

BTS

CONCEPTION ET RÉALISATION DE SYSTÈMES AUTOMATIQUES

**U32 – SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES
APPLIQUÉES**

2023

SUJET

**Durée : 2 h 00 - Coefficient : 2
Barème sur 20 points**

**L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de calculatrice sans mémoire « type collègue » est autorisé.**

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

Ce sujet comporte 14 pages numérotées de 1/14 à 14/14.

Document à rendre avec la copie :
page 14

2023	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
23-CSE3SPC-1 (id23B)	U32 - Sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	1/14

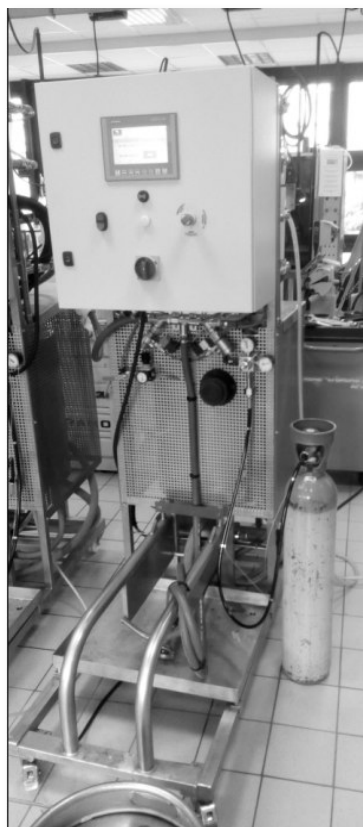
ÉTUDE D'UNE LAVEUSE DE FûTS

La machine étudiée (document 1a) a été conçue par des étudiants. Elle a pour fonction de nettoyer des fûts vides (document 1b). Pour cela, le système utilise l'eau et l'air du local, du dioxyde de carbone (CO_2) contenu dans une bonbonne et une solution nettoyante à base de soude.

Un cycle permet le nettoyage d'une quarantaine de fûts avant le changement de la solution nettoyante. En fin de cycle, le système émet un signal sonore.

En plus de nettoyer les fûts, il permet de tester leur étanchéité et possède un cycle de nettoyage des tuyaux et de la pompe.

L'annexe 1 présente le schéma hydropneumatique de la laveuse. L'annexe 2 présente le grafcet du cycle de nettoyage.



Document 1a : laveuse de fûts



Document 1b : fût vide

Les parties suivantes seront successivement étudiées :

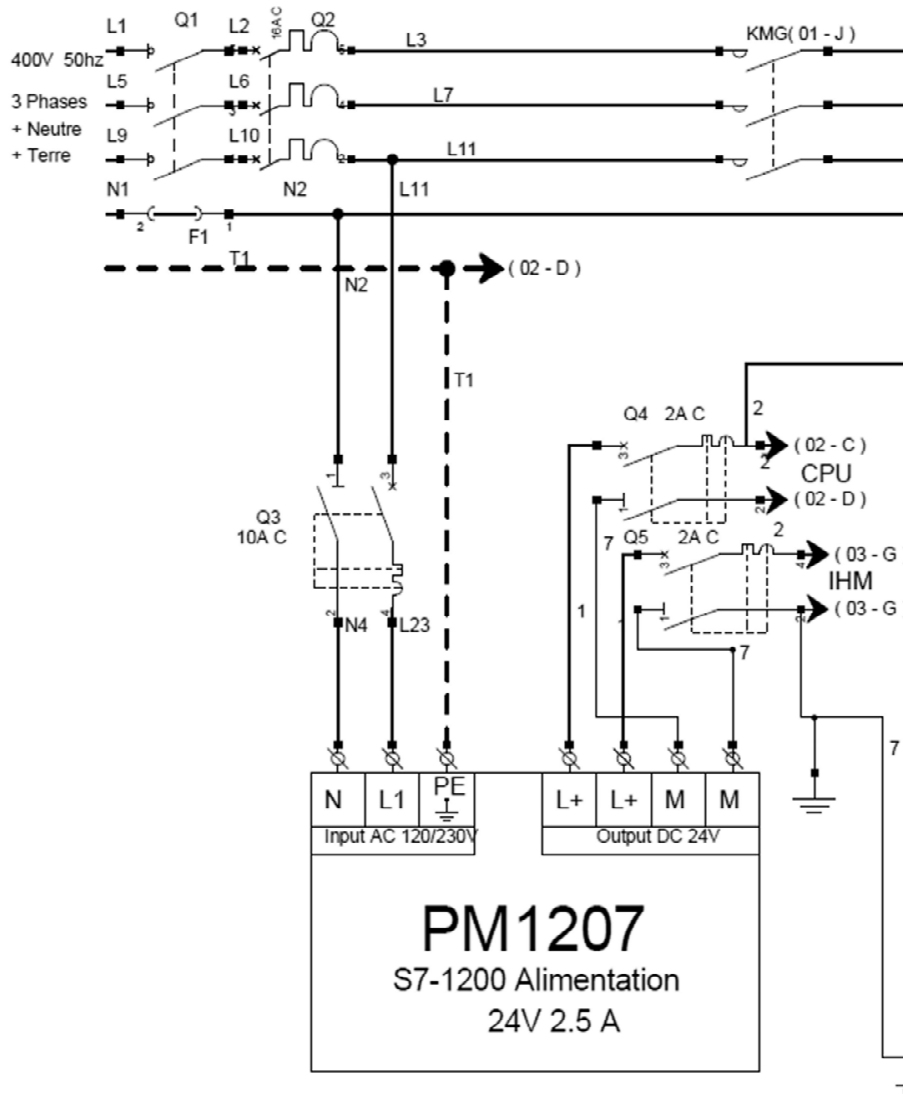
Partie I. - Module d'alimentation de l'interface homme machine (IHM)

