

BTS

CONCEPTION ET RÉALISATION DE SYSTÈMES AUTOMATIQUES

**U32 – SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES
APPLIQUÉES**

2022

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.

**Documents à rendre avec la copie :
Pages 11, 12, 13 et 14**

2022	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
22-CSE3SPC-1 Id 22AG1	U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	1/14

LIGNE DE PRODUCTION DE FRITES SURGELÉES

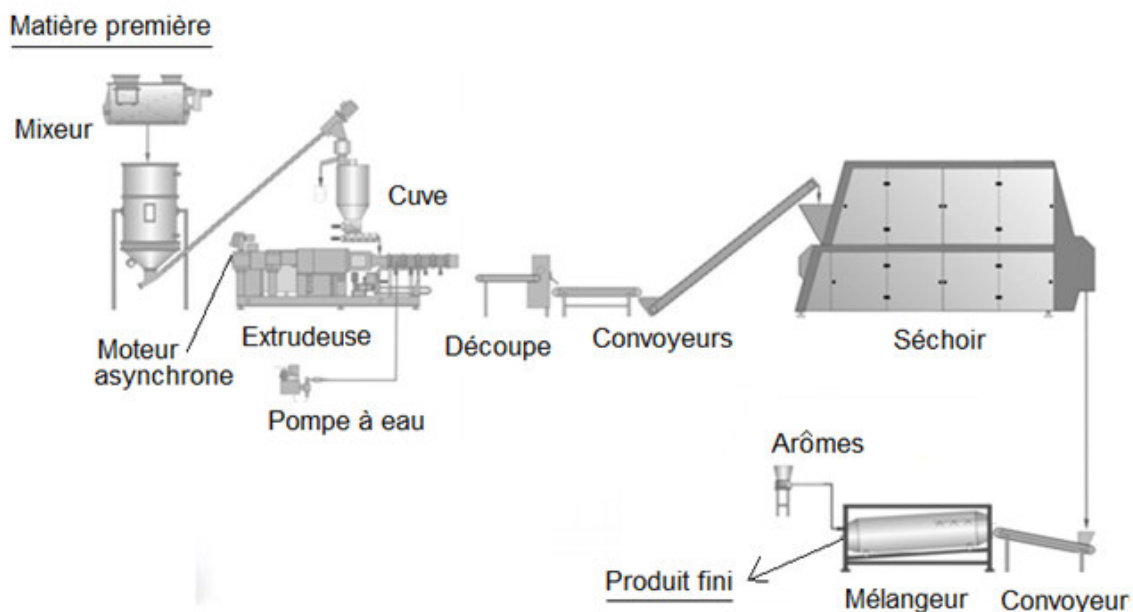


Fig.1 : principaux éléments d'une ligne de production de frites surgelées

La fabrication de frites représente environ quinze pourcents des lignes de production dans l'industrie des aliments surgelés.

Ce sujet étudie le principe de fonctionnement de différents éléments d'une ligne de production telle que celle représentée ci-dessus (fig.1).

La matière première (farine de pomme de terre + farine de blé + eau + additifs) est mélangée puis transportée à l'aide d'un convoyeur vers une cuve.

La pâte est ensuite étirée dans une extrudeuse pour lui donner la forme d'une longue frite avant de la cuire.

L'entraînement de la pâte vers la sortie de la cuve se fait par l'action d'une vis sans fin placée à l'intérieur d'un fourreau.

Les frites sont ensuite coupées puis convoyées vers un séchoir. Pour finir, elles sont assaisonnées avec diverses épices et du sel avant d'être surgelées puis emballées.



Fig.2 : sortie de l'extrudeuse

Le sujet comporte trois parties.

Partie 1 : étude du moteur asynchrone qui entraîne la vis de l'extrudeuse.

Partie 2 : variateur de vitesse associé au moteur de l'extrudeuse.

Partie 3 : séchage des frites.

2022	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
22-CSE3SPC-1 Id 22AG1	U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	2/14

Partie 1. Étude du moteur asynchrone de l'extrudeuse

La vis sans fin de l'extrudeuse est entraînée par un moteur asynchrone de vitesse de rotation réglable.

1.1 Caractéristiques générales du moteur asynchrone

Dans le cadre de cette étude, nous nous intéressons à un moteur asynchrone alimenté sur le réseau triphasé équilibré 127 V / 230 V - 50 Hz.

La plaque signalétique du moteur fournit les informations suivantes :

230 V / 400 V	50 Hz	980 tr·min ⁻¹	3 000 W
facteur de puissance : $k = \cos \varphi = 0,82$			

Le moteur possède trois paires de pôles.

1.1.1 Déterminer le couplage du stator du moteur sur le réseau. La réponse doit être justifiée.

1.1.2 Dessiner le câblage du stator **sur le document-réponse n° 1**.

1.1.3 Calculer la vitesse de synchronisme n_s du moteur.

1.2 Moteur asynchrone en fonctionnement nominal

1.2.1 On définit le glissement g du moteur asynchrone comme le rapport entre sa vitesse de rotation n et la vitesse du synchronisme n_s créé par le réseau triphasé.

