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

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

Assistance Technique d'Ingénieur

ÉPREUVE E3

Mathématiques et sciences physiques

UNITÉ U32

SCIENCES PHYSIQUES

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

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

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies.

Documents à rendre avec la copie :

- Document réponse n°1 page 14/19
- Document réponse n°2 page 15/19
- Document réponse n°3 page 16/19
- Document réponse n°4 page 17/19
- Document réponse n°5 page 18/19

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet et comporte 19 pages numérotées de 1/19 à 19/19.

ÉTUDE D'UN SYSTÈME DE VENTILATION

Introduction :

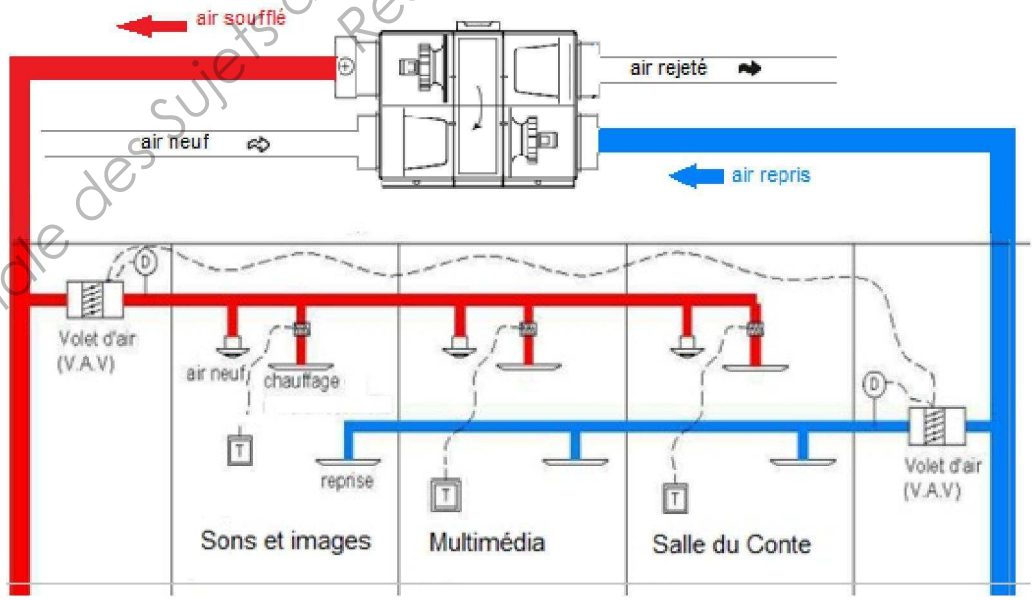
Un projet d'extension d'une médiathèque prévoit d'installer une centrale de traitement de l'air (CTA) pour un plateau multimédia sons et images.
Le choix s'est porté sur une CTA montée en faux plafond qui pourra s'intégrer parfaitement au local. Elle est munie d'un système de récupération de chaleur et de contrôle pouvant débiter jusqu'à 6 000 $m^3 \cdot h^{-1}$.
Les principaux paramètres de cette CTA sont donnés ci-dessous.



Paramètres techniques | Diagramme | Dimension | Câblage | Accessoires

Paramètres	Valeur	Unité
Tension	400	V
Fréquence	50	Hz
Phase	3N	~
Puissance nominale, ventilateurs	2 x 2833	W
Puissance batterie électrique	15	kW
Gamme de débit d'air	1080...6278	m³/h
Fusible	3 x 35	A
Classe d'étanchéité	23	IP
Poids	460	kg
Filtre, air neuf	F7	
Filtre, air extrait	F5	

Schéma du dispositif :



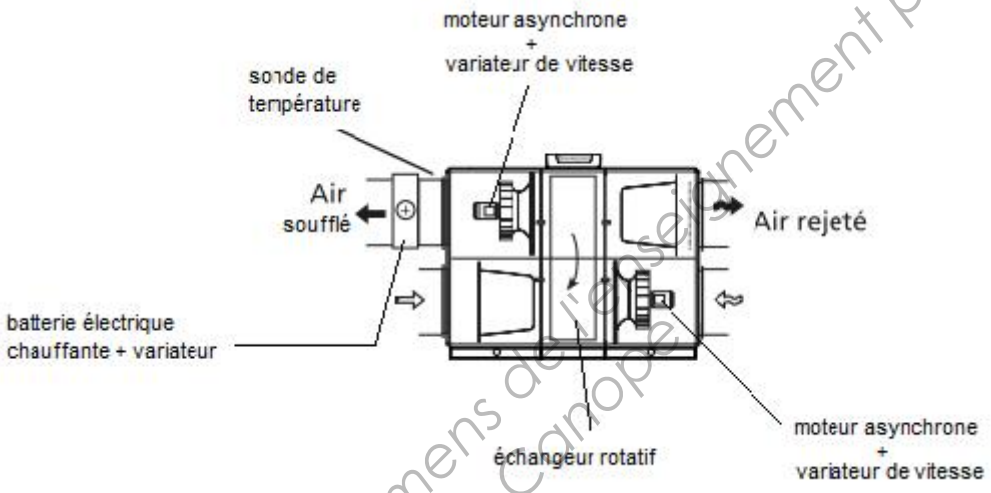
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel Réseau Canopé

Cahier des charges :

La CTA devra permettre de ventiler, par l'introduction d'air neuf et l'extraction d'air vicié, de filtrer l'air, de chauffer par soufflage d'air chaud et d'échanger l'énergie entre deux flux d'air.

L'air traité sera ensuite diffusé dans les locaux desservis grâce à des réseaux de conduits, avec des diffuseurs choisis en fonction des critères de confort recherchés. On veut que la température de la médiathèque soit comprise entre 16 °C et 23 °C. La centrale est pilotée par un système de régulation déporté qui contrôle la température de soufflage, les pressions de soufflage et de reprise, les débits d'air repris et soufflés, les fonctions de sécurité et maintenance.

