

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR MÉTIER DES SERVICES À L'ENVIRONNEMENT

ÉPREUVE E2 : ÉTUDE SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE

SOUS-ÉPREUVE U22 (SCIENCES PHYSIQUES ET SCIENCES ET TECHNOLOGIES DES SYSTÈMES)

SESSION 2024

Durée : 2 heures 30 minutes
Coefficient : 2,5

Matériel autorisé :

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collègue » est autorisé.
Tout autre matériel est interdit.

Les documents réponses, même vierges : DR1 à DR3 sont à rendre avec la copie.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 19 pages, numérotées de 1/19 à 19/19.

**Documents Questions
Documents Techniques
Documents Réponses**

**DT1 à DT4
DR1 à DR3**

**pages 3 à 12
pages 13 à 16
pages 17 à 19**

BTS MSE		Session 2024
Épreuve U22 : sciences physiques et sciences et technologies des systèmes	Code : 24MSESP	Page 1 sur 19

Constitution du dossier :

Le sujet comporte 4 parties principales (hors la présentation générale) qui sont indépendantes et peuvent être traitées dans n'importe quel ordre :

- A- Présentation générale
- B- Vérification technique des bassins
- C- Étude électrotechnique de la soufflerie
- D- Étude de la distribution d'énergie
- E- Projet de maintenance de la soufflerie

A - PRÉSENTATION GÉNÉRALE



Présentation générale d'après la société Énergie Système.

Le centre aquatique, ouvert en 2011, a été pensé pour bien s'intégrer dans la ville de Bayonne dans les Pyrénées Atlantiques.

Elle comprend un bassin sportif, un bassin éducatif et une lagune de jeux.

Le traitement de l'eau sera fait au moyen de dichlore gazeux.

Le grand bassin est réalisé en inox et le confort acoustique assuré par un mélange de panneaux en bois au plafond et de bacs végétalisés, tels des jardins suspendus.

La conception du centre aquatique a intégré un volet environnemental :

- la récupération des eaux pluviales ;
- la production de 50% de l'eau chaude sanitaire grâce à 70 m² de panneaux solaires thermiques ;
- une pompe à chaleur réversible de 275 kW, et l'utilisation de l'eau de débordement pour le chauffage.

Cette piscine de Bayonne s'intègre depuis près de dix ans au plus près du paysage mais demande plus d'attention aujourd'hui.

C'est dans cette démarche que des améliorations doivent être apportées.

BTS MSE		Session 2024
Épreuve U22 : sciences physiques et sciences et technologies des systèmes	Code : 24MSESP	Page 2 sur 19

B – VÉRIFICATION TECHNIQUE DES BASSINS (26 points)

Après quelques années de fonctionnement, les équipements doivent être vérifiés. L'objectif de cette partie est de dimensionner le matériel à renouveler : diamètres des canalisations et puissance des pompes.

B.1. Vidange annuelle du bassin sportif

La loi impose aux piscines publiques de vidanger les bassins au moins deux fois par an.

Le bassin sportif du centre aquatique a une surface 510 m^2 , sa profondeur moyenne sera prise égale à $2,0 \text{ m}$.

La vidange du bassin sportif s'effectue grâce à trois canalisations acceptant un débit total de $255 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. La vidange doit s'effectuer en moins de six heures, afin de permettre une réouverture rapide de la piscine.

QB1.1 Calculer le volume V d'eau contenue dans le bassin.

QB1.2 Déterminer le débit minimum Q_{\min} pour que la vidange s'effectue dans le temps demandé.

Justifier que le débit total proposé permet bien la vidange dans le temps demandé.

B.2. Dimensionnement des descentes de goulottes lors du recyclage

Les goulottes du bord de la piscine permettent d'évacuer le trop plein d'eau. Celle-ci s'écoule alors dans des tuyaux de descente, vers le circuit de recyclage où elle est filtrée et traitée.

Le débit total est de $255 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ et il y a deux tuyaux de descente.

QB2.1 Montrer que le débit volumique pour chaque tuyau vaut :

$$Q_{\text{tuyau}} = 3,54 \times 10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}.$$

Le processus de recyclage et de filtration impose une vitesse d'écoulement comprise entre $0,30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ et $0,50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Différents tuyaux sont disponibles, de diamètres intérieurs nominaux respectifs suivants : 200 mm (DN 200), 250 mm (DN 250) ou 300 mm (DN 300).

Le technicien pense utiliser des DN 250.

QB2.2 Déterminer la valeur de la section S d'un DN 250.

QB2.3 Calculer la vitesse v dans le DN 250 pour un débit valant : $3,54 \times 10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Justifier que ce diamètre n'est pas conforme.

