

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

Maintenance des Systèmes

Physique-Chimie – option A

SESSION 2022

U32 Physique-Chimie

Durée 2 heures – coefficient 2

SUJET

Matériel autorisé :

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.

L'usage de la calculatrice sans mémoire « type collègue » est autorisé.

Documents à rendre avec la copie :

- Document-réponse 1 page 7/8

- Document-réponses 2 et 3 page 8/8

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Le sujet se compose de 8 pages, numérotées de 1/8 à 8/8.

CODE ÉPREUVE : 22MSPHYA1	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : MAINTENANCE DES SYSTEMES
Session 2022	SUJET	Épreuve U32	Calculatrice autorisée
Durée 2h	Coefficient 2	PHYSIQUE-CHIMIE	Page 1 sur 8

Amélioration d'un système de ventilation

Une installation de ventilation de locaux industriels est équipée d'un ventilateur entraîné à fréquence fixe par un moteur asynchrone triphasé directement relié au réseau EDF. La variation du débit d'air se fait initialement par un système mécanique appelé diaphragme (voir photos ci-dessous).



Position totalement ouverte

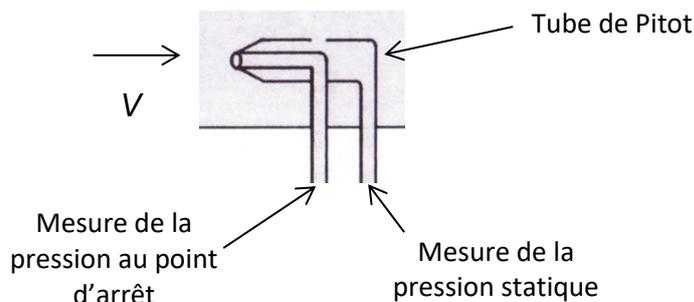


Position semi fermée

Le technicien de maintenance est sollicité pour apporter une amélioration au système, tant sur le plan énergétique, qu'au niveau de la nuisance sonore. Il s'agit de **remplacer le système existant par une ventilation à vitesse variable**.

Partie A : Étude du débit d'air (7 points)

Un tube de Pitot est installé dans la canalisation en aval du diaphragme pour déterminer la vitesse V et le débit du flux d'air.



La différence de pression p_d (pression différentielle) entre les deux points de mesure du tube de Pitot est fonction de la vitesse V de l'air selon la relation ci-dessous :

$$p_d = \frac{1}{2} \times \rho \times V^2$$

Avec p_d en pascals (Pa), la masse volumique de l'air $\rho = 1,20 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ et V en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

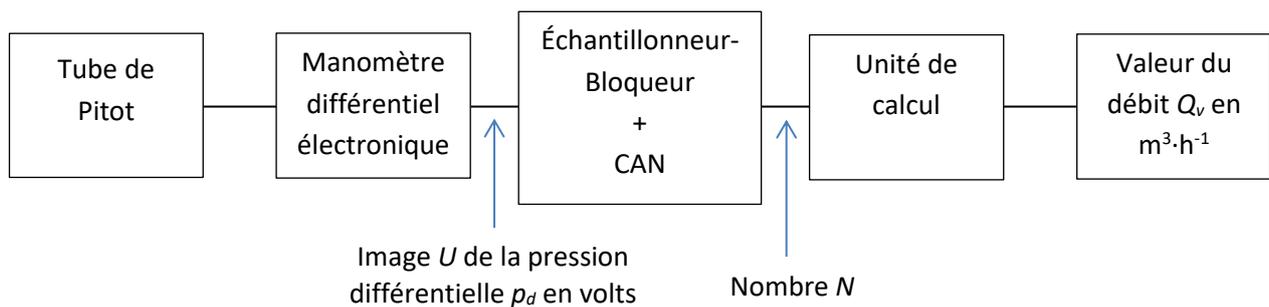
On rappelle que $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$.

Le diamètre de la canalisation est égal à $d = 325 \text{ mm}$.

