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

Session 2006

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

ASSISTANCE TECHNIQUE D'INGENIEUR

MATHÉMATIQUES ET SCIENCES PHYSIQUES

ÉPREUVE E3

UNITÉ U 32 – SCIENCES PHYSIQUES

Durée : 2 heures
Coefficient : 2

A l'exclusion de tout autre matériel, l'usage de la calculatrice est autorisé conformément à la circulaire n°99-186 du 16 novembre 1999.

Documents à rendre avec la copie :
1. document réponse page 8/8

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet.
Le sujet comporte 8 pages, numérotées de 1/8 à 8/8.

Code sujet : ATPHYC

Le sujet comporte 2 parties A et B indépendantes

A. SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'AIR

Pour assurer une surveillance et informer la population en matière de qualité de l'air, une échelle indiquant la concentration des principaux polluants que l'on rencontre dans l'atmosphère (dioxyde de soufre, dioxyde d'azote, poussière et ozone) a été créée.

C'est une station de mesure "mobile", installée dans une camionnette non polluante qui se charge de prélever un échantillon d'air, de mesurer la concentration du polluant et de transmettre ces informations à distance vers un poste central.
On s'intéresse à la station de mesure de l'ozone (Figure 1, ci-dessous).

Seules les parties A1, A2 et A3 sont traitées. Elles sont indépendantes les unes des autres.

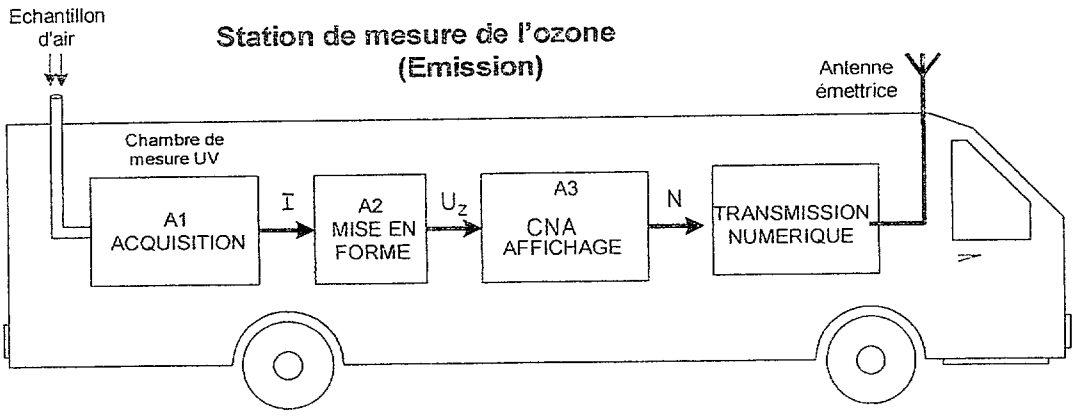


Figure 1

A1 - ACQUISITION

Le principe de la mesure de la concentration d'ozone utilise l'émission de radiations UV à travers l'échantillon d'air. Après étalonnage, un capteur permet de détecter la présence d'ozone et sa concentration dans l'air notée Z.
La sortie de ce capteur peut être assimilée à une source de courant idéale débitant un courant continu I qui dépend de Z suivant la relation :

$$I = -10^{-8} Z + 10^{-4} \qquad \text{unité de I : A} \qquad \text{unité de Z : } \mu g/m^3$$

1. La plage de mesure de la concentration d'ozone s'étendant de 0 à 1000 $\mu g/m^3$, donner la plage de variation de I en µA.
2. Tracer sur votre copie la courbe représentative de la fonction I = f(Z) en précisant les valeurs numériques remarquables.

A2. MISE EN FORME (figure 2)

Avant d'être traitée par un convertisseur analogique-numérique, l'information issue du détecteur est d'abord mise en forme: on réalise pour cela le schéma de la Figure 2.