Partie II. - Phase de nettoyage / remplissage des fûts vides

Partie III. - Sécurité

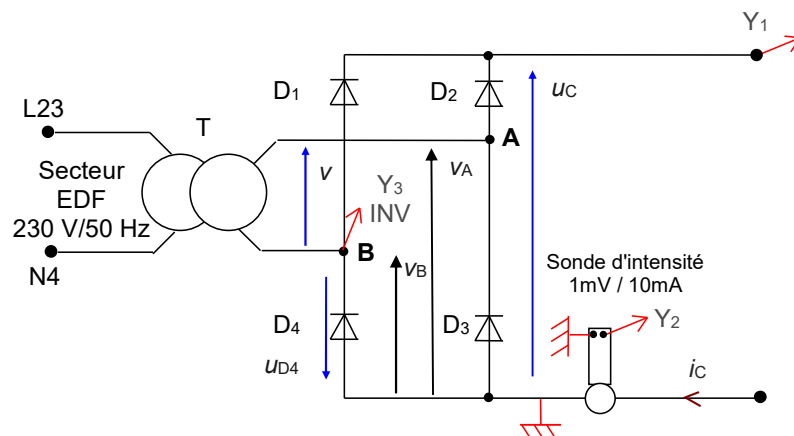
2023	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
23-CSE3SPC-1 (id23B)	U32 - Sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	2/14

PARTIE I. - Module d'alimentation de l'interface homme machine (IHM)



Document 2 : schéma de l'alimentation électrique du module IHM

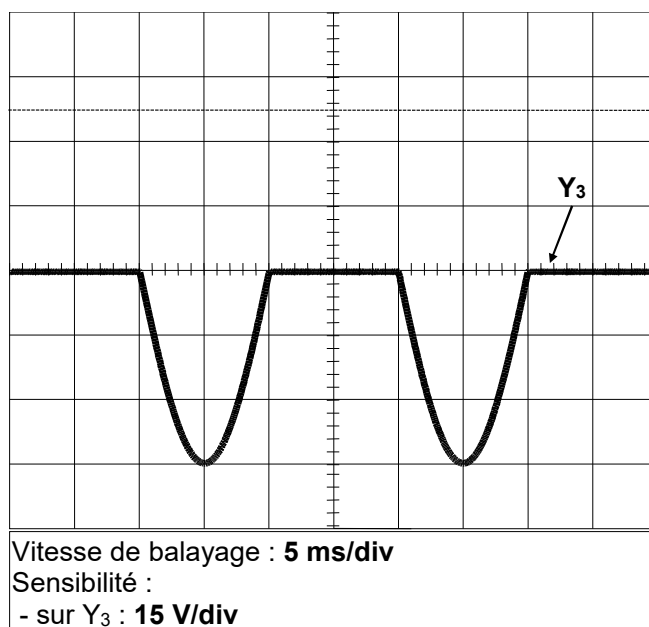
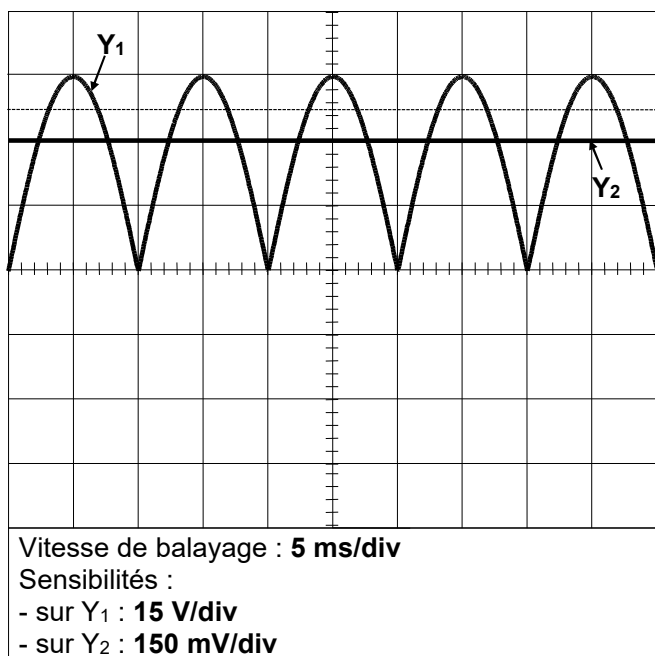
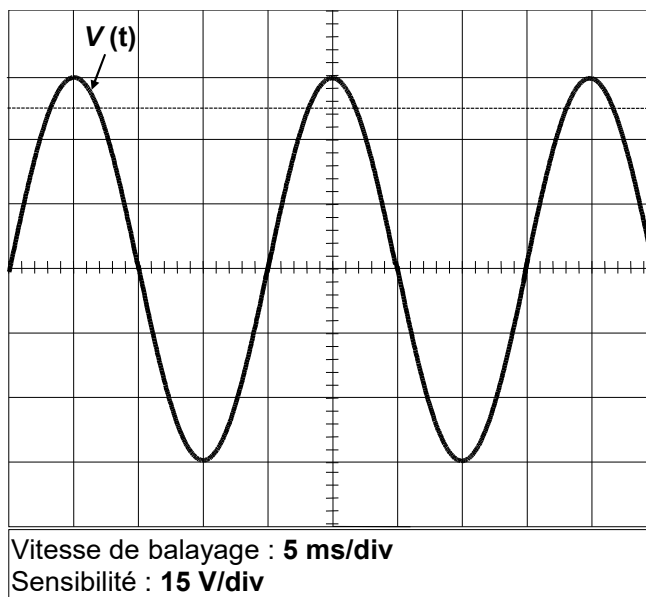
Un module d'alimentation PM1207 (document 2) est utilisé pour l'alimentation électrique de l'IHM. Il s'agit d'une alimentation stabilisée, alimentée par une tension alternative de valeur efficace $U = 230\text{ V}$ et fournissant une tension quasi-continue et constante de 24 V pour un courant nominal de sortie de $2,5\text{ A}$ (L+ ; M).