CODE ÉPREUVE : 22MSPHYA1	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : MAINTENANCE DES SYSTEMES
Session 2022	SUJET	Épreuve U32	Calculatrice autorisée
Durée 2h	Coefficient 2	PHYSIQUE-CHIMIE	Page 2 sur 8

Pour un réglage du diaphragme en position semi fermée, le technicien lit $p_d = 0,095$ mbar.

1. Déterminer la valeur de la différence de pression p_d exprimée en pascals.
2. Montrer que la vitesse de l'air dans la canalisation est égale à environ $V = 4,0$ m·s⁻¹
3. Déterminer la valeur de la section S de la canalisation, que l'on exprimera en m².
4. En déduire que le débit volumique d'air Q_V a pour valeur environ 1 200 m³·h⁻¹.
5. Un système électronique est installé pour compléter la chaîne d'acquisition du débit d'air à partir de la mesure de p_d .



5.1. Expliquer ce que signifie le sigle CAN et préciser le rôle de ce convertisseur.

5.2. Le CAN a les caractéristiques suivantes :

Tension pleine échelle en entrée	$U_{PE} = 10$ V
Nombre de bits	$n = 8$

Le capteur délivre une tension nulle lorsque la pression différentielle p_d est nulle.

5.2.1. Justifier que le nombre N_{PE} de valeurs possibles en sortie du CAN est 256.

5.2.2. Connaissant la tension maximale U_{PE} à pleine échelle en entrée du CAN, déterminer S_0 , la plus petite variation de la tension U qui peut être mesurée avec cette chaîne d'acquisition.

5.2.3. Justifier que le nombre N en sortie du CAN est égal à 46 lorsque la valeur en entrée est $U = 1,8$ V.

5.2.4. L'unité de calcul permet de multiplier le nombre N par un coefficient k pour obtenir la valeur de Q_V . On a donc $Q_V = k \times N$. Le technicien note que la tension U est égale à 1,8 V pour une pression différentielle $p_d = 0,095$ mbar. Déterminer la valeur du coefficient k à programmer dans l'unité de calcul.

CODE ÉPREUVE : 22MSPHYA1	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : MAINTENANCE DES SYSTEMES
Session 2022	SUJET	Épreuve U32	Calculatrice autorisée
Durée 2h	Coefficient 2	PHYSIQUE-CHIMIE	Page 3 sur 8

Partie B : Étude du moteur (3 points)

Le moteur installé est un moteur asynchrone triphasé. Sa plaque signalétique indique :

2,6 kW	$\cos\varphi = 0,78$	1430 tr.min ⁻¹
Δ 230 V Y 400V	11,5 A / 6,6 A	50 Hz

Pour un moteur asynchrone, on rappelle que la fréquence de synchronisme n_s , en tours par minute, dépend du nombre de paires de pôles p et de la fréquence f en hertz de la tension d'alimentation : $n_s = 60 \times f / p$.

Le réseau de l'atelier est un réseau 230/400 V, 50 Hz.

1. Donner et justifier le choix du couplage à effectuer pour alimenter ce moteur.
2. Compléter le schéma du document-réponse 1 page 7 à rendre avec la copie, en représentant le couplage et les connexions au réseau.
3. Donner la fréquence de synchronisme n_s pour ce moteur.
4. En déduire le nombre de paires de pôles p de ce moteur.

Partie C : Étude de l'association variateur-moteur (3 points)

Un variateur de vitesse alimenté par le réseau est envisagé pour commander le moteur asynchrone. Il est constitué de 2 convertisseurs d'électronique de puissance.

1. Le document-réponse 2, page 8, représente les deux convertisseurs. Compléter chacun des 4 pointillés par le symbole --- (continu) ou ~ (alternatif).
2. Donner le nom du convertisseur 1 et le nom du convertisseur 2.
3. Quelle grandeur électrique est modifiée par le variateur pour contrôler la vitesse de rotation du moteur ?
4. Pour obtenir le même débit d'air qu'avec le diaphragme dans la position étudiée dans la partie A, le technicien doit régler la fréquence de sortie du variateur à $f = 41,4$ Hz. La vitesse de synchronisme du moteur est alors $n_s = 1\,240$ tr.min⁻¹.

