BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

MÉTIERS DES SERVICES À L'ENVIRONNEMENT

Épreuve E2 - Sous-épreuve U22 :

SCIENCES PHYSIQUES ET SCIENCES ET TECHNOLOGIES DES SYSTÈMES

SESSION 2020

Nettoyage de pièces mécaniques par aspersion

DUREE : 2 heures et 30 minutes

Coefficient : 2,5

Matériel autorisé :

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

L'étude de ce système se compose de six parties, de cinq documents techniques et de 5 documents réponses.

Partie A - Choix économique du laveur	6 points
Partie B - Analyse fonctionnelle	6 points
Partie C - Validation des performances mécaniques	20 points
Partie D - Validation des pressions au niveau des buses	21 points
Partie E - Choix d'une stratégie de maintenance	15 points
Partie F - Vérification du choix du moteur de pompe	12 points
Total	80 points

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

Le sujet se compose de 18 pages numérotées de 1/18 à 18/18.

5 documents réponses à rendre avec la copie :

pages 14/18 à 18/18.

Présentation du système.

Une société de fabrication de pièces mécaniques prévoit l'acquisition d'un laveur automatique par aspersion avec panier rotatif en version mécanique de référence « EVOSPRAY MECA ESA-M » afin de pouvoir nettoyer ses pièces après usinage.

Le laveur permet le traitement automatique de pièces de petites et moyennes dimensions.

Les pièces sont disposées dans un panier inox qui tourne lentement grâce à un motoréducteur électrique avec limiteur de couple.

Le lavage se fait avec des buses basse et haute d'aspersions respectivement au-dessus et en dessous du panier inox. Avec ce procédé, on obtient une excellente qualité de lavage.

Partie A - Choix économique du laveur.

La société doit choisir le modèle de laveur entre plusieurs références.

Le critère économique retenu sera le coût d'utilisation pour un an.

La production annuelle de la société est de 10 000 pièces par an.

Répondre directement sur le **DR1** pour les questions suivantes.

A.1 Calculer le nombre de cycle de lavage pour un an d'utilisation.

A.2 Calculer la consommation énergétique annuelle.

A.3 Calculer le coût d'utilisation par an sachant que le prix d'un kWh est de 0,15 €.

A.4 Choisir la référence du laveur.

Partie B - Analyse fonctionnelle

La description de la machine est donnée sur le **DT1**

B.1 Compléter le **DR1** relatif à l'analyse fonctionnelle A-0 en plaçant les termes suivants : {Laver les pièces}, {énergie électrique}, {pièces propres}, {minuteur}, {pièces à laver}, {sélecteur marche – arrêt}.

B.2 Compléter le **DR2** relatif à la description fonctionnelle **F.A.S.T.** en plaçant les solutions constructives suivantes : {pompe}, {motoréducteur}, {panier tournant}, {buses d'aspersion}.

Partie C - Validation des performances mécaniques

Afin que les pièces soient correctement exposées au produit de nettoyage, la fréquence de rotation du panier ne doit pas dépasser 4 $tr \cdot min^{-1}$. L'étude suivante a pour but de valider cette exigence. La chaîne d'énergie est décrite sur le **DT2.**

C.1 Sur le **DR2**, **donner** le nom de la liaison entre le panier et la chambre de lavage et **compléter** le schéma cinématique**.**

C.2 Relever la fréquence de rotation du moteur.

C.3 Déterminer la fréquence de rotation de l'axe d'entraînement.

C.4 Déterminer le rapport de transmission de l'ensemble axe/panier.

C.5 Déterminer la fréquence de rotation du panier.

C.6 Conclure sur la fréquence de rotation du panier en $tr \cdot min^{-1}$.

Le laveur est équipé d'un limiteur de couple placé en sortie du motoréducteur. Son rôle est de protéger le moteur au cas où une pièce bloque la rotation du panier. On souhaite le régler de façon à ce que le moteur ne dépasse pas son couple nominal.

C.7 Relever la puissance du moteur.

C.8 Déterminer la vitesse angulaire du moteur (rad·s^{-1}) et vérifier que le couple en sortie du moteur vaut 0,6 N.m.

C.9 Déterminer la puissance en sortie du motoréducteur.

C.10 Déterminer le couple en sortie du motoréducteur.

C.11 Choisir la position du limiteur de couple permettant de ne pas dépasser le couple nominal du moteur en vous aidant du document **DT2**.

Partie D - Validation des pressions au niveau des buses

Afin d'assurer le nettoyage des pièces, la pression au niveau des buses doit être de 2 x 10^5 Pa minimum. L'objectif de cette partie est de valider les caractéristiques de la pompe afin de répondre au cahier des charges.