Document 3 : premier étage du module d'alimentation
(les diodes sont considérées comme parfaites)

2023	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
23-CSE3SPC-1 (id23B)	U32 - Sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	3/14

Un oscilloscope double-voies a permis, après deux connexions différentes, d'obtenir les trois oscillogrammes ci-dessous.



1.1 Associer chaque signal Y₁, Y₂, et Y₃ aux grandeurs électriques identifiées sur le document 3.

1.2 Caractériser la tension $v(t)$ obtenue au secondaire du transformateur (document 3) en indiquant sa fréquence, sa valeur maximale, sa valeur moyenne et sa valeur efficace.

1.3 Décrire la conversion réalisée par le transformateur puis préciser son caractère abaisseur ou élévateur de tension. Justifier votre réponse.

1.4 Déterminer la valeur de la fréquence f en Hz de la tension $u_C(t)$.

1.5 On donne $v(t) = v_A(t) - v_B(t)$.

1.5.1 Dans l'intervalle de temps $0 < t < \frac{T}{2}$, ($v(t) > 0$) indiquer la (les) diode(s) passante(s) et bloquée(s).

2023	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
23-CSE3SPC-1 (id23B)	U32 - Sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	4/14

1.5.2 Réaliser pour cet intervalle de temps le schéma du montage équivalent en remplaçant les diodes par des interrupteurs ouverts ou fermés.

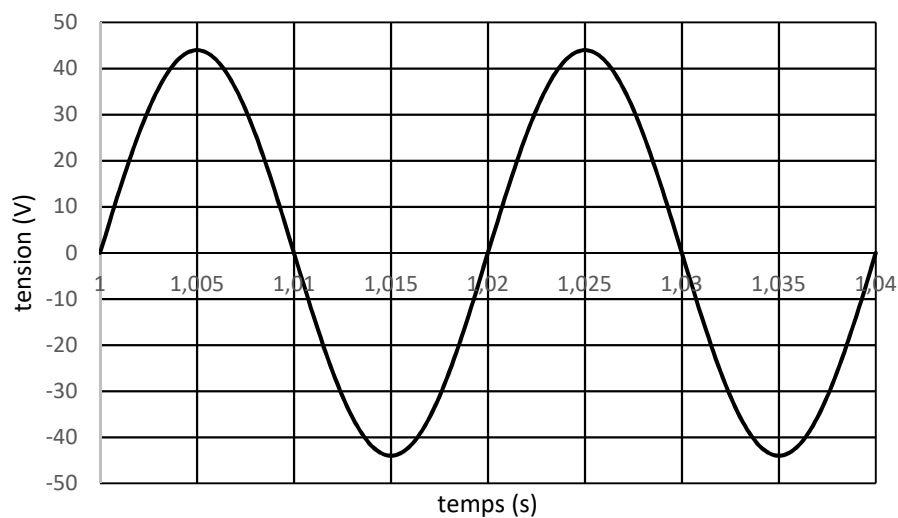
1.5.3 En exploitant la loi des mailles, exprimer la tension de sortie du pont redresseur $u_c(t)$ en fonction de la tension de sortie du transformateur $v(t)$ pour chacun des intervalles de temps :

- $0 < t < \frac{T}{2}$ où $v(t) > 0$;
- $\frac{T}{2} < t < T$ où $v(t) < 0$.

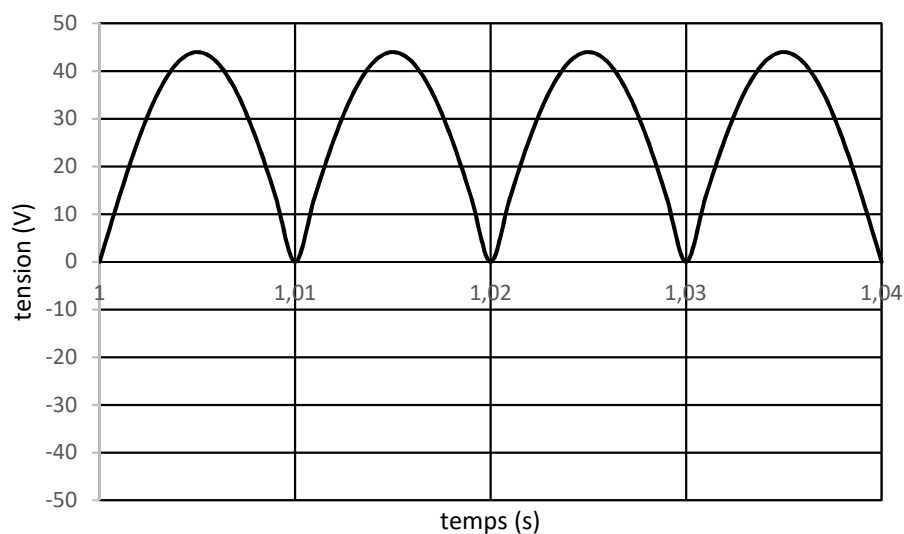
1.6 Décrire la conversion réalisée par l'ensemble des quatre diodes.

1.7 Associer chacune des deux tensions instantanées A et B à son spectre d'amplitude a, b, c ou d (voir ci-après). Justifier vos associations.