Sachant que le glissement g est de 3 %, déterminer la vitesse de rotation n du moteur.

CODE ÉPREUVE : 22MSPHYA1	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : MAINTENANCE DES SYSTEMES
Session 2022	SUJET	Épreuve U32	Calculatrice autorisée
Durée 2h	Coefficient 2	PHYSIQUE-CHIMIE	Page 4 sur 8

Partie D : Consommation énergétique (4 points)

Un compteur d'énergie est installé en amont du système motorisé. Il permet au technicien de connaître la consommation énergétique et de calculer les économies réalisées grâce au nouveau système.

1. Le technicien souhaite vérifier les informations affichées par le compteur à l'aide d'appareils de mesure portatifs.
 - 1.1. Indiquer la valeur affichée par le voltmètre placé selon le document-réponse 3 page 8, lorsqu'il est réglé en position AC.
 - 1.2. Sur le schéma du document-réponse 3, à rendre avec la copie, placer :
 - un ampèremètre (ou une pince ampèremétrique) permettant de mesurer l'intensité du courant dans un fil de ligne.
 - un wattmètre permettant de mesurer la puissance électrique consommée par une phase du système motorisé.
2. Le technicien lit les informations suivantes sur l'écran du compteur d'énergie pour chaque type d'installation :

Avec l'ancien système à diaphragme	Avec le nouveau système à variateur
$P_1 = 2\,100\text{ W}$ $Q_1 = 2\,660\text{ V}\cdot\text{A R}$ $S_1 = 3\,390\text{ V}\cdot\text{A}$ $\cos \varphi_1 = 0,62$	$P_2 = 1\,200\text{ W}$ $Q_2 = 100\text{ V}\cdot\text{A R}$ $S_2 = 1\,200\text{ V}\cdot\text{A}$ $\cos \varphi_2 = 1$

On suppose que ce régime de fonctionnement dure 8 heures par jour.

- 2.1. Avec l'ancien système à diaphragme, déterminer la valeur de l'énergie électrique E_1 consommée en une journée, exprimée en kW.h.
- 2.2. Avec le nouveau système à variateur, déterminer la valeur de l'énergie électrique E_2 consommée en une journée, exprimée en kW.h.
3. On suppose que le régime de ventilation est le même tout au long de l'année, durant 305 jours ouvrés, à raison de 8 heures par jour.
 - 3.1. Déterminer la valeur E_{eco} de l'énergie économisée au cours d'une année avec le nouveau système en fonction des énergies quotidiennes E_1 et E_2 .

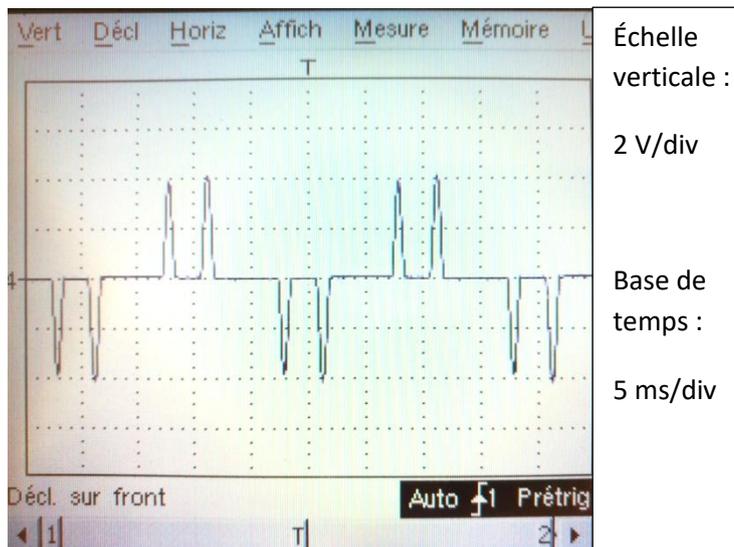
CODE ÉPREUVE : 22MSPHYA1	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : MAINTENANCE DES SYSTEMES
Session 2022	SUJET	Épreuve U32	Calculatrice autorisée
Durée 2h	Coefficient 2	PHYSIQUE-CHIMIE	Page 5 sur 8

3.2. En prenant un tarif de l'électricité égal à 0,13 € par kW.h, montrer que l'économie financière réalisée au cours d'une année est d'environ 285 €.