Données :

Diamètre des tubes d'alimentation des buses : 15 mm
Débit volumique de la pompe : 90 L.min^{-1}
Altitude des buses :

- Buse basse B : z_B = 0,40 m
- Buse haute C : z_c = 0,80 m

Pression au niveau des buses : p_B et p_C
Pression à la surface du réservoir : $p_A = p_{atmo}$ = 1,0 x 10^5 Pa

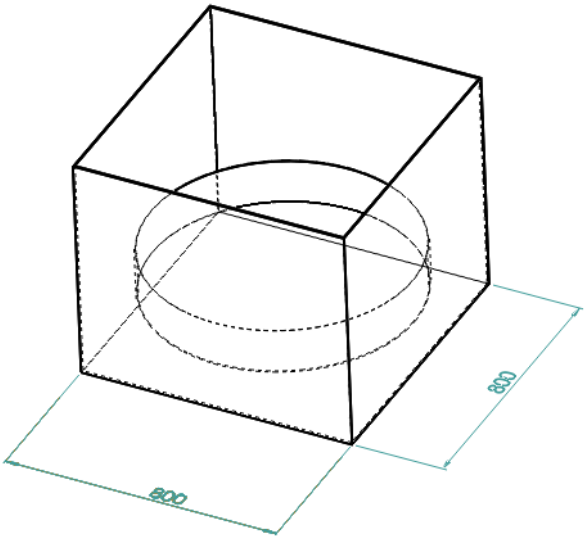
Vitesse du fluide :

- à la surface du réservoir, v_A (Négligeable devant v_P, v_B et v_C)
- en sortie de pompe, v_P
- au niveau de la buse basse, v_B
- au niveau de la buse haute, v_C

Hauteur manométrique de la pompe : H_{mt} = 14 m
Pertes de charges dans la tuyauterie : J = 1,0 m
Masse volumique de l'eau : ρ_{eau} = 1,0 x 10^3 kg·m^{-3}
Accélération de la pesanteur : g = 9,8 m·s^{-2}
Équation de Bernoulli en régime stationnaire pour un écoulement d'un point 1 vers un point 2 :

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{{V_1}^2}{2g} - J_{12} + H_{mt} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{{V_2}^2}{2g}$$

On considère que le laveur choisi est le « **ESA 80M »**.
Le réservoir du laveur est schématisé ci-dessous :
Dimension de la base : 800 mm x 800 mm



D.1 Relever la capacité du réservoir en litres d'après la documentation technique **DT1**.

Pour le bon fonctionnement du laveur, le réservoir est rempli à 100 % de sa capacité avec une solution dégraissante.

D.2 Calculer la hauteur de la solution z_A en mm dans le bac connaissant les dimensions de la base du bac (voir schéma ci-dessus).

D.3 Placer les valeurs de z_A, z_B et z_C sur le document réponse **DR3**.

D.4 Un fluide en écoulement subit des pertes de charges. **Rappeler** les causes de l'existence des pertes de charge.

D.5 Relever le débit de la pompe et **montrer** que la valeur de la vitesse du fluide en sortie de pompe est $v_P = 8{,}5\ m \cdot s^{-1}$.

D.6 Calculer la valeur de la vitesse du fluide en B et en C juste avant les buses.

Pour la suite prendre z_A = 0,20 m.

D.7 En s'appuyant sur l'équation de Bernoulli, **déterminer** la pression au point C juste avant la buse.

D.8 Conclure sur les pressions au niveau des buses par rapport aux exigences du cahier des charges.

Partie E - Choix d'une stratégie de maintenance

Etude de la disponibilité du laveur :

Pour obtenir un fonctionnement optimal du système de lavage, on veut limiter au maximum les arrêts dus aux différents problèmes. Dans un premier temps, on cherche à identifier les éléments les plus pénalisants de ce point de vue.

Un relevé sur 12 mois des incidents qui ont provoqué l'arrêt du laveur est donné sur le **DT3.**

Les types de panne sont référencés de la façon suivante :

- ELECTRIQUE (E) : panne électrique du moteur de pompe ou du moteur de rotation du panier.
- MECANIQUE (M) : panne mécanique sur la transmission du système de rotation panier.
- FLUIDE (F) : panne hydraulique du système d'aspersion.
- AUTRES (A) : panne ou vérification du système.

E.1 Compléter le tableau sur le **DR3** du nombre d'intervention n par ordre décroissant.

Pour les 2 questions suivantes, compléter le **DR4** et le **DR5** :

E.2 Construire les 3 graphes en fonction du type de panne (E, M, F, A) et **argumenter** vos conclusions intermédiaires.

E.3 Conclure de façon générale sur l'étude de disponibilité.

Partie F - Vérification du choix du moteur de pompe.

Suite à un incident d'ordre électrique, il faut changer le moteur de la pompe de lavage.

F.1 En vous aidant du **DT4, indiquer** le titre d'habilitation de la personne qui doit mettre l'installation hors tension, afin que l'électricien puisse effectuer la réparation sans danger.

F.2 Préciser les 4 étapes obligatoires d'une consignation.

Le type de moteur de la pompe du laveur est : **FLS 80 (voir DT4)**

F.3 Relever l'indice de protection du moteur de la pompe de lavage.

F.4 Préciser et **argumenter** le choix du niveau de cette indice de protection par rapport au laveur en vous aidant du **DT6.**

F.5 Après lecture du schéma électrique du laveur sur **DT5**, **compléter** le tableau sur le **DR5** en donnant la désignation ou le nom des éléments repérés ainsi que leur fonction.

Afin de vérifier le bon fonctionnement de la pompe, l'électricien chargé de la réparation a effectué un essai et mesuré la puissance du moteur de la pompe de lavage.

Il a relevé P_{pompe} = 780 W.

F.6 Justifier le fait que la puissance mesurée est différente de la puissance donnée par le constructeur du moteur.

F.7 Vérifier par calcul que la puissance P_{pompe} mesurée est correcte en vous aidant du **DT4** « moteur électrique pompe », sachant que le moteur fonctionne à 75 % du couple nominal.