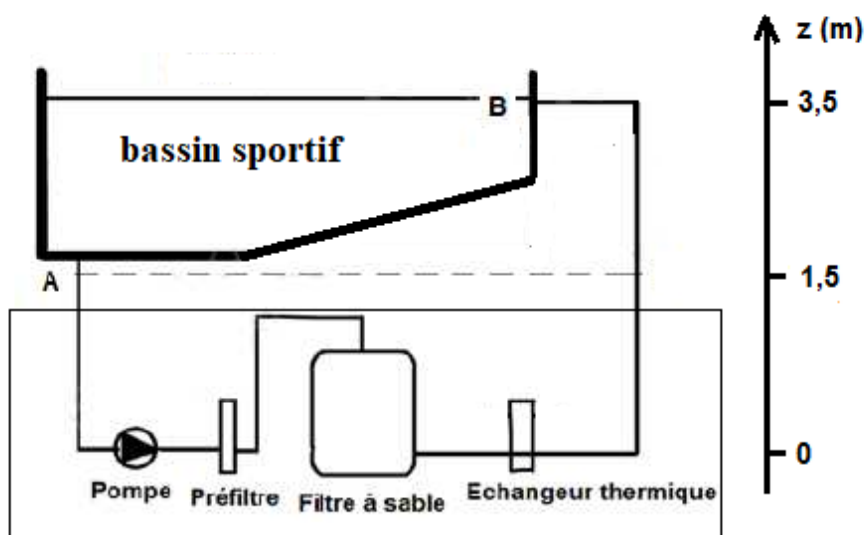
QB2.4 Parmi les deux tuyaux de diamètre DN 200 ou DN 300, **choisir** lequel est le plus adapté à cet écoulement. **Justifier** la réponse.

BTS MSE		Session 2024
Épreuve U22 : sciences physiques et sciences et technologies des systèmes	Code : 24MSESP	Page 3 sur 19

B.3. Changement de la pompe du circuit de recyclage

Une des pompes utilisées pour le recyclage de l'eau du bassin sportif doit être changée.

Dans ce circuit, l'eau est aspirée au niveau de la bonde de fond du bassin et est refoulée à la surface de celui-ci.



local technique

Schéma sans souci d'échelle

Données

débit volumique de la pompe :	$Q_{vol} = 90 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
longueur totale des canalisations entre A et B :	$L_{AB} = 55,0 \text{ m}$
pertes de charge linéaires par mètre de canalisation :	$J_{ch.L} = 6,0 \text{ cm} \cdot \text{m}^{-1}$
pertes de charge singulières (coudes, vannes, filtres, échangeur) :	$J_{ch.sing} = 11,0 \text{ m}$
pression au niveau de la bonde de fond en A :	$p_A = 1,2 \times 10^5 \text{ Pa}$
pression à la sortie de la canalisation de refoulement en B :	$p_B = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$
vitesses au point A et au point B	$v_A = v_B$
altitude du local technique :	$z_0 = 0 \text{ m}$
altitude de la bonde de fond :	$z_A = 1,5 \text{ m}$
altitude de la surface du bassin :	$z_B = 3,5 \text{ m}$

Équation de Bernoulli en régime stationnaire entre deux points :

$$\frac{p_1}{\rho \cdot g} + z_1 + \frac{1}{2g} v_1^2 - J_{12} + H_{mt} = \frac{p_2}{\rho \cdot g} + z_2 + \frac{1}{2g} v_2^2$$

accélération de la pesanteur :	$g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$
masse volumique de l'eau :	$\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$
puissance en watt (W) / puissance en cheval-vapeur (ch)	736 W = 1 ch

Puissance hydraulique d'une pompe de hauteur manométrique H_{mt} :

$$\mathcal{P}_h = Q_V \times \rho \times g \times H_{mt}$$

QB3.1 Montrer que les pertes de charges totales J_{AB} entre A et B sont égales à 14,3 m.

QB3.2 À l'aide de l'équation de Bernoulli, **calculer** la hauteur manométrique totale H_{mt} de la pompe.

Le document DT1 présente les courbes de rendement des différents modèles de la pompe SP650, chacun désigné par sa puissance en cheval-vapeur.

QB3.3 À l'aide du document DT1, **en déduire** le modèle de pompe SP650 qu'il faut choisir. **Justifier** la réponse.

QB3.4 Calculer la puissance hydraulique de la pompe correspondant à la hauteur manométrique trouvée à la question **QB3.2**. **Vérifier** que le modèle de pompe SP650 choisi à la question **QB3.3** est adapté.

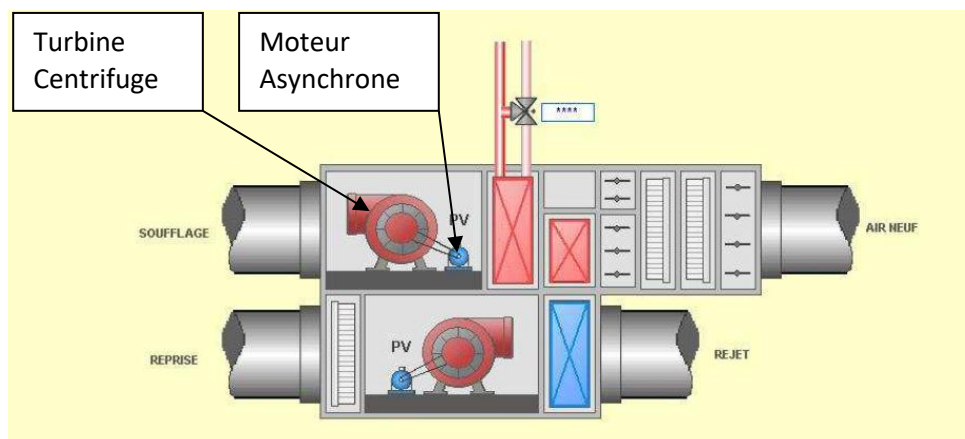
C - ÉTUDE DE LA SOUFFLERIE (16 points)

Le centre aquatique est composé de 4 groupes de CTA (Centre de Traitement d'Air) situés dans diverses zones. Comme pour les bassins, il est nécessaire d'améliorer les équipements.