Exprimé en pourcentage, il se calcule par la relation :

$$g = \frac{n_s - n}{n_s} \times 100$$

Calculer la valeur numérique du glissement g de ce moteur, exprimé en pourcentage.

1.2.2 Le moteur est un convertisseur qui peut être modélisé par la chaîne énergétique représentée **sur le document-réponse n° 2**.

Indiquer sur ce document-réponse la nature des puissances mises en jeu.

1.2.3 Définir puis calculer le rendement η du moteur s'il absorbe la puissance $P_A = 3\,560$ W.

1.2.4 Montrer que la valeur efficace de l'intensité du courant en ligne I vaut $I = 10,9$ A.

1.2.5 Calculer la valeur efficace de l'intensité du courant J traversant un enroulement du moteur.

2022	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
22-CSE3SPC-1 Id 22AG1	U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	3/14

Partie 2. Étude du variateur de vitesse associé au moteur de l'extrudeuse

Le moteur asynchrone est équipé d'un variateur de vitesse qui délivre un réseau triphasé de tensions de fréquence f réglable. Durant le réglage, le rapport tension-fréquence $\frac{U}{f}$ est constant.

2.1 Réglage de la vitesse de transport de la pâte en sortie de l'extrudeuse

2.1.1 On rappelle que la partie utile de la caractéristique mécanique du moteur $T_U(n)$ est assimilable à un segment de droite passant par les points de fonctionnement suivants :

- à vide, le moteur tourne à la vitesse de synchronisme $n_s = 1\,000 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$;
- en charge nominale : $T_U = 20 \text{ N} \cdot \text{m}$ et $n = 980 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$.

Sur le document-réponse n° 3, tracer la partie utile de la caractéristique mécanique $T_U(n)$ du moteur à la fréquence $f = 50 \text{ Hz}$.

2.1.2 Le moment du couple résistant exercé par la charge est indépendant de la fréquence de rotation et vaut $T_R = 15 \text{ N} \cdot \text{m}$.

Sur le document-réponse n° 3, tracer la caractéristique mécanique $T_R(n)$ de la charge.

2.1.3 La vitesse v de la pâte en sortie de l'extrudeuse est fonction de la fréquence de rotation n du moteur selon la relation $v = 8 \times 10^{-3} \times n$ avec v en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ et n en $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$.

Sur le document-réponse n° 3, placer le point de fonctionnement de l'ensemble « moteur-charge ».

Vérifier graphiquement que la vitesse de rotation du moteur vaut environ $n = 985 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$, puis calculer la vitesse v de la pâte en sortie de l'extrudeuse.

2.1.4 Lors du fonctionnement à $\frac{U}{f}$ constant, la partie utile des caractéristiques $T_U(n)$ pour différentes valeurs de vitesse de rotation du moteur sont des droites parallèles entre elles.

Le rapport $\frac{U}{f}$ est fixé tel que, pour une tension efficace $U = 230 \text{ V}$, on ait une fréquence $f = 50 \text{ Hz}$.

Le moteur possède trois paires de pôles : $p = 3$.

Le moment du couple résistant est supposé constant et vaut $T_R = 15 \text{ N} \cdot \text{m}$.

On souhaite ajuster le variateur de vitesse de manière à obtenir une vitesse de la pâte en sortie de l'extrudeuse $v' = 3,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

À l'aide des caractéristiques de ce moteur asynchrone, déterminer le couple de valeurs U' et f' qui permettent d'obtenir la vitesse v' souhaitée.

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.

2022	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
22-CSE3SPC-1 Id 22AG1	U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	4/14

2.2 Principe de fonctionnement du variateur de vitesse

Le schéma de principe du variateur de vitesse est donné sur la figure ci-dessous (fig.3). On rappelle qu'il a pour fonction de faire varier la tension et la fréquence de la tension d'alimentation du moteur afin de faire varier la vitesse de la pâte en sortie de l'extrudeuse.