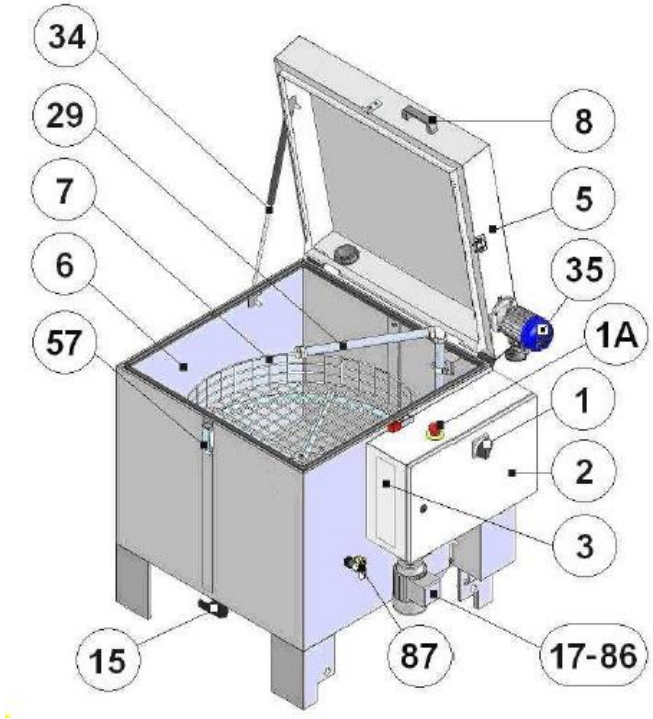
Conclure sur le choix actuel de ce moteur.

DT1 - Description et caractéristiques des laveurs

Caractéristiques techniques EVOSPRAY MECA ESA-M

Caractéristiques techniques	REFERENCE	ESA 60 M	ESA 80 M
Encombrement machine fermée	L x P x H en mm	920 x 780 x 1000	1120 x 1000 x 1100
Encombrement machine ouverte	L x P x H en mm	920 x 860 x 1530	1120 x 1050 x 1850
Capacité de lavage	Ø x H en mm	580 x 380	780 x 430
Charge utile du panier	kg	100	100
Capacité du réservoir	Litre	60	130
Débit pompe	Litre/min	80	90

Description de la machine



1	Interrupteur général
1A	Arrêt d'urgence
2	Tableau électrique
3	Pupitre de commande
5	Couvercle chambre de lavage
6	Chambre de lavage
7	Panier tournant porte pièces
8	Poignée d'ouverture/fermeture du couvercle
15	Vidange réservoir de lavage
17	Motoréducteur de rotation panier tournant porte-pièces
29	Colonne distribution lavage et buses
34	Ressort à gaz d'ouverture/fermeture couvercle
35	Aspirateur vapeur
57	Dispositif de blocage du couvercle
86	Séparateur d'huile
87	Vanne de vidange de l'huile

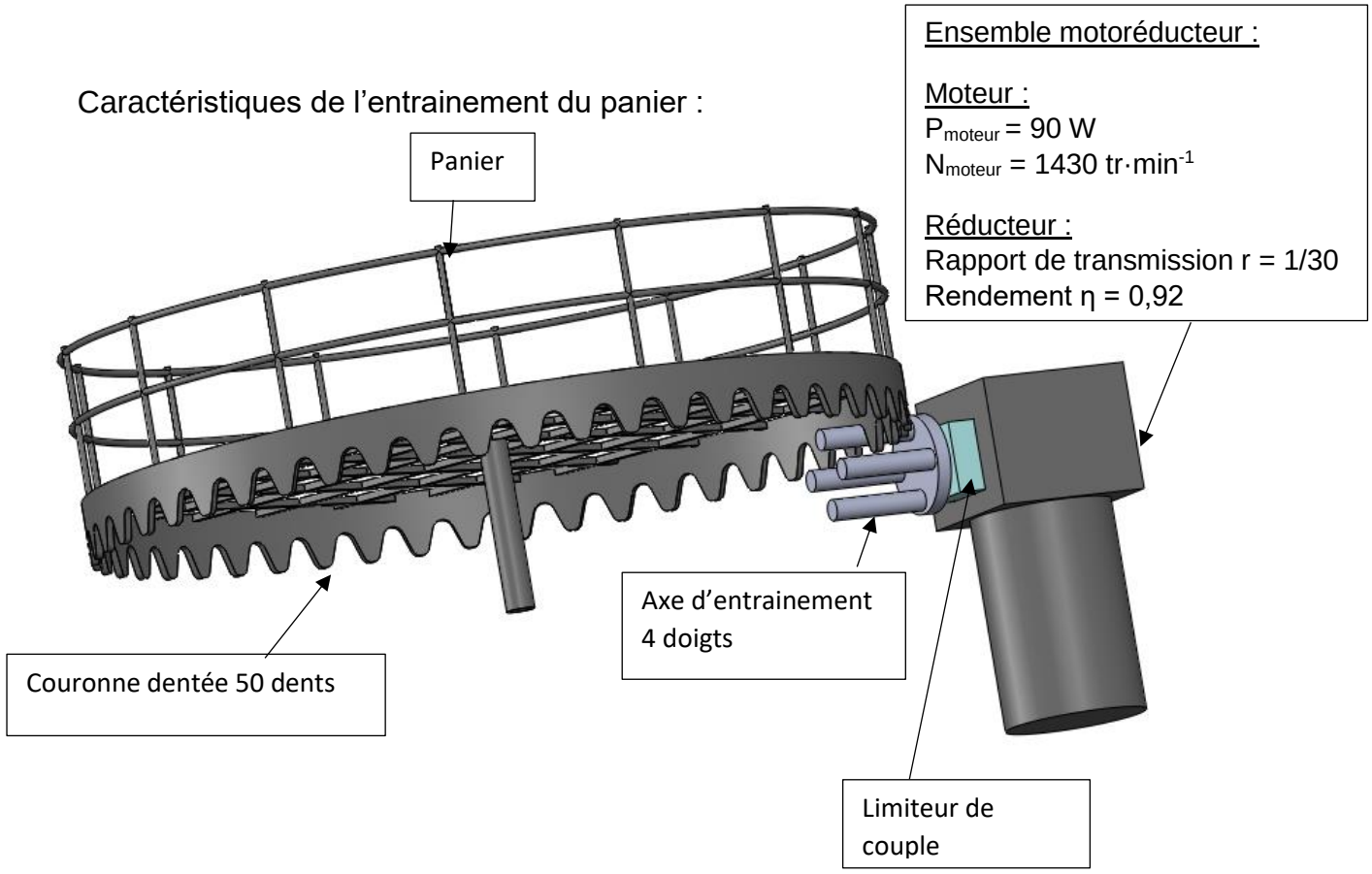
Les pièces à nettoyer sont placées dans le panier 7. Celui-ci est entrainé en rotation par le moteur 17 et la chaine de transmission décrite sur le DT2.