Tension instantanée A



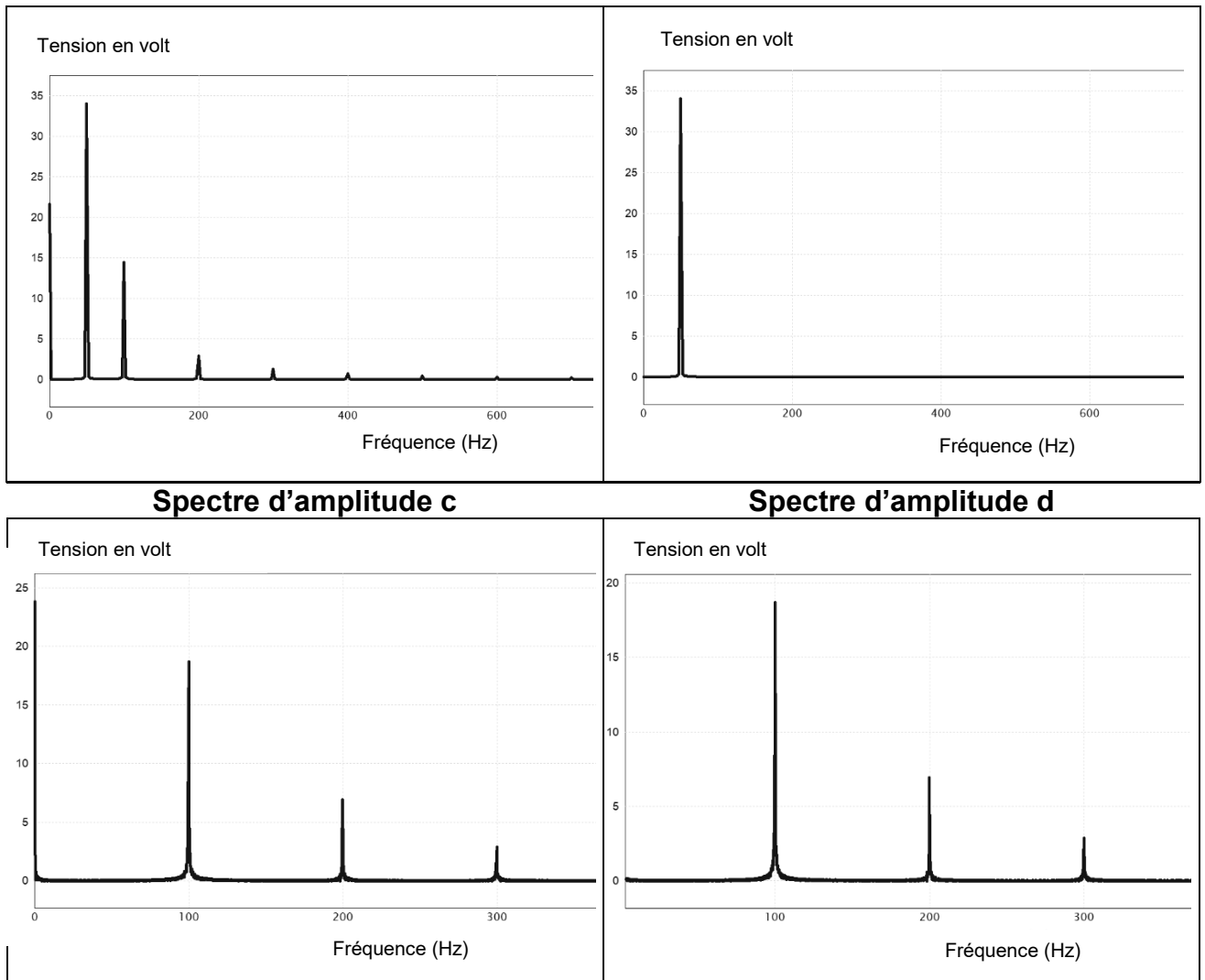
Tension instantanée B



Spectre d'amplitude a

Spectre d'amplitude b

2023	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
23-CSE3SPC-1 (id23B)	U32 - Sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	5/14



1.8 Compléter le schéma du document-réponse à rendre avec la copie, en ajoutant en aval des diodes le (ou les) composant(s) nécessaires à l'obtention d'une tension « de 24 V quasi continue » en sortie du premier étage du module d'alimentation.

PARTIE II. Phase de nettoyage / remplissage des fûts vides

2.1 Chauffage de la solution nettoyante

La cuve contenant la solution nettoyante est un cylindre métallique de hauteur $H = 603$ mm et de diamètre $d = 500$ mm.

2.1.1 Montrer que le volume V_{cuve} de la cuve vaut 118 L.

Une sonde Pt100 de classe B a été choisie comme capteur de température de la solution détergente contenue dans la cuve. Le document 4 présente ce type de capteur.

2023	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
23-CSE3SPC-1 (id23B)	U32 - Sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	6/14

Document 4 : que sont les sondes de température Pt100 ?

Un capteur Pt100 est un type de capteur de température aussi appelé RTD (détecteur de température à résistance) qui est fabriqué à partir de platine. Le capteur Pt100 a une résistance de $100\ \Omega$ à $0\ ^\circ\text{C}$, et il est de loin le capteur de température le plus utilisé. Le capteur Pt500 a une résistance de $500\ \Omega$ à $0\ ^\circ\text{C}$, et le capteur Pt1000 a une résistance de $1000\ \Omega$ à $0\ ^\circ\text{C}$.

Comparativement aux thermocouples, ils présentent les avantages suivants :

- grande plage de températures de $-200\ ^\circ\text{C}$ à $850\ ^\circ\text{C}$;
- courbe caractéristique quasi linéaire ;
- précision élevée ;
- bonne interchangeabilité.

