5V, T_A = 25^\circ C$ .

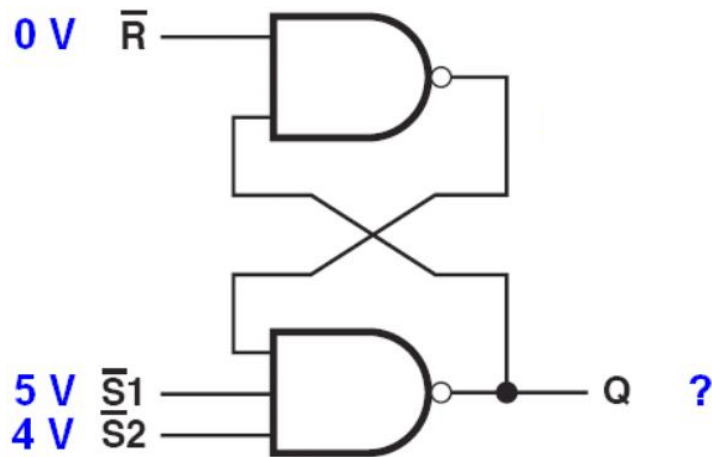
**Note 5:** Not more than one output should be shorted at a time, and the duration should not exceed one second.

**Note 6:**  $I_{CC}$  is measured with all  $\bar{R}$  inputs grounded, all  $\bar{S}$  inputs at 4.5V and all outputs OPEN.

6.1 Quelle est la plage de tension qui correspond à un niveau logique 1 pour les entrées ?

6.2 Quelle est la plage de tension qui correspond à un niveau logique 0 pour les entrées ?

6.3 Le circuit logique étudié précédemment est constitué de plusieurs éléments tel qu'indiqué à la figure suivante. On applique les tensions 0V, 5V et 4V sur les trois entrées comme indiqué sur la figure suivante. Quel est le niveau logique de la sortie Q ?



6.4 Quelle est la fonction remplie par le schéma logique représenté à la question 6.3 ?

6.5 Rappels : Le temps de propagation est le temps que met une porte logique pour changer d'état, cet état de sortie étant alors stable. Le temps de propagation des portes complexes (composées de plusieurs portes logiques) est obtenu en faisant la somme des temps individuels des portes qui se suivent.

Le temps de propagation d'une porte complexe est le temps de propagation du chemin le plus long de l'entrée qui change d'état vers la sortie qui change d'état.

La fonction étudiée en 6.3 est composée de deux portes logiques individuelles de type NAND. Le temps de propagation d'une porte logique NAND est de 1 ns.

6.5.1 L'entrée  $\overline{S1}$  change d'état. Les deux autres entrées ne changent pas d'état. Quel est le temps de propagation de  $\overline{S1}$  vers Q ? Justifier la réponse.

6.5.1 L'entrée  $\overline{R}$  change d'état. Les deux autres entrées ne changent pas d'état. Quel est le temps de propagation de  $\overline{R}$  vers Q ? Justifier la réponse.

### Septième partie : valeurs moyenne et efficace d'une tension périodique à plusieurs niveaux

On considère une tension périodique  $u(t)$  de période  $T$ , définie sur une période par :

$$u(t) = \begin{cases} +U_0 & \text{pour } 0 \leq t < \frac{T}{4} \\ 0 & \text{pour } \frac{T}{4} \leq t < \frac{3T}{4} \\ -U_0 & \text{pour } \frac{3T}{4} \leq t < T \end{cases}$$

et prolongée périodiquement. On donne  $U_0 = 12 \text{ V}$ .



7.1 Représenter graphiquement la tension  $u(t)$  sur une période.

7.2 Déterminer la **valeur moyenne** de  $u(t)$  sur une période (méthode au choix).

7.3 Calculer la **valeur efficace**  $U_{\text{eff}}$  de la tension  $u(t)$ .

### Huitième partie : Couplages étoiles et triangle

Deux moteurs sont reliés au réseau électrique 230/400V, 50 Hz. Le moteur M1 est couplé en étoile, le moteur M2 est couplé en triangle. La puissance électrique absorbée par M1 est de 12 kW, celle absorbée par M2 est de 9 kW. Le facteur de puissance vaut 0,89 pour les deux moteurs.