Schéma de la centrale de traitement de l'air :



Remarques :

- Les amplificateurs différentiels intégrés (ADI) sont alimentés par des tensions continues symétriques notées V_{cc}, telles que :
  $+V_{cc} = +15$ V et $-V_{cc} = -15$ V
- Les amplificateurs différentiels intégrés (ADI) sont supposés idéaux.
- Les diodes et thyristors sont tous supposés idéaux.

Le sujet comporte quatre parties indépendantes.

- Partie A : acquisition du paramètre température (8 points).
- Partie B : étude du chauffage (4 points).
- Partie C : étude du moteur asynchrone et de son variateur (6 points).
- Partie D : synthèse (2 points).

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel Réseau Canopé

- Partie A : acquisition du paramètre température.

A.1 Conversion température/tension.

Le capteur de température utilisé est une sonde PT_{1000} dont les caractéristiques sont données en ANNEXE 1. Le circuit utilisé est celui de la figure 1.

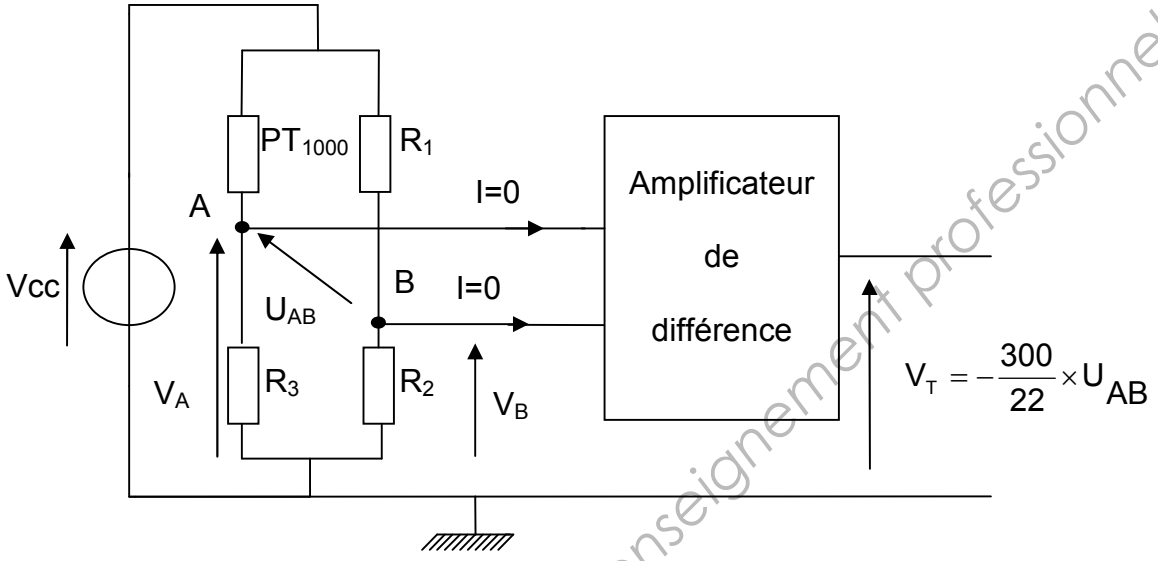


FIGURE 1

A.1.1 Exprimer V_B en fonction de Vcc, R_1 et R_2.

A.1.2 Écrire U_{AB} en fonction de V_A et de V_B.

A.1.3 On donne : $V_A = \dfrac{R_3}{PT_{1000}+R_3} \times Vcc$

Montrer que $U_{AB} = \left(\dfrac{R_3}{PT_{1000}+R_3} - \dfrac{R_2}{R_2+R_1} \right) \times Vcc$

A.1.4 Déterminer, à l'aide de l'annexe 1, la variation de la résistance ΔR de la sonde PT_{1000} pour une température variant de 0 °C à 16 °C.

A.1.5 Les résistances R_1, R_2 et R_3 ont pour valeur celle de la sonde PT_{1000} à 0°C notée PT_0. Lorsque la température varie la résistance de la sonde vaut : $PT_{1000} = PT_0 + \Delta R$.

Si l'on néglige ΔR devant $2PT_0$, on montre que $U_{AB} = -\dfrac{\Delta R}{PT_0} \times \dfrac{V_{CC}}{4}$

Calculer, à l'aide des données fournies dans l'annexe 1, U_{AB1} pour : $\Delta T_1 = 16$ °C.

A.1.6 Calculer V_{T1} pour $\Delta T_1 = 16$ °C.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

A.2 Étude de la tension $u_4(t)$ commandant le variateur de température.

Le chauffage est réalisé par un groupement de 6 résistances alimenté par un variateur de puissance dont la commande doit varier entre 0 et 10 V à partir d'une tension de consigne U_c correspondant à la température désirée T_c.

Le synoptique figure 2 représente le principe de fonctionnement.