La circulation de l'air dans les locaux de la piscine est obtenue par soufflage.

L'appareil qui réalise cette fonction est un moto-ventilateur. Il est composé d'une turbine centrifuge associée à un moteur asynchrone.



CTA

L'étude portera seulement sur le ventilateur centrifuge de soufflage de la zone vestiaire.

Il est composé d'une turbine centrifuge double ouïes TLZ 225 Réf : 96010020

- Dimensions sortie d'air : $L = 318 \text{ mm}$, $I = 314 \text{ mm}$
- Débit : $9125 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

Il est associé à un moteur asynchrone avec les caractéristiques suivantes:

- Tension : 230/400 V
- Puissance : 5,5 kW
- $N_{\text{moteur}} = 1456 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$



Le service de maintenance souhaite équiper les turbines centrifuges de moteur axial afin de simplifier la maintenance (changement des courroies, réglages de la tension des courroies) et de pouvoir à terme faire varier le débit d'air en fonction de la fréquentation des locaux (économie d'énergie).

L'objectif de cette partie est de valider par une étude technique cette nouvelle solution.



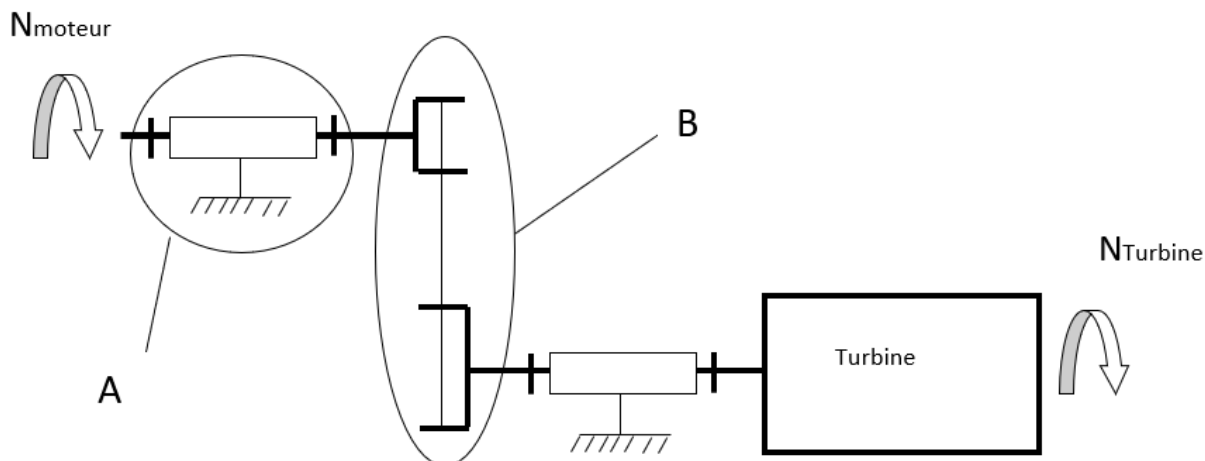
BTS MSE		Session 2024
Épreuve U22 : sciences physiques et sciences et technologies des systèmes	Code : 24MSESP	Page 7 sur 19

C1 Analyse des deux solutions

Étude de la solution actuelle

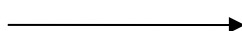


La solution actuelle est modélisée par le schéma cinématique suivant :



QC1.1 Nommer les liaisons A et B.

Étude de la nouvelle solution



QC1.2 Représenter le schéma de la liaison entre l'axe de la turbine et le bâti sur le document réponse DR1.

BTS MSE		Session 2024
Épreuve U22 : sciences physiques et sciences et technologies des systèmes	Code : 24MSESP	Page 8 sur 19

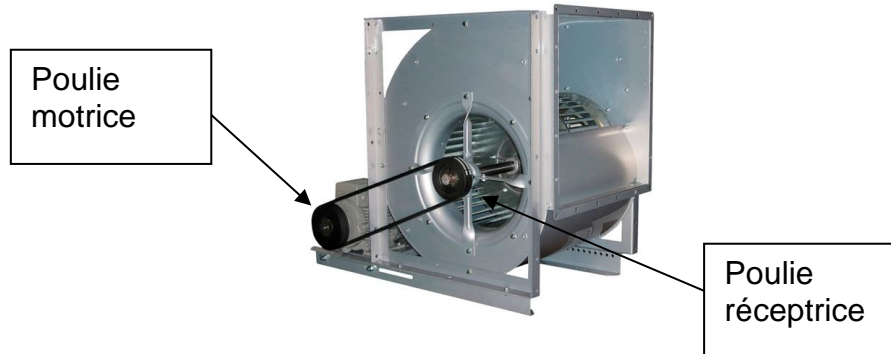
C2 Étude de la transmission de puissance de la solution actuelle.

