BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
MÉTIERS DES SERVICES À L'ENVIRONNEMENT

ÉPREUVE E2 : ÉTUDE SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE

SOUS-ÉPREUVE U22 (sciences physiques et sciences et technologies des systèmes)

SESSION 2025

_____

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 collège » est autorisé.

Tout autre matériel électronique est interdit.

Documents à rendre avec la copie (même vierges) :

Documents réponses DR1 à DR3 pages 20 à 22

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 22 pages, numérotées de 1 à 22.

Le sujet comporte **5 parties indépendantes** :

- **Partie A – Analyse fonctionnelle**
- **Partie B – Étude de l'évacuation des buées**
- **Partie C – Étude de l'entrainement du linge**
- **Partie D – Étude du schéma électrique**
- **Partie E – Maintenance**

Un formulaire est disponible sur le document technique **DT1.**

Présentation de la blanchisserie des Grandes Voisines

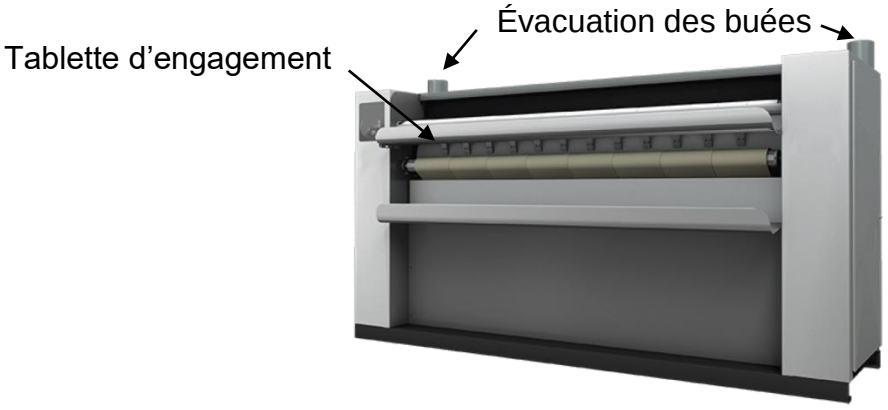
Les Grandes Voisines, situées à Francheville, constituent le plus grand tiers-lieu social et solidaire de France.

Ce projet est porté par le Foyer Notre-Dame des Sans-Abri et la Fondation de l'Armée Du Salut, en partenariat avec Plateau Urbain.

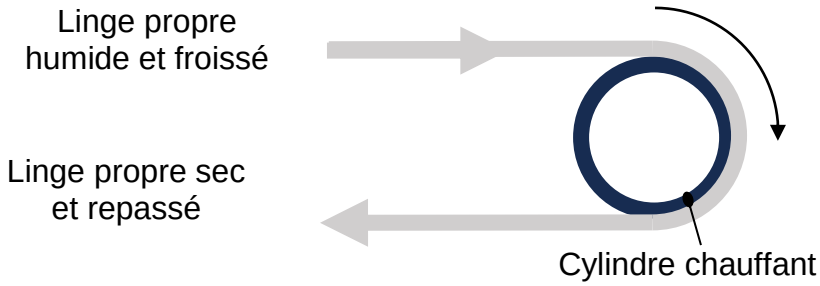
Implanté sur ce site, Le Grand Barnum est un hôtel 3 étoiles, géré par la fondation de l'Armée du Salut. Cet hôtel propose 24 chambres et 2 dortoirs. Il emploie six personnes en réinsertion professionnelle, encadrées par deux professionnels de l'hôtellerie.

La blanchisserie lave et repasse les draps et serviettes utilisés par l'hôtel Le Grand Barnum et par les résidents. Pour cela, la blanchisserie dispose de plusieurs machines à laver et d'une sécheuse repasseuse. C'est cette dernière que nous allons étudier.

Fonctionnement et caractéristiques de la sécheuse repasseuse



Le principe de fonctionnement de la sécheuse repasseuse repose sur l'utilisation d'un cylindre chauffant, animé d'un mouvement de rotation, sur lequel les draps vont passer :



Pour cela, un des bords du linge à repasser est placé sur la tablette d'engagement. Des bandes d'engagement vont entraîner le linge jusqu'au cylindre chauffant. Le linge passe alors entre le rouleau presseur et le cylindre. Ensuite, des bandes de repassage entrainent le linge en le maintenant plaqué contre le cylindre (animé d'un mouvement de rotation) jusqu'à la sortie de la machine. Un schéma plus détaillé est présenté dans la suite du sujet.

Le séchage du linge engendre des buées (constituées d'un mélange d'air chaud et de vapeur d'eau). Ces buées sont rejetées à l'extérieur du bâtiment.

La sécheuse repasseuse comporte un système de chauffage électrique et trois moteurs électriques, l'un pour l'entraînement du linge, les deux autres pour l'évacuation des buées.

Les caractéristiques de la machine sont indiquées dans le document technique DT1.