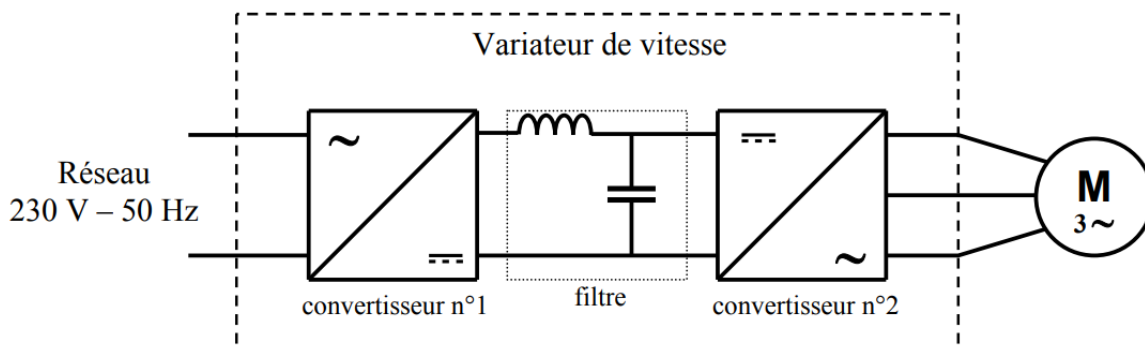


Fig.3 : variateur de vitesse

2.2.1 Le convertisseur n° 1 est un pont de Graetz dont le schéma structurel est donné ci-dessous (fig.4).

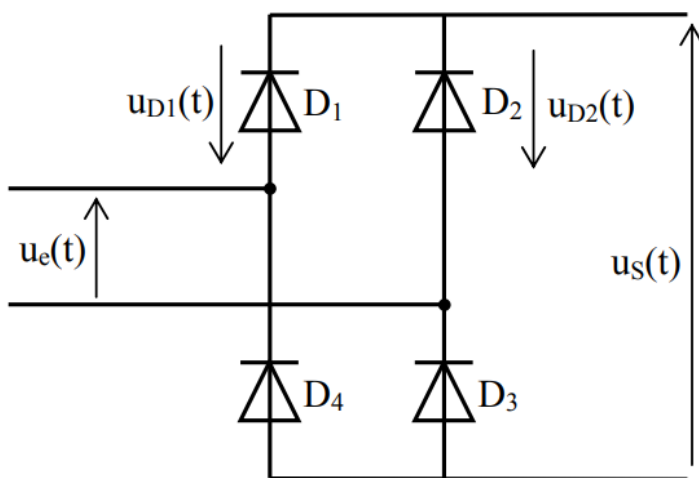


Fig.4 : schéma structurel du premier convertisseur (pont de Graetz)

Les diodes sont supposées parfaites : lorsqu'elles sont passantes, la tension entre leurs bornes est nulle.

Le convertisseur fonctionne en conduction continue grâce à un filtre placé à sa sortie.

Préciser la conversion réalisée par le convertisseur n° 1.

2.2.2 On a tracé **sur le document-réponse n° 4**, le chronogramme de la tension d'entrée u_e . Déterminer par lecture graphique sa valeur maximale $U_{\max}$.

2022	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
22-CSE3SPC-1 Id 22AG1	U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	5/14

2.2.3 Tracer le chronogramme de la tension u_s **sur le document-réponse n° 4.**

2.2.4 Le convertisseur n° 2 est un onduleur monophasé à commande symétrique, alimenté par une source de tension continue $E = 200 \text{ V}$ (fig.5).

La charge RL modélise un enroulement du moteur asynchrone.

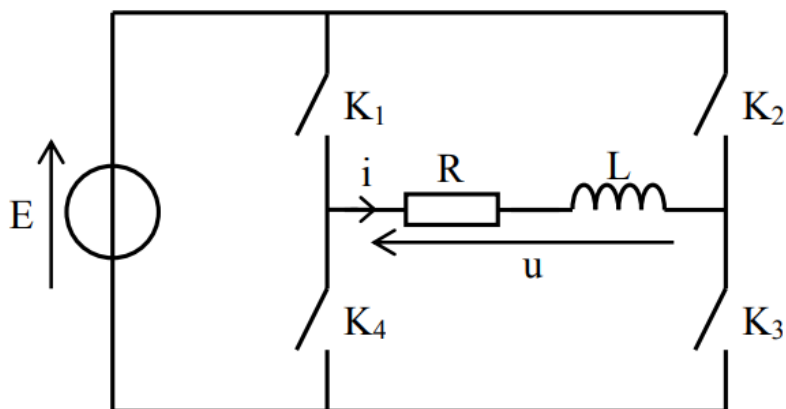


Fig.5 : schéma structurel du second convertisseur (onduleur)

Les interrupteurs électroniques K_1, K_2, K_3 et K_4 sont commandés périodiquement :

- sur l'intervalle $[0 ; T/2]$, K_1 et K_3 sont fermés, K_2 et K_4 ouverts ;
- sur l'intervalle $[T/2 ; T]$, K_2 et K_4 sont fermés, K_1 et K_3 ouverts.

Tracer le chronogramme de la tension u aux bornes de la charge RL **sur le document-réponse n° 5.** Le raisonnement doit être explicité sur la copie.

2022	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
22-CSE3SPC-1 Id 22AG1	U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	6/14

Partie 3. Étude du séchage des frites

Le séchoir contient cinq étages de plateaux sur lesquels sont disposées les frites. Le séchage des frites se fait grâce à une circulation d'air dont le débit est contrôlé.

3.1 Contrôle du débit d'air dans le séchoir

Pour contrôler le débit d'air dans le séchoir, on utilise un capteur du débit d'air D dont la caractéristique de transfert est représentée ci-dessous (fig.6). On précise que V_F représente la tension de sortie du capteur.