Les caractéristiques de la transmission de puissance poulies/courroie sont :

Poulie motrice SPZ diamètre : $d_1 = 71 \text{ mm}$

Poulie réceptrice SPZ diamètre : $d_2 = 90 \text{ mm}$

Courroie SPZ 925



QC2.1 Calculer le rapport k de cette transmission.

QC2.2 Préciser en fonction de la valeur du rapport de réduction, si cette transmission est une réduction de vitesse ou une multiplication de vitesse.

QC2.3 Préciser si la turbine tourne plus vite ou moins vite que le moteur.

Sachant que la fréquence de rotation du moteur $N_m = 1456 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$

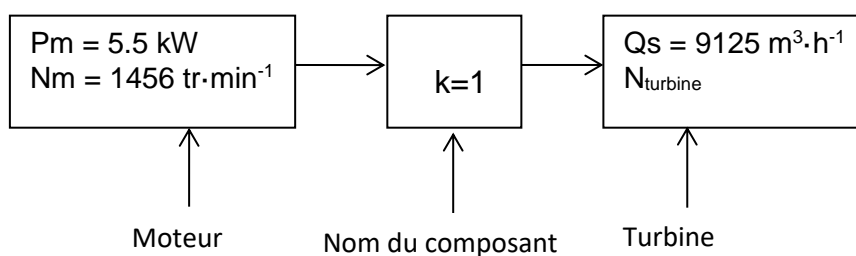
QC2.4 Déterminer la fréquence de rotation de la turbine N_t .

C3 Étude de la transmission de puissance de la nouvelle solution

On souhaite vérifier que le débit d'air refoulé Q_s reste constant et égal à $9125 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. En effet dans le cas contraire, trop de débit engendre un fonctionnement avec du bruit donc de l'inconfort.

Le positionnement axial du moteur nécessite un organe mécanique dont sa fonction est de relier l'arbre moteur à l'arbre récepteur.

QC3.1 Nommer ce composant.



QC3.2 Calculer la fréquence de rotation de la turbine N_t en $\text{tr}\cdot\text{min}^{-1}$

QC3.3 Calculer la vitesse angulaire de la turbine ω_t en $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$

QC3.4 Calculer vitesse de translation v en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ du fluide à la sortie de la turbine sachant que le diamètre moyen de la turbine est $D_t = 420 \text{ mm}$ et $\omega_t = 152 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$.

Les dimensions de la conduite à la sortie de la turbine sont $L = 318 \text{ mm}$ et $l = 314 \text{ mm}$.

QC3.5 Calculer la section de la conduite S en m^2 .

QC3.6 Calculer le débit de soufflage Q_s en $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, puis **conclure** par rapport au cahier des charges. Pour la vitesse, prendre $v = 32 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Le cahier des charges impose une fréquence de rotation de la turbine de $1150 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$ afin de conserver un débit de soufflage de $9125 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$.

QC3.7 Proposer une solution technique pour réaliser l'adaptation de vitesse.

D - ÉTUDE DE LA DISTRIBUTION D'ÉNERGIE (24 points)

Voir documents techniques DT2 à DT3

L'adaptation de la vitesse de rotation ne pouvant plus être réalisée du côté mécanique, elle sera réalisée du côté électrique.

QD1. Compléter dans le DR2 la représentation avec les composants et flux d'énergie suivants : « moteur asynchrone », « énergie électrique », « turbine », « variateur de vitesse », « énergie mécanique de rotation », « disjoncteur moteur », « énergie mécanique transmise au fluide », « énergie électrique modulée ».

La personne devant effectuer l'intervention pour changer le moteur doit réaliser les travaux en toute sécurité. Elle est seule du début à la fin des travaux.

QD2. Donner le symbole d'habilitation que doit avoir l'intervenant.

Avant toute intervention le chargé d'intervention doit mettre l'installation hors tension et s'assurer que personne ne peut remettre l'installation sous tension.

QD3. Donner le nom de cette procédure, en **préciser** les étapes.

Le schéma de puissance fourni en DT3 nous informe sur les différents composants permettant la protection des personnes, la protection des biens et la commande des moto-ventilateurs.

BTS MSE		Session 2024
Épreuve U22 : sciences physiques et sciences et technologies des systèmes	Code : 24MSESP	Page 10 sur 19

Pour Q0 :

QD4. Donner le nom complet et la fonction du composant.

QD5. Repérer sur le DR2, le symbole de la protection thermique, la protection magnétique et la protection différentielle.

QD6. Préciser le type de défaut qui sera détecté par chacune des trois protections.

Pour M3 :

QD7. Donner le nom du composant qui réalise la protection contre les surcharges.

QD8. Donner le nom du composant qui réalise la protection contre les courts-circuits.

E - PROJET DE MAINTENANCE DE LA SOUFFLERIE (14 points)

Le service de maintenance a décelé, lors de divers contrôles, un mauvais fonctionnement des moto-ventilateurs. Parmi les problèmes rencontrés, la diminution de la pression statique est la principale défaillance. Ceci influe directement sur le débit du flux d'air.

Ceci peut avoir plusieurs causes :

- une réduction des performances du ventilateur : réduction de la vitesse de rotation, usure de la roue, colmatage de la roue ;
- des changements de position de l'équilibrage de la roue et du rotor dus à une usure des roulements.