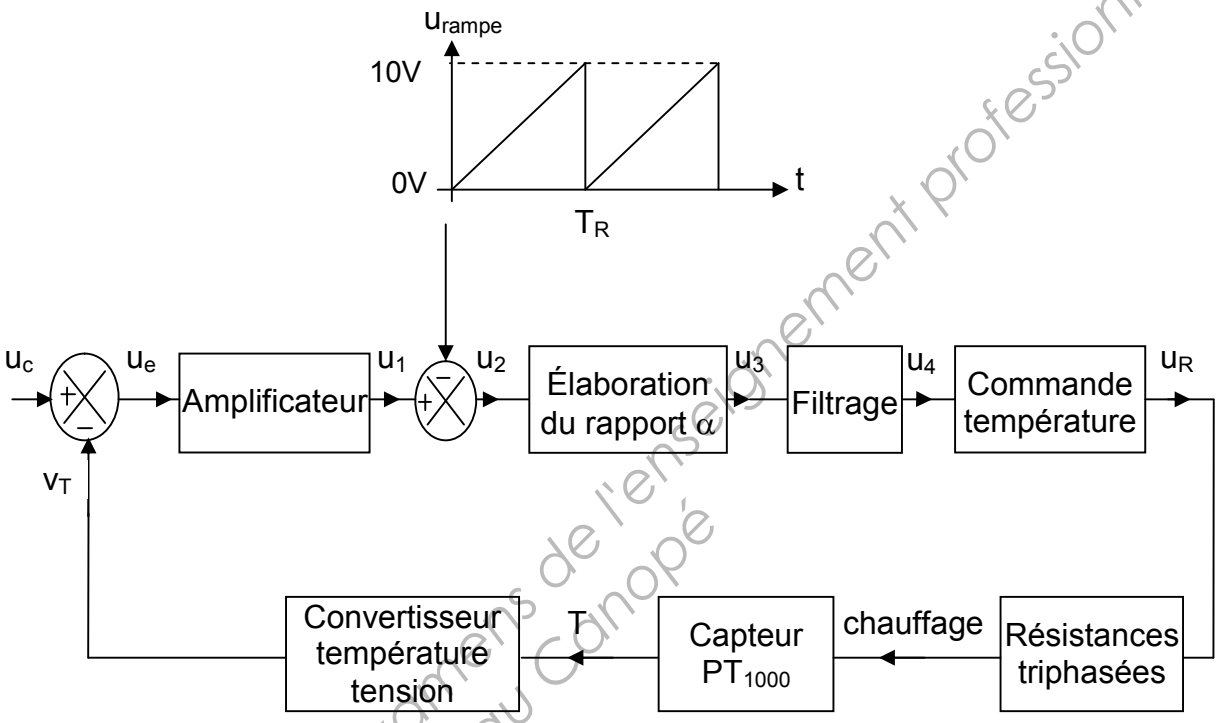


FIGURE 2

A.2.1 Élaboration de la tension u_1 (figure 3).

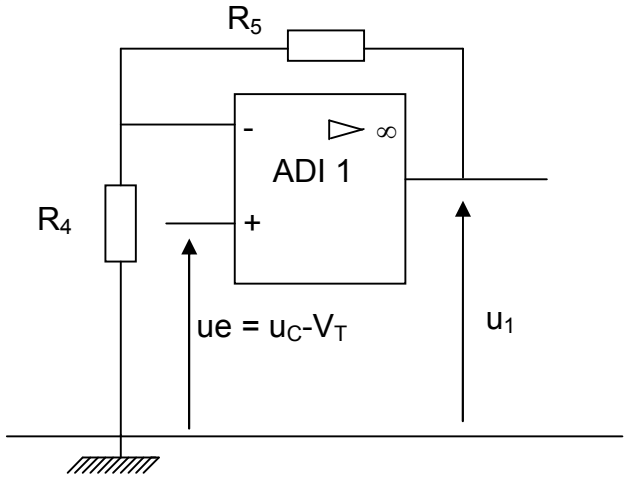


FIGURE 3

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

A.2.1.1 Justifier le régime de fonctionnement de l'A.D.I. 1 ?

A.2.1.2 Montrer que l'expression de l'amplification A_v est :

$$A_v = \frac{U_1}{U_e} = \frac{U_1}{U_C - V_T} = (1 + \frac{R_5}{R_4})$$

A.2.1.3 Calculer A_V pour R_4 = 3 kΩ et R_5 = 27 kΩ.

A.2.2 Élaboration du rapport cyclique α (figure 4).

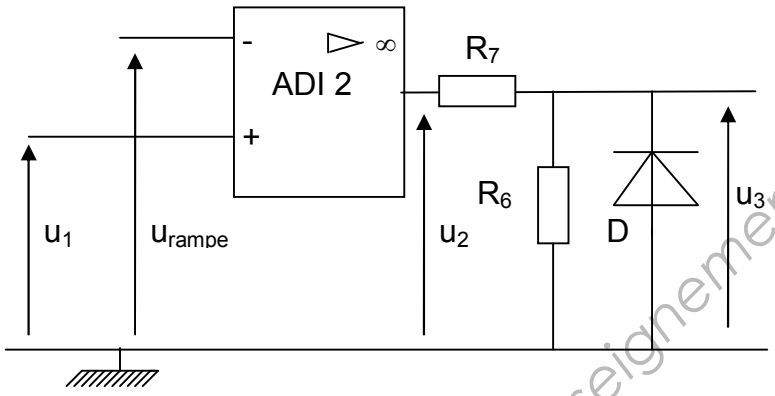


FIGURE 4

A.2.2.1 Justifier le régime de fonctionnement de l'ADI 2.

A.2.2.2 Préciser les valeurs de la tension u_2 suivant les valeurs de u_1 et de u_{rampe}.

A.2.3 Pour une température désirée Tc de 20 °C, la tension U_C vaut 3,89 V et, pour une température T ambiante de 16 °C, la tension v_T vaut 3,19 V.

A.2.3.1 Tracer sur le DOCUMENT RÉPONSE N°1, la tension u_1 sur le graphe de u_{rampe} avec $u_1 = 10.(u_C - v_T)$.

A.2.3.2 Tracer la tension u_2 correspondante.

A.2.3.3 Étude du cas où $R_6 = 2\ R_7$.

A.2.3.3.1 Préciser le rôle de D ?

A.2.3.3.2 Quand D est bloquée, exprimer u_3 en fonction de u_2, R_7 et R_6, puis en fonction de Vcc. Calculer u_3. Quelle condition doit remplir u_3 pour avoir ce fonctionnement ?

A.2.3.3.3 Que vaut u_3 quand D est passante ?

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

A.2.4 Compléter le DOCUMENT RÉPONSE N°1 par la représentation de la tension u_3.

A.2.5 La tension $u_3(t)$ est périodique, de période T = 1 ms.