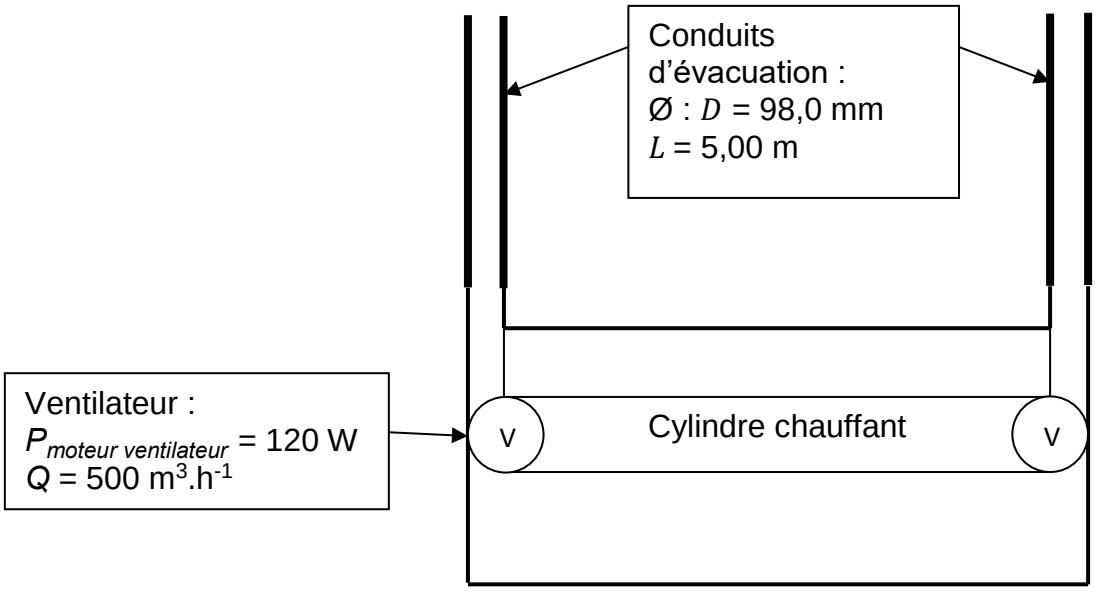
Partie A – Analyse fonctionnelle

DR1	**QA : compléter** le diagramme A-0 de la sécheuse repasseuse, sur le **document réponse DR1,** avec les termes suivants :

« buées » « Linge propre humide et froissé » « sécheuse repasseuse » « Énergie électrique » « Linge propre sec et repassé » « Air à température ambiante » « Bouton Start-Stop » « Réglage vitesse de repassage et température » « sécher et repasser »

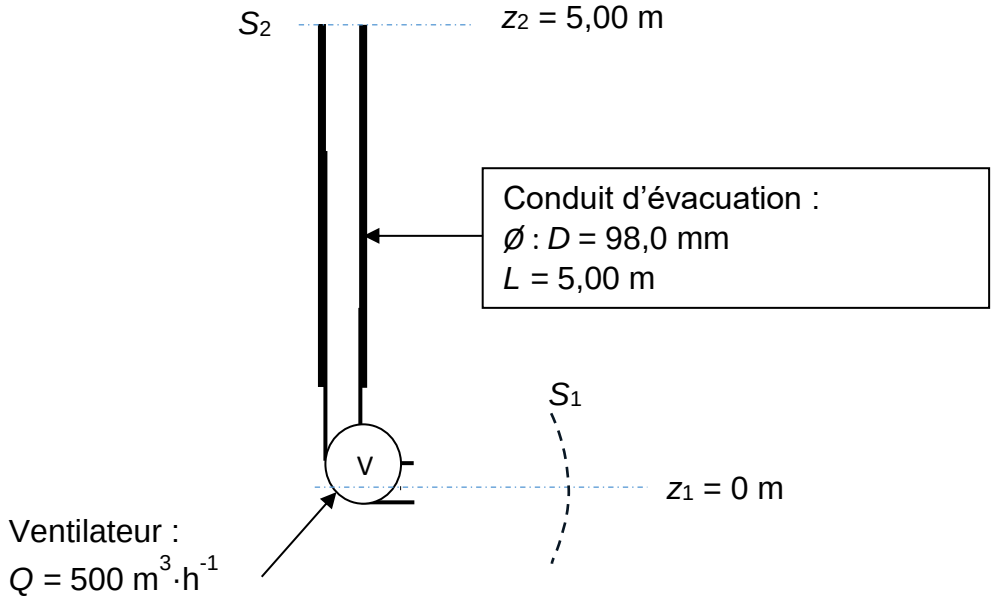
Partie B – Étude de l'évacuation des buées

L'évacuation des buées de la sécheuse repasseuse se fait de chaque côté de celle-ci, comme le montre le schéma ci-dessous, à l'aide de deux ventilateurs (notés V sur le schéma). Chaque ventilateur est entrainé par un moteur électrique.
Les buées évacuées doivent être conduites en dehors du lieu de travail par des tuyaux rigides et métalliques dont l'intérieur doit être lisse afin de ne pas perturber l'évacuation des buées.



Remarques : le schéma n'est pas à l'échelle et on négligera la taille des ventilateurs.

L'étude porte sur le ventilateur gauche de la sécheuse repasseuse. Nous considérons l'écoulement des buées entre une section S1, (un peu en amont de l'entrée du ventilateur) et la section S2 (sortie des buées). L'écoulement est schématisé ci-dessous, l'échelle des z correspondant à l'altitude :



Données :

Diamètre des conduits : D = 98,0 mm ;

Longueur des conduits : L = 5,00 m ;

Puissance des moteurs d'entrainement des ventilateurs : P = 120 W ;

Débit de chaque ventilateur : Q = 500 $m^3 \cdot h^{-1}$;

Masse volumique des buées : ρ = 0,621 $kg \cdot m^{-3}$;

Accélération de la pesanteur : g = 9,81 $m \cdot s^{-2}$;

Pression atmosphérique p_{atm} = $1{,}01 \times 10^5$ Pa ;

Viscosité dynamique des buées : μ = $1{,}70 \times 10^{-6}$ $kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$;

Pour un régime turbulent :

Perte de charge singulière en sortie de ventilateur : J_{vent} = 50,0 Pa ;

Perte de charge régulière dans les conduits : J_{cond} = 40,0 $Pa \cdot m^{-1}$.

On considérera que :

- les pressions dans les sections S_1 et S_2, à l'air libre, sont égales à p_{atm} ;
- la vitesse dans la section S_1 est nulle ;
- la vitesse dans la section S_2 est égale à la vitesse en sortie de ventilateur.

Chaque calcul doit être détaillé : expression littérale, application numérique, résultat et unité si nécessaire.

QB1 : convertir le débit volumique Q d'un ventilateur en $m^3 \cdot s^{-1}$.

On rappelle que le débit volumique Q est donné par la relation $Q = v \cdot S$.
On donne l'aire de la section de la conduite S_2 : $7{,}54 \times 10^{-3}$ m^2

QB2 : montrer que valeur de la vitesse v des buées en sortie de ventilateur est proche de 18 $m \cdot s^{-1}$.