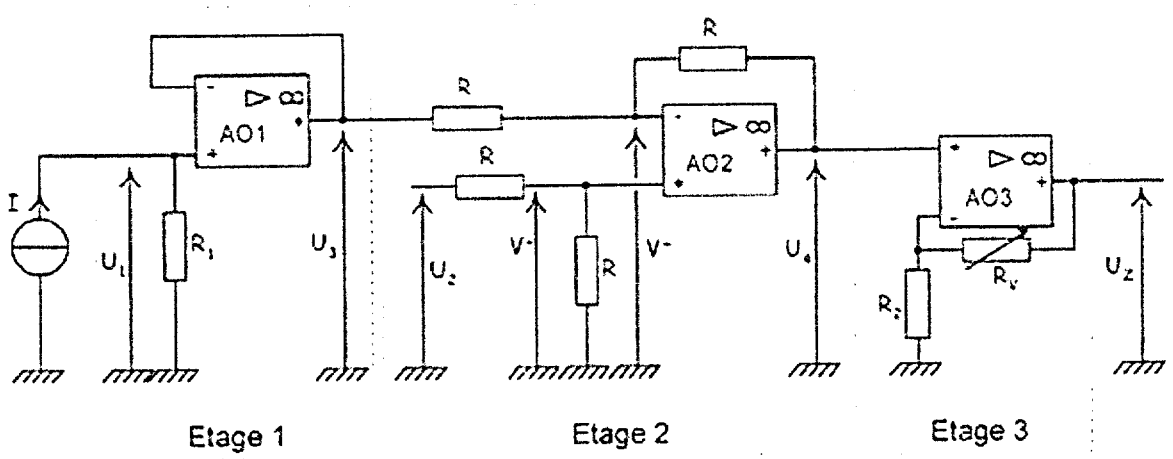


Figure 2

Les amplificateurs de différence intégrés, appelés aussi amplificateurs opérationnels, sont considérés comme parfaits. Ils fonctionnent tous en régime linéaire.

1. Étage 1

1a. Montrer que la tension U_3 peut se mettre sous la forme: $U_3 = - a.Z + U_0$

1b. Calculer numériquement a et U_0.

1c. Quel est le rôle de cet étage?

2. Étage 2

2a. En exprimant d'une part V^- en fonction de U_3 et U_4, d'autre part V^+ en fonction de U_2, montrer que l'on obtient en sortie : $U_4 = U_2 - U_3$.

2b. On donne $U_2 = 10$ V. Exprimer alors U_4 en fonction de Z.

3. Étage 3

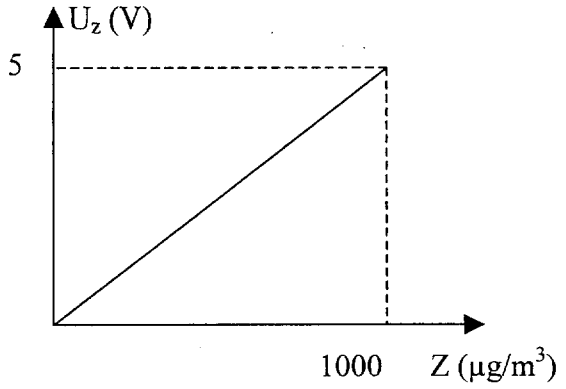
3a. Établir l'expression de U_z en fonction de R_2, R_v (potentiomètre de réglage) et U_4.

3b. On désire obtenir $U_z = 5$ V pour $Z = 1000$ µg/m^3 et $R_2 = 4{,}7$ kΩ.
A quelle valeur doit-on régler R_v pour satisfaire cette condition?

3c. Exprimer alors numériquement Uz en fonction de Z. Précisez les unités.
Quel est le rôle de l'ensemble de ces 3 étages?

A3. CONVERSION ANALOGIQUE – NUMERIQUE

La courbe représentative de Uz en fonction de Z est donnée ci-contre.



Pour pouvoir lire la valeur de la concentration d'ozone, la tension Uz est appliquée à l'entrée du convertisseur analogique - numérique de n bits suivi d'un compteur et d'un afficheur digital. Le nombre binaire $[N]_2$ en valeur décimale égale à N (figure 3, ci-dessous).