A.2.5.1 Le spectre des amplitudes des tensions sinusoïdales qui composent la tension $u_3(t)$ est représenté sur le DOCUMENT RÉPONSE N°2. Indiquer sur le DOCUMENT RÉPONSE N°2 les valeurs en kHz de chaque fréquence des harmoniques représentées.

A.2.5.2 Déterminer la valeur de la composante continue notée $< u_3 >$ à partir du spectre des amplitudes.

A.2.5.3 Quel appareil permet de mesurer cette composante continue ?

A.2.6 Étude de la tension u_4.

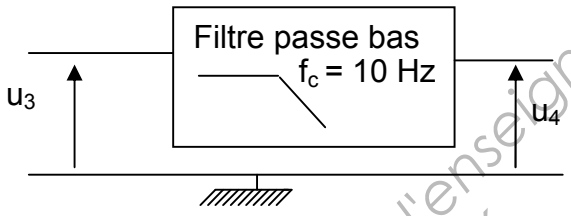


FIGURE 5

La fréquence de coupure f_c du filtre est de 10 Hz.

A.2.6.1 Déterminer la valeur de la tension u_4.

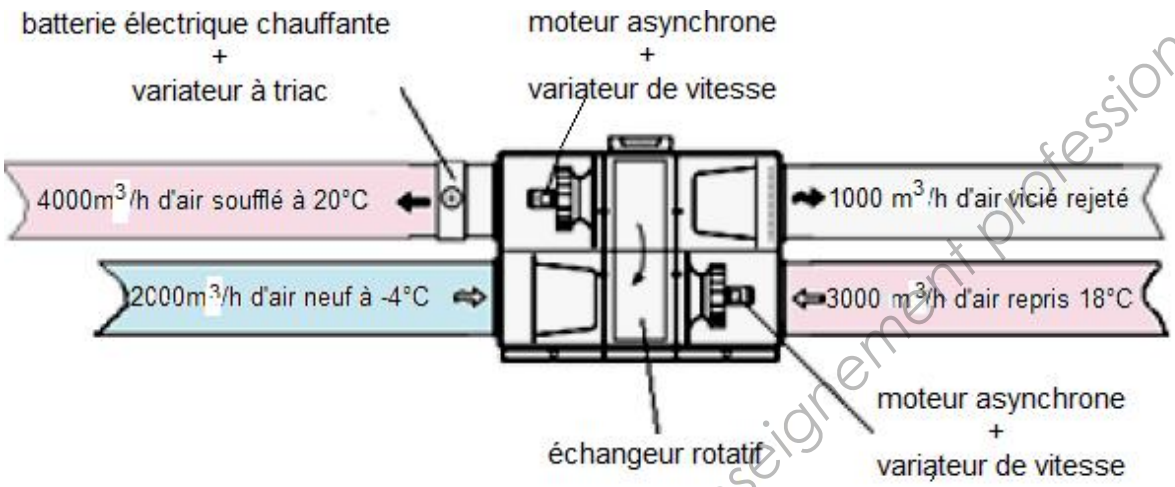
A.2.6.2 Tracer la tension u_4 sur le DOCUMENT RÉPONSE N°1. Conclure.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

- Partie B : étude du chauffage.

Le réchauffage de l'air se fait par l'intermédiaire d'une batterie électrique, composée de deux groupements de trois résistances de puissance ayant pour caractéristiques : 21,16 Ω ; 230 V ; 2,5 kW, alimentée par un variateur triphasé non étudié.

La partie puissance de la CTA est alimentée par le réseau 230 V / 400 V, 50 Hz.



B.1 Étude énergétique.

Pour réchauffer 4000 m^3 de 7 °C à 20 °C, on utilise un échangeur thermique rotatif. Sachant que l'énergie transmise Q par une masse d'air m passant d'une température initiale θ_i à une température finale θ_f est donnée par la relation :

$$Q = m \times C_{air} \times (\theta_f - \theta_i)$$

avec Q en J, m en kg, C_{air} en $J.kg^{-1}.°C^{-1}$ et θ en °C

La masse volumique de l'air est ρ_{air} = 1,010 $kg.m^{-3}$ et la chaleur massique de l'air C_{air} = 1004 $J.kg^{-1}.°C^{-1}$.

B.1.1 Calculer l'énergie nécessaire pour réchauffer le volume de 4000 m^3.

B.1.2 Calculer la puissance de la batterie de résistances électriques, sachant qu'il faut une heure pour réchauffer la pièce.

B.2 Étude des résistances alimentées par le réseau 400 V, 50 Hz.

B.2.1 Représenter le couplage des résistances sur le DOCUMENT RÉPONSE N°3 en justifiant votre choix.

B.2.2 Calculer la valeur efficace I_R du courant i_R dans chaque résistance pour le fonctionnement nominal.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

B.2.3 Calculer la valeur efficace I du courant i dans chaque fil de ligne pour le fonctionnement nominal.

B.2.4 Calculer la puissance totale P_T de chauffage.

B.2.5 Comparer le résultat obtenu avec celui de la question B.1 et avec les paramètres techniques de la batterie de la CTA.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

- Partie C : étude du moteur asynchrone et de son variateur pour le soufflage.

  Chaque ventilateur de la CTA dont les paramètres sont donnés ci-dessous est entraîné par un moteur asynchrone triphasé. Chaque moteur est alimenté par l'intermédiaire d'un onduleur autonome qui maintient le rapport $\frac{U}{f}$ constant.

Paramètres techniques | Diagramme | Dimension | Câblage | Accessoires

Paramètres	Valeur	Unité
Tension	400	V
Fréquence	50	Hz
Phase	3N	~
Puissance nominale, ventilateurs	2 x 2833	W
Puissance batterie électrique	15	kW
Gamme de débit d'air	1080...6278	m³/h
Fusible	3 x 35	A
Classe d'étanchéité	23	IP
Poids	460	kg
Filtre, air neuf	F7	
Filtre, air extrait	F5	

C.1 Étude du moteur en fonctionnement nominal.