Le service de maintenance souhaite mettre en place une politique de maintenance sur l'ensemble des souffleurs à partir d'une étude de WEIBULL.

BTS MSE		Session 2024
Épreuve U22 : sciences physiques et sciences et technologies des systèmes	Code : 24MSESP	Page 11 sur 19

On donne le relevé des TBF (Time Between Failure) correspondant aux défaillances relatives à l'ensemble des moto-ventilateurs.

TBF(heures)	3800	1400	2100	4500	6300	700	2800
-------------	------	------	------	------	------	-----	------

Le tracé des points sur le papier de Weibull sur le DR3 donne une représentation linéaire entre les TBF et $F_i(t)$.

QE1. Déterminer graphiquement sur le DR3, la valeur du paramètre de forme β .

QE2. Relever graphiquement sur le DR3, le paramètre d'échelle η .

QE3. Justifier pourquoi $\gamma=0$ (paramètre de position).

QE4. Calculer la MTBF des souffleurs sachant que la $MTBF = A\eta + \gamma$

Voir tableau sur le DT4 et prendre $\beta = 1,4$

Planification des interventions

Les interventions de maintenance préventive systématique sur les souffleurs sont réalisées tous les 2 mois, c'est-à-dire toutes les 1440 h environ.

QE5. Déterminer, à l'aide du DR3 la fiabilité notée $R(t=1440h)$.
(Réaliser les tracés sur le DR3)

Le service de maintenance estime que cette fiabilité n'est pas suffisante et souhaite atteindre un taux de 90%, c'est-à-dire $R(t) = 90\%$.

QE6 Déterminer à l'aide du DR3 la périodicité T_s des interventions de maintenance préventive systématique.
(Réaliser les tracés sur le DR3)

QE7 Vérifier par le calcul votre résultat en utilisant la formule ci-dessous.

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$$

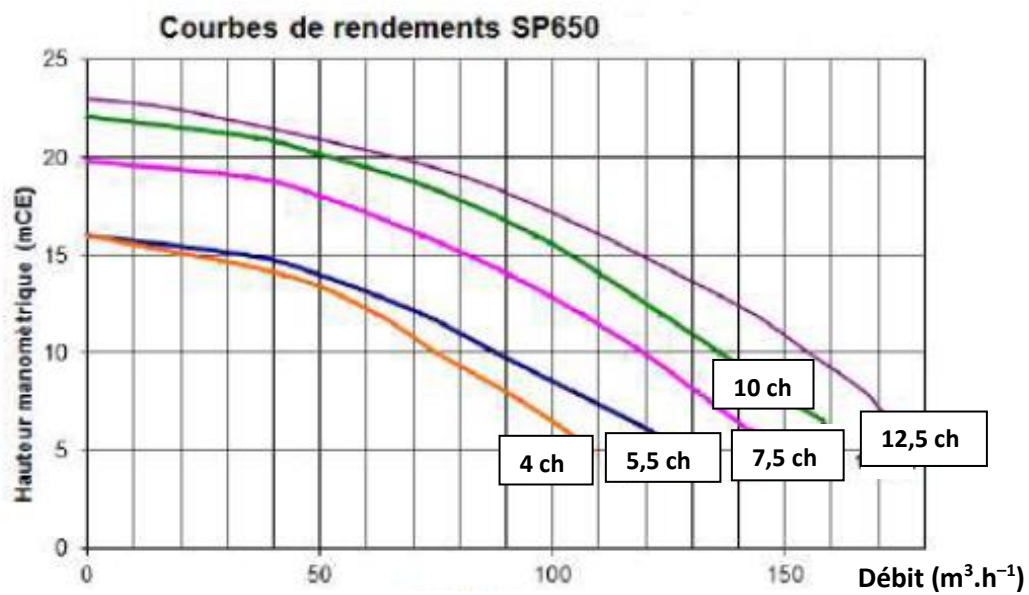
Les moto-ventilateurs fonctionnent 24h/24.

QE8 Planifier les interventions de maintenance préventive systématique correspondant à T_s .

BTS MSE		Session 2024
Épreuve U22 : sciences physiques et sciences et technologies des systèmes	Code : 24MSESP	Page 12 sur 19

Document technique DT1 - Courbes de rendement des différentes pompes SP650

(d'après le catalogue SpringWater)



BTS MSE		Session 2024
Épreuve U22 : sciences physiques et sciences et technologies des systèmes	Code : 24MSESP	Page 13 sur 19

Document technique DT2

Pompes et ventilateurs
(bâtiment (HVAC) (1))

Variateurs de vitesse Altivar 21

pour moteurs asynchrones triphasés de 0,75 à 75 kW



Application de ventilation

Présentation

Le variateur Altivar 21 est un convertisseur de fréquence pour moteurs asynchrones triphasés de 0,75 kW à 75 kW.

Il est dédié aux applications les plus courantes de la gestion des fluides dans les bâtiments du secteur tertiaire (HVAC "Heating Ventilation Air Conditioning") :

- ventilation,
- chauffage et climatisation,
- pompage.

Le variateur Altivar 21 a été conçu pour respecter les exigences de compatibilité électromagnétique et la réduction des harmoniques de courant.