L'opérateur peut régler la température du liquide dans la cuve et la durée de traitement (minuteur).

L'aspersion se fait grâce à deux buses placées une au dessous et l'autre au dessus du panier.

DT2 - Description et caractéristiques de la chaîne d'énergie

Caractéristiques de l'entrainement du panier :



Réglage limiteur de couple

Position	1	2	3
Couple maximal	10 N·m	15 N·m	20 N·m

DT3 - Historique des pannes

Historique des pannes sur 12 mois :

	TEMPS D'ARRET TOTAL	TYPE DE PANNES			
MOIS	EN HEURE	FLUIDE	MECA	ELECT	AUTRES
M1	1 h	2			
M1	2 h		2		
M2	3 h		1		
M2	2 h			1	
M3	1 h				1
M3	3 h	1			
M4	0,5 h	1			
M4	3 h			1	
M5	1 h	1			
M6	3 h			1	
M6	0,5 h		2		
M7	0,5 h		2		
M7	2 h	1			
M8	3 h	1			
M8	2 h				2
M9	2 h			1	
M9	3 h		1		
M10	1 h		2		
M10	3 h	1			
M11	1 h		1		
M11	2 h			1	
M12	1 h		1		
M12	0,5 h	1			

Lecture du tableau :

Exemple première ligne 1 : il faut lire « Durant le mois 1, il y a eu 2 pannes d'ordre fluide avec une durée totale des interventions de 1 heure ».

DT4

Moteur électrique de la pompe

Moteur électrique triphasé de la pompe du laveur.

Moteurs asynchrones triphasés fermés
Carter fonte FLS
Caractéristiques électriques

4 pôles 1500 min⁻¹

IP 55
Cl. F - ΔT 80 K
400 V

Utilisable à 400 V ±10%

EFF 2

RÉSEAU Δ 230 / Y 400 V ou Δ 400 V — 50 Hz

Type	Puissance à 50 Hz	Vitesse nominale	Couple nominal	Intensité nominale	Facteur de puissance			Rendement		
	kW	min^{-1}	N.m	A	50 %	75 %	100 %	50 %	75 %	100 %
FLS 80	0,55	1410	3,7	1,6	0,56	0,69	0,74	65	69,4	69,2
FLS 80 L	0,75	1425	5	2	0,58	0,70	0,75	70	73	72,5
FLS 90 S	1,1	1429	7,5	2,5	0,68	0,77	0,83	76	78,4	78
FLS 90 L	1,5	1428	10	3,3	0,62	0,74	0,82	77	79,4	79,5
FLS 90 L	1,8	1438	12,3	4	0,63	0,75	0,82	79	80,8	80,1
FLS 100 LK	2,2	1457	15	4,6	0,67	0,77	0,83	82,2	84,4	83,8

Habilitation électrique

- **Basse Tension**

CHARGÉ DE CONSIGNATION BC
- Consigne (1ère étape et 2e étape)
- Déconsigne

CHARGÉ D'EXPLOITATION

AUTORISE LES ACCÈS AUX OUVRAGES

CHARGÉ DE TRAVAUX B2 - B2V
- Assure la direction des travaux confiés aux exécutants
- Responsable de la sécurité sur le chantier
- Peut procéder à la seconde étape de consignation
- Exécute des opérations d'ordre électrique hors tension ou au voisinage (V)

CHARGÉ D'INTERVENTION GÉNÉRALE BR
- Intervient suite à une panne
- Connecte et déconnecte en présence de tension
- Met en service un équipement
- Procède à des mesures
- Consigne / déconsigne pour son propre compte ou pour son exécutant éventuel

SURVEILLANT ÉLECTRIQUE

Veille à la sécurité des exécutants dans les limites de tension ou la nature des opérations correspondantes.