On rappelle que le nombre de Reynolds Re est donné par la relation :
$R_e = \frac{\rho v D}{\mu}$

$R_e \leq 2\,000$: régime laminaire

$2\,000 < R_e < 3\,000$: régime transitoire

$R_e \geq 3\,000$: régime turbulent

QB3 : calculer le nombre de Reynolds R_e dans un conduit d'évacuation et en déduire le régime d'écoulement des buées.

QB4 : justifier que les pertes de charges proposées dans les données sont en accord avec le régime trouvé.

QB5 : calculer les pertes totales de charges J en Pa dans un conduit d'évacuation des buées.

On rappelle que l'équation de Bernoulli entre un point A, situé en amont du courant, et un point B, situé en aval, est donnée par la relation :

$$P_A + \rho\, g\, z_A + \frac{1}{2}\, \rho\, v_A^2 + \rho\, g\, H_m - J = P_B + \rho\, g\, z_B + \frac{1}{2}\, \rho\, v_B^2$$

avec H_m la hauteur manométrique.

QB6 : montrer, à l'aide de l'équation de Bernoulli, que la hauteur manométrique H_m est d'environ 63,3 m entre S_1 et S_2.

On rappelle que la puissance fournie par un ventilateur est donnée par la relation :

$$P = Q\, \rho\, g\, H_m$$

QB7 : calculer la puissance fournie par le ventilateur $P_{ventilateur}$ en W.

QB8 : comparer $P_{ventilateur}$ à la puissance fournie par le moteur (120 W) et **expliquer** l'écart entre ces deux puissances.

Partie C – Étude de l'entrainement du linge

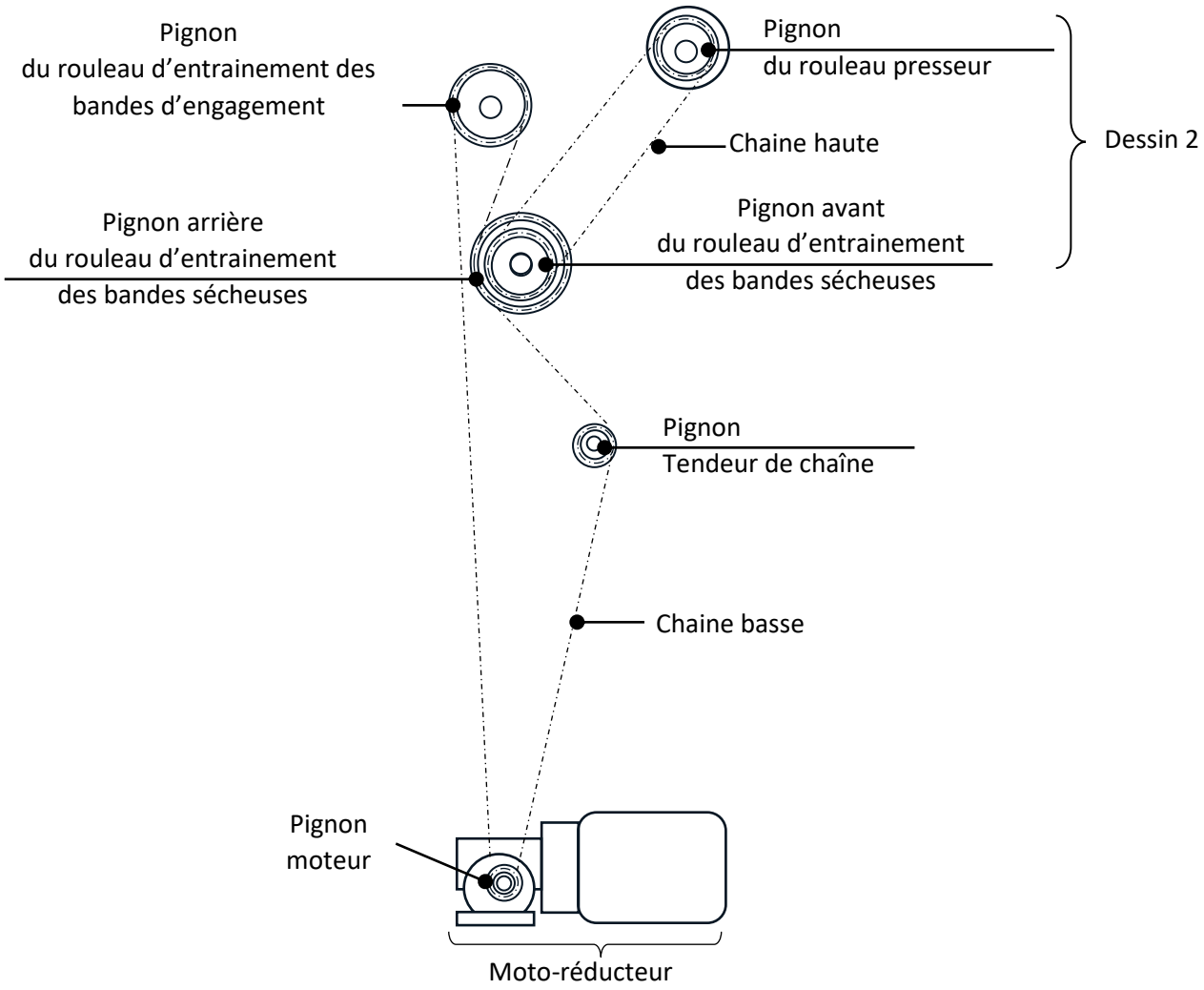
Problématique : vérifier les performances de la sécheuse repasseuse.

Un moto-réducteur électrique et des rouleaux permettent l'entrainement du linge, de l'entrée dans la repasseuse sécheuse à la sortie.

Les rouleaux sont animés d'un mouvement de rotation par rapport au bâti de la machine. La transmission de puissance entre le moteur et ces trois rouleaux est réalisée à l'aide de deux chaines et de pignons.