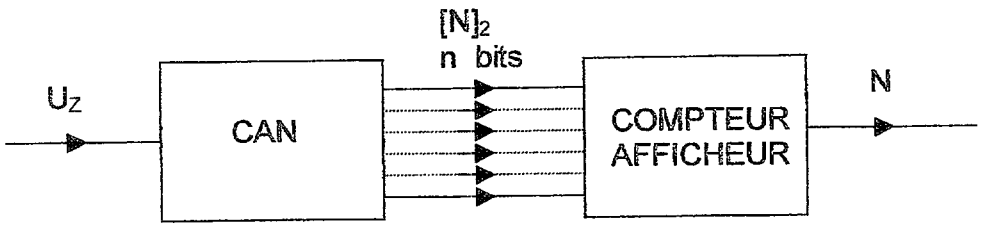


Figure 3

1. Les seuils de concentration d'ozone sont donnés à 1 µg/m³ près, soit $\Delta Z = 1$ µg/m³. Calculer la variation ΔU_z (exprimée en mV) correspondant à cette variation élémentaire ΔZ que l'on peut détecter.

2. On veut que la résolution q du convertisseur soit égale à la valeur de ΔU_z calculée dans la question précédente.
   2.a. Comment doit-on choisir la valeur numérique de la pleine échelle (PE) sachant que la gamme de mesure pour Z est de 0 à 1000 µg/m³
   2.b. Calculer le nombre n de bits constituant $[N]_2$ sachant que $q = PE / (2^n-1)$.

3.Le nombre décimal N est donné par la relation suivante : $N = U_Z / q$, avec U_z exprimée en volt.
   3a. Exprimer N en fonction de Z.
   3b. A partir du document page 7/8, calculer le nombre N correspondant au seuil d'alerte.

B. ETUDE D'UN MOTEUR ASYNCHRONE (MAS) COMMANDE PAR UN ONDULEUR

L'étude porte sur un MAS triphasé qui permet de renouveler l'air ambiant dans un parking souterrain.
En cas de coupure EDF, il est nécessaire d'assurer la continuité de l'alimentation électrique de ce moteur : la source d'énergie de secours est alors une batterie de force électromotrice E alimentant un onduleur triphasé.

Les parties B1 et B2 peuvent être traitées indépendamment l'une de l'autre

B1. MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASE ALIMENTE PAR LE RESEAU

Le moteur asynchrone est alimenté par un réseau triphasé équilibré 230V/400V, 50Hz.

Il possède les caractéristiques nominales suivantes :
Puissance mécanique P_{uN} = 3,4 kW
cos φ = 0,83
Fréquence de rotation nominale n_N = 1440 tr/min.

1. Calculer la vitesse de synchronisme n_s (en tr/min) ainsi que le nombre de pôles.
2. Calculer pour le fonctionnement nominal:
   2.a. le glissement g_N ;
   2.b. la puissance électrique P_{aN} absorbée par ce moteur couplé en triangle si l'enroulement est traversé par un courant d'intensité J_N = 4 A;
   2.c. le rendement η.

B2. MOTEUR ASYNCHRONE ALIMENTE PAR UN ONDULEUR

La figure 4 représente le moteur asynchrone associé au schéma simplifié de l'onduleur.

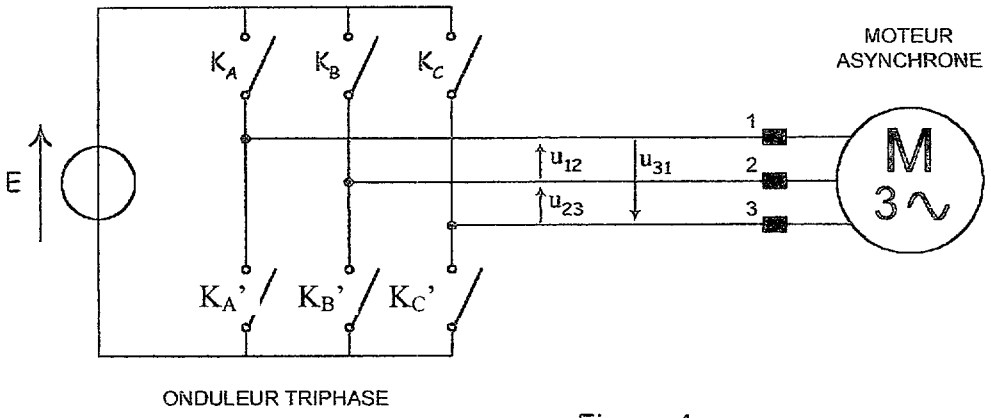


Figure 4

La tension d'entrée de l'onduleur E est une source de tension continue positive.