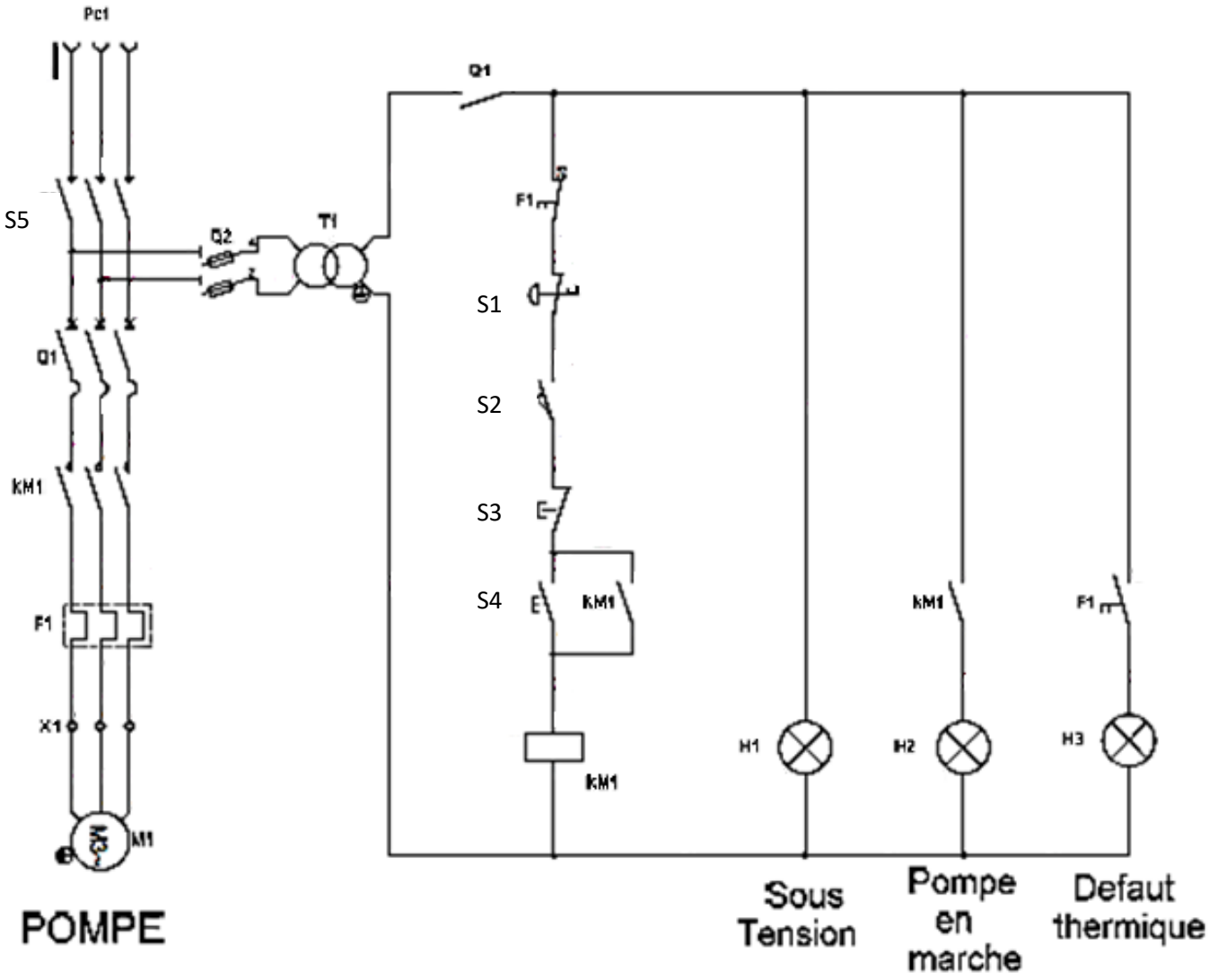
EXÉCUTANT ÉLECTRICIEN B1 - B1V
- Exécute des opérations d'ordre électrique

EXÉCUTANT NON ÉLECTRICIEN B0

DT5 - Schéma électrique de la pompe

Schéma électrique simplifié du moteur de la pompe uniquement :

Réseau alimentation 230 / 400 V + PE.



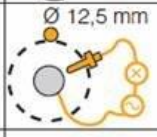
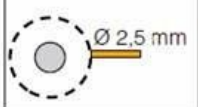
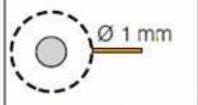
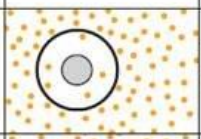
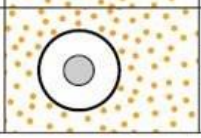
-	S1	-	Arrêt d'urgence
-	S2	-	Contact sécurité capot
-	S3	-	Arrêt
-	S4	-	Marche
-	S5	-	Interrupteur de puissance

DT6 – Indices de protection

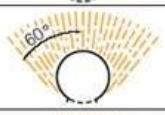
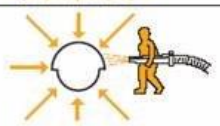
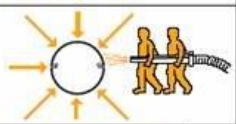
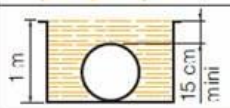
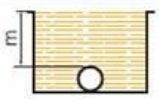
Protection contre les corps solides et liquides :
Indices de protection - IP

Degré de protection des enveloppes des matériels électriques selon normes CEI 60529, EN 60529 et NF C 20-010

1er chiffre :
protection contre les corps solides

IP	tests	
0		Pas de protection
1		Protégé contre les corps solides supérieurs à 50 mm (ex. : contacts involontaires de la main)
2		Protégé contre les corps solides supérieurs à 12,5 mm (ex. : doigt de la main)
3		Protégé contre les corps solides supérieurs à 2,5 mm (outils, vis)
4		Protégé contre les corps solides supérieurs à 1 mm (outils fins, petit fils)
5		Protégé contre les poussières (pas de dépôt nuisible)
6		Totalement protégé contre les poussières