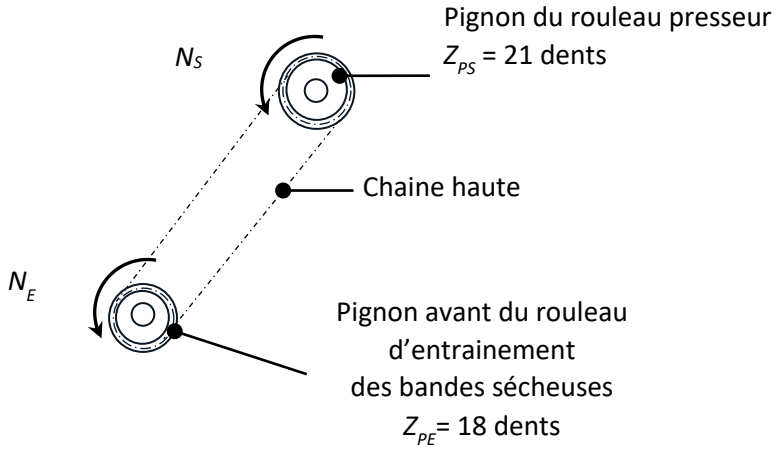
Le dessin 1 ci-dessous représente les différents éléments de la transmission de puissance par chaines et pignons entre le moteur, le rouleau d'entrainement des bandes d'engagement, le rouleau presseur, le rouleau d'entrainement des bandes sécheuses.

Dessin 1 – Transmission de puissance entre les éléments tournants de la sécheuse repasseuse



L'étude porte sur la partie haute de la transmission de puissance. Celle-ci est constituée d'un pignon d'entrée, tournant à la fréquence de rotation N_E, d'un pignon de sortie tournant à la fréquence de rotation N_S et de la chaine haute. Le dessin 2 correspondant à cette zone est représenté ci-dessous et comporte les nombres de dents Z_{PE} et Z_{PS} des pignons.

Dessin 2 – Transmission de puissance partie haute



Chaque calcul doit être détaillé : expression littérale, application numérique, résultat et unité si nécessaire.

DR1 Dessin 2 DT3	**QC1 : indiquer** le nom des liaisons entre le bâti et l'arbre du rouleau presseur et entre le bâti et l'arbre du rouleau d'entrainement des bandes sécheuses sur le **document réponse DR1.**

DR1 DT3	**QC2 : compléter** le schéma cinématique sur le **document réponse DR1.**

Dessin 2 DT1	**QC3 : calculer** de rapport de réduction : $rh = \frac{N_S}{N_E}$.

Des premiers calculs ont permis de déterminer la fréquence de rotation minimale en entrée :

$$N_{Emin} = 4{,}72 \text{ tr·min}^{-1}$$

QC4 : calculer la fréquence de rotation minimale du rouleau presseur N_{Smin}.

La fréquence de rotation maximale du rouleau presseur a été calculée :

$$N_{Smax} = 32{,}4 \text{ tr·min}^{-1}$$

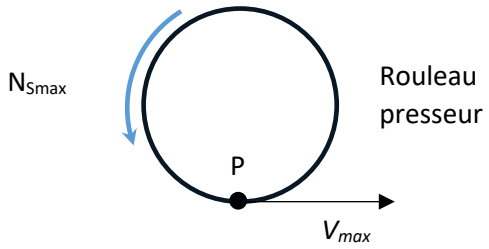
DT1

QC5 : calculer la vitesse angulaire maximale du rouleau presseur ω_{Smax} en rad·s^{-1}.

Le diamètre du rouleau presseur est égal à 118 mm

DT1

QC6 : calculer la vitesse maximale v_{max} du point P situé sur la périphérie du rouleau presseur (schéma ci-dessous).



La vitesse du point P est égale à celle du linge.

DT1
DT2

QC7 : convertir la vitesse maximale v_{max} du point P en m·min^{-1}, puis **comparer** la valeur obtenue avec la vitesse de travail de la machine et **conclure**.

D – Étude du schéma électrique

Objectif : identifier les tensions présentes sur le circuit, identifier les composants, déterminer la puissance consommée par le moteur de ventilateur.

Le schéma figurant dans le document technique DT4 représente l'alimentation des trois moteurs électriques et des deux cartes électroniques (A10 et A13) permettant le pilotage de ceux-ci. Les schémas figurant dans les documents techniques DT5, DT6 et DT7 sont des agrandissements des zones 1, 2 et 3.

Les moteurs V1 (entrainement du ventilateur gauche), V2 (entrainement du ventilateur droit) et, MVT (entrainement des bandes d'engagement, du rouleau presseur et des bandes de repassage) sont des moteurs asynchrones triphasés. Ils sont alimentés par deux variateurs de vitesse.

DT 5	**QD1 : caractériser** le réseau électrique dans la zone 1 (délimitée par des pointillées).
DT5	**QD2 : indiquer** le nom et la fonction du composant QS1.
DT7	**QD3 : indiquer** la valeur de la tension en entrée de TR1.
DT7	**QD4 : indiquer** la valeur de la tension en sortie de TR1.
DT7	**QD5 : indiquer** le nom et la fonction du composant TR1.

Des mesures ont été réalisées lors du fonctionnement du moteur V1 :

- tension U = 230 V,
- intensité du courant électrique I = 0,80 A,
- facteur de puissance cos φ = 0,60.

DT6
DT1

QD6 : calculer la puissance électrique consommée par le moteur (puissance active).

Le moteur V1 est alimenté par un variateur de vitesse. Celui-ci permet d'alimenter deux moteurs avec une puissance totale maximale égale à 500 W.

DT6
DT1

QD7 : comparer la puissance active calculée en QD6 à la puissance maximale en sortie de variateur de vitesse et **justifier** le choix de celui-ci.

Partie E – Maintenance

Problématique : déterminer la périodicité du remplacement des galons guides.

Les galons guides sont des éléments qui permettent d'assurer que le linge ne s'enroulera pas autour du rouleau presseur. Il faut donc faire en sorte qu'ils soient toujours en bon état.

Un suivi des pannes de la repasseuse sécheuse a permis de relever les temps de bon fonctionnement (TBF) en heures des galons guides :

TBF (h) : 520 700 840 1000 1150

Chaque calcul doit être détaillé : expression littérale, application numérique, résultat et unité si nécessaire.