Les interrupteurs (K_A, K_A'), (K_B, K_B'), (K_C, K_C') fonctionnent de manière complémentaire et conduisent chacun pendant une durée T/2 (T étant la période du réseau triphasé équilibré produit par l'onduleur).

La commande d'un interrupteur K (ou K') sur l'interrupteur précédent est décalée de T/3 dans l'ordre A, B, C.

Les zones de conduction de chaque interrupteur sont données sur le document réponse page 8/8.

1. Quel est le type de conversion réalisée par l'onduleur?
2. Représenter les tensions composées $u_{23}(t)$ et $u_{31}(t)$ sur le document réponse 8/8.
3. En limitant la décomposition en série de Fourier de la tension composée u_{12} (t) à ses premiers termes, on peut écrire:

$$u_{12}(t) = U_0 + U_{1max} \cos(2\pi t/T) + U_{5max} \cos(10\pi t/T)$$

avec U_{1max} = 566 V ; U_{5max} = 113 V ; T = 5 ms

3.a. Quelle est la valeur de la composante continue U_o? Justifier votre réponse.

3.b. Dessiner sur votre copie le spectre en amplitude de la tension u_{12} en précisant les valeurs numériques de l'amplitude et de la fréquence de chaque composante.

3.c. Calculer la valeur efficace, notée U_1 , du fondamental de u_{12}.

3.d. On mesure la tension u_{12} avec un voltmètre numérique de type RMS.

3.d.1. Le voltmètre utilisé sur la position AC+DC indique 420 V . Comment justifier l'écart entre cette valeur et U_1 ?

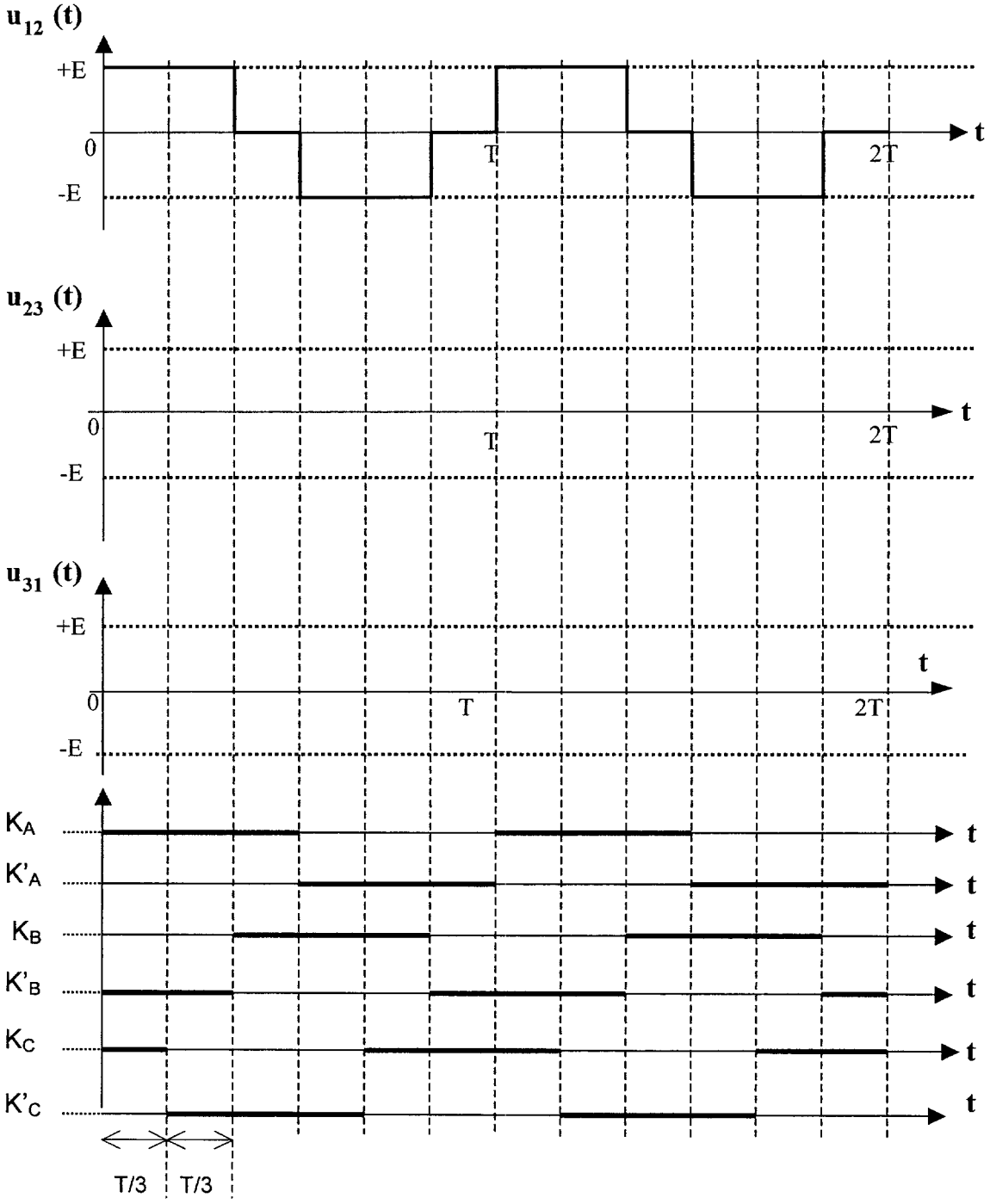
3.d.2 Quelle est la valeur affichée par ce voltmètre lorsque le commutateur est sur la position DC ?