Ses variantes de construction permettent une réduction des coûts d'installation en proposant des filtres CEM classe A ou classe B avec pour avantages :

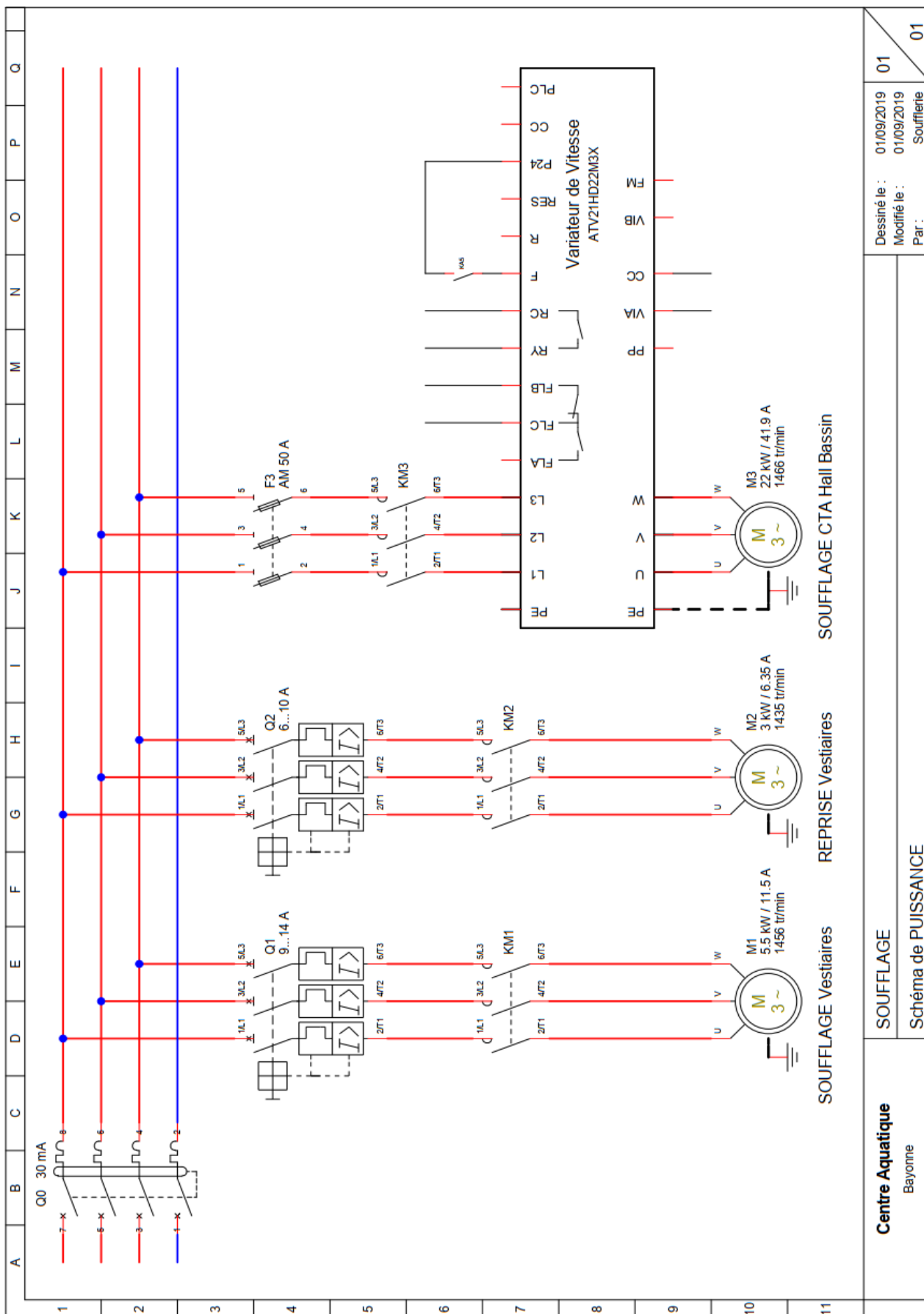
- un encombrement réduit,
- une simplification et une réduction du coût de câblage.

Fonctions de protection

Le variateur Altivar 21 intègre l'ensemble des fonctions de protection dont vos applications ont besoin :

- protection thermique du moteur et du variateur, par sonde à thermistance PTC intégrée,
- protection contre les surcharges et les surintensités en régime permanent,
- protection mécanique de la machine avec la fonction fréquences occultées,
- protection de l'installation avec la détection des sous-charges et des surcharges,
- protection par gestion de nombreux défauts et d'alarmes configurables.

BTS MSE		Session 2024
Épreuve U22 : sciences physiques et sciences et technologies des systèmes	Code : 24MSESP	Page 14 sur 19



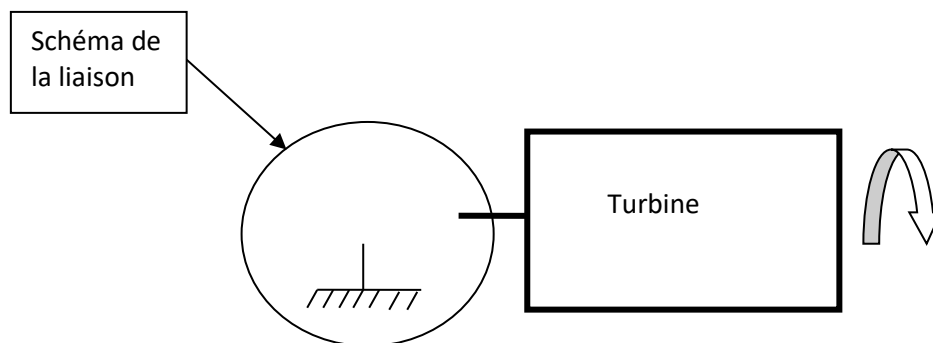
Document technique DT4

Indicatif des paramètres A et B pour le calcul de la MTBF et Ecart type en fonction du paramètre de forme β