DR2
DT8

QE1 : déterminer les valeurs de la fonction de défaillance F(t) en utilisant la table des rangs médians (document technique DT8) et **compléter** le tableau sur le document réponse DR2.

DR3	**QE2 : tracer** la courbe de la fonction de défaillance F(t) sur le document réponse DR3.
DR3 DR2	**QE3 : déterminer** les paramètres de Weibull γ, η, β. Laisser les traits de construction sur le document réponse DR3. **Compléter** le document réponse DR2.
DR2 DT8	**QE4 : déterminer** la valeur de la moyenne des temps de bon fonctionnement (*MTBF*) à l'aide des coefficients présents sur le document technique DT8 et **compléter** le document réponse DR2.
DR3 DR2	**QE5 : déterminer** graphiquement sur le document réponse DR3 la durée de fonctionnement avant remplacement systématique des galons guides permettant de garantir une fiabilité de 90 %. Laisser les traits de construction. **Compléter** le document réponse DR2.

DOCUMENT TECHNIQUE – DT1 – Formulaire

Calcul des surfaces

Rectangle S = largeur × hauteur **Disque** S = π r^2

Mécanique

Conversion d'unités : N en tr·min^{-1}, **ω** en rad·s^{-1}

$$\omega = \frac{2\,\pi\,N}{60}$$

Transmission de puissance : rapport de réduction

Transmission de puissance par poulies et courroie :

$$r = \frac{N_{sortie}}{N_{Entrée}} = \frac{diamètre\ poulie\ en\ entrée}{diamètre\ poulie\ en\ sortie}$$

Transmission de puissance par engrenage :

$$r = \frac{N_{sortie}}{N_{Entrée}} = \pm\frac{Z\ pignon\ en\ entrée}{Z\ pignon\ en\ sortie} \qquad Z : nombre\ de\ dents$$

Transmission de puissance par chaine et pignons :

$$r = \frac{N_{sortie}}{N_{Entrée}} = \frac{Z\ pignon\ en\ entrée}{Z\ pignon\ en\ sortie} \qquad Z : nombre\ de\ dents$$

Mouvement de rotation autour d'un axe fixe, vitesse d'un point :

$v = \omega\, r$ (r : rayon sur lequel se trouve le point)

Électrotechnique

Puissance en courant continu : $P = U\ I$

Puissance en courant alternatif monophasé : $Pactive = U\ I\ \cos\varphi$

Puissance en courant alternatif triphasé : $Pactive = \sqrt{3}\ U\ I\ \cos\varphi$

DOCUMENT TECHNIQUE – DT2

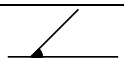
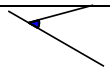
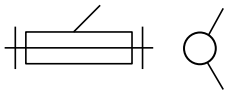
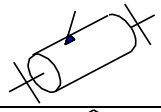
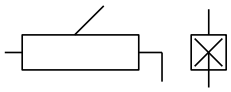
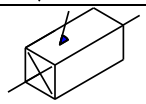
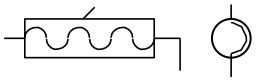
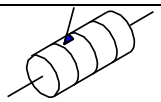
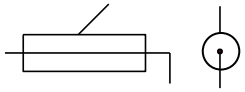
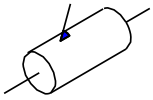
Caractéristiques de la repasseuse sécheuse

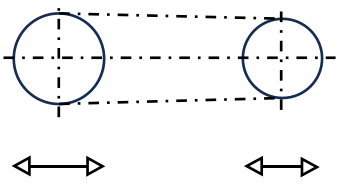
Production ($kg \cdot h^{-1}$)	75 à 85
Diamètre du cylindre (mm)	325
Largeur utile (mm)	3300
Vitesse de travail ($m \cdot min^{-1}$)	1,5 à 12
Niveau sonore (dB)	63
Capacité d'évaporation ($l \cdot h^{-1}$)	34 à 45

.