2.1.2 Rappeler les significations de Pt et 100 de la sonde Pt100.

2.1.3 Préciser les grandeurs d'entrée et de sortie de la Pt100.

2.1.4 Justifier que la sonde Pt100 est un capteur passif et analogique.

2.1.5 Le capteur Pt100 de classe B choisi affiche une valeur de température $\theta = 100\ ^\circ\text{C}$.

À l'aide du document 5 ci-dessous, déterminer la valeur de la tolérance $\Delta\theta$ sur la mesure de la température.

On souhaite linéariser la relation entre la température T (en $^\circ\text{C}$) et la valeur de la résistance R (en Ω) pour T variant entre 0 et $300\ ^\circ\text{C}$. On recherche donc à établir l'équation $R = a \cdot T + b$.

Document 5 : valeurs des tolérances d'une sonde Pt100

Température en $^\circ\text{C}$	Tolérance IEC751 :1983 (NF C 42-330, DIN 43 760, BS 1904)			
	Classe A		Classe B	
	$\pm\ ^\circ\text{C}$	$\pm\ \Omega$	$\pm\ ^\circ\text{C}$	$\pm\ \Omega$
-200	0,55	0,24	1,3	0,56
-100	0,35	0,14	0,8	0,32
0	0,15	0,06	0,3	0,12
100	0,35	0,13	0,8	0,30
200	0,55	0,20	1,3	0,48
300	0,75	0,27	1,8	0,64
400	0,95	0,33	2,3	0,79
500	1,15	0,38	2,8	0,93

Document 6 : relation entre résistance et température pour l'élément sensible d'une Pt100

Température T en $^\circ\text{C}$	Résistance R en Ω
0	100,00
50	119,40
100	138,51
150	157,33
200	175,86
250	194,10
300	212,05

2.1.6 En utilisant le document 6, déterminer les coefficients a et b de la droite passant par les points M ($0\ ^\circ\text{C}$) et N ($300\ ^\circ\text{C}$). Préciser leurs unités de mesure.

2.1.7 Donner la signification du coefficient a .

On souhaite élever la température de la solution détergente contenue dans la cuve, de $\theta_1 = 10\ ^\circ\text{C}$ à $\theta_2 = 90\ ^\circ\text{C}$.

2023	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
23-CSE3SPC-1 (id23B)	U32 - Sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	7/14

On rappelle que la cuve a un volume $V_{\text{cuve}} = 118 \text{ L}$.

On fera l'hypothèse que les échanges thermiques entre la solution contenue dans la cuve et l'extérieur sont négligeables et on considèrera que le détergent est assimilable à de l'eau dont la capacité thermique massique vaut $c = 4\,180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

La masse volumique de l'eau vaut $\rho = 1\,000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

2.1.8 Calculer la quantité d'énergie Q à fournir à la solution détergente.

2.1.9 Sachant que la puissance totale fournie par les trois résistances chauffantes du thermoplongeur (cf. document 7) vaut $P = 4\,000 \text{ W}$, calculer la durée Δt nécessaire pour atteindre la température finale θ_2 . Exprimer cette valeur en heure.

Caractéristiques électriques : 4 000 W - 3 × 230/400 V (350 mm)	
--	--

Document 7 : thermoplongeur triphasé

2.2 Solution de lavage à base de soude

Pour les essais et la mise au point de la nettoyeuse, les étudiants ne disposaient pas de solution de nettoyage du commerce.

N'ayant trouvé que des pastilles de soude, l'un des étudiants les a dissoutes dans un volume $V_1 = 1 \text{ L}$ d'eau. Cette solution est notée S_1 . Son pH initial vaut 12.

Il dilue ensuite la solution obtenue en rajoutant de l'eau distillée.

À chaque ajout d'eau, il mesure la valeur du pH de la solution.

2.2.1 Rappeler les précautions que l'étudiant a dû prendre pour réaliser la dissolution.

2.2.2 Choisir parmi ceux présentés ci-dessous le pictogramme que l'étudiant devra afficher sur le bidon contenant la solution nettoyante qu'il aura préparée.

Préciser sa signification.

						
a	b	c	d	e	f	g

2.2.3 Préciser la nature acide, basique ou neutre de la solution S_1 .

2.2.4 Citer deux techniques différentes de détermination de la valeur du pH d'une solution.

2.2.5 Décrire l'évolution de la valeur du pH de la solution au cours de sa dilution.

2023	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
23-CSE3SPC-1 (id23B)	U32 - Sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	8/14

2.2.6 Indiquer la valeur limite vers laquelle tend *a priori* le *pH* de la solution lorsqu'on rajoute une très grande quantité d'eau.

PARTIE III. Sécurité

Document 8 : Bruit au travail / conception et aménagement des locaux

En matière de prévention des risques professionnels liés au bruit, le Code du travail définit des obligations concernant la conception ou l'aménagement des locaux.

Réduire la réverbération et la propagation du bruit

Les locaux dans lesquels doivent être installés des équipements de travail susceptibles d'exposer les travailleurs à un niveau d'exposition sonore quotidienne supérieur à 85 dB(A) doivent être conçus, construits ou aménagés, compte-tenu des techniques, de façon à :

- réduire la réverbération du bruit sur les parois de ces locaux lorsque cette réverbération occasionne une augmentation notable du niveau d'exposition des travailleurs. La réglementation fixe des valeurs minimales à respecter selon la surface et l'encombrement des locaux ;
- limiter la propagation du bruit vers les autres locaux occupés par des travailleurs.