3.d.3. Quelle serait la valeur affichée par ce voltmètre lorsque le commutateur est sur la position AC ?

tableau de données relatives à la qualité de l'air en fonction des seuils d'ozone

	INDICE	SEUILS POUR L'OZONE (Z en $\mu g / m^3$)	
Exécrable	10	> 360	SEUIL D'ALERTE
Très mauvaise	9	251 à 360	
Mauvaise	8	181 à 250	SEUIL DE RECOMMANDATIONS ET D'INFORMATION
Très médiocre	7	146 à 180	
Médiocre	6	111 à 145	
Moyenne	5	91 à 110	
Assez bonne	4	71 à 90	
Bonne	3	51 à 70	
Très bonne	2	31 à 50	
Excellente	1	0 à 30	

Document réponse
à rendre avec la copie

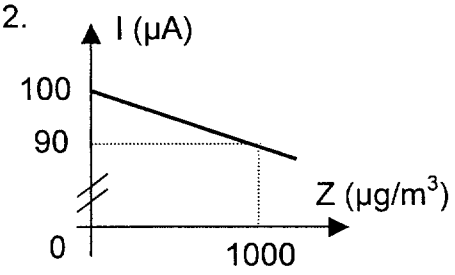


zone de fermeture de l'interrupteur

Guide de correction **40 points**

A1. Acquisition — 3 points

1. $Z = 0\ \mu g/m^3 \Rightarrow I = 10^{-4}\ A = 100\ \mu A$
   $Z = 1000\ \mu g/m^3 \Rightarrow I = -10^{-8}.10^3 + 10^{-4} = 90.10^{-6}\ A = 90\ \mu A$ 1

2. 

2

A2. Mise en forme — 14,5 points

1. Etage 1
   a. $U_3 = U_1$ car montage suiveur, AO en régime linéaire
   $U_1 = R_1 . I$ car i+ = 0 A , AO parfait 2
   Donc : $U_3 = R_1.I = R_1(-10^{-8} Z + 10^{-4}) = -10^{-8}. R_1.Z + R_1.10^{-4}$
   $= - a . Z + U_0$
   b. $a = 10^{-8}. R_1 = -10^{-8}. 10^5 = 10^{-3}\ V.\mu g^{-1}.m^3$
   $U_0 = R_1.10^{-4} = 10^5.10^{-4} = 10\ V$ 2

   c. interfaçage entre le générateur de courant I et l'étage 2 afin que la tension U_3 ne dépende que de I donc de Z sans être modifiée par l'appel de courant de l'étage 2. (convertisseur courant – tension avec adaptati d'impédance) 1