2e chiffre :
protection contre les corps liquides

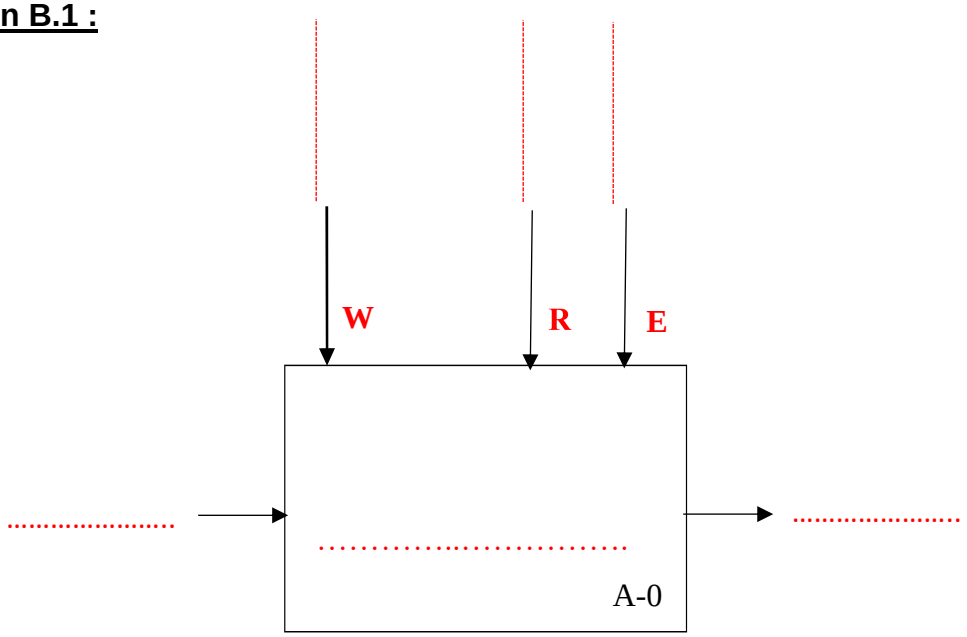
IP	tests	
0		Pas de protection
1		Protégé contre les chutes verticales de gouttes d'eau (condensation)
2		Protégé contre les chutes de gouttes d'eau jusqu'à 15° de la verticale
3		Protégé contre l'eau en pluie jusqu'à 60° de la verticale
4		Protégé contre les projections d'eau de toutes directions
5		Protégé contre les jets d'eau de toutes directions à la lance
6		Totalement protégé contre les projections d'eau assimilables aux paquets de mer
7		Protégé contre les effets de l'immersion
8		Protégé contre les effets de l'immersion prolongée dans des conditions spécifiées

DR1 *À rendre avec la copie.*

Question A.1 à A.4

REFERENCE	QUESTION	ESA 60 M	ESA 80 M
Consommation/cycle KWh		5,1	5,5
Nombre de pièce par cycle		5	9
Nombre de cycle/an	A.1		
Consommation/an	A.2		
Coût/an €/an	A.3		
Référence du laveur choisi	A.4		

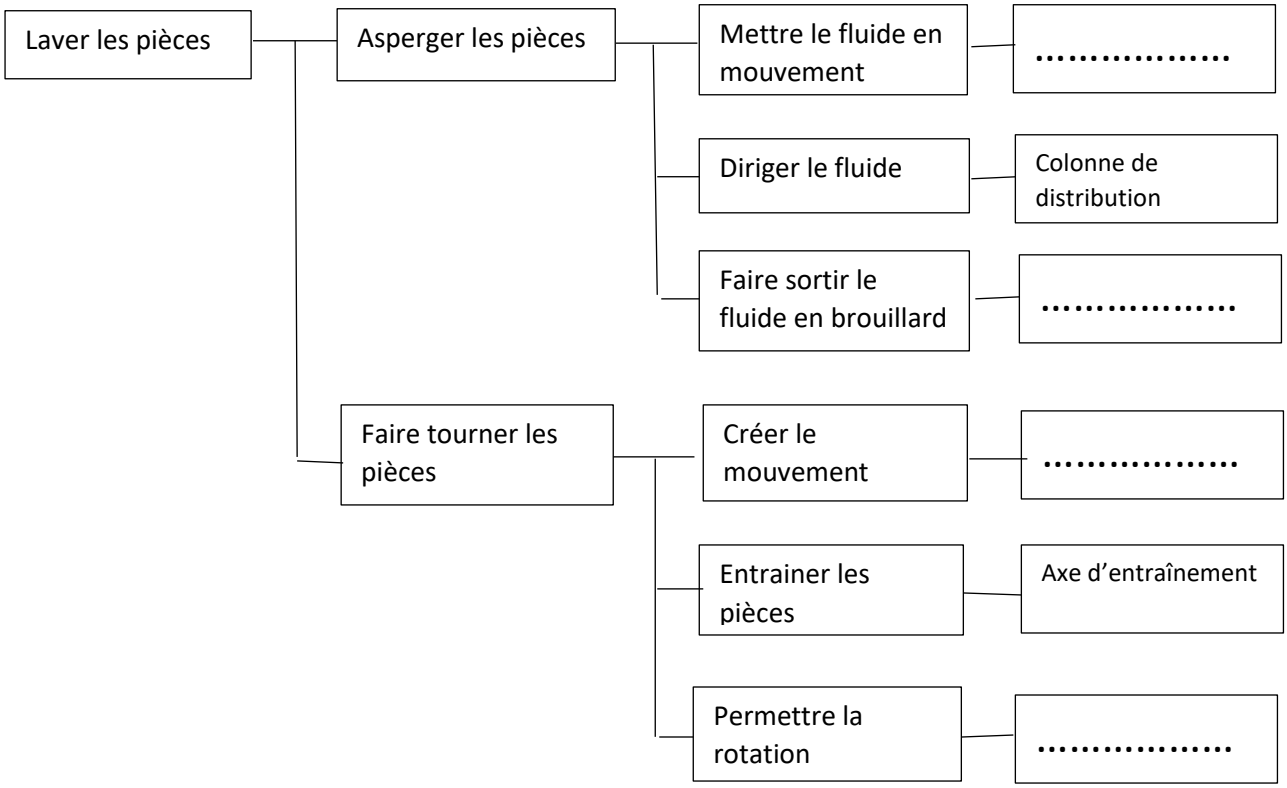
Question B.1 :



