

٢٠٨٨٤٢١ ٨٤٢٠٤٢

المملكة المغربية

٢٠٤٢٠٤٢١ ٨٤٢٠٤٢

وزارة التربية الوطنية

٨ ٨٤٢٠٤٢١ ٨ ٨٤٢٠٤٢

والتعليم الأولي والرياضة



المركز الوطني لامتحانات المدرسية وتقييم التعلّات

صفحة حافظة لا تستنسخ

2025

الاستدراكية

الدورة

الموضوع

γ***

LLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLL

RS

RS - 45

علوم المهندس

شعبة العلوم والتكنولوجيا: مسلك العلوم والتكنولوجيا الميكانيكية

الصفحة	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا الدورة الاستدراكية 2025 -الموضوع-		المملكة المغربية وزارة التربية الوطنية والتعليم الأولي والرياضة المركز الوطني للامتحانات المدرسية وتقييم التعليمات
1			
18			
Y***			
	LLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLL	RS - 45	

4h	مدة الإنجاز	علوم المهندس	المادة
8	المعامل	شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الشعبة أو المسلك

Constitution de l'épreuve

Volet 1 : Présentation de l'épreuve	: page 1/18
Volet 2 : Présentation du support	: pages 2/18 et 3/18
Volet 3 : Substrat du sujet	: pages de 4/18 à 12/18
- Situation d'évaluation 01	: pages de 5/18 à 7/18
- Situation d'évaluation 02	: pages de 7/18 à 9/18
- Situation d'évaluation 03	: pages de 9/18 à 12/18
- Documents réponses (DREP)	: pages de 5/18 à 12/18 (à rendre par le candidat)
Volet 4 : Documents ressources (DRES)	: pages de 13/18 à 18/18

Volet 1 : Présentation de l'épreuve

- Système à étudier : UNITÉ DE POMPAGE D'UNE STATION DE DESSALEMENT DE L'EAU DE MER ;
- Durée de l'épreuve : 4 heures ;
- Coefficient : 8 ;
- Moyen de calcul autorisé : Calculatrice non programmable ;
- Documents autorisés : aucun ;
- Les candidats rédigeront leurs réponses sur les documents réponses (DREP) prévus à cet effet.

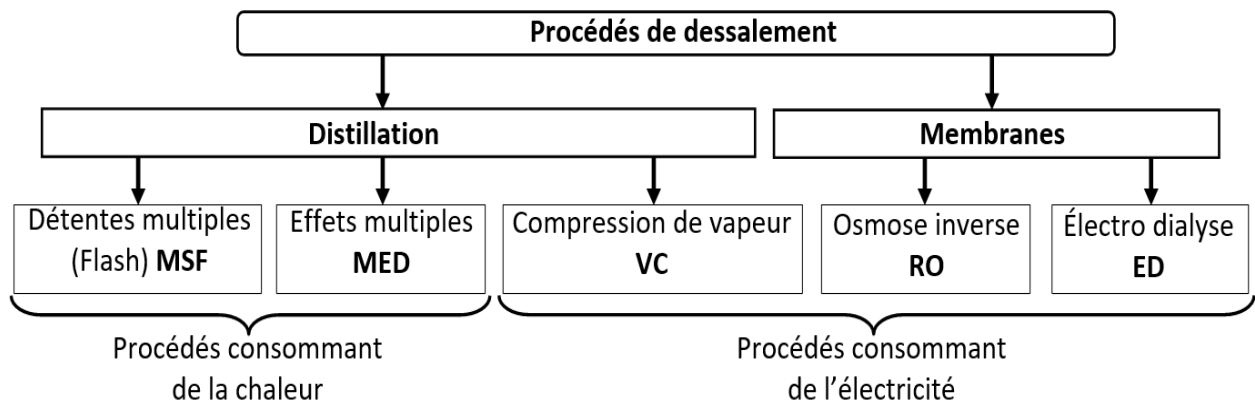
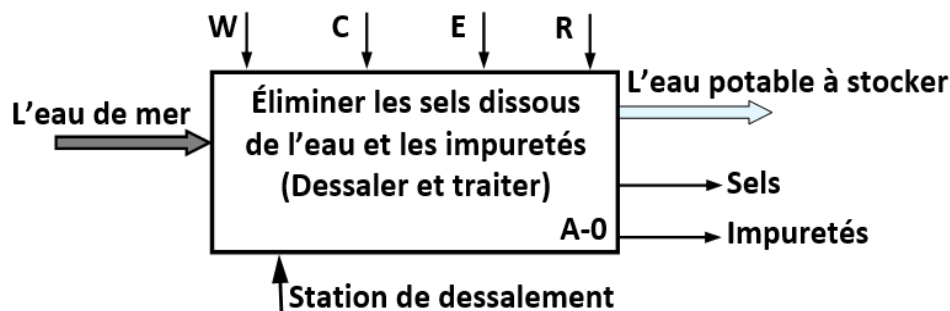
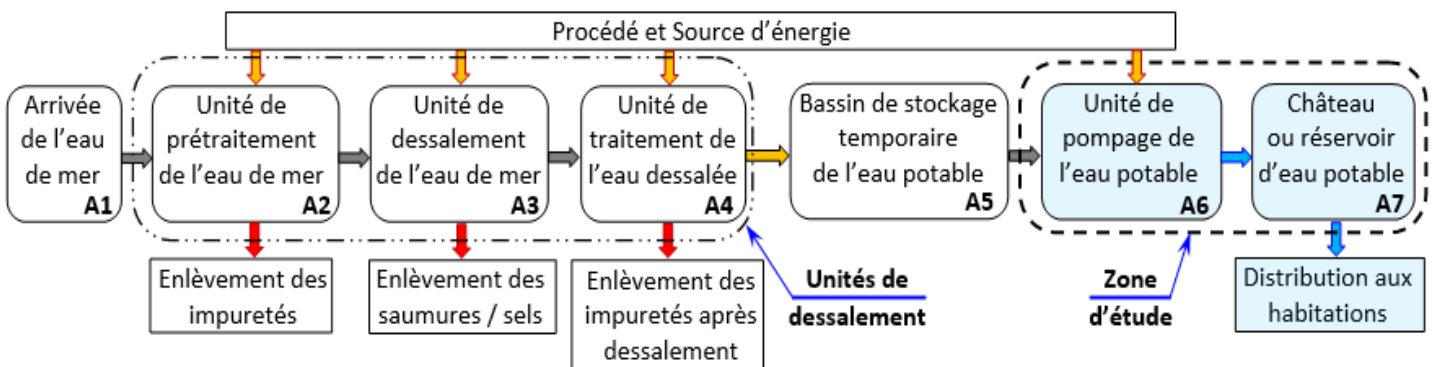
GRILLE DE NOTATION

SITUATION D'ÉVALUATION 01		SITUATION D'ÉVALUATION 02		SITUATION D'ÉVALUATION 03	
TACHE 1.1		TACHE 2.1		TACHE 3.1	
a	0,75pt	a	2pts	a	2pts
b	1pt	b	1pt	b	0,5pt
c	0,5pt	c	1pt	c	3pts
TACHE 1.2		TACHE 2.2		TACHE 3.2	
a	2pts	a	2pts	a	2,5pts
b	1,5pt	b	4pts	b	3pts
c	0,75pt	c	2pts	c	2pts
d	4pts	d	2pts	d	2pts
TACHE 1.3		TACHE 2.3		e	2,75pts
a	2pts	a	2pts	f	2pts
b	1,5pt	b	2pts	g	2pts
c	2pts	c	2pts	h	2pts
d	2pts	d	d1 1pt	i	2pts
				j	2pts
				TACHE 3.3	
				a	2pts
				b	1pt
				c	1pt
				d	1pt
				e	6,25pts
				f	1pt
Total SEV01	18 pts	Total SEV02	22 pts	Total SEV03	40 pts
TOTAL : /80 Points					

Volet 2 : Présentation du support :**⇒ Mise en situation :**

Actuellement, les habitants de quelques régions du Maroc souffrent du manque de l'eau potable. Cela est dû à la diminution des précipitations, l'évolution de la démographie et l'augmentation de la consommation de l'eau potable. Pour faire face à cette pénurie d'eau potable, le Maroc a lancé ces dernières années, un programme ambitieux de création des stations de dessalement de l'eau de mer dans certaines villes côtières. Ce programme vient comme une alternative puisque les ressources conventionnelles (barrages, cours d'eau, nappes phréatique) deviennent insuffisantes.