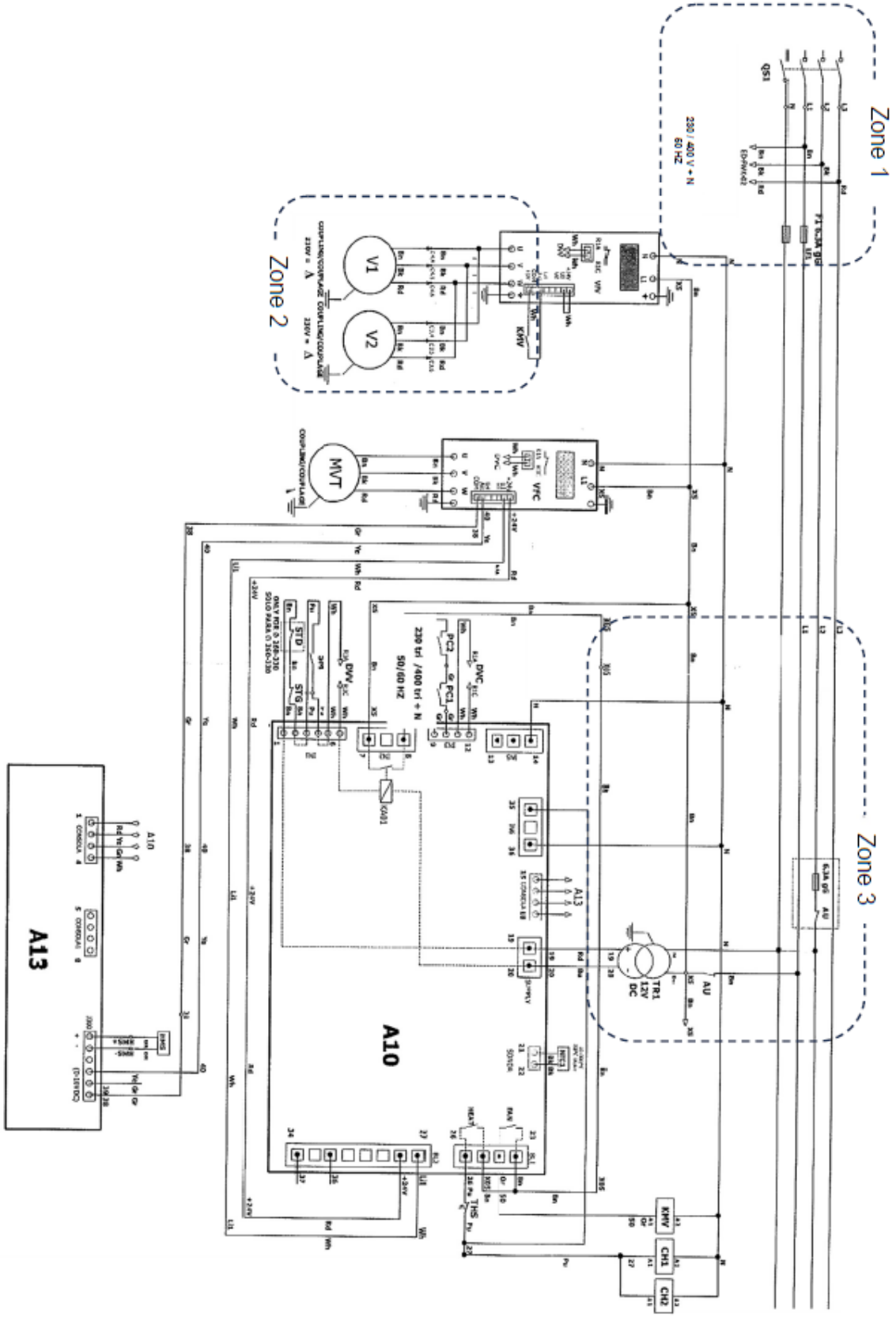
DOCUMENT TECHNIQUE – DT3

SCHÉMAS DES LIAISONS CINÉMATIQUES (EXTRAIT)

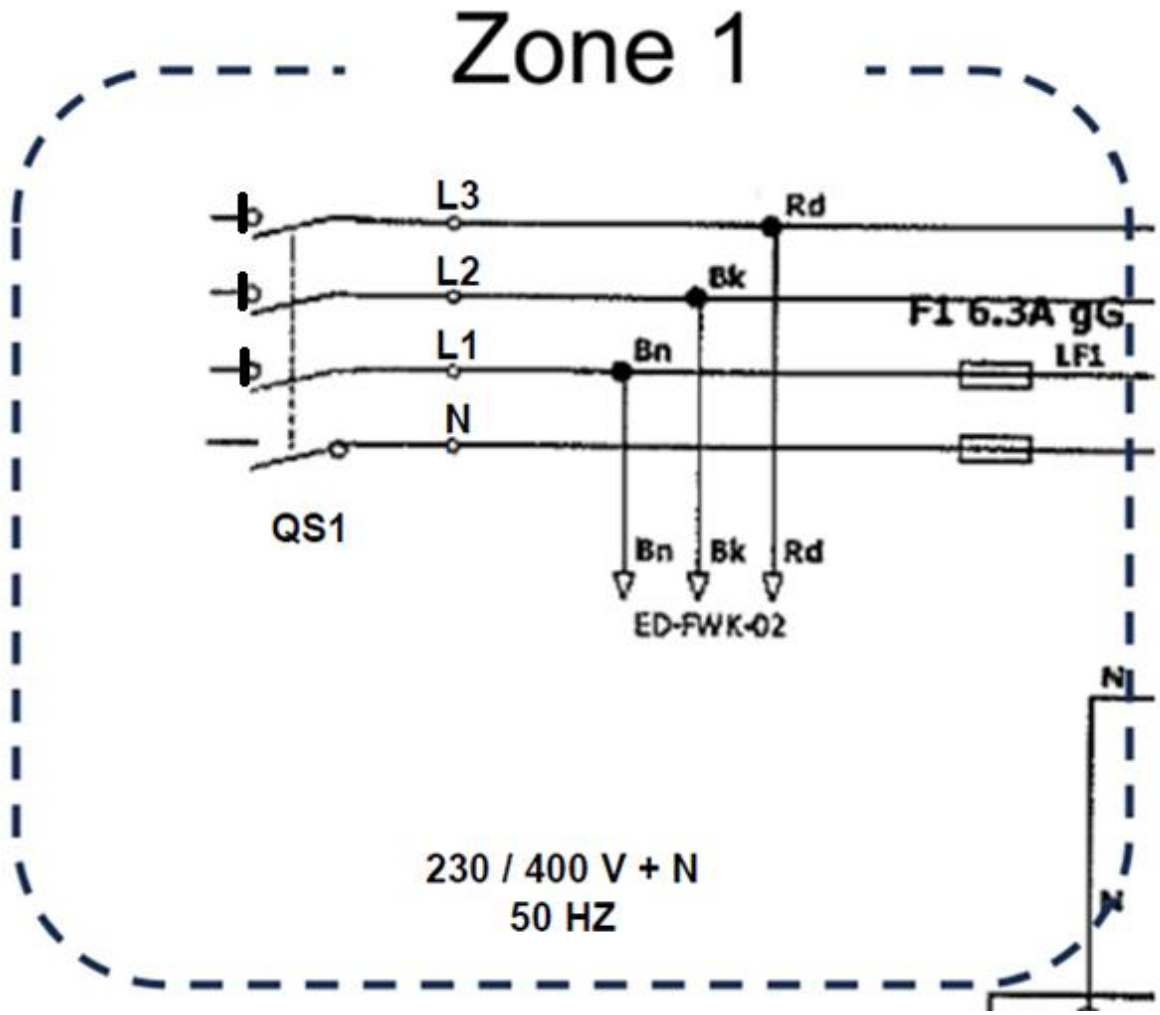
Nom de la liaison	Translations	Rotations	Degrés de liberté	Symbole	
				Représentation plane	Perspective
Encastrement Ou fixe	0	0	0		
Pivot	0	1	1		
Glissière	1	0	1		
Hélicoïdale	1	1	1		
Pivot glissant	1	1	2		