2. Etage 2
   a. $v- = U_3 \frac{R}{2R} + U_4 \frac{R}{2R} = \frac{U_3 + U_4}{2}$ théorème de superposition

   $v^+ = U_2 \frac{R}{2R} = \frac{U_2}{2}$ théorème du diviseur de tension

   v+ = v- régime linéaire 3
   $\Rightarrow U_4 = U_2 - U_3$

   a. $U_4 = 10 - (-10^{-3}.Z + 10) = 10^{-3}. Z$ 1

2. Etage 3
   a. $U_4 = V+ = V-$ et $U_Z = U_4 \frac{R_2 + R_v}{R_2}$ diviseur de tension 2
   b. $Z = 1000\ \mu g/m^3 \Rightarrow U_4 = 10^{-3}.10^3 = 1\ V$

$$\Rightarrow R_v = R_2(\frac{U_5}{U_4} - 1) = 4,7(5-1) = 18,8k\Omega$$ 1,5

   c. $U_Z = 5.10^{-3}.Z$ avec Uz en Volts , Z en $\mu g/m^3$
   Rôle : amplifier et rendre U_Z proportionnelle à Z. 2

A3 . CAN **5 points**

1. l'équation de la courbe donnée est : $U_Z = 5.10^{-3}.Z$
   donc $\Delta U_Z = 5.10^{-3}.\ \Delta Z = 5.10^{-3}$ V = 5 mV 1
2. q = 5 mV
   a. Z_{max} = 1000 µg/m^3 $\Rightarrow U_{Zmax}$ = 5 V $\Rightarrow$ PE $\geq$ 5 V 1
   b. $PE = q(2^n - 1) \geq 5 \Rightarrow 2^n - 1 \geq \frac{5}{5.10^{-3}} = 1000$

   $2^n \geq 1001 \Rightarrow n \geq \frac{\ln 1001}{\ln 2} = 9,96$ 1

   or n entier $\Rightarrow$ n = 10
3. a. $N = \frac{5.10^{-3}}{5.10^{-3}} Z = Z$ 1
   b. seuil d'alerte pour Z = 361 µg/m^3 donc N = 361 1

B1. MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASE ALIMENTE PAR LE RESEAU **7 points**

1. f =p.n_s d'où n_s = f / p soit, pour la fréquence 50 Hz, ns est un sous multiple de 3000 tr/min.

Or n_N = 1440 tr/min et $n_s > n_N$ = 1440 tr/min 3

donc n_s = 1500 tr/min et p = 2 $\Rightarrow$ donc 4 pôles

2. a. $g = \frac{ns - n}{ns} = \frac{1500 - 1440}{1500} = 4\,\%$ 1

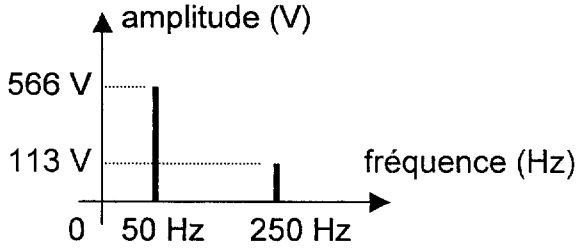
b. $P_{aN} = UI_N \sqrt{3} \cos\varphi$ avec U = 400 V, $I_N = J_N * \sqrt{3}$ d'où : P_{aN} = 3,98 kW 2

c. $\eta = P_u / P_{aN}$ d'où η = 85 % 1

B2. MOTEUR ASYNCHRONE ALIMENTE PAR UN ONDULEUR **10,5 points**

1. conversion continu / alternatif 1
2. voir document réponse u_{23} (t) et u_{31} (t) 2
3. a. $U_0 = \langle u_{12} \rangle = 0$ V de par sa forme 1

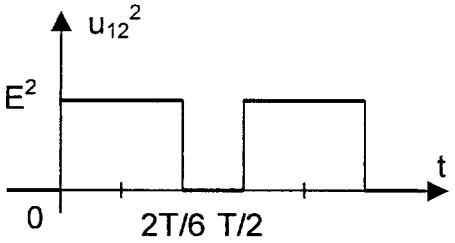
b.