L'eau de mer contient, en moyenne, **35 g/l** de sel. Le dessalement est un processus qui consiste à séparer les sels dissous de l'eau, ensuite elle sera traitée pour la rendre potable. La plupart des stations utilisent un procédé de dessalement et une source d'énergie. Elles sont organisées comme suit :

⇒ Procédés de dessalement de l'eau de mer :**⇒ SADT de la station de dessalement de l'eau de mer :****⇒ Schéma de principe d'une station de dessalement de l'eau de mer :**

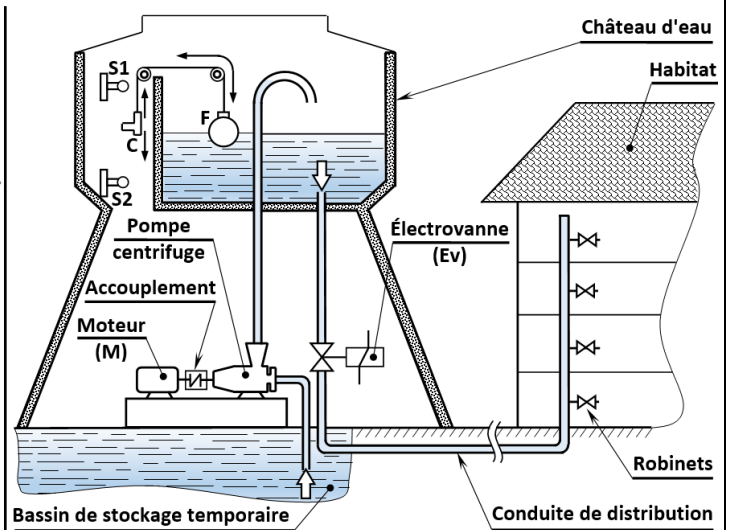
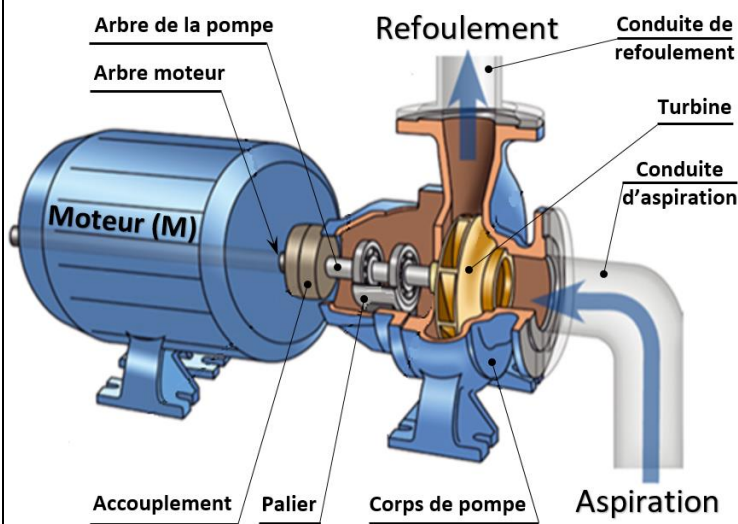
⇒ Unité de dessalement de l'eau de mer :

Après le prétraitement, l'eau de mer passe dans les unités de dessalement et de traitement pour qu'elle soit dessalée et traitée. Ensuite, elle sera évacuée vers un bassin de stockage temporaire avant qu'elle soit pompée (par l'unité de pompage de l'eau potable) vers le réservoir d'un château d'eau puis distribuée, par gravitation, aux consommateurs (habitations au voisinage de ce château).

⇒ Présentation de l'unité de pompage de l'eau potable : (Voir les schémas ci-dessous)

L'unité de pompage a pour fonction essentielle, de **pomper l'eau potable**, depuis un bassin de stockage temporaire, dans le but de **remplir le château d'eau**. Cette unité de pompage contient, entre autres, les éléments suivants :

- Un **moteur** électrique (**M**) d'une puissance P_m , et d'une fréquence de rotation N_m ;
- Une **pompe** hydraulique centrifuge (P_h) ;
- Un **accouplement** (A_{cc}) liant l'arbre de sortie du moteur (**M**) à l'arbre d'entrée de la pompe (P_h) ;
- Des conduites d'aspiration et de refoulement de même diamètre d .

⇒ Problématique et objectifs :

La capacité du château actuel devient insuffisante devant l'évolution de la démographie et l'augmentation du besoin en eau potable par les consommateurs (habitants au voisinage de ce château). Pour cela, le bureau d'étude du service de production de l'eau potable, propose l'augmentation de la capacité du réservoir du château d'eau actuel, en agissant sur sa hauteur, pour répondre à ce besoin urgent en eau potable. Cette proposition, une fois validée, influencera directement les caractéristiques de la pompe centrifuge alimentant le château d'eau. Par conséquent, la revue partielle de quelques éléments essentiels de l'unité de pompage (Moteur, Pompe, Conduites) s'impose.

Vous faites partie des membres du bureau d'études de ce service, votre participation consistera à :

- Appréhender et analyser le fonctionnement de quelques éléments de l'unité de pompage ;
- Vérifier quelques caractéristiques de la pompe centrifuge alimentant le château d'eau ;
- Choisir le moteur électrique adéquat entraînant la pompe centrifuge alimentant le château d'eau ;
- Vérifier la résistance d'une pièce, de la pompe centrifuge de l'unité de pompage, à la torsion simple ;
- Étudier partiellement la production d'une pièce de la pompe centrifuge de l'unité de pompage.

Volet 3 : Substrat du sujet :

SEV 01	<i>Étude fonctionnelle, analyse technique de quelques éléments de l'unité de pompage de la station de dessalement, représentation graphique d'une liaison mécanique ainsi que l'automatisation partielle du fonctionnement du château d'eau.</i>	18 Points
-------------------	--	----------------------

Tâche 1.1 : Étude fonctionnelle de quelques éléments de l'unité de pompage : /2,25pts
 En se référant à la présentation du support (pages 2/18 et 3/18), répondre aux questions du DREP (page 5/18).

Tâche 1.2 : Analyse technique de quelques pièces de la pompe de l'unité de pompage de la station de dessalement de l'eau de mer et représentation graphique d'une solution technologique : /8,25pts
 En utilisant les DRES (pages 13/18 et 14/18), répondre aux questions des DREP (pages 5/18 et 6/18).

Tâche 1.3 : Étude partielle de l'automatisation du fonctionnement du château d'eau : /7,5pts
 Le système d'automatisation du fonctionnement du château est équipé partiellement d'un bouton de départ cycle **Dcy** et d'un bouton d'arrêt d'urgence **Au**. Une durée **Tt = 5 s**, de temporisation est nécessaire pour éviter les démarrages fréquents du moteur.
 À l'aide des données des DRES (pages 14/18 et 15/18), répondre aux questions des DREP (pages 6/18 et 7/18).

SEV 02	<i>Vérification de quelques caractéristiques de la pompe de l'unité de pompage de la station de dessalement, choix du moteur électrique adéquat pour la pompe et vérification de la résistance à la torsion simple de l'arbre 2.</i>	22 Points
-------------------	--	----------------------

Tâche 2.1 : Détermination de quelques caractéristiques de la pompe centrifuge de l'unité de pompage :
 Le but de cette tâche est de déterminer la puissance mécanique P_m de la pompe afin de choisir par la suite son moteur adéquat. Cette pompe alimente le château d'eau à partir du bassin de stockage temporaire, par une conduite ayant un diamètre constant **d**. /4pts
 En se référant au DRES (page 16/18), répondre aux questions des DREP (pages 7/18 et 8/18).

Tâche 2.2 : Choix du moteur électrique adéquat entraînant la pompe centrifuge de l'unité de pompage de la station de dessalement de l'eau de mer : /10pts
 En utilisant les données du DRES (page 16/18), répondre aux questions du DREP (page 8/18).

Tâche 2.3 : Vérification de la résistance à la torsion de l'arbre 2 de la pompe de l'unité de pompage de la station de dessalement de l'eau de mer : /8pts
 En se référant au DRES (page 16/18), répondre aux questions des DREP (pages 8/18 et 9/18).