Partie E : Influence du variateur sur le réseau (3 points)

L'installation d'un variateur a pour effet de dégrader la qualité du courant absorbé sur le réseau.

Le technicien relève l'allure du courant sur un oscilloscope à l'aide d'une sonde de courant de rapport 100 mV/A. L'oscillogramme obtenu est présenté ci-contre.

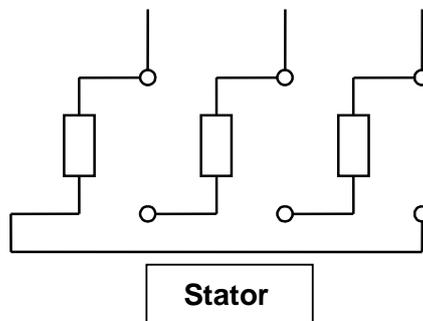
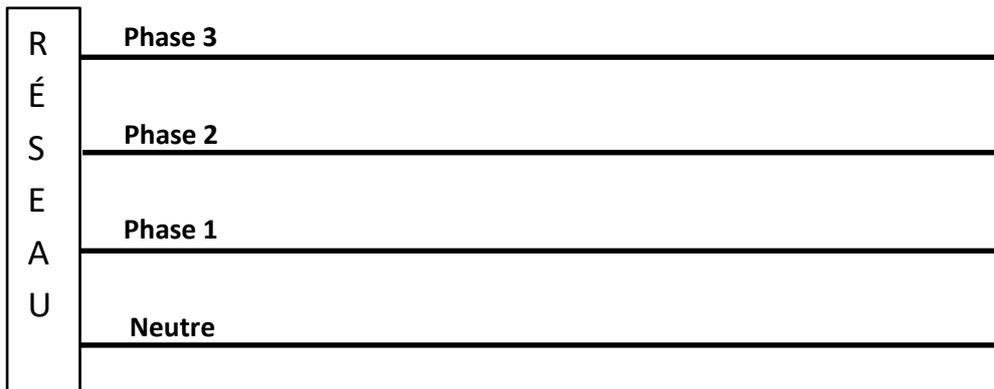


1. Quelle conversion réalise la sonde de courant ?
2. Déterminer, à partir de la lecture de l'oscillogramme :
 - 2.1. La valeur maximale I_{MAX} du courant i ;
 - 2.2. La fréquence f_i du courant i .

CODE ÉPREUVE : 22MSPHYA1	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : MAINTENANCE DES SYSTEMES
Session 2022	SUJET	Épreuve U32	Calculatrice autorisée
Durée 2h	Coefficient 2	PHYSIQUE-CHIMIE	Page 6 sur 8