β	A	B	β	A	B	β	A	B
0,20	120	1901	1,50	0,9027	0,613	4	0,9064	0,254
0,25	24	199	1,55	0,8994	0,593	4,1	0,9077	0,249
0,30	9,2605	50,08	1,60	0,8966	0,574	4,2	0,9089	0,244
0,35	5,0291	19,98	1,65	0,8942	0,556	4,3	0,9102	0,239
0,40	3,3234	10,44	1,70	0,8922	0,540	4,4	0,9114	0,235
0,45	2,4786	6,46	1,75	0,8906	0,525	4,5	0,9126	0,230
0,50	2	4,47	1,80	0,8893	0,511	4,6	0,9137	0,226
0,55	1,7024	3,35	1,85	0,8882	0,498	4,7	0,9149	0,222
0,60	1,5046	2,65	1,90	0,8874	0,486	4,8	0,9160	0,218
0,65	1,3663	2,18	1,95	0,8867	0,474	4,9	0,9171	0,214
0,70	1,2638	1,85	2	0,8862	0,463	5	0,9182	0,210
0,75	1,1906	1,61	2,1	0,8857	0,443	5,1	0,9192	0,207
0,80	1,1330	1,43	2,2	0,8856	0,425	5,2	0,9202	0,203
0,85	1,0880	1,29	2,3	0,8859	0,409	5,3	0,9213	0,200
0,90	1,0522	1,17	2,4	0,8865	0,393	5,4	0,9222	0,197
0,95	1,0234	1,08	2,5	0,8873	0,380	5,5	0,9232	0,194
1	1	1	2,6	0,8882	0,367	5,6	0,9241	0,191
1,05	0,9603	0,934	2,7	0,8893	0,355	5,7	0,9251	0,188
1,10	0,9649	0,878	2,8	0,8905	0,344	5,8	0,9260	0,185
1,15	0,9517	0,830	2,9	0,8917	0,334	5,9	0,9269	0,183
1,20	0,9407	0,787	3	0,8930	0,325	6	0,9277	0,180
1,25	0,9314	0,750	3,1	0,8943	0,316	6,1	0,9286	0,177
1,30	0,9236	0,716	3,2	0,8957	0,307	6,2	0,9294	0,175
1,35	0,9170	0,687	3,3	0,8970	0,299	6,3	0,9302	0,172
1,40	0,9114	0,660	3,4	0,8984	0,292	6,4	0,9310	0,170
1,45	0,9067	0,635	3,5	0,8997	0,285	6,5	0,9318	0,168
			3,6	0,9011	0,278	6,6	0,9325	0,166
			3,7	0,9025	0,272	6,7	0,9333	0,163
			3,8	0,9038	0,266	6,8	0,9340	0,161
			3,9	0,9051	0,260	6,9	0,9347	0,160

DOCUMENT RÉPONSE DR1 (à rendre avec la copie)

QC1.2 : Représenter le schéma de la liaison entre l'axe du ventilateur et le bâti.



(en majuscules)

[illegible]

(en majuscules)

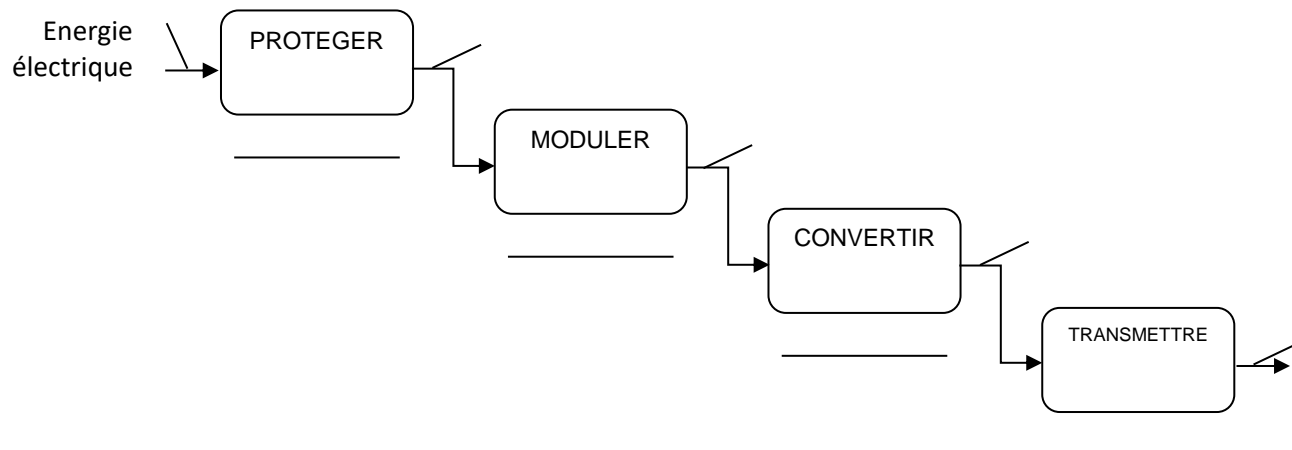
[illegible][illegible]