SEV 03	<i>Elaboration de quelques éléments du dossier de fabrication relatifs à la production en série de l'arbre 2 de la pompe de l'unité de pompage de l'eau potable.</i>	40 Points
-------------------	--	----------------------

Tâche 3.1 : Avant d'étudier la fabrication sérielle de l'arbre 2, on procède à une analyse de son dessin de définition.

En se référant au DRES (page 18/18), répondre aux questions des DREP (pages 9/18 et 10/18). /5,5pts

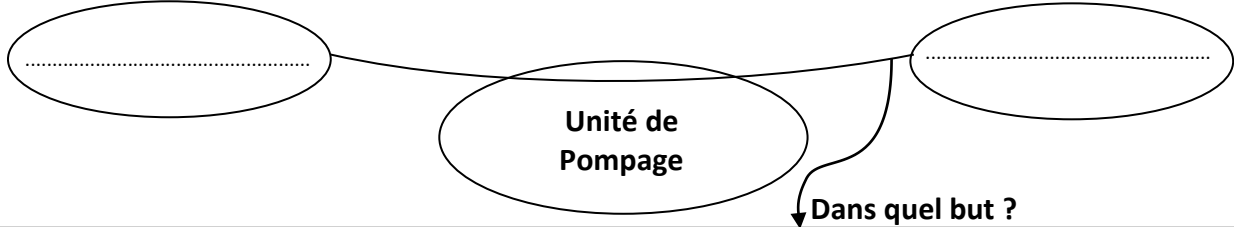
Tâche 3.2 : Dans cette tâche, on étudiera partiellement la **phase 40** spécifique à la production de l'arbre 2. Ainsi que l'outil de coupe utilisé pour réaliser en ébauche le diamètre **D4**. Pour cela, se référer aux DRES (pages 16/18 et 18/18) et répondre aux questions des DREP (pages 10/18 et 11/18). /22,25pts

Tâche 3.3 : Le contrôle statistique et l'établissement des cartes de contrôle de l'arbre 2 constituent une étape essentielle pour en assurer la qualification et optimiser les coûts.
 La cote contrôlée est $\varnothing 82k6$ ($es = +0,025$ et $ei = +0,003$). Les moyennes et les étendues sont calculées d'après dix échantillons, prélevés à des intervalles de temps réguliers, contenant cinq pièces chacun. En se référant aux DRES (pages 17/18 et 18/18), répondre aux questions des DREP (pages 11/18 et 12/18). /12,25pts

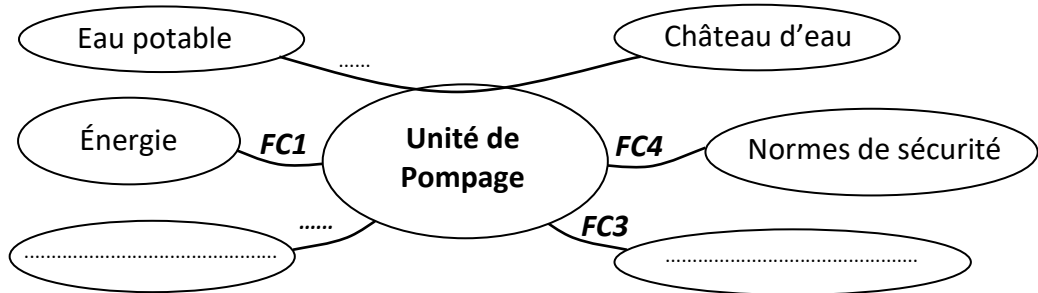
Documents réponses : (DREP)**SITUATION D'EVALUATION 01 :****Tâche 1.1 : Analyse fonctionnelle : Voir (pages 2/18 et 3/18)****a- Compléter** le diagramme « bête à cornes » suivant :**/0,75pt**

A (qui) à (quoi) rend-t-elle service ?

Sur (qui) sur (quoi) agit-elle ?



Dans quel but ?

b- Compléter le diagramme des interactions, à partir du tableau des expressions des fonctions de service de la question "c" :**/1pt****c- Compléter** le tableau des expressions des fonctions de service à partir du diagramme des interactions de la question "b" :**/0,5pt**

FP	Pomper l'eau potable pour remplir le château d'eau
FC1	
FC2	Réduire le coût de production au maximum
FC3	Respecter l'environnement (être silencieuse)
FC4	

Tâche 1.2 : Analyse technique et représentation graphique : Voir DRES (pages 13/18 et 14/18)**a- Compléter**, par le nom et la fonction des pièces choisies, le tableau suivant :**/2pts**

Repère des pièces	Nom	Fonction
6		
44		
45		
54		

b- Compléter, par le nom de la liaison et le nombre de degrés de liberté, le tableau suivant :**/1,5pt**

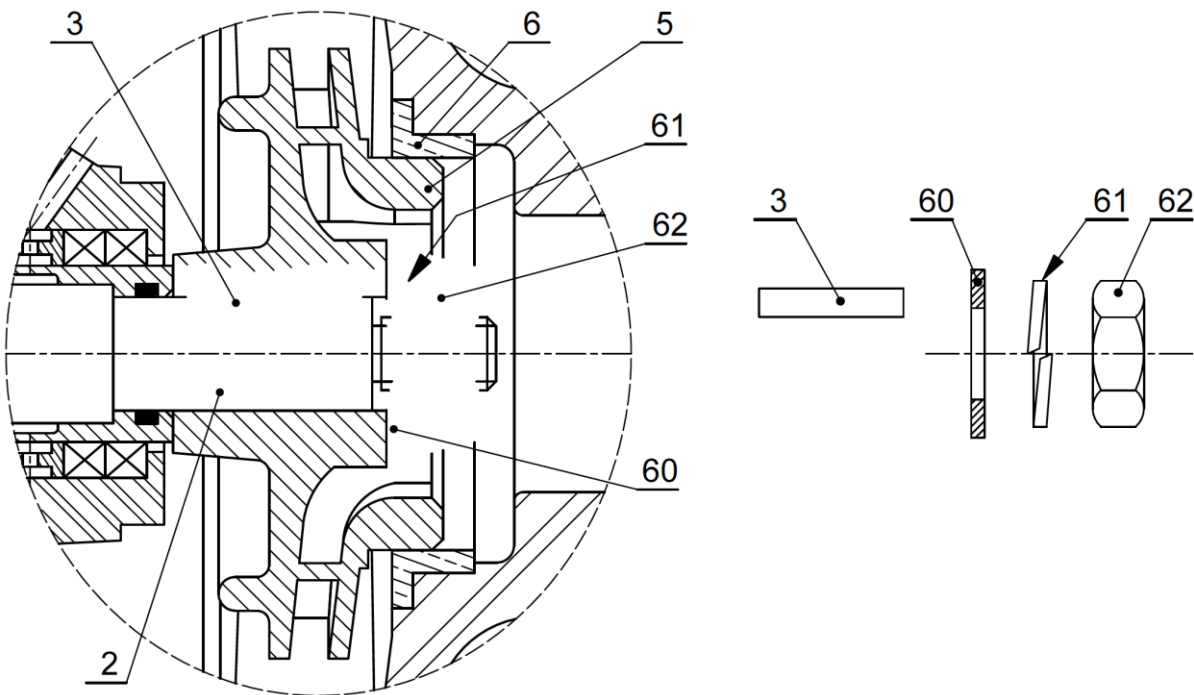
La liaison	Nom de la liaison	Nombre de degrés de liberté
5/2		
5/1		
2/56		

c- Donner le type de l'accouplement liant le moteur et la pompe ainsi que deux de ses avantages :

/0,75pt

d- Compléter la représentation graphique de la liaison complète démontable, à l'échelle du dessin, entre l'arbre 2 et la turbine 5 (modifiée), assurée par la clavette parallèle 3, et un serrage en bout de cet arbre par l'écrou hexagonal 62, la rondelle Grower 61 et la rondelle plate 60 :