8.1 Dessiner un schéma électrique en représentant les deux moteurs et les couplages étoiles et triangles, ainsi que les connexions au réseau électrique.

8.2 Pour le moteur **M1**, déterminer le courant dans un enroulement du moteur, ainsi que la tension aux bornes d'un enroulement du moteur.

8.3 Pour le moteur **M2**, déterminer le courant dans un enroulement du moteur, ainsi que la tension aux bornes d'un enroulement du moteur.

8.4 Calculer le courant dans une phase du réseau électrique, lorsque le réseau alimente simultanément les deux moteurs.

**A titre d'exemple**, on représente ci-dessous la plaque signalétique d'un moteur triphasé. **Cette plaque signalétique ne correspond ni au moteur M1, ni au moteur M2.** Elle indique 2 tensions, 2 couplages et deux intensités de courant :

		MOT. 3 ~ FLSB 180 M		CE	
N° 596 059 GH 001		kg : 208			
IP 55	IK 08	I cl. F	40 °C	S3	40 %
				6 d/h	
V	Hz	min <sup>-1</sup>	kW	cos φ	A
Δ 220	50	1427	17	0.88	60
Y 380	50	1427	17	0.88	35
U <sub>R</sub> 250					I <sub>R</sub> 42
GRAISSE ESSO UNIREX N3					
DE 6310 C3		15 cm <sup>3</sup>	11000 /	H 50/60 Hz	
NDE 6310 C3		15 cm <sup>3</sup>	11000 /	H 50/60 Hz	

Couplage adopté
Vitesse nominale
Puissance utile
Facteur de puissance
Intensité du courant en ligne

- 8.5 Si on disposait de la plaque signalétique du moteur **M1**, quelles valeurs de tensions et de courants seraient indiquées pour un couplage étoile et pour un couplage triangle.
- 8.6 Si on disposait de la plaque signalétique du moteur **M2**, quelles valeurs de tensions et de courants seraient indiquées pour un couplage étoile et pour un couplage triangle.

## Neuvième partie : transformateur monophasé

Un transformateur monophasé a les caractéristiques nominales suivantes : 230 V / 24 V - 50 Hz - 630 VA – masse de 11,2 kg. Les pertes totales à charge nominale sont de 54,8 W.

- 9.1 Calculer le rendement du transformateur lorsqu'il est à charge nominale, avec un facteur de puissance secondaire  $\cos(\phi_2) = 1$ .
- 9.2 Calculer le rendement du transformateur lorsqu'il est à charge nominale, avec un facteur de puissance secondaire  $\cos(\phi_2) = 0,3$  (inductif).
- 9.3 Calculer le courant nominal au secondaire  $I_{2N}$ .
- 9.4 Les pertes à vide (supposées égales aux pertes fer) sont de 32,4 W. En déduire les pertes Joule à charge nominale.
- 9.5 En déduire  $R_s$ , la résistance des enroulements ramenée au secondaire.
- 9.6 Justifier l'hypothèse faite à la question 9.4 : les pertes à vide sont supposées égales aux pertes fer.
- 9.7 Quelle relation lie la résistance des enroulements ramenée au secondaire  $R_s$ , et les résistances des enroulements primaire  $R_1$  et secondaire  $R_2$  ? (On demande la formule théorique, et non les valeurs numériques).
- 9.8 La chute de tension au secondaire pour  $\cos(\phi_2) = 0,6$  (inductif) est de 3,5 % de la tension nominale ( $V_{2N} = 24$  V). En déduire  $X_s$ , la réactance de fuite ramenée au secondaire.
- 9.9 Un court-circuit se produit à 15 mètres du transformateur. Le câble de ligne en cuivre a une section de 2,5 mm<sup>2</sup>. Calculer sa résistance totale  $R$ , la résistivité du cuivre étant égale à  $21,6 \cdot 10^{-9} \Omega \cdot m$ .
- 9.10 On néglige la réactance du câble par rapport à sa résistance. Calculer le courant de court-circuit au secondaire du transformateur  $I_{2CC}$ .