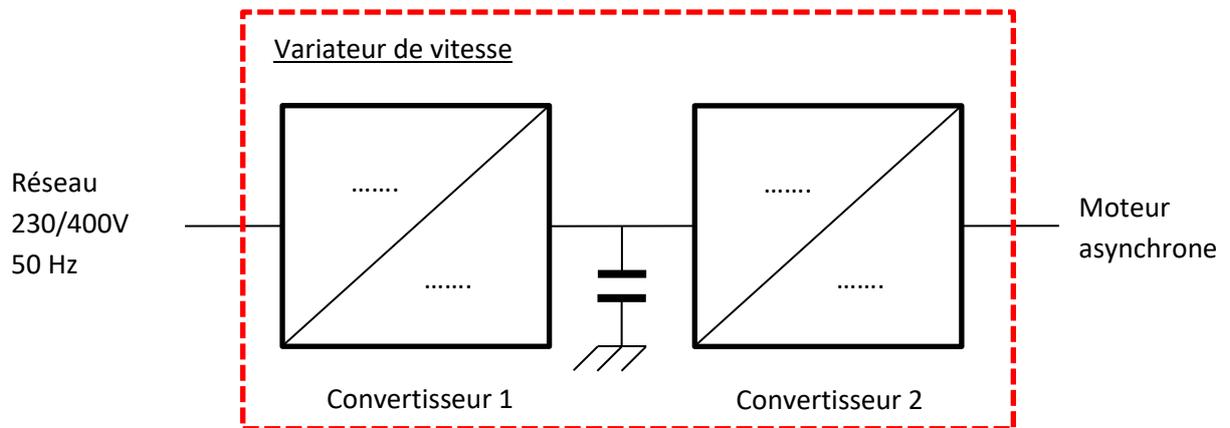
ANNEXES A RENDRE AVEC LA COPIE

Document-réponse 1

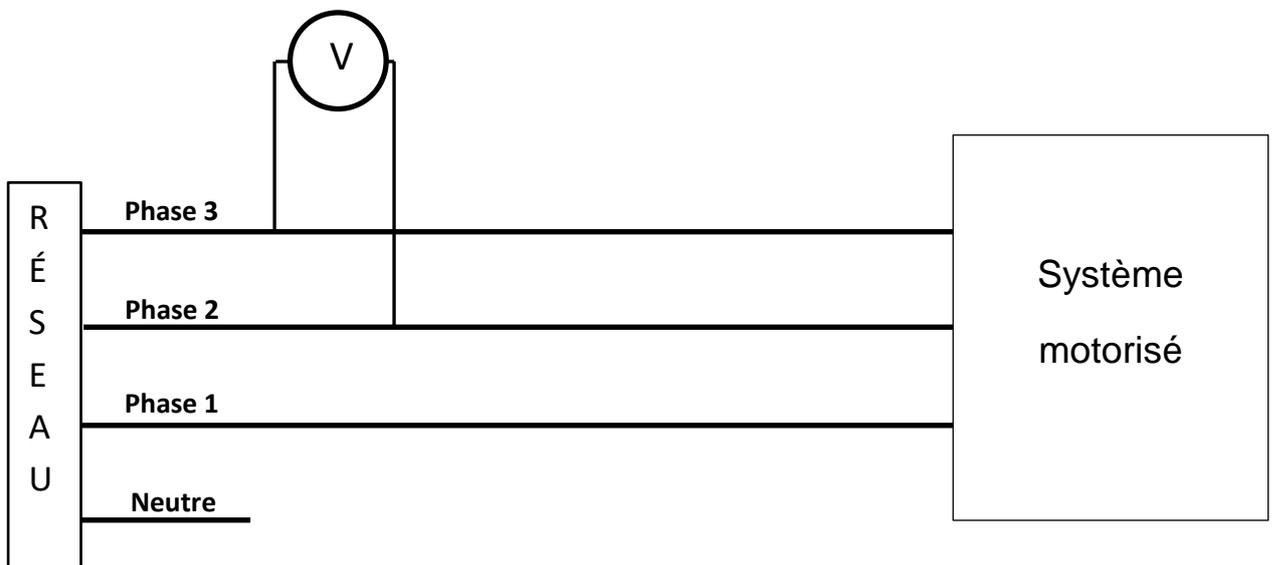


CODE ÉPREUVE : 22MSPHYA1	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : MAINTENANCE DES SYSTEMES
Session 2022	SUJET	Épreuve U32	Calculatrice autorisée
Durée 2h	Coefficient 2	PHYSIQUE-CHIMIE	Page 7 sur 8

Document-réponse 2



Document-réponse 3



CODE ÉPREUVE : 22MSPHYA1	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : MAINTENANCE DES SYSTEMES
Session 2022	SUJET	Épreuve U32	Calculatrice autorisée
Durée 2h	Coefficient 2	PHYSIQUE-CHIMIE	Page 8 sur 8