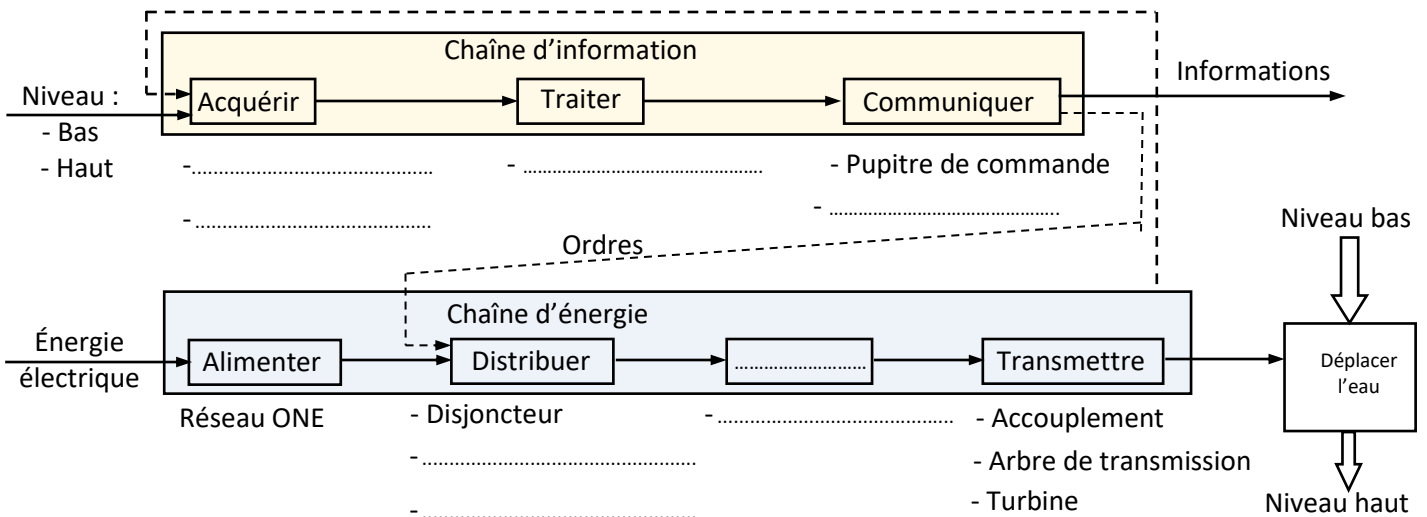
/4pts



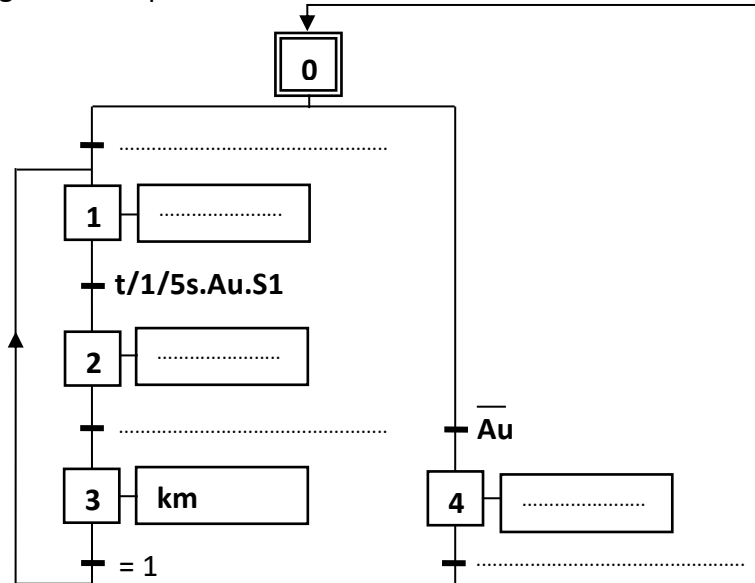
Tâche 1.3 : Étude partielle de l'automatisation du fonctionnement du château d'eau :

a- Compléter, en se basant sur les données des DRES (pages 14/18 et 15/18), la chaîne d'énergie et la chaîne d'information suivantes, spécifiques à l'unité de pompage de l'eau potable au château :

/2pts



b- Compléter, en se basant sur les données des DRES (pages 14/18 et 15/18), le GRAFCET point de vue partie commande par les éléments assurant les fonctions génériques dans les chaînes d'énergie et d'information de l'unité de pompage de l'eau potable au château : /1,5pt



c- Compléter, à partir de l'équation donnée ci-dessous, spécifique à l'arrêt du moteur commandant la pompe, le tableau de *Karnaugh* relatif à cette équation : /2pts

$$km = \overline{Au} + Au.S2$$

	Dcy.Au			
km	00	01	11	10
00				
01				
11				
10				

d- Effectuer les simplifications (par regroupement) sur le tableau de *Karnaugh* ci-dessus et **donner** la nouvelle équation simplifiée de *km* : /2pts

$$km = \dots\dots\dots$$

SITUATION D'EVALUATION 02 :

Tâche 2.1 : Détermination de quelques caractéristiques de la pompe : Voir DRES (page 16/18)

a- Calculer le travail W_{0-3} (en J/Kg), de la pompe centrifuge, en appliquant l'équation de *Bernoulli* entre les points 0 et 3 : /2pts

.....

.....

.....

.....

b- Calculer le débit massique Q_m (en Kg/s) de la pompe : /1pt

.....

.....

.....

c- Calculer la puissance hydraulique nette P_p (en **W**) de la pompe :

/1pt

Tâche 2.2 : Choix du moteur électrique adéquat pour la pompe centrifuge : Voir DRES (page 16/18)

a- Calculer la puissance mécanique P_m (en **kW**) du moteur électrique (**M**), sachant que le rendement de la pompe est $\eta_p = 0,85$ et celui de l'accouplement est $\eta_{Acc} = 1$: (Prendre $P_p = 12,25$ kW)

/2pts

b- Calculer la fréquence de rotation N_m (en **tr/min**) du moteur électrique sachant que la cylindrée de la pompe centrifuge est : $C_y = 1,2$ l/tr, en déduire la vitesse angulaire ω_m du moteur (en **rad/s**) :

/4pts

c- Calculer le couple moteur C_m (en **N.m**) : (Prendre $\omega_m = 158$ rad/s)

/2pts

d- En utilisant les données du **DRES (page 16/18)**, choisir le moteur adéquat pour la pompe :

/2pts

Référence	Puissance nominale (kW)	Vitesse nominale (tr/min)	Couple nominal (N.m)
.....			

Tâche 2.3 : Etude de la torsion simple de l'arbre 2 de la pompe : Voir DRES (page 16/18)

a- Calculer, en appliquant la condition de rigidité, le diamètre minimal D_{mini} (en **mm**) de l'arbre 2 :

/2pts

b- Calculer, pour l'arbre 2 supposé comme une poutre cylindrique pleine de diamètre constant $D_{\text{plein}} = 44 \text{ mm}$, la contrainte tangentielle maximale τ_{max} (en N/mm^2), avec $M_t = C_m = 96 \text{ N.m}$: /2pts

c- On souhaite remplacer l'arbre 2 plein par arbre creux de diamètre $D = 44 \text{ mm}$ avec $d = 0,5 \times D$. Pour cela, calculer l'angle unitaire de torsion θ_c (en rad/mm) pour l'arbre creux supportant le même couple $M_t = 96 \text{ N.m}$ et comparer cette valeur trouvée avec θ_{lim} de l'arbre plein. Voir DRES (page 16/18) : /2pts

d- On souhaite choisir, pour la pompe centrifuge, parmi ces deux arbres ayant la même longueur ℓ , celui le plus résistant et le plus léger. Pour cela, on donne :

- ⇒ m_p : masse de l'arbre plein et S_p sa section ;
- ⇒ m_c : masse de l'arbre creux, S_c sa section et d son diamètre intérieur ;
- ⇒ On sait que Le rapport des masses est égal au rapport des sections tel que : $k = \frac{m_c}{m_p} = \frac{S_c}{S_p}$.

d₁- Calculer la valeur du rapport k et comparer les deux masses : /1pt

d₂- Quel est l'arbre adéquat choisi pour la pompe centrifuge. Justifier votre réponse : /1pt

SITUATION D'EVALUATION 03 :

Tâche 3.1 : Analyse du dessin de définition : Voir DRES (page 18/18)

a- Identifier et expliquer la désignation du matériau de l'arbre 2 : /2pts

b- Donner le procédé d'obtention du brut de l'arbre 2 :