Transmission de puissance par chaine – symbole général


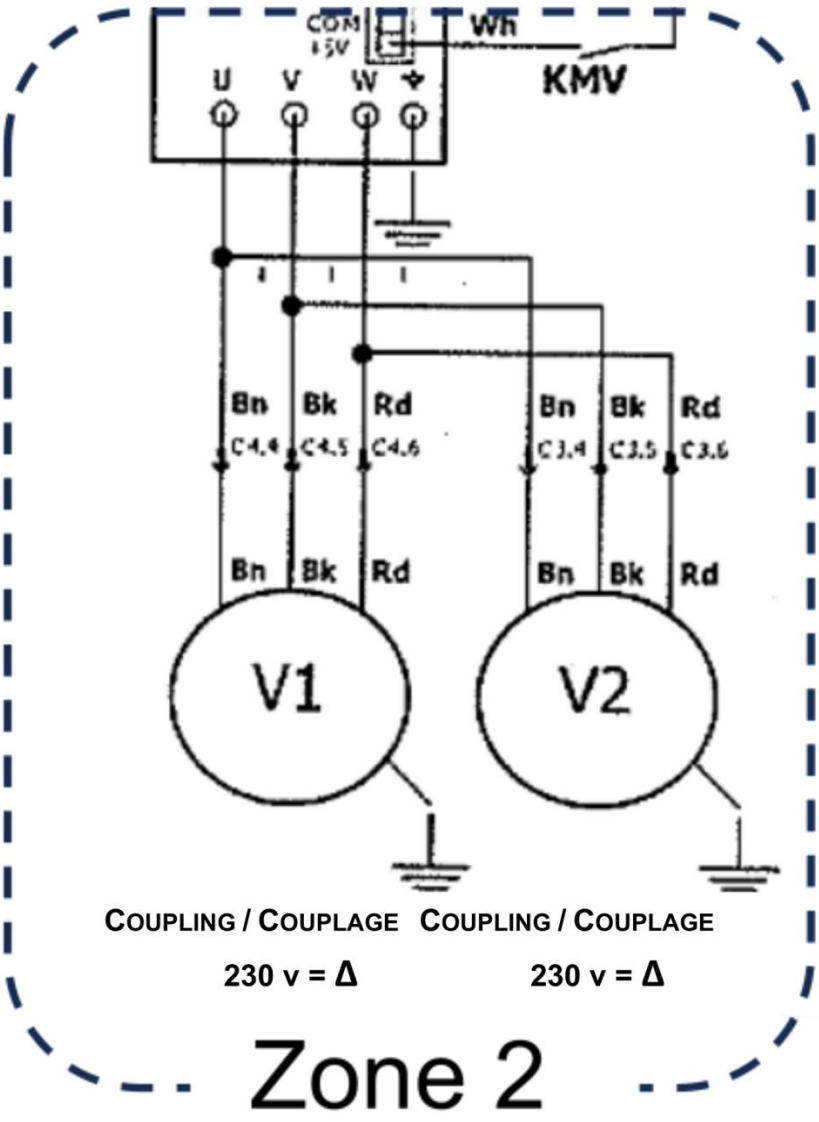
DOCUMENT TECHNIQUE – DT4 CIRCUIT MOTEURS



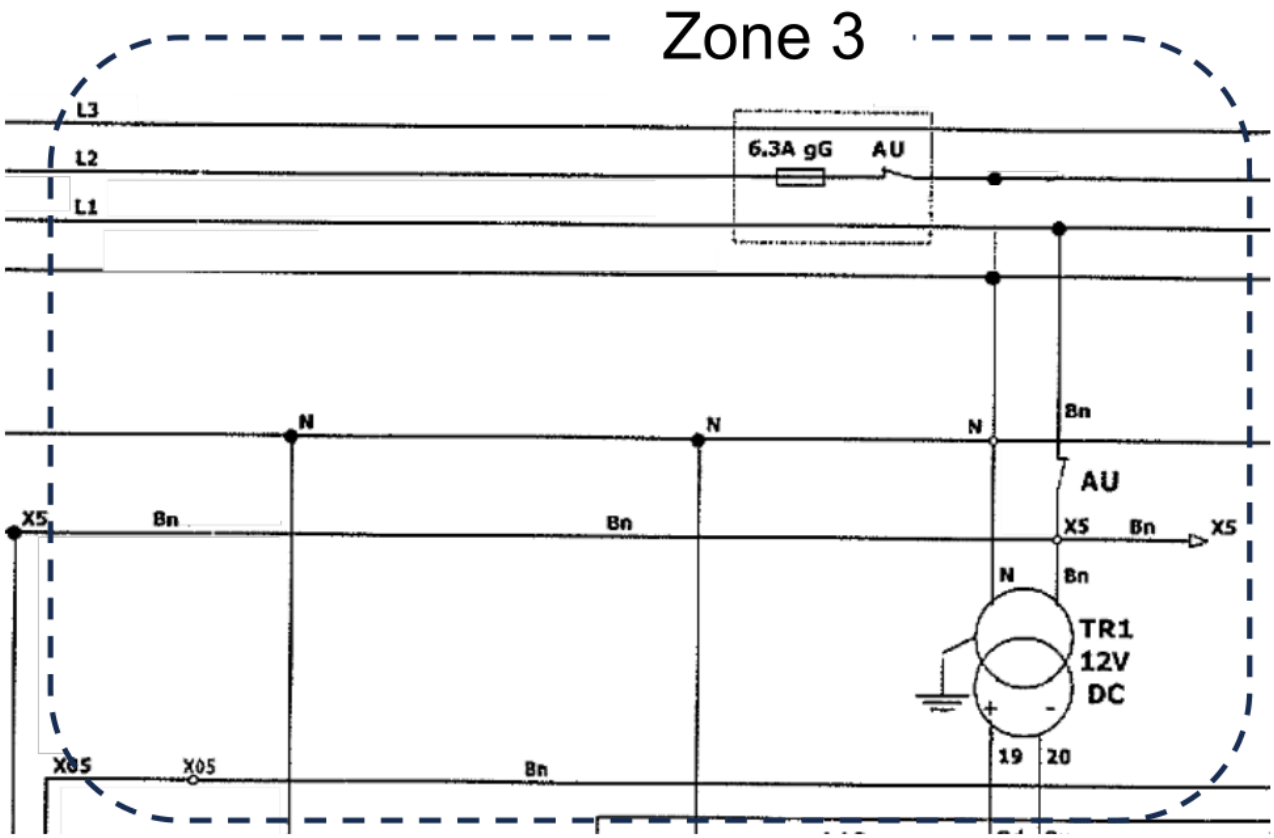
DOCUMENT TECHNIQUE – DT5 CIRCUIT MOTEURS ZONE 1