2

c. Le fondamental est sinusoïdal donc $U_{1eff} = \frac{\hat{U}_1}{\sqrt{2}} = \frac{566}{\sqrt{2}} = 400V$ 1

d. Par définition $U_{1eff} = \sqrt{\langle u_{12}{}^2 \rangle}$



2

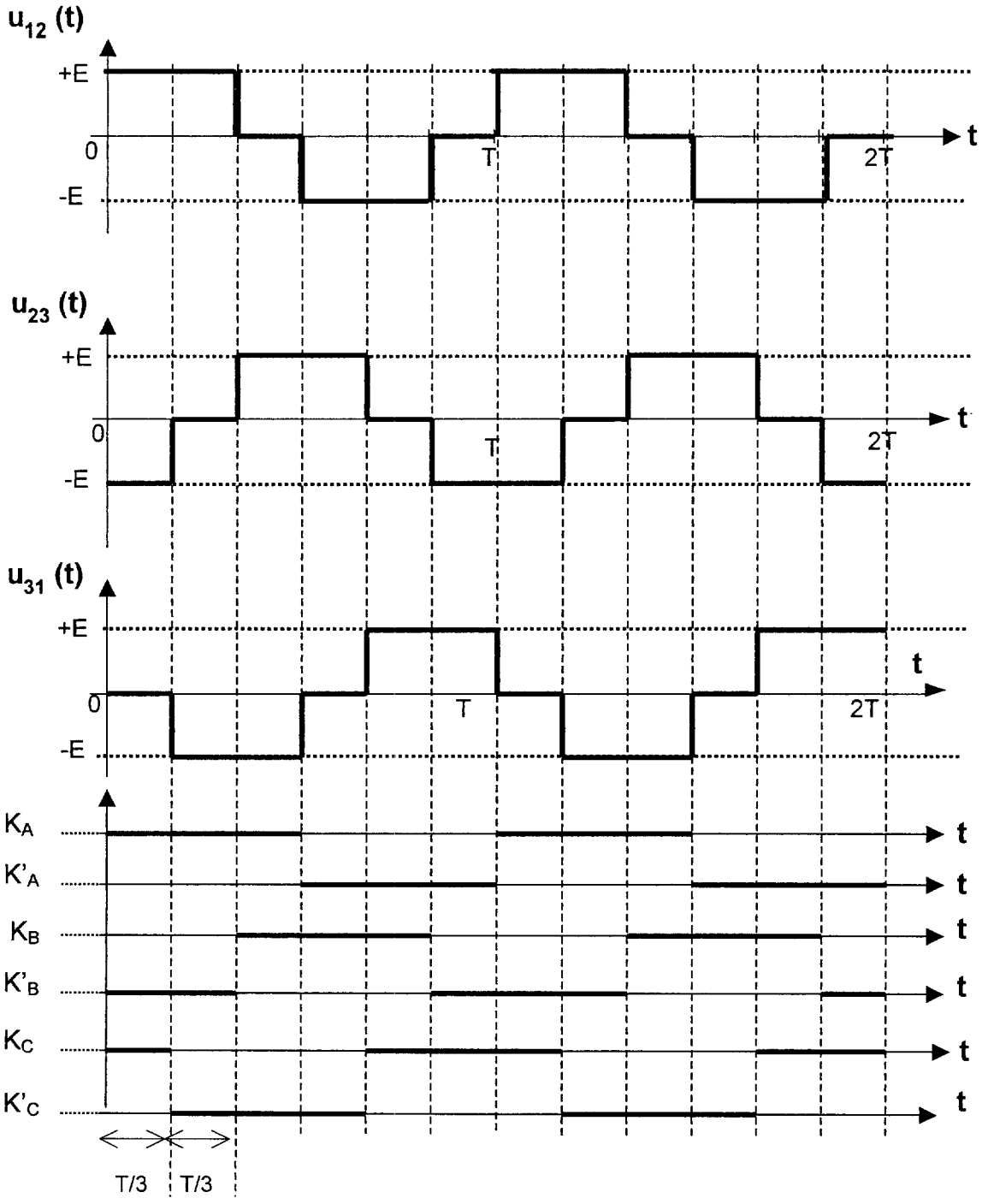
$$\langle u_{12}{}^2 \rangle = \frac{1}{\frac{T}{2}}.E^2.\frac{2T}{6} = \frac{2}{3}.E^2 \Rightarrow U_{eff} = E\sqrt{\frac{2}{3}} = 513.\sqrt{\frac{2}{3}} = 419V$$

$$U_{eff} \neq U_{1eff}$$

e. $V_{DC} = \langle u_{12} \rangle = U_0 = 0V$ 1,5

$$V_{AC} = V_{AC+DC} = 419V$$

Document réponse
à rendre avec la copie



zone de fermeture de l'interrupteur

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.