C.1.1 Calculer la puissance utile du moteur d'entraînement du ventilateur sachant que celui-ci a un rendement $\eta_{ventilateur}$ de 76,5%.

C.1.2 Donner la référence du moteur asynchrone qui équipe la CTA à partir du tableau de l'ANNEXE 2.

C.1.3 Déterminer la vitesse de synchronisme n_s en $tr.min^{-1}$ et le glissement nominal.

C.1.4 Tracer sur le DOCUMENT RÉPONSE N°4 la caractéristique du moment du couple moteur T_u en fonction de la vitesse n de rotation.

C.1.5 Placer sur la courbe le point de fonctionnement P_1, déduire graphiquement les coordonnées (T_{u1} ; n_1) de l'ensemble moteur-ventilateur.

C.2 Étude du moteur alimenté par un variateur de vitesse fonctionnant à U/f constant.

Le débit d'air est réglé en agissant sur la fréquence f du variateur. On veut obtenir un débit de 4000 $m^3.h^{-1}$ qui correspond à une vitesse de rotation du ventilateur de 2000 $tr.min^{-1}$.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

C.2.1 Placer le point de fonctionnement P_2 sur le DOCUMENT RÉPONSE N°4.

C.2.2 Tracer sur le DOCUMENT RÉPONSE N° 4 la nouvelle caractéristique mécanique du moteur $T_u(n)$.

C.2.3 Déterminer la nouvelle vitesse de synchronisme n_{s2}.

C.2.4 Déterminer la nouvelle fréquence f_2 d'alimentation et la nouvelle valeur u_2 de la tension d'alimentation.

C.3 Étude du variateur de vitesse.

On peut symboliser une phase du variateur triphasé qui alimente le moteur de soufflage par le schéma figure 6 où les commandes des interrupteurs ne sont pas représentées. Les interrupteurs commandés et les diodes sont supposés parfaits. La tension E est égale à 400 V.

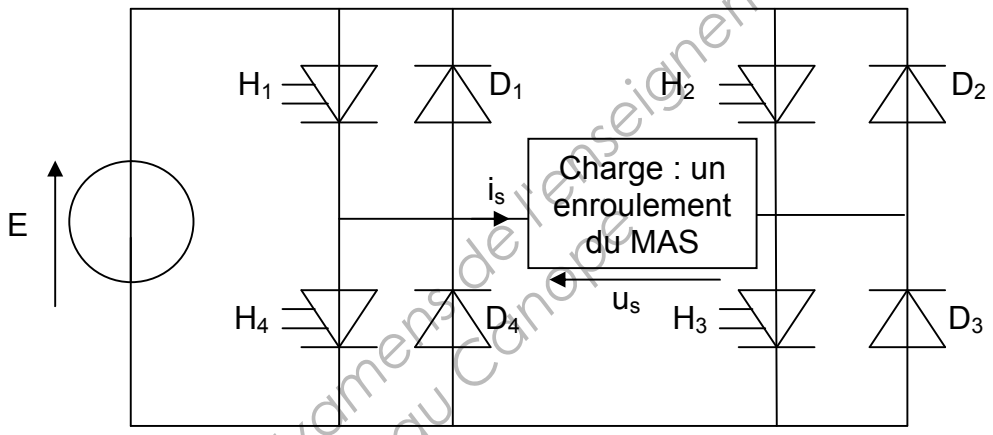


FIGURE 6

On désigne par α, l'angle d'amorçage de l'interrupteur H_1. Pour une certaine valeur du paramètre α , la tension périodique u_s et le courant i_s prennent les formes représentées sur la figure 7.

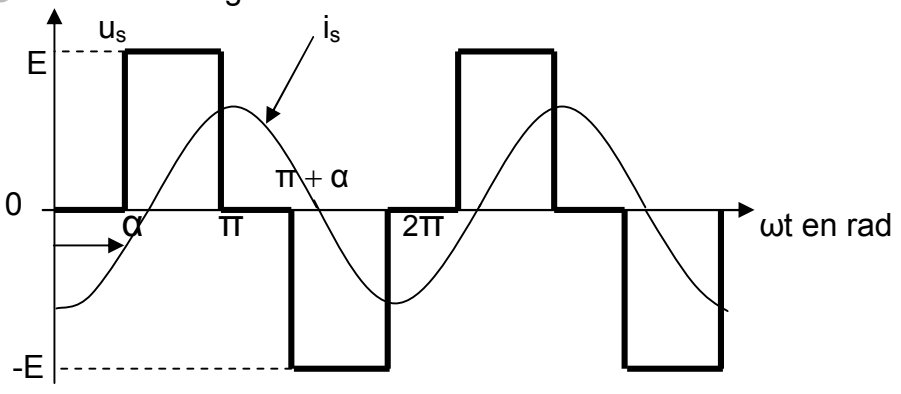


FIGURE 7

Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel Réseau Canopé

C.3.1 Déterminer la valeur moyenne $<u_s>$ de la tension u_s.

C.3.2 Calculer α, sachant que la valeur efficace de U_s est de 274,7 V, on donne la valeur efficace $Us = E\sqrt{1-\frac{\alpha}{\pi}}$.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

- D : synthèse : évolution de la puissance de chauffe.

  En vous aidant du schéma fonctionnel de la figure 2 ainsi que du DOCUMENT RÉPONSE N°1, compléter le tableau sur le DOCUMENT RÉPONSE N°5 pour indiquer comment évolue le chauffage lorsque la sonde est déconnectée de l'alimentation comme l'indique la figure 8.