/0,5pt

c- Compléter le tableau suivant des spécifications géométriques relatives à l'arbre 2 :

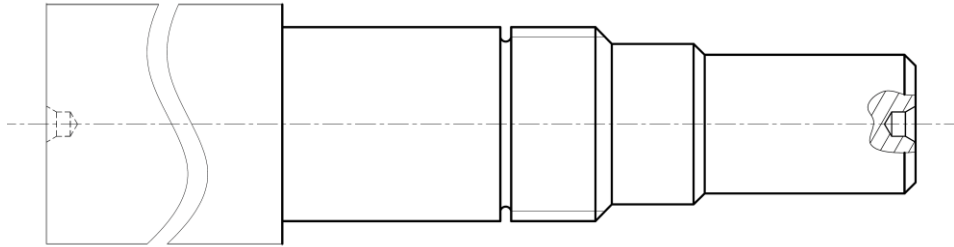
/3pts

Symbole	Nom de la tolérance	Type de la tolérance
.....	Perpendicularité	
⊙		
.....		Forme

Tâche 3.2 : Étude de la phase 40 : Voir DRES (pages 16/18 et 18/18)

a- Mettre en place, sur le croquis de phase suivant, les symboles technologiques (2^{ème} norme) de mise en position isostatique :

/2,5pts



b- Installer, sur le dessin ci-dessus, les cotes fabriquées (sans valeurs) réalisées dans cette phase :

/3pts

c- Donner les spécifications géométriques obtenues dans cette phase :

/2pts

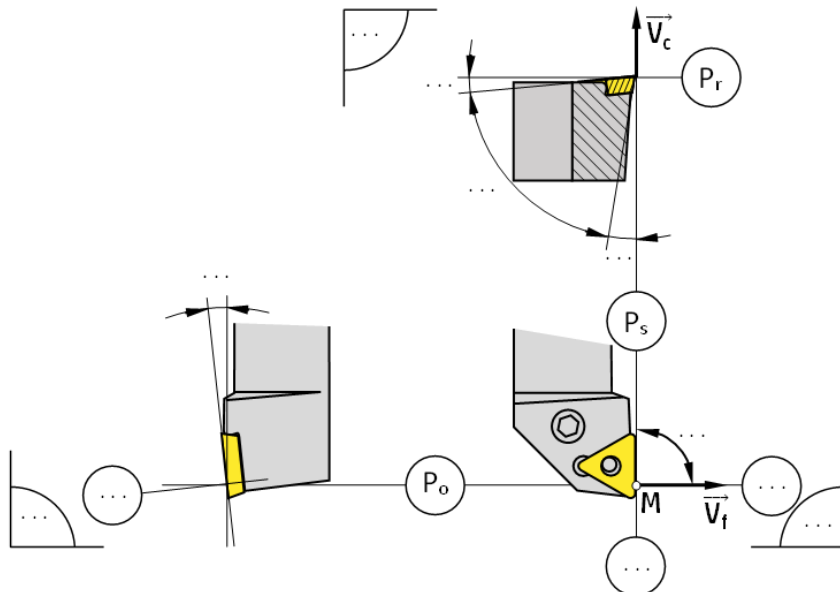
d- Citer deux types d'usure de l'outil et leurs critères associés :

/2pts

Type de l'usure	Critère associé
.....	
.....	

e- Sur le croquis de l'outil en main suivant, inscrire les repères des plans (P_f , P_s , P_o , P_n , P_r , P_p), des angles de face orthogonaux (α_o , β_o , γ_o) et des angles d'arêtes (λ_s , k_r) :

/2,75pts



f- Compléter le tableau suivant :

/2pts

Repère	Nom du plan	Définition du plan
Pr		
Ps		

g- Montrer que l'effort de coupe $F_c = 1280 \text{ N}$: Voir DRES (page 16/18)

/2pts

h- Déterminer la puissance P_u (en kW) utile à la coupe :

/2pts

i- Déduire la puissance P_{cm} (en kW) que le moteur de la machine doit fournir :

/2pts

j- Choisir, en se référant au tableau du DRES (page 16/18), la référence de la machine optimale :

/2pts

Tâche 3.3 : Elaboration des cartes de contrôle : voir DRES (pages 17/18 et 18/18)

(Pour tous les calculs prendre **trois chiffres** après la virgule)

a- Calculer les dimensions (en mm) maximale $D_{4\max}$ et minimale $D_{4\min}$ du diamètre D_4 :

/2pts

b- Calculer, pour les 10 échantillons, la moyenne des moyennes $\bar{\bar{X}}$ et la moyenne des étendues $\bar{R}$:

/1pt

c- Calculer les limites supérieures de surveillance LSS et de contrôle LSC de la carte des moyennes :

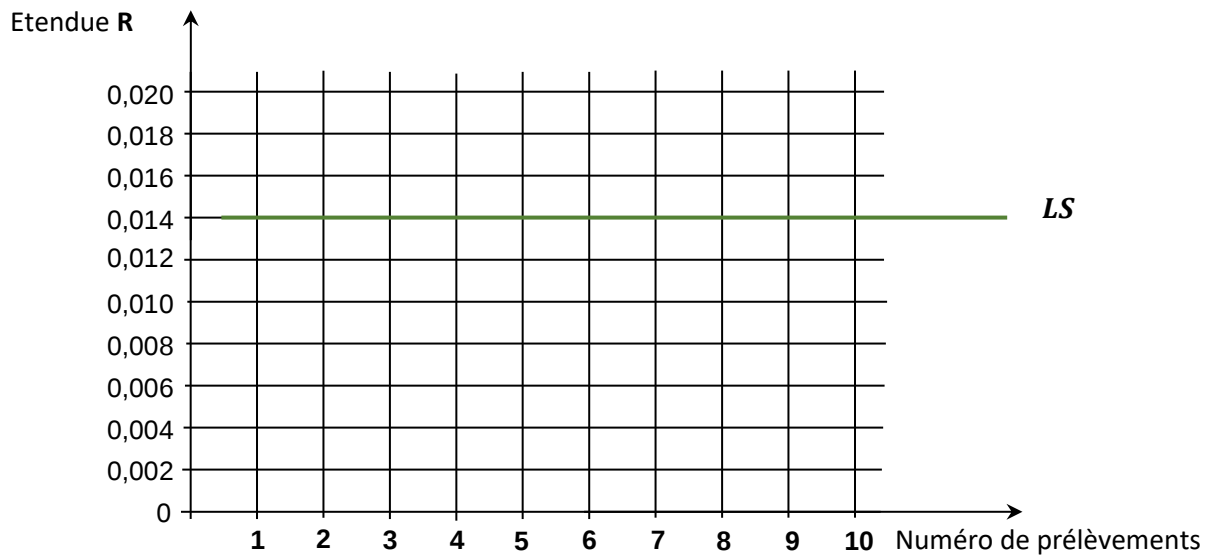
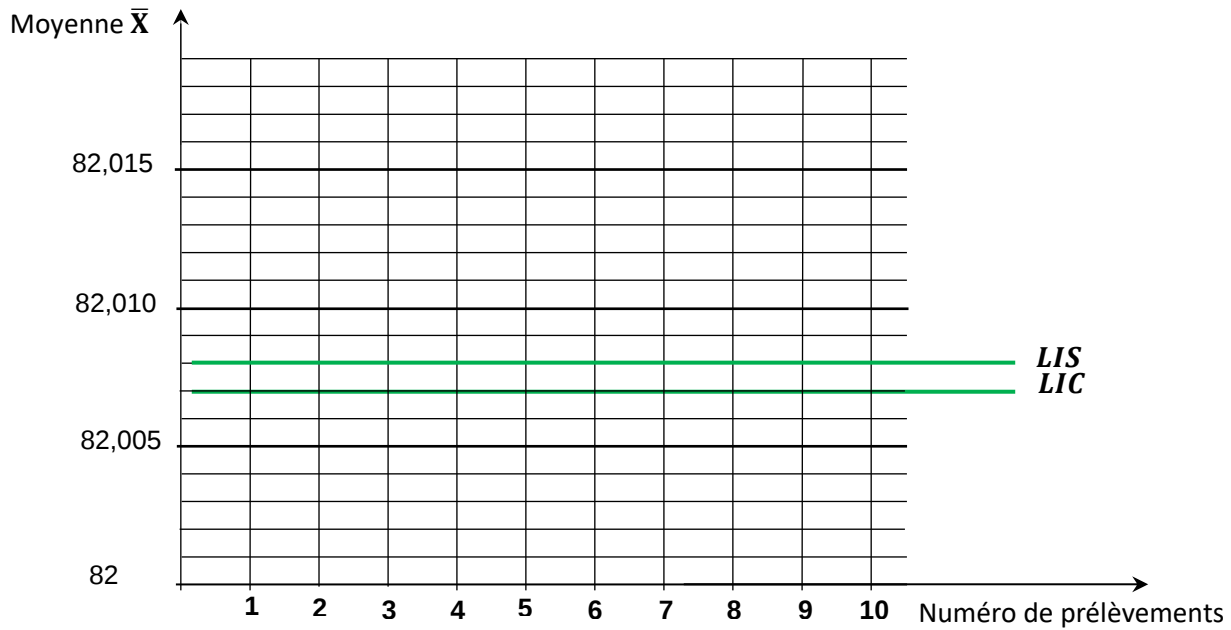
/1pt

d- Calculer la limite de contrôle supérieure LC pour la carte des étendues :