--	--	--

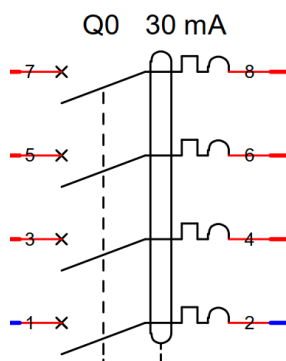


DOCUMENT RÉPONSE DR2 (à rendre avec la copie)

QD1. Compléter :



QD5. Repérer le symbole de la protection thermique, la protection magnétique et la protection différentielle.



(en majuscules)

[illegible]

(en majuscules)

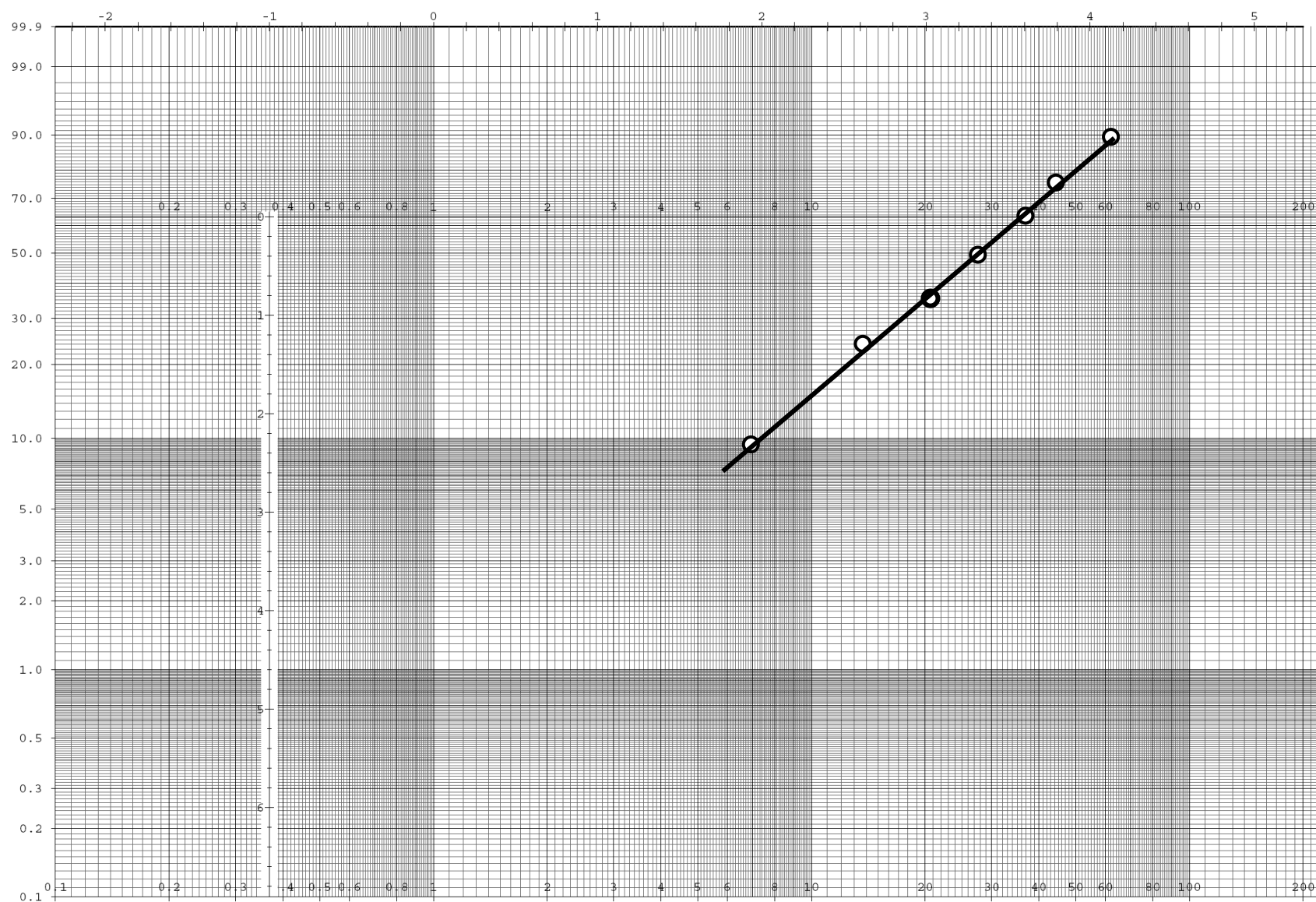
[illegible][illegible]

--	--	--



DOCUMENT RÉPONSE DR3 (à rendre avec la copie)

Réponse aux questions de la partie E



(en majuscules)

[illegible]

(en majuscules)

[illegible][illegible]

--	--	--



		/			/				
--	--	---	--	--	---	--	--	--	--