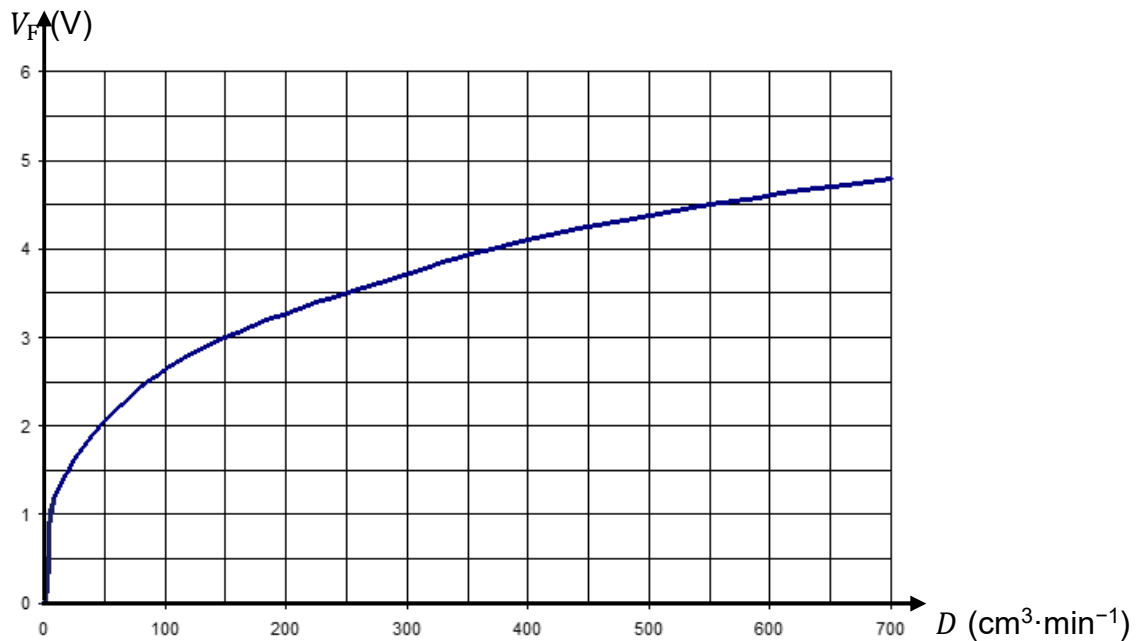


Fig.6 : caractéristique de transfert du capteur de débit d'air

Le fonctionnement normal du séchoir nécessite un débit d'air compris entre $D_{\min} = 150 \text{ cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ et $D_{\max} = 550 \text{ cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$.

Des diodes électroluminescentes indiquent si le débit d'air est en dehors de cet intervalle.

3.1.1 Indiquer quelles sont les grandeurs d'entrée et de sortie du capteur. Préciser leurs unités de mesure respectives.

3.1.2 Déterminer à partir de l'analyse de la caractéristique de transfert du capteur, les tensions de sortie $V_{F\min}$ et $V_{F\max}$ du capteur correspondant aux débits d'air $D_{\min}$ et $D_{\max}$.

3.1.3 Pour détecter une anomalie du débit d'air dans le séchoir, on utilise le montage ci-dessous (fig.7) où les diodes électroluminescentes (DEL) D_1 , D_2 , D'_1 et D'_2 peuvent être allumées deux à deux : D_1 ou D'_1 et D_2 ou D'_2 .

2022	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
22-CSE3SPC-1 Id 22AG1	U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	7/14