/1pt

e- Tracer sur les cartes de contrôle suivantes, les caractéristiques $\bar{X}$, $\bar{R}$, LSS, LSC et LC ainsi que l'évolution de la moyenne et de l'étendue au cours du temps :

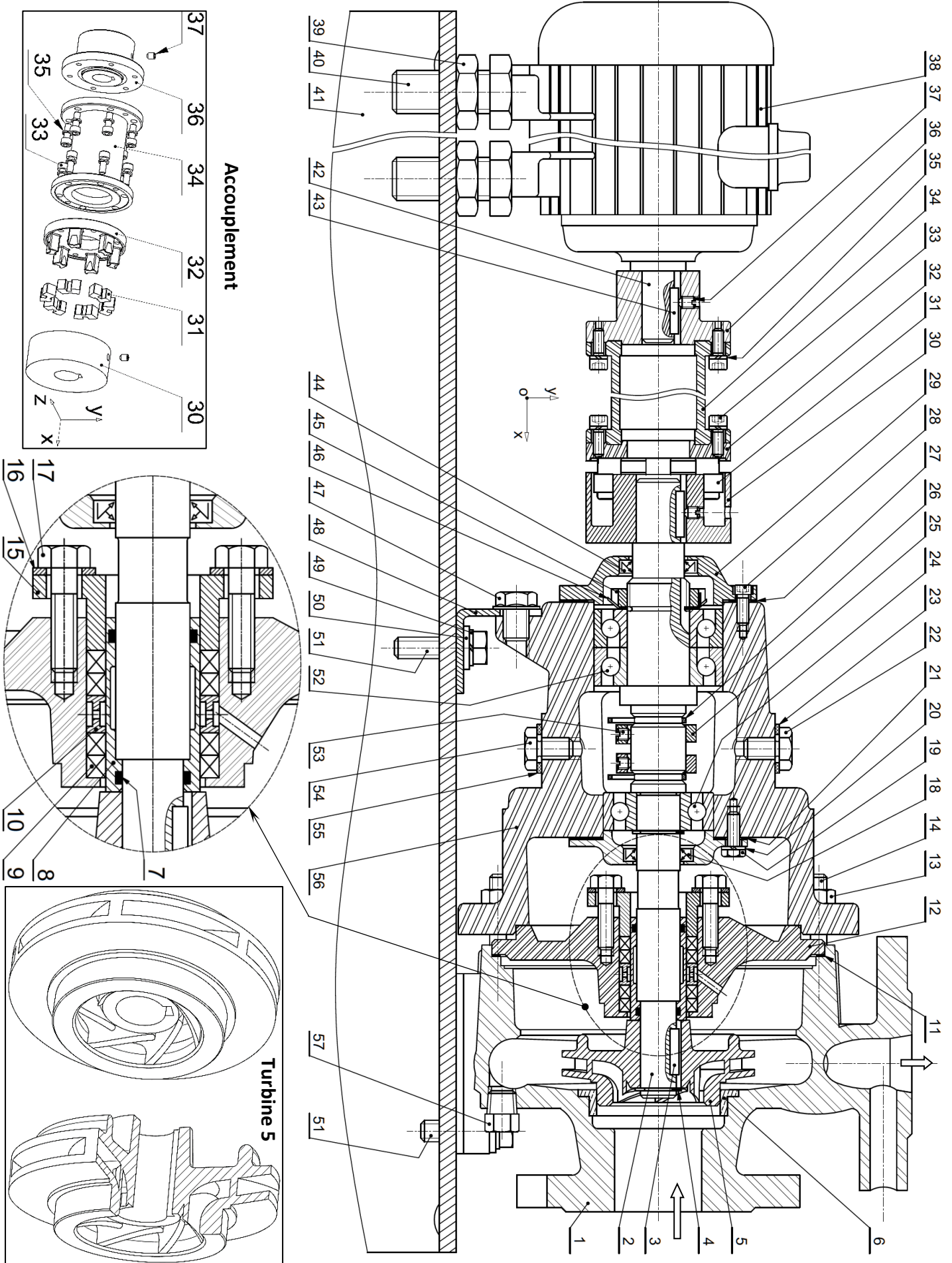
/6,25pts



f- Analyser les cartes de contrôle de la moyenne et de l'étendue et déterminer les observations, les interprétations et les mesures à prendre :

/1pt

Volet 4 : Documents ressources : (DRES)



Nomenclature :

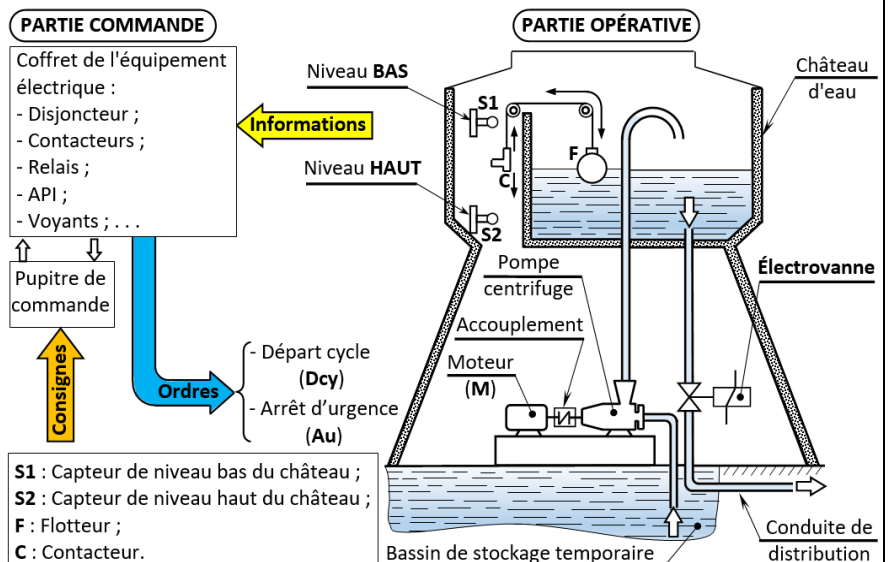
29	1	Couvercle
28	3	Vis CHc
27	1	Joint plat
26	2	Bague de lubrification
25	2	Bague d'arrêt
24	1	Roulement BC
23	1	Joint plat
22	1	Bouchon
21	1	Joint plat
20	3	Rondelle Grower
19	3	Vis H
18	1	Joint à deux lèvres
17	4	Vis H
16	4	Rondelle plate
15	1	Fouloir
14	6	Goujon
13	6	Écrou H
12	1	Flasque
11	1	Joint plat
10	1	Bague de presse et de lubrification
9	4	Joint du presse-étoupe
8	1	Chemise entretoise
7	2	Joint torique
6	1	
5	1	Turbine
4	1	Circlips
3	1	Clavette parallèle
2	1	Arbre
1	1	Corps de la pompe
Rep	Nbr	Désignation