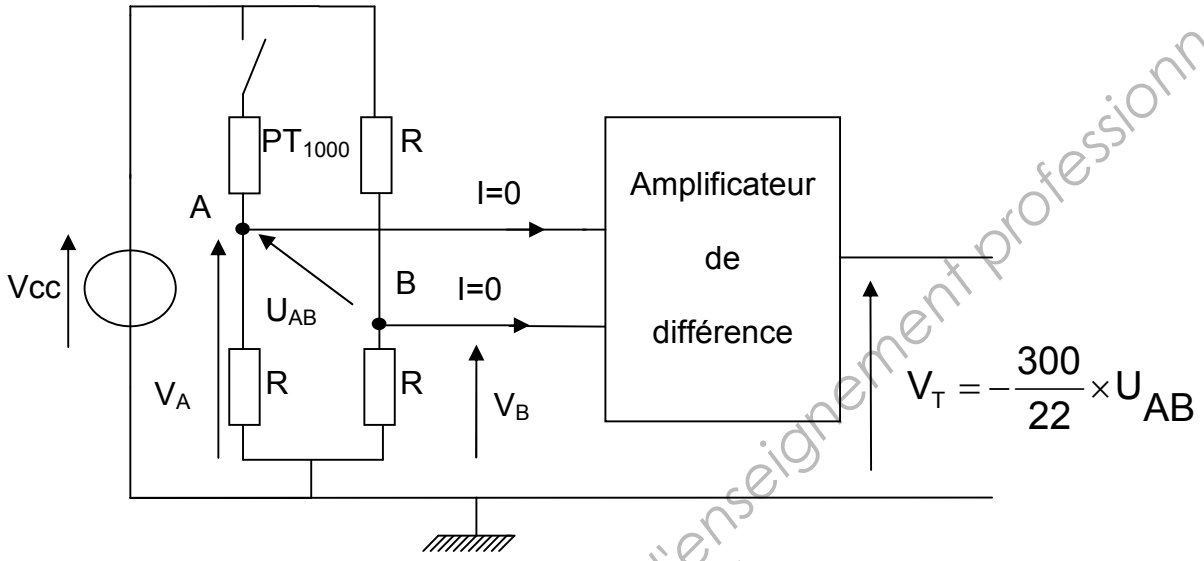
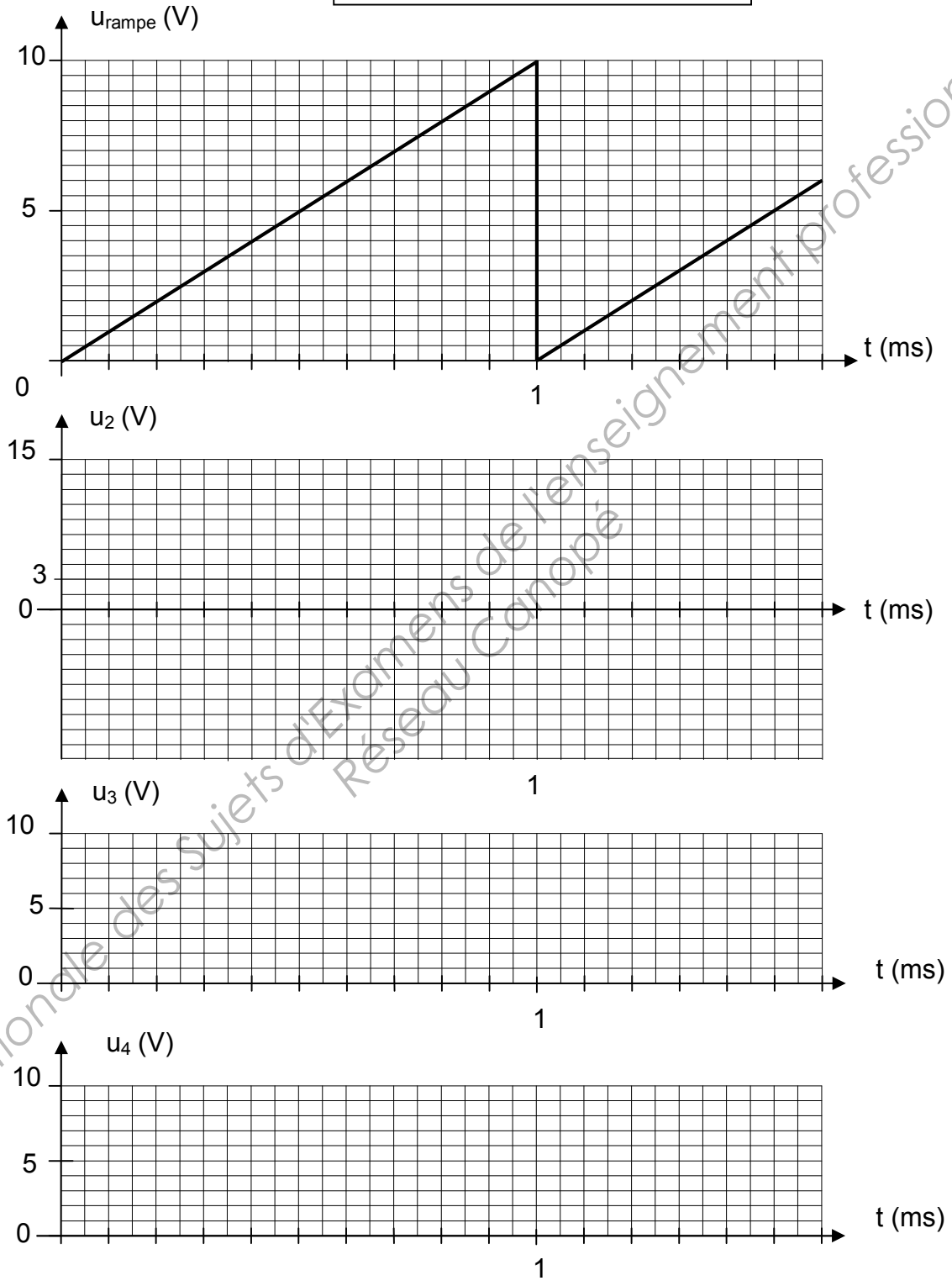