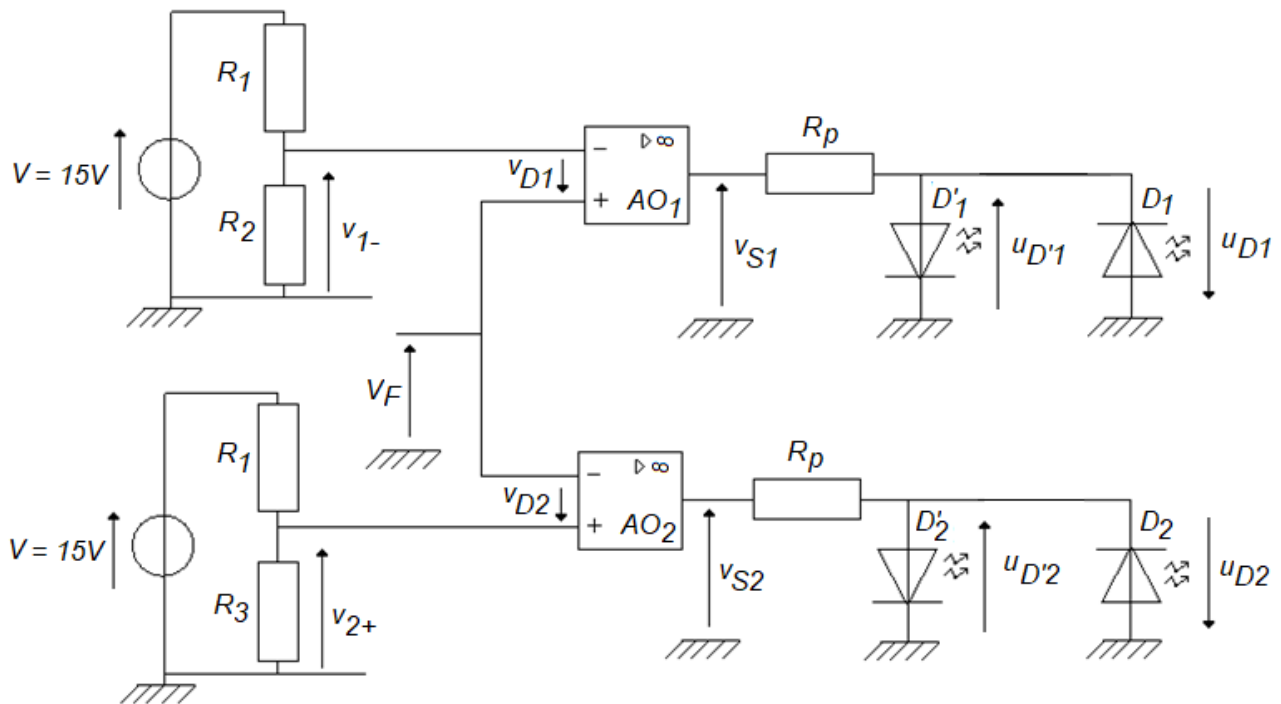


Fig.7 : montage de détection d'anomalies dans le débit d'air du séchoir

Données :

- les amplificateurs opérationnels (AO₁ et AO₂) sont supposés parfaits
- les tensions d'entrée des amplificateurs opérationnels sont telles que :

$$V_{D1} = V_F - V_{1-}$$

$$V_{D2} = V_{2+} - V_F$$

- les tensions de sortie des amplificateurs opérationnels sont telles que :

$$V_{S1} = +V_{\text{sat}} = +15 \text{ V si } V_{D1} > 0 \text{ V}$$

$$V_{S1} = -V_{\text{sat}} = -15 \text{ V si } V_{D1} < 0 \text{ V}$$

$$V_{S2} = +V_{\text{sat}} = +15 \text{ V si } V_{D2} > 0 \text{ V}$$

$$V_{S2} = -V_{\text{sat}} = -15 \text{ V si } V_{D2} < 0 \text{ V}$$

- $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 4,29 \text{ k}\Omega$, et $R_3 = 2,5 \text{ k}\Omega$

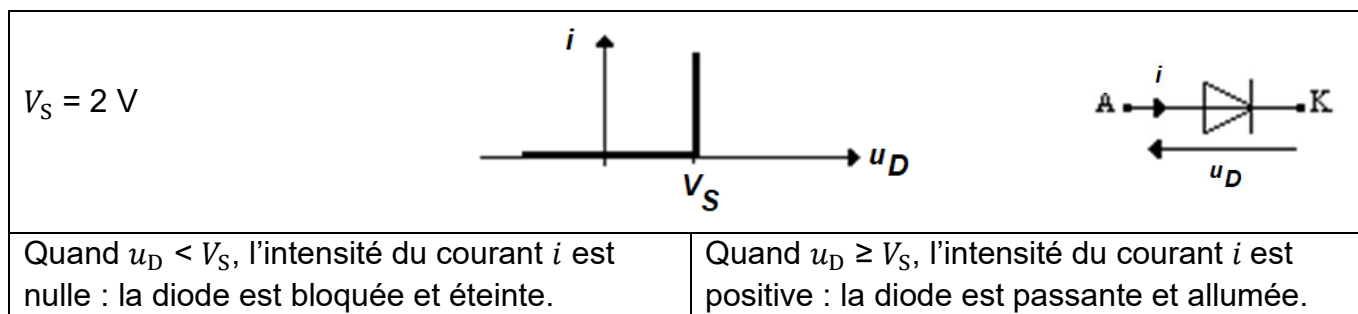
- les tensions V_{1-} et V_{2+} sont données par les relations :

$$V_{1-} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V \text{ et } V_{2+} = \frac{R_3}{R_1 + R_3} \times V$$

- les résistances R_p sont des résistances de protection des DEL
- les tensions de seuil des DEL valent : $V_S = 2 \text{ V}$

2022	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
22-CSE3SPC-1 Id 22AG1	U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	8/14

- la caractéristique de transfert d'une DEL avec la convention récepteur est donnée ci-dessous :



Calculer les valeurs des tensions V_{1-} et V_{2+} .

3.1.4 Pour chacune des valeurs des tensions V_{1-} et V_{2+} , indiquer à quelle valeur du débit d'air mesuré par le capteur elle correspond.

3.1.5 À partir des données relatives au montage de détection des anomalies du débit d'air (fig.7) et en vous appuyant sur son analyse, identifier les DEL qui seront allumées si le débit d'air dans le séchoir vaut $D = 250 \text{ cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$.

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.

3.2 Lutte contre la corrosion dans le séchoir

Dans cette ligne de production, comme dans toutes les lignes de production où l'humidité est importante, il faut être vigilant à la nature des alliages utilisés, ainsi qu'aux métaux qui sont mis en contact.