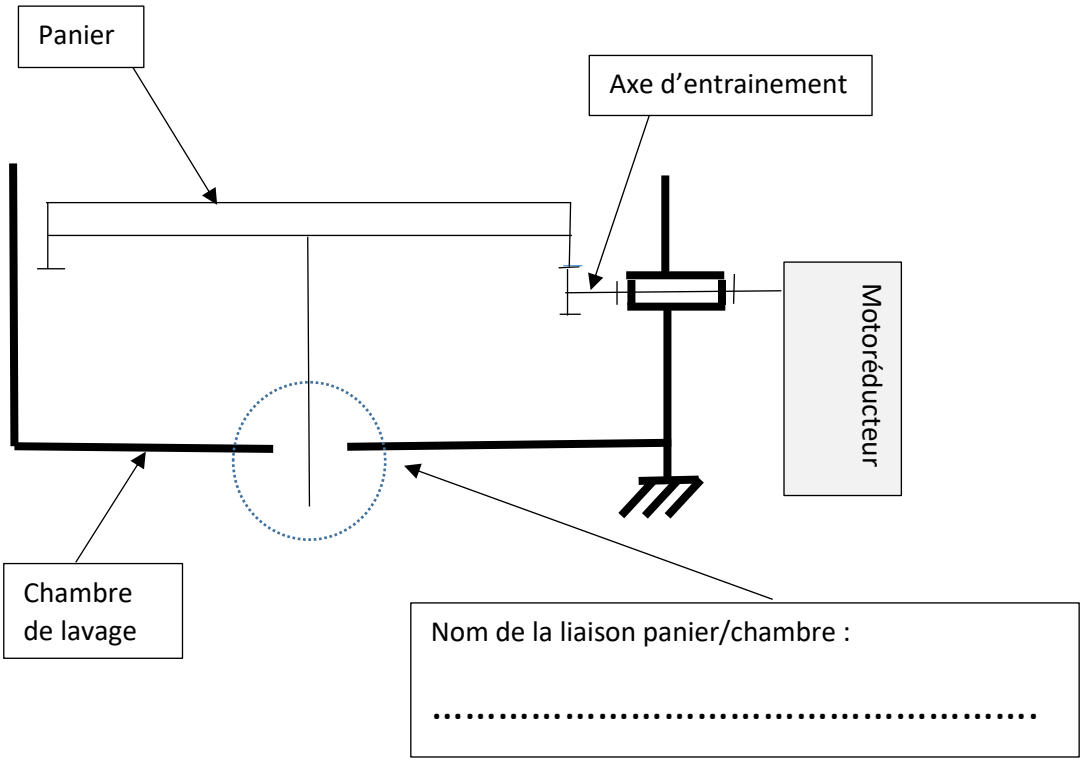
Laveur

DR2 *À rendre avec la copie.*

Question B.2 :