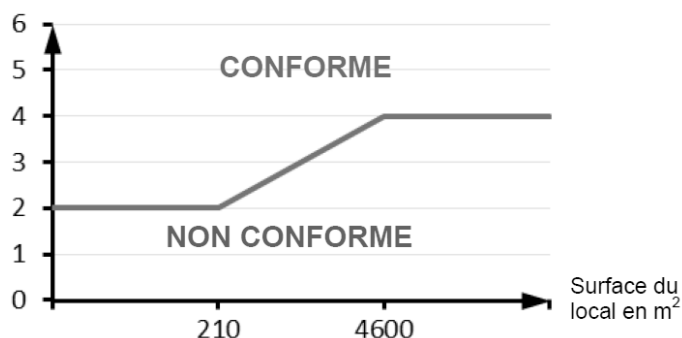
Réverbération du bruit : des valeurs minimales à respecter

Dans les grands locaux industriels, la réverbération est caractérisée par un paramètre :

- la décroissance du niveau sonore par doublement de distance, notée DL : il s'agit de la baisse du niveau sonore mesurée en dB(A), observée lorsque l'on double la distance entre le point de mesure et la source de bruit.

Afin de réduire la réverbération, la réglementation prévoit des valeurs de DL minimales à respecter selon la surface et l'encombrement des locaux.

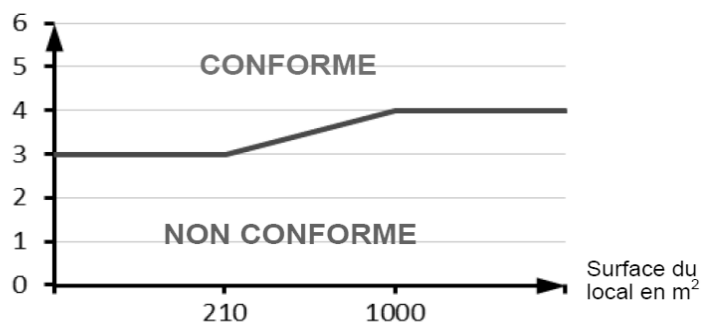
DL en dB(A)



Local vide

Exemple : dans un local vide d'une surface de 210 m², la DL doit être supérieure à 2 dB(A).

DL en dB(A)



Local encombré

Exemple : dans un local encombré d'une surface de 1 000 m² la DL doit être supérieure à 4 dB(A).

Les bons réflexes

- intégrer le traitement acoustique des locaux dès la conception ;
- choisir les matériaux appropriés à l'activité ;

2023	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
23-CSE3SPC-1 (id23B)	U32 - Sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	9/14

- appliquer des matériaux acoustiques absorbants sur une surface suffisante ;
- en mesure complémentaire au traitement acoustique, mettre en place des écrans et des cloisons pour isoler les locaux et les postes de travail bruyants.

Source : Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS)

3.1 Protection contre le bruit

3.1.1 Donner le nom de l'instrument de mesure du niveau d'intensité sonore.

3.1.2 L'atelier où sont installés la laveuse et les multiples autres postes de travail a une surface de $1\,600\text{ m}^2$.

En vous aidant du document 8, donner la valeur minimale du paramètre DL (décroissance du niveau sonore par doublement de la distance).

3.1.3 Lorsque la laveuse fonctionne, l'opérateur est soumis à un niveau d'intensité sonore de 85 dB à 1 m de la machine. En déduire, pour une valeur de DL égale à 4 dB, la distance à laquelle le niveau sonore serait inférieur à 77 dB dans le cas où le reste de l'atelier serait silencieux.

3.1.4 L'intensité sonore est l'une des caractéristiques d'une exposition au bruit qui engendre un risque pour la santé.

Citer un autre paramètre à prendre en compte dans la prévention des risques liés au bruit.

3.2 Risque musculo-traumatique

On donne la valeur de l'intensité de la pesanteur : $g = 9,81\text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

L'opérateur est contraint de mettre en place manuellement les fûts vides sur la machine quarante fois de suite avant remplacement du liquide de lavage. Chaque fût a une masse $m = 15\text{ kg}$.

On considèrera que le mouvement se fait verticalement sur une hauteur $h = 50\text{ cm}$.

Montrer que l'énergie fournie par l'opérateur pour la mise en place de 40 fûts est de l'ordre à 3 000 J.

Les hypothèses et le raisonnement devront être explicités.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

3.3 Choix du dispositif de protection magnétothermique principal

Le document 9 de la page suivante donne le schéma électrique d'alimentation du thermoplongeur et du variateur associé à la pompe.

Le thermoplongeur triphasé est constitué de trois résistances chauffantes identiques de valeur R_1 .