Dans l'industrie agroalimentaire, on utilise principalement un type d'acier inoxydable de qualité alimentaire qui est un alliage de fer, de carbone, de nickel et de chrome.

3.2.1 Définir le terme « corrosion ».

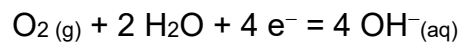
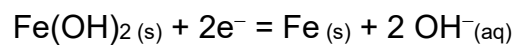
3.2.2 Citer une méthode de protection contre la corrosion.

3.2.3 Les aciers inoxydables contiennent plus de 10 % de chrome qui, lorsqu'il réagit avec le dioxygène de l'air, forme une couche d'oxyde de chrome à la surface de l'acier. Cette couche est compacte, adhérente et inoxydable : elle joue ainsi un rôle protecteur contre la corrosion.

En l'absence de chrome, le fer est très sensible à la corrosion qu'il est possible de modéliser par une succession de transformations chimiques dont l'une fait intervenir le couple oxydant-réducteur $\text{Fe}(\text{OH})_2 (\text{s}) / \text{Fe} (\text{s})$ et le couple oxydant-réducteur $\text{O}_2 (\text{g}) / \text{OH}^- (\text{aq})$.

2022	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
22-CSE3SPC-1 Id 22AG1	U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	9/14

Les demi-équations électroniques associées à ces couples sont :

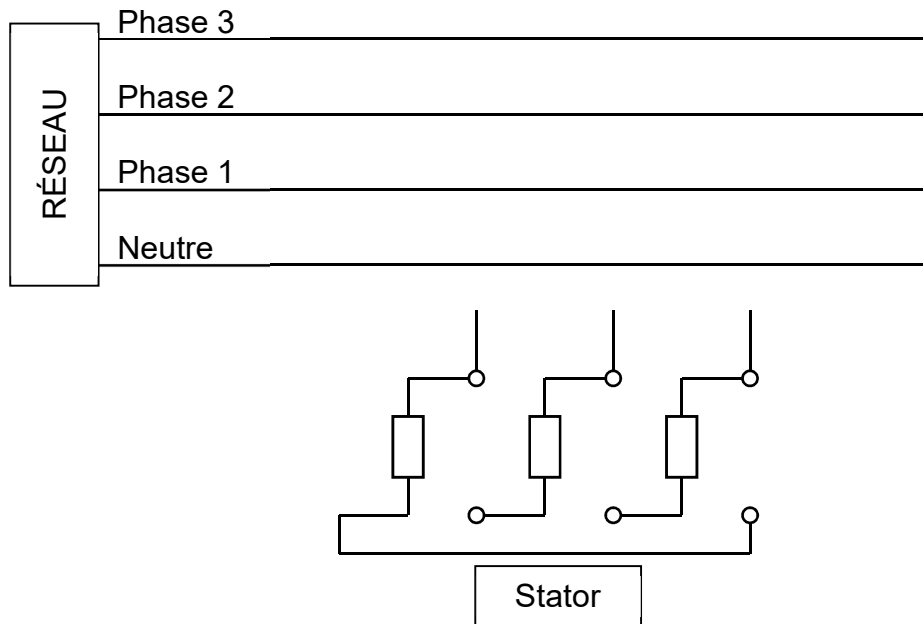


Identifier dans chaque couple l'oxydant et le réducteur. Justifier les réponses.

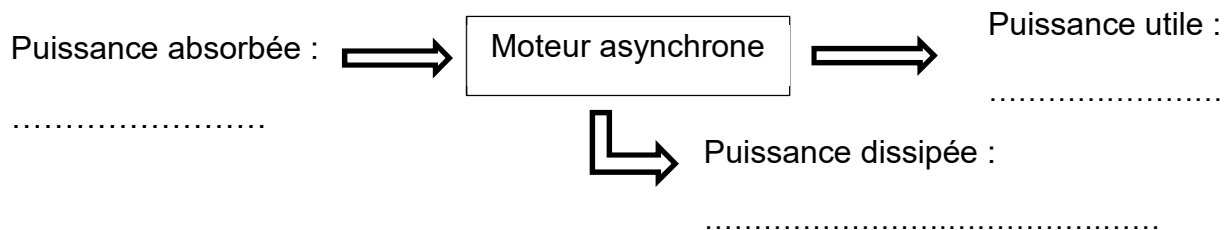
3.2.4 Déduire de ces deux demi-équations électroniques, l'équation d'oxydoréduction qui modélise l'action du dioxygène (O_2) de l'air sur le fer (Fe).