FIGURE 8

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

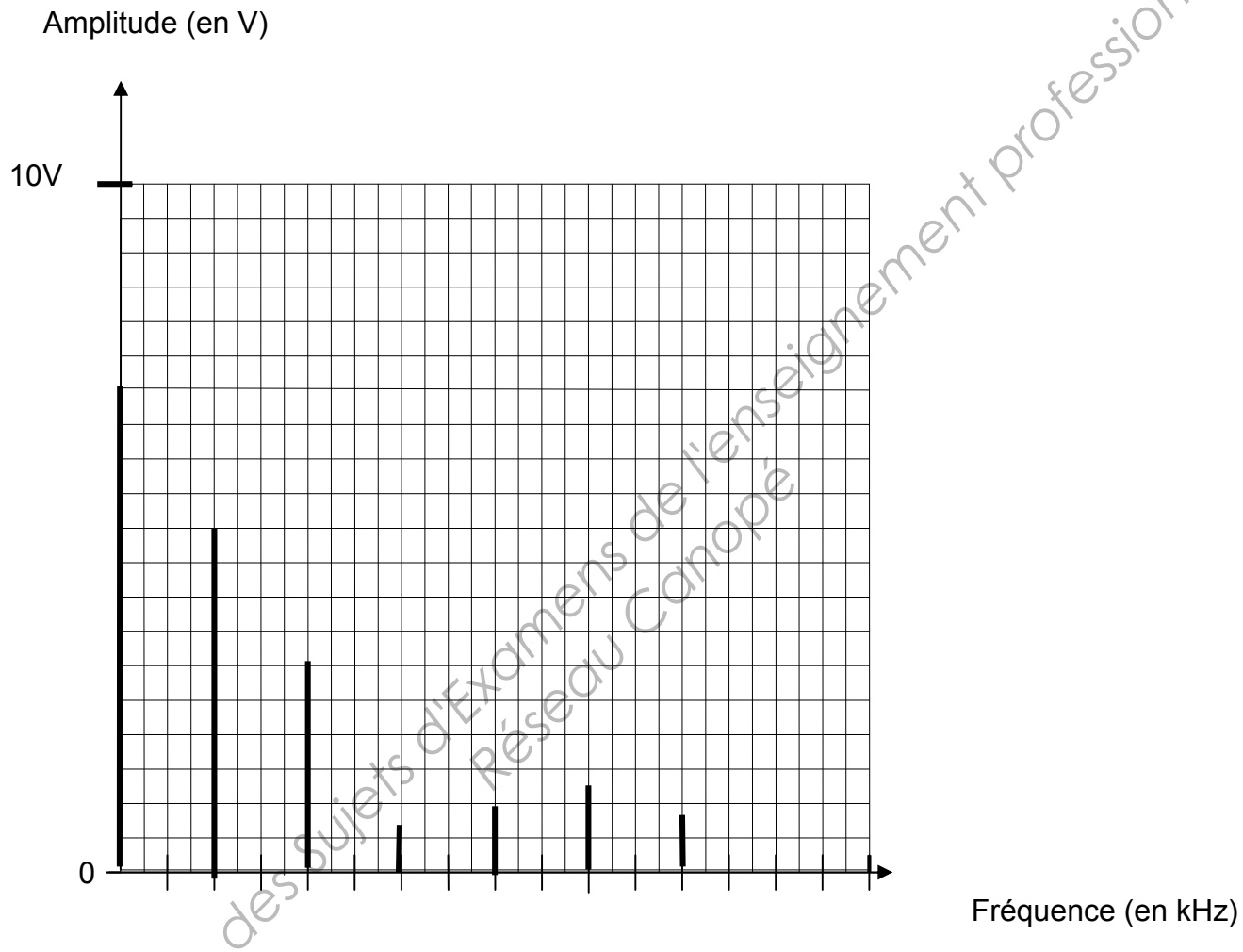
DOCUMENT RÉPONSE N°1
À rendre avec votre copie

U_c = 3,89 V et V_T = 3,19 V



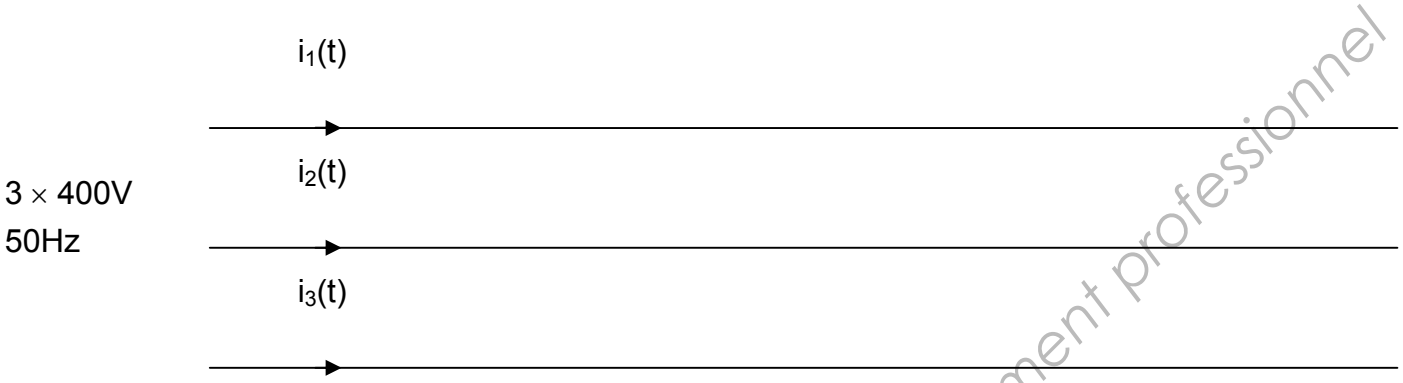
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