57	1	Bouchon
56	1	Corps de palier
55	1	Joint plat
54	1	
53	2	Vis sans tête fendue
52	2	Roulement BT
51	6	Vis H
50	6	Rondelle plate
49	6	Rondelle Grower
48	1	Équerre
47	1	Vis à embase H
46	1	Rondelle frein
45	1	
44	1	
43	1	Clavette parallèle
42	1	Arbre moteur
41	1	Support
40	4	Vis H
39	4	Écrou H
38	1	Moteur électrique
37	1	Vis sans tête fendue
36	1	Flasque moteur
35	12	Rondelle Grower
34	1	Manchon
33	12	Vis CHc
32	1	Entraîneur
31	6	Amortisseur en caoutchouc
30	1	Flasque récepteur
Rep	Nbr	Désignation

Données pour la tâche 1.3 : Automatisation partielle du fonctionnement du château d'eau :

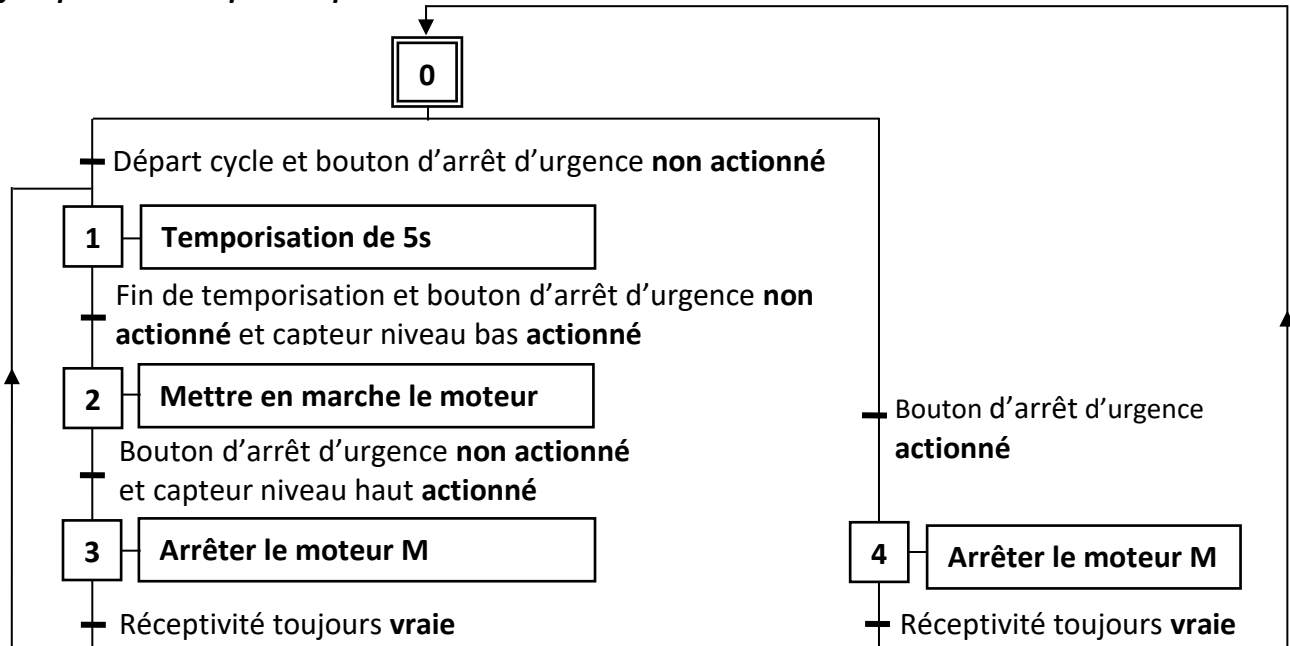
Après la mise en service de l'installation, l'unité de pompage fonctionne automatiquement comme suit :

- Le moteur actionne la pompe pour aspirer l'eau traitée en provenance de l'unité de traitement ou du bassin de stockage temporaire.
- Le réservoir du château d'eau se remplit.
- Le flotteur **F** se déplace vers le haut en suivant le niveau d'eau dans le réservoir.
- Le contacteur **C** relié au flotteur se déplace vers le bas.



- Dès que le niveau haut du réservoir est atteint, le contacteur **C** bute contre le capteur de niveau haut **S2** qui envoie une information à la partie commande ;
- La partie commande envoie un ordre à la partie opérative entraînant l'arrêt du moteur et de la pompe.
- Le pompage de l'eau s'arrête ;
- Les usagers utilisent l'eau pour leur besoin, le niveau d'eau diminue dans le réservoir ;
- La pompe n'étant plus en action et les usagers utilisent l'eau, le réservoir se vide ;
- Le flotteur **F** se déplace vers le bas en suivant le niveau d'eau dans le réservoir ;
- Le contacteur **C** entraîné par le flotteur se déplace vers le haut ;
- Dès que le niveau bas du réservoir est atteint, le contacteur **C** bute contre le capteur de niveau bas **S1** qui envoie une information à la partie commande ;
- La partie commande envoie un ordre à la partie opérative pour la mise en marche du moteur et de la pompe.
- Le réservoir se remplit et le cycle recommence ;
- Un appui sur le bouton d'arrêt d'urgence **Au** provoque l'arrêt immédiat du moteur.

- **Grafset point de vue partie opérative :**

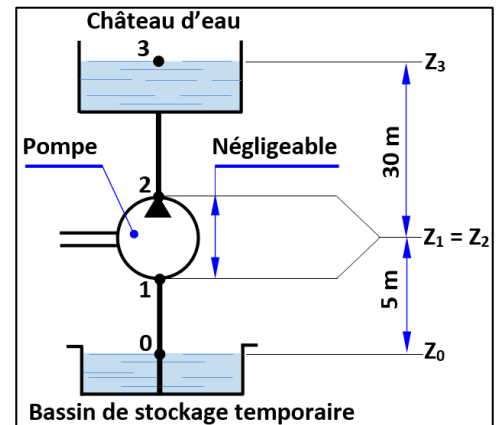


- **Tableau des affectations des entrées et des sorties :**

Entrées	Désignation	Sorties	Désignation
Départ cycle	Dcy	Contacteur de marche du moteur M	KM
Capteur du niveau bas du château	S1	Bobine frein	km
Capteur du niveau haut du château	S2	Relais temporisateur pour les démarrages fréquents du moteur	Tt
Contact du relais temporisateur	t		
Bouton arrêt d'urgence	Au		

Données pour la tâche 2.1 : (la pompe centrifuge)

- Les hauteurs : $Z_0 = 0 \text{ m}$; $Z_1 = Z_2 = 5 \text{ m}$ et $Z_3 = 35 \text{ m}$;
- Les pressions d'aspiration et de refoulement : $P_0 = P_3 = 1 \text{ bar}$;
- La masse volumique de l'eau : $\rho = 10^3 \text{ Kg/m}^3$;
- L'accélération de la pesanteur : $g = 10 \text{ m/s}^2$;
- Le débit volumique de la pompe : $Q_v = 30 \text{ l/s} = 30 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$;
- Le rendement de la pompe : $\eta_p = 0,85$;
- Les pertes de charges dans la conduite entre les points 0 et 3 sont estimées à $J_{0-3} = -52,5 \text{ J/Kg}$;
- Les pertes de charges singulières (dus aux vannes, coudes et raccords, ...etc.) sont négligées.