2022	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
22-CSE3SPC-1 Id 22AG1	U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	10/14

DOCUMENT-RÉPONSE N° 1 (À RENDRE AVEC LA COPIE)

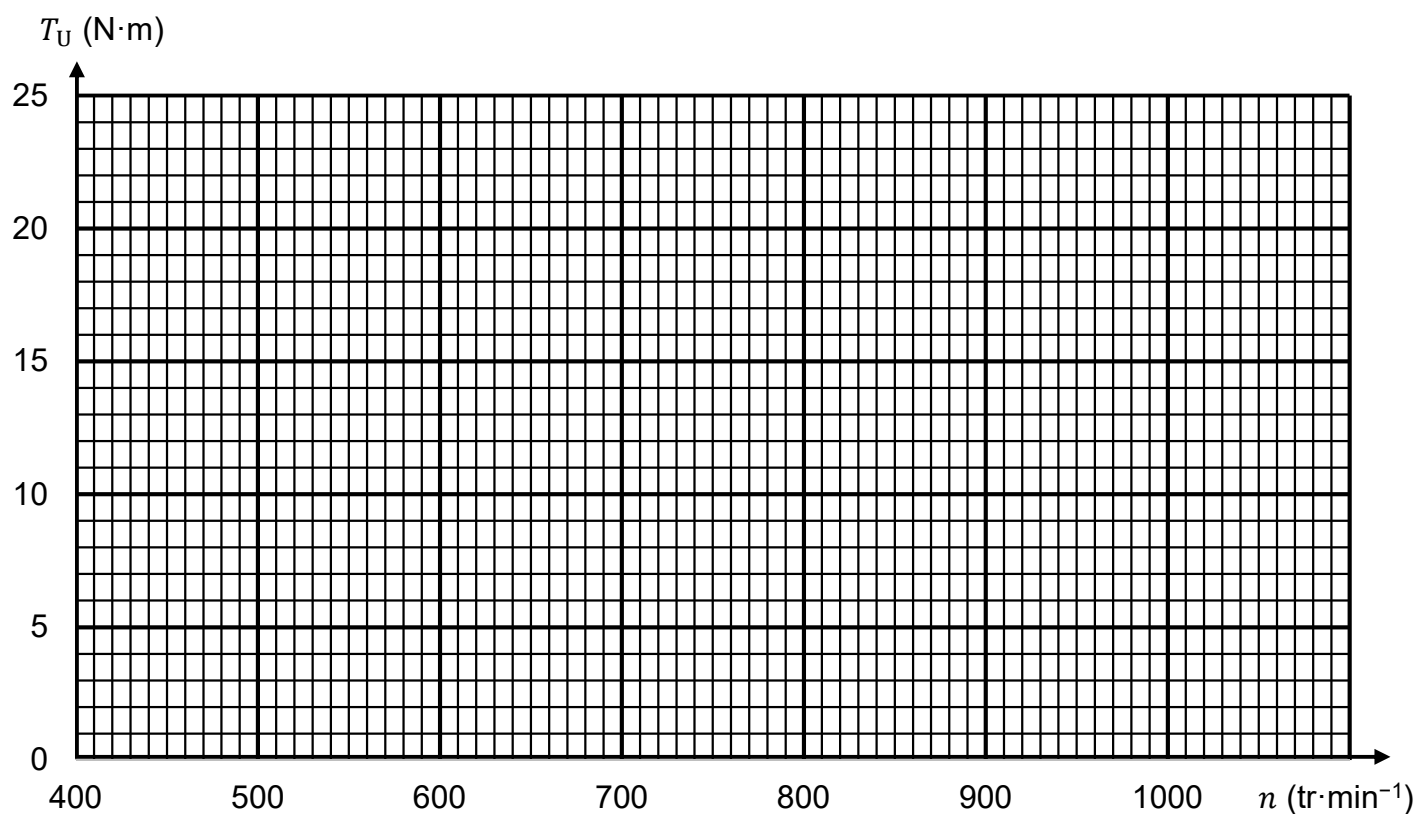


DOCUMENT-RÉPONSE N° 2 (À RENDRE AVEC LA COPIE)