3.3.1 Nommer le couplage adopté pour les trois résistances chauffantes du thermoplongeur.

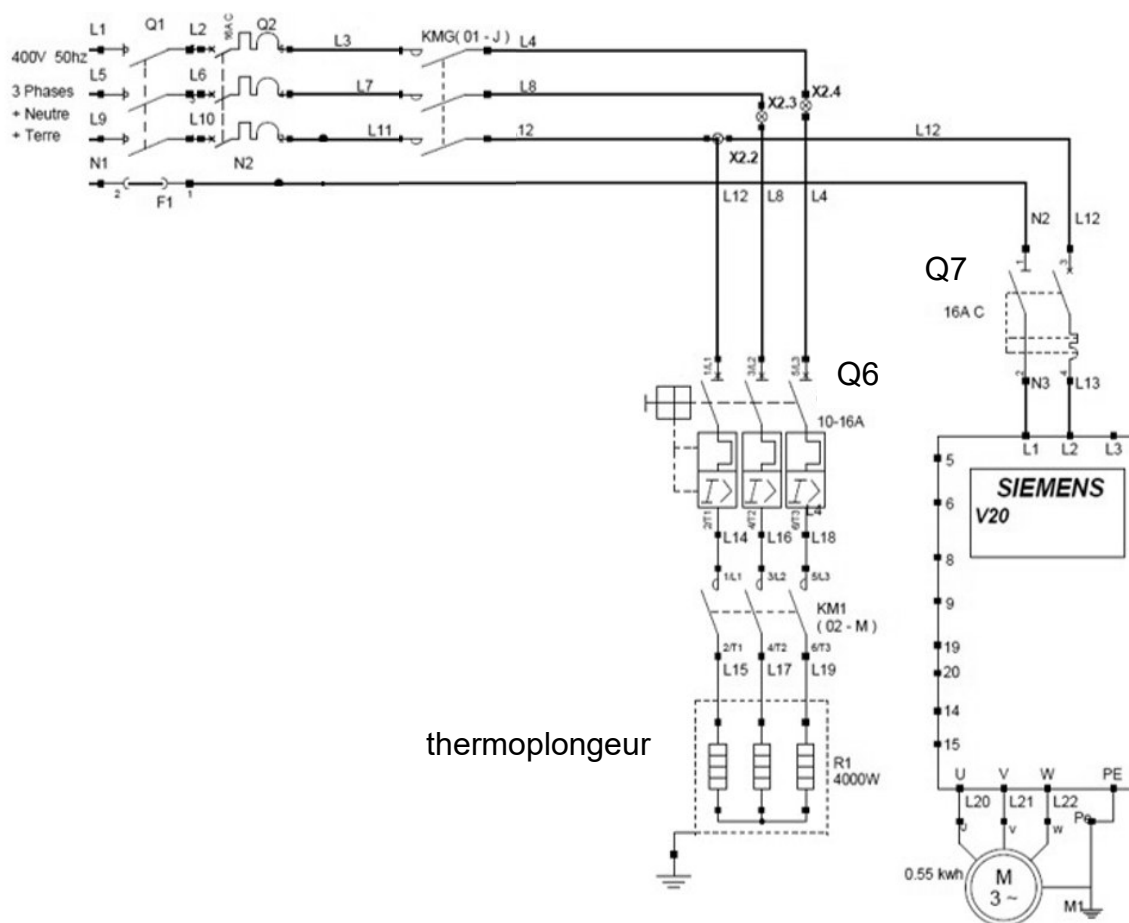
2023	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
23-CSE3SPC-1 (id23B)	U32 - Sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	10/14

3.3.2 Donner la valeur de la tension efficace U_{R_1} appliquée aux bornes d'une seule résistance chauffante.

3.3.3 Calculer la valeur de l'intensité efficace I_{R_1} du courant circulant dans une seule résistance chauffante.

3.3.4 En détaillant les hypothèses et le raisonnement :

- démontrer que le relais thermique Q6 (10-16 A) ne convient pas à la protection du thermoplongeur ;
- démontrer que l'interrupteur magnétothermique Q7 (16 A) ne convient pas à la protection de l'alimentation de la pompe de lavage (Variateur V20 + moteur M).



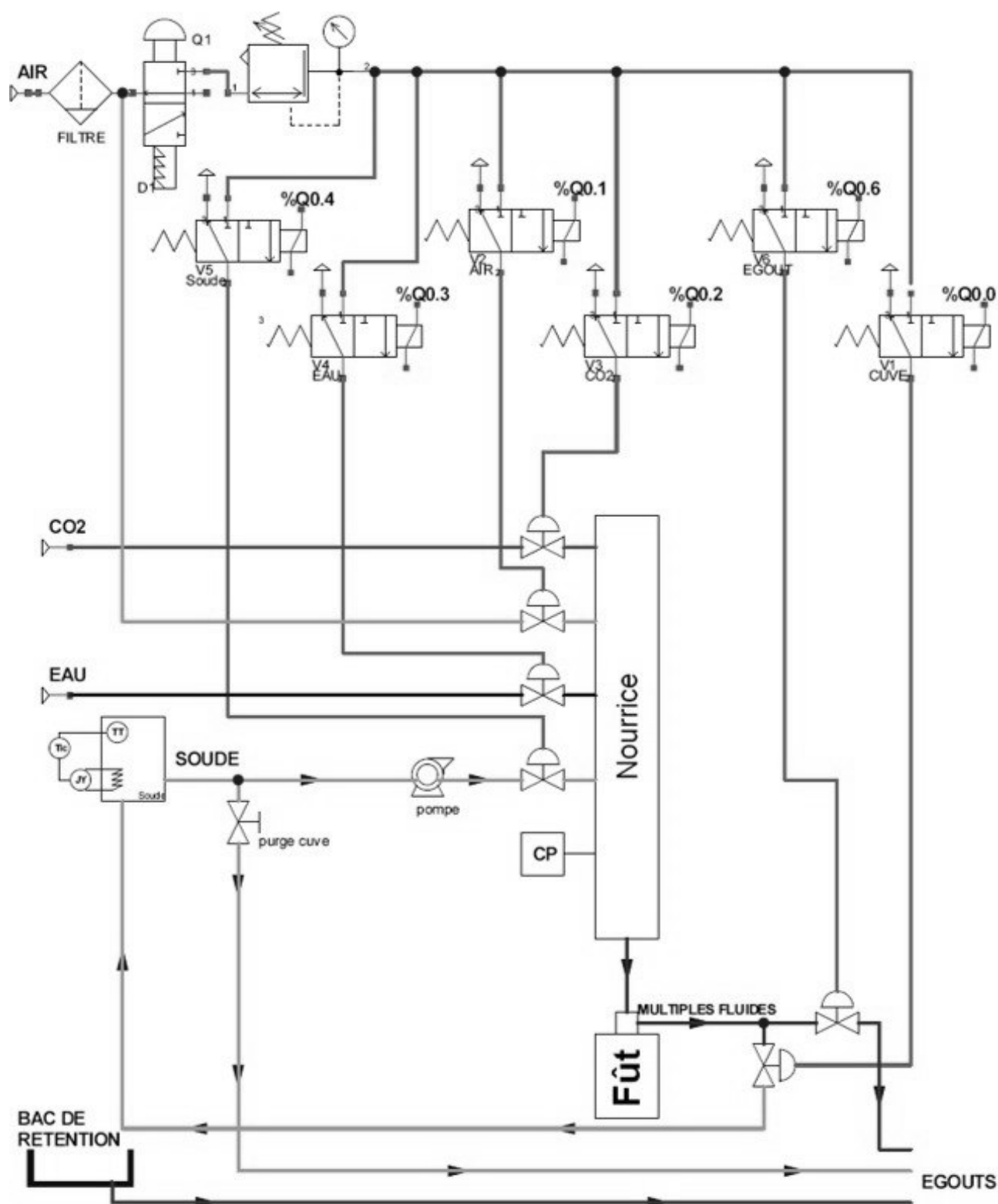
Document 9 : schéma électrique de puissance