**Données pour la tâche 2.2 : (choix du moteur électrique de la pompe centrifuge) :**

Référence	Puissance nominale (kW)	Vitesse nominale (tr/min)	Couple nominal (N.m)
LSES 160 MP	11	2930	36
LS 160 LR	15	1500	96
LSES 160 L	18,5	2945	60
LSES 200 L	22	984	214
LSES 225 MR	30	984	292

Données et hypothèses pour la tâche 2.3 : (Étude de la torsion simple de l'arbre 2 de la pompe) :

- L'arbre 2, assimilé à une poutre cylindrique plein de diamètre constant D (à déterminer) ;
- Le moment quadratique polaire de l'arbre 2 est : $I_O = \frac{\pi \cdot D^4}{32}$;
- L'arbre 2 est en acier dont le module d'élasticité transversal : $G = 8 \cdot 10^4 \text{ MPa} = 8 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$;
- L'arbre 2 est guidé en rotation par des roulements à billes supposés sans frottement ;
- On suppose que l'arbre 2 n'est soumis qu'à la torsion simple avec :
 - ♦ Le couple moteur : $C_m = M_t = 96 \text{ N.m}$;
 - ♦ L'angle de torsion unitaire limite : $\theta_{\text{lim}} = 0,2^\circ/\text{m} = 3,49 \cdot 10^{-6} \text{ rad/mm}$;

Données pour la tâche 3.2 :**Avant-projet d'étude de fabrication de l'arbre 2 :**

N° Phase	Désignation	Surfaces usinées
10	Métrieologie	Contrôle de brut
20	Tournage	F1, C1
30	Tournage	F4, C5
40	Tournage	C2, D1, C3, D2, C4, D4, F2, D3 et A
50	Tournage	Toutes les autres surfaces de révolution entre F3 et F4
60	Fraisage	Les rainures usinées sur D1 et D3-A
70	Fraisage	La rainure usinée sur D7
80	Rectification	D4, D5 et D6
90	Métrieologie	Contrôle final

Vitesse de coupe V_c	Avance f	Profondeur de passe a	Pression spécifique de coupe K_c	Rendement des machines η	Références des machines	Puissance des moteurs P_m
100 m/min	0,2 mm/tr	2 mm	320 daN/mm ²	0,7	Tr 01	1 kW
					Tr 02	2 kW
					Tr 03	3 kW
					Tr 04	4 kW

Données pour la tâche 3.3 :

- Valeurs des moyennes et des étendues :

N° de l'échantillon	Dix échantillons de cinq (5) pièces chacun									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Moyenne $\bar{X}$	82,011	82,013	82,010	82,009	82,013	82,012	82,014	82,013	82,012	82,013
Etendue R	0,004	0,009	0,011	0,013	0,008	0,007	0,009	0,006	0,008	0,005

- Les différentes formules utiles :

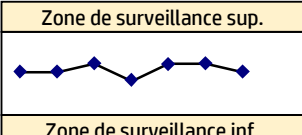
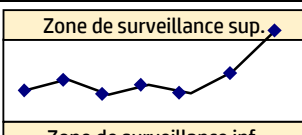
Limites de contrôle et de surveillance de la moyenne	$LSC = \bar{\bar{X}} + (A'_c \times \bar{R})$	$LSS = \bar{\bar{X}} + (A'_s \times \bar{R})$
	$LIC = \bar{\bar{X}} - (A'_c \times \bar{R})$	$LIS = \bar{\bar{X}} - (A'_s \times \bar{R})$
Limites de contrôle de l'étendue	$LC = D'_c \times \bar{R}$	
	$LS = D'_s \times \bar{R}$	

- Tableau des valeurs des constantes pour calculer les limites de la moyenne et de l'étendue :

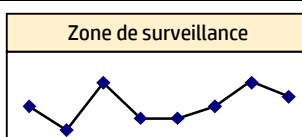
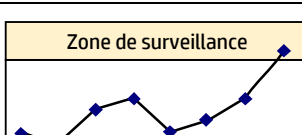
Effectif de chaque échantillon	2	3	4	5
A's	0,229	0,668	0,476	0,377
A'c	1,937	1,054	0,750	0,594
D's	2,81	2,17	1,93	1,81
D'c	4,12	2,99	2,58	2,36

- Exemples d'analyse des courbes des moyennes et des étendues :

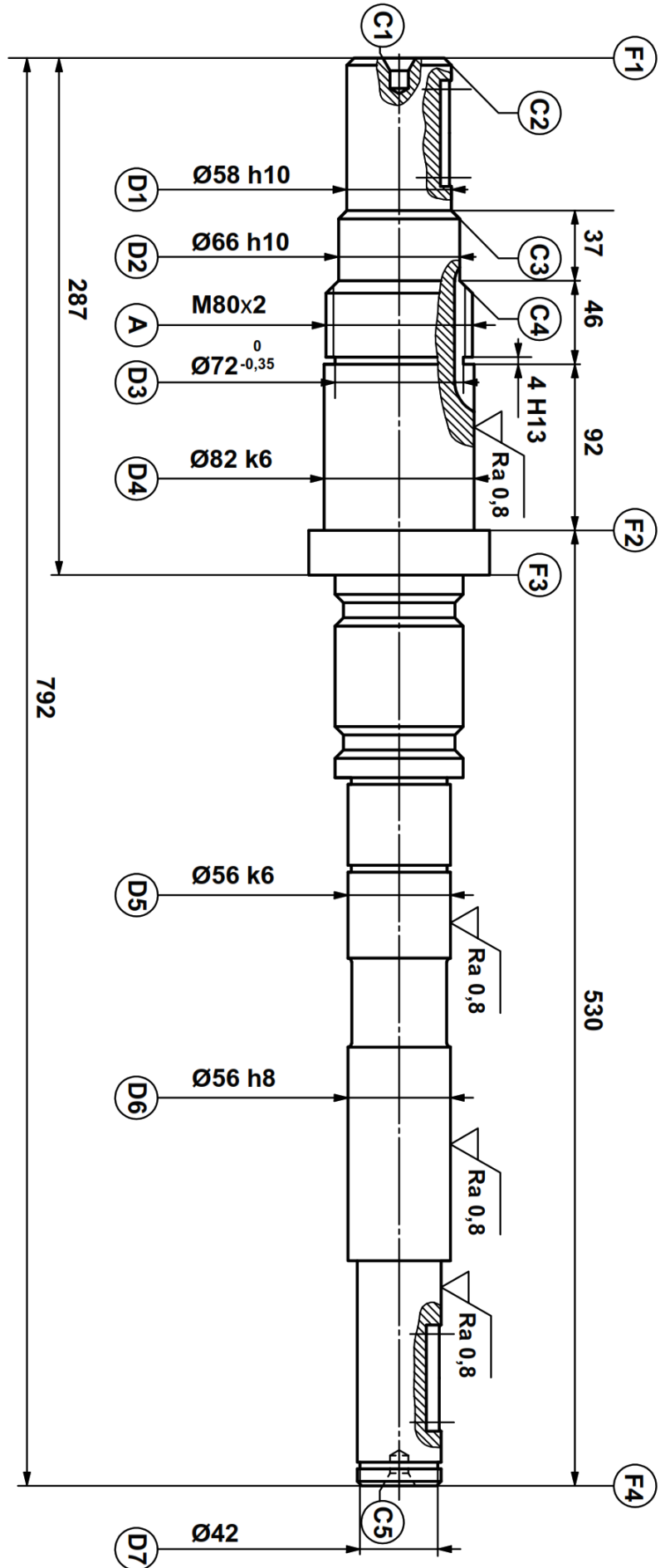
Variation des moyennes

Résultats du contrôle	Observations	Interprétations	Mesures à prendre
 Zone de surveillance sup. Zone de surveillance inf.	O1 Pas de grande variation de la moyenne	I1 Le processus est bien réglé	M1 Pas de corrections à envisager
 Zone de surveillance sup. Zone de surveillance inf.	O2 Une série de points consécutifs en augmentation	I2 Risque de production mauvaise	M2 Rechercher la cause (sans doute spéciale) Régler le processus
 Zone de surveillance sup. Zone de surveillance inf.	O3 La dernière moyenne sort de la limite d'acceptation	I3 Le processus dérive	M3 Voir le journal de bord pour trouver la cause commune afin de la corriger durablement Régler le processus

Variation des étendues

Résultat du contrôle	Observations	Interprétations	Mesures à prendre
 Zone de surveillance	O4 Pas de grande variation de l'étendue	I4 Processus stable	M4 Pas de corrections à envisager
 Zone de surveillance	O5 L'étendue d'un échantillon sort de la limite d'acceptation	I5 Le processus n'est pas capable (il produit des pièces mauvaises)	M5 Arrêt immédiat du processus Consulter journal de bord et rechercher la cause

Dessin de définition de l'arbre 2 de la pompe (Cotation partielle)



Matière : 16 Cr Ni 6 : Laminé
 IT général $\pm 0,25$
 Ra 3,2 sauf indication
 C2=C3 = $1 \times 45^\circ$
 C4= $2 \times 45^\circ$
 D4= $\text{Ø}82 \text{ k}6 = \text{Ø}82^{+0,025}_{+0,003}$

D5-D6		$\text{Ø}0,01$	D4
F2		0,01	D4
D4		0,005	
D5		0,005	