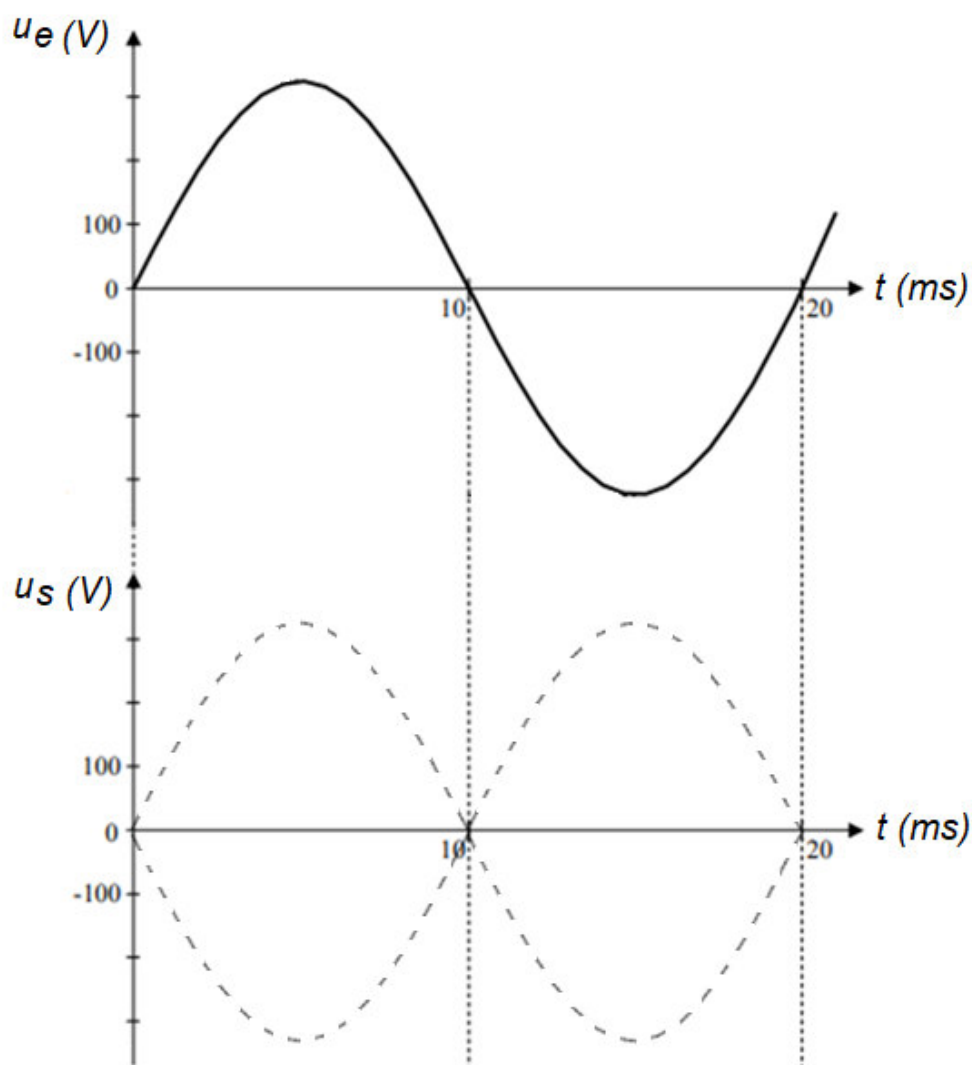


2022	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
22-CSE3SPC-1 Id 22AG1	U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	11/14

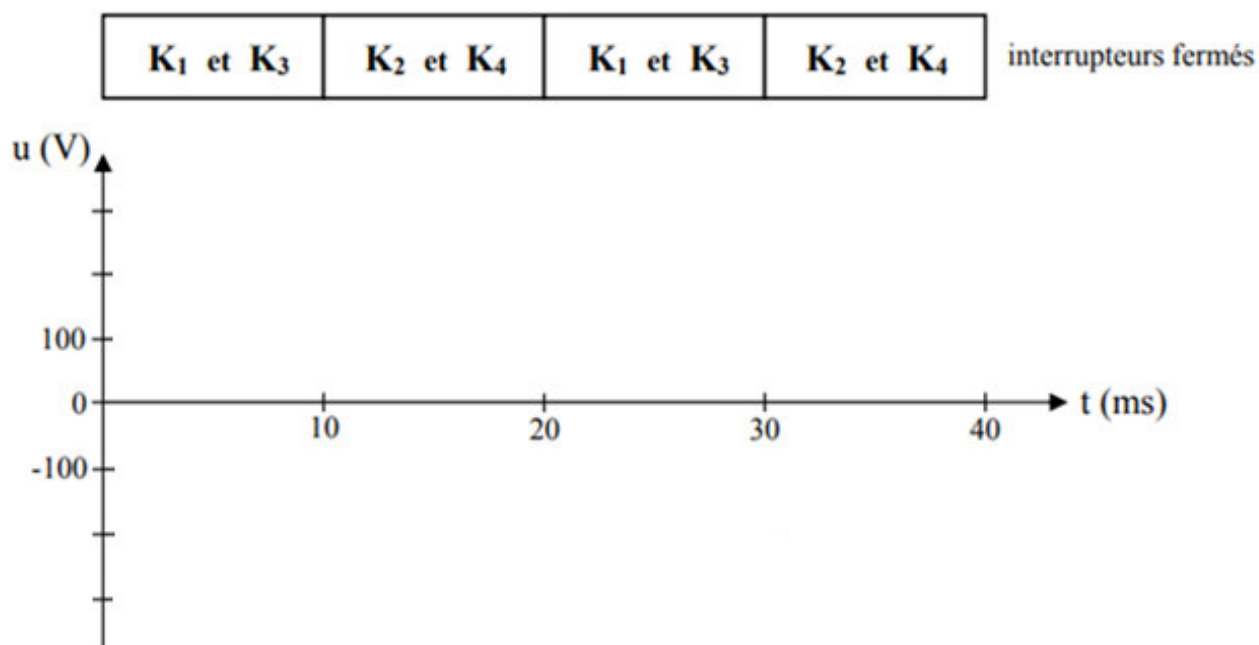
DOCUMENT-RÉPONSE N° 3 (À RENDRE AVEC LA COPIE)



2022	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
22-CSE3SPC-1 Id 22AG1	U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	12/14



2022	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
22-CSE3SPC-1 Id 22AG1	U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	13/14



2022	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
22-CSE3SPC-1 Id 22AG1	U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	14/14