Données :

- les puissances nominales absorbées sont de 0,75 kW pour le moteur M triphasé (pompe) et d'environ 50 W pour le variateur SIEMENS V20. Le facteur de puissance de l'ensemble {moteur + variateur} vaut $\cos \phi = 0,87$;
- le thermoplongeur (document 7) absorbe une puissance $P_{abs} = 4\,000\text{ W}$;
- l'alimentation principale se fait via un réseau triphasé 230 V / 400 V.

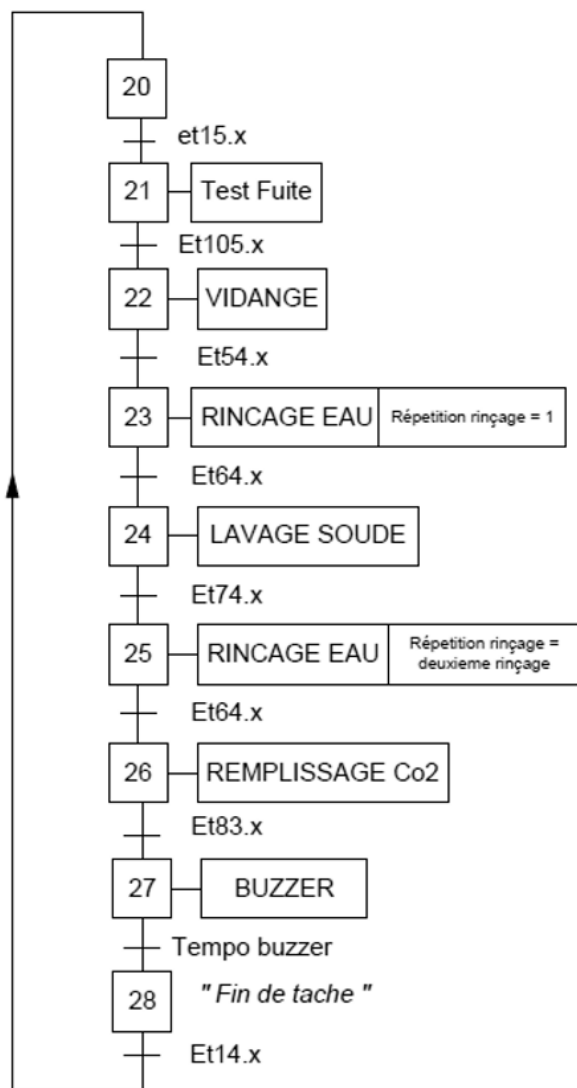
2023	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
23-CSE3SPC-1 (id23B)	U32 - Sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	11/14

ANNEXE 1 : SCHÉMA HYDROPNEUMATIQUE DE LA LAVEUSE



2023	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
23-CSE3SPC-1 (id23B)	U32 - Sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	12/14

ANNEXE 2 : GRAFCET DU CYCLE DE NETTOYAGE

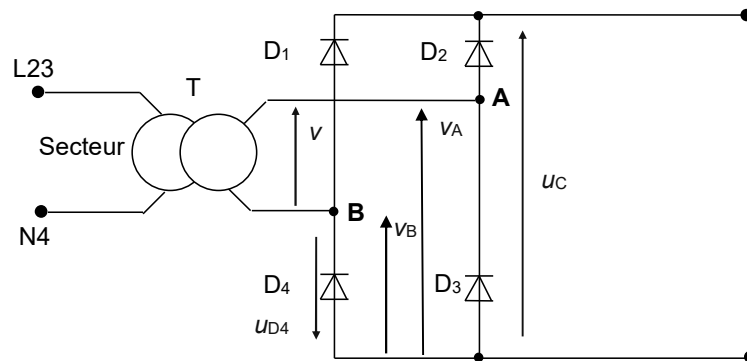


2023	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
23-CSE3SPC-1 (id23B)	U32 - Sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	13/14

DOCUMENT-RÉPONSE 1

(à rendre avec la copie)

Compléter le schéma du document-réponse 1, en ajoutant en aval des diodes le (ou les) composant(s) nécessaires à l'obtention d'une tension « de 24 V quasi continue » en sortie du premier étage du module d'alimentation.



2023	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
23-CSE3SPC-1 (id23B)	U32 - Sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	14/14

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

(en majuscules)

PRENOM :

RENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)