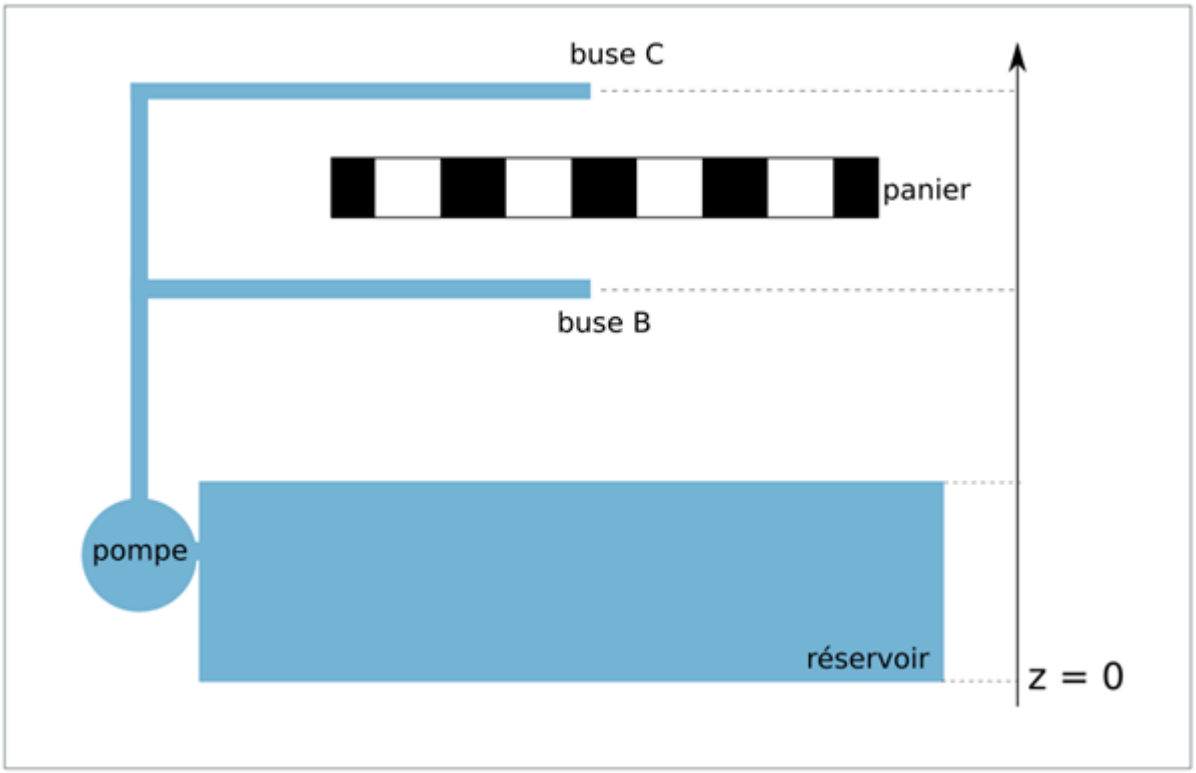


Question C.1 :



DR3 *À rendre avec la copie.*

Question D.3

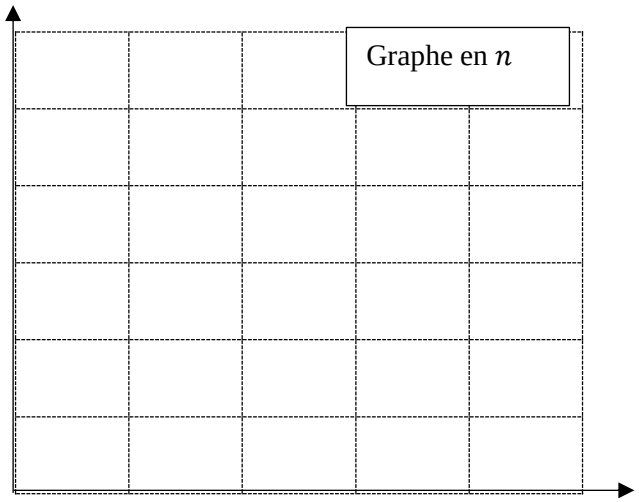


Question E.1 :

Type de panne	Nombre d'interventions	Durée totale	Durée moyenne

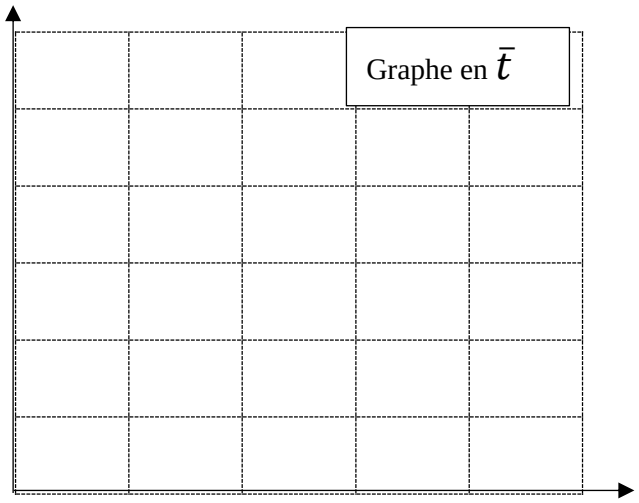
DR4 *À rendre avec la copie.*

Question E.2



Conclusion sur le graphe en n : ……

……



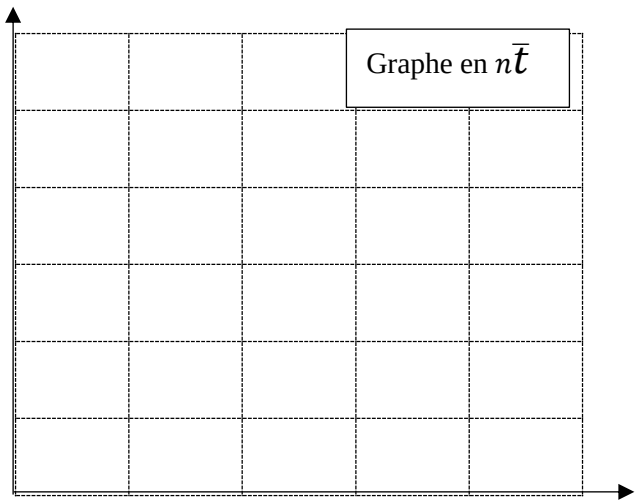
Type de panne	Durée moyenne

Conclusion sur le graphe en $\bar{t}$: ……

……

DR5 *À rendre avec la copie.*

Question E.2



Type de panne	Durée totale

Conclusion sur le graphe en n$\bar{t}$: ……

……

E.3 Conclusion générale : ……

……

Question F.5 :

Repère	Désignation/nom	Fonction dans le montage
Q1 Puissance		
KM1 Puissance		
F1 Puissance		
S2 Commande		