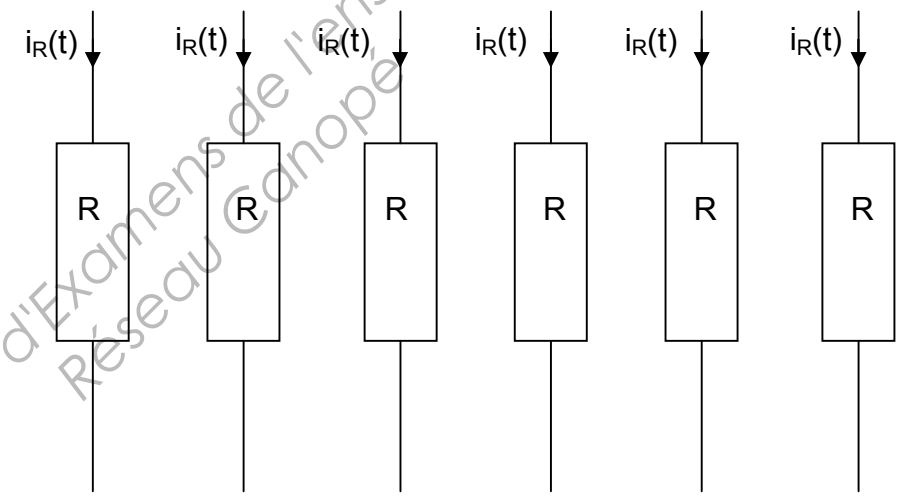
DOCUMENT RÉPONSE N°2
À rendre avec votre copie



Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

DOCUMENT RÉPONSE N°3
À rendre avec votre copie





Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

DOCUMENT RÉPONSE N°4
À rendre avec votre copie



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

DOCUMENT RÉPONSE N°5
À rendre avec votre copie

Cocher la bonne réponse.

La sonde de température PT_{1000} est déconnectée de Vcc				
U_{AB}	○ +15 V	○ +7,5V	○ 0V	○ -7,5V
V_T	○ +15V	○ 0V		○ -15V
U_e	○ > 0	○ = 0		○ < 0
U_1	○ > 0	○ = 0		○ < 0
U_2	○ > 0	○ = 0		○ < 0
U_3	○ +10V	○ 5V		○ 0V
U_4	○ +10V	○ 5V		○ 0V
Chauffage	○ Marche		○ Arrêt	

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

ANNEXE 1

Tableau des valeurs de résistance pour les sondes de température PT1000 (en ohm)

°C	0,0	-1,0	-2,0	-3,0	-4,0	-5,0	-6,0	-7,0	-8,0	-9,0
-50,0	803,1									
-40,0	842,9	838,8	834,8	830,8	826,9	822,9	818,9	815,0	811,0	807,0
-30,0	882,2	878,3	874,3	870,4	866,4	862,5	858,5	854,6	850,6	846,7
-20,0	921,6	917,7	913,7	909,8	905,9	901,9	898,0	894,0	890,1	886,2
-10,0	960,9	956,9	953,0	949,1	945,2	941,2	937,3	933,4	929,5	925,5
0,0	1000,0	996,1	992,2	988,3	984,4	980,4	976,5	972,6	968,7	964,8

°C	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
0,0	1000,0	1003,9	1007,8	1011,7	1015,6	1019,5	1023,4	1027,3	1031,2	1035,1
10,0	1039,0	1042,9	1046,8	1050,7	1054,6	1058,5	1062,4	1066,3	1070,2	1074,0
20,0	1077,9	1081,8	1085,7	1089,6	1093,5	1097,3	1101,2	1105,1	1109,0	1112,8
30,0	1116,7	1120,6	1124,5	1128,3	1132,2	1136,1	1139,9	1143,8	1147,7	1151,5
40,0	1155,4	1159,3	1163,1	1167,0	1170,8	1174,7	1178,5	1182,4	1186,2	1190,1
50,0	1194,0	1197,8	1201,6	1205,5	1209,3	1213,2	1217,0	1220,9	1224,7	1228,6
60,0	1232,4	1236,2	1240,1	1243,9	1247,7	1251,6	1255,4	1259,2	1263,1	1266,9
70,0	1270,7	1274,5	1278,4	1282,2	1286,0	1289,8	1293,7	1297,5	1301,3	1305,1
80,0	1308,9	1312,7	1316,6	1320,4	1324,2	1328,0	1331,8	1335,6	1339,4	1343,2
90,0	1347,0	1350,8	1354,6	1358,4	1362,2	1366,0	1369,8	1373,6	1377,4	1381,2
100,0	1385,0	1388,8	1392,6	1396,4	1400,2	1403,9	1407,7	1411,5	1415,3	1419,1
110,0	1422,9	1426,6	1430,4	1434,2	1438,0	1441,7	1445,5	1449,3	1453,1	1456,8

Exemple pour une température de 52 °C la valeur de la résistance est de 1201, 6 Ω.

ANNEXE 2

Type	Puissance nominale	Vitesse nominale	Moment nominal	Intensité nominale	Facteur de puissance			Rendement CEI 60034-2-1 2007		
	P_N	N_N	M_N	$I_{N(400V)}$	$Cos\ \varphi$			η		
	kW	min^{-1}	N.m	A	4/4	3/4	2/4	4/4	3/4	2/4
LSES 71 LG	0.75	2825	2.5	1.7	0.83	0.76	0.64	77.7	77.7	74.8
LSES 80 LG	1.5	2860	5.0	3.2	0.87	0.76	0.62	81.7	82.3	80.6
LSES 90 L	1.8	2874	6	3.6	0.87	0.81	0.69	83.3	83.5	81.9
LSES 100 L	3.7	2867	12	7.5	0.83	0.76	0.65	85.7	85.8	84.4
LSES 112 MG	5.5	2922	17.9	8.3	0.91	0.87	0.79	87.4	88.2	87.6
LSES 132 M	9	2925	29.2	17.7	0.82	0.75	0.63	89.5	89.8	89.2
LSES 132 M	11	2927	35.9	21.2	0.84	0.77	0.66	89.6	90.1	89.4
LSES 200 LR	40	2963	129	72.6	0.86	0.81	0.70	92.6	92.2	90.7
LSES 200 LU	55	2963	179	95.7	0.89	0.86	0.80	93.5	93.8	93.4

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

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.