DOCUMENT TECHNIQUE – DT 6 CIRCUIT MOTEURS ZONE 2



DOCUMENT TECHNIQUE – DT7 CIRCUIT MOTEURS ZONE 3



DOCUMENT TECHNIQUE – DT8

TABLE DES RANGS MEDIANS (EXTRAIT)

Ordre de rang = i	Taille de l'échantillon : n							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	50,00	29,28	20,63	15,91	12,94	10,91	9,428	8,300
2		70,711	50,00	38,57	31,38	26,44	22,84	20,113
3			79,37	61,42	50,00	42,14	36,41	32,05
4				84,09	68,61	57,85	50,00	44,01
5					87,05	73,55	63,58	55,98
6						89,09	77,15	67,94
7							90,57	79,88
8								91,70

COEFFICIENTS POUR LE CALCUL DE LA MOYENNE

Loi de Weibull :

β	A	B
0,20	120	1901
0,25	24	199
0,30	9,2605	50,08
0,35	5,0291	19,98
0,40	3,3234	10,44
0,45	2,4786	6,46
0,50	2	4,47
0,55	1,7024	3,35
0,60	1,5046	2,65
0,65	1,3663	2,18
0,70	1,2638	1,85
0,75	1,1906	1,61
0,80	1,1330	1,43
0,85	1,0880	1,29
0,90	1,0522	1,17
0,95	1,0234	1,08
1	1	1
1,05	0,9803	0,934
1,10	0,9649	0,878
1,15	0,9517	0,830
1,20	0,9407	0,787
1,25	0,9314	0,750
1,30	0,9236	0,716
1,35	0,9170	0,687
1,40	0,9114	0,660
1,45	0,9067	0,635

Moyenne = Aη + γ

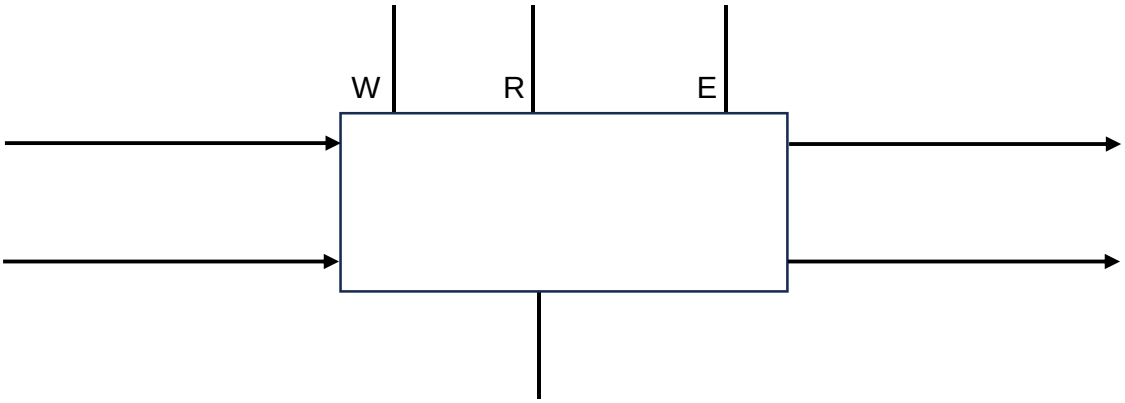
β	A	B
1,50	0,9027	0,613
1,55	0,8994	0,593
1,60	0,8986	0,574
1,65	0,8942	0,556
1,70	0,8922	0,540
1,75	0,8906	0,525
1,80	0,8893	0,511
1,85	0,8882	0,498
1,90	0,8874	0,486
1,95	0,8867	0,474
2	0,8862	0,463
2,1	0,8857	0,443
2,2	0,8856	0,425
2,3	0,8859	0,409
2,4	0,8865	0,393
2,5	0,8873	0,380
2,6	0,8882	0,367
2,7	0,8893	0,355
2,8	0,8905	0,344
2,9	0,8917	0,334
3	0,8930	0,325
3,1	0,8943	0,316
3,2	0,8957	0,307
3,3	0,8970	0,299
3,4	0,8984	0,292
3,5	0,8997	0,285
3,6	0,9011	0,278
3,7	0,9025	0,272
3,8	0,9038	0,266
3,9	0,9051	0,260

Ecart type = Bη

β	A	B
4	0,9064	0,254
4,1	0,9077	0,249
4,2	0,9089	0,244
4,3	0,9102	0,239
4,4	0,9114	0,235
4,5	0,9126	0,230
4,6	0,9137	0,226
4,7	0,9149	0,222
4,8	0,9160	0,218
4,9	0,9171	0,214
5	0,9182	0,210
5,1	0,9192	0,207
5,2	0,9202	0,203
5,3	0,9213	0,200
5,4	0,9222	0,197
5,5	0,9232	0,194
5,6	0,9241	0,191
5,7	0,9251	0,186
5,8	0,9260	0,185
5,9	0,9269	0,183
6	0,9277	0,180
6,1	0,9286	0,177
6,2	0,9294	0,175
6,3	0,9302	0,172
6,4	0,9310	0,170
6,5	0,9318	0,168
6,6	0,9325	0,166
6,7	0,9333	0,163
6,8	0,9340	0,161
6,9	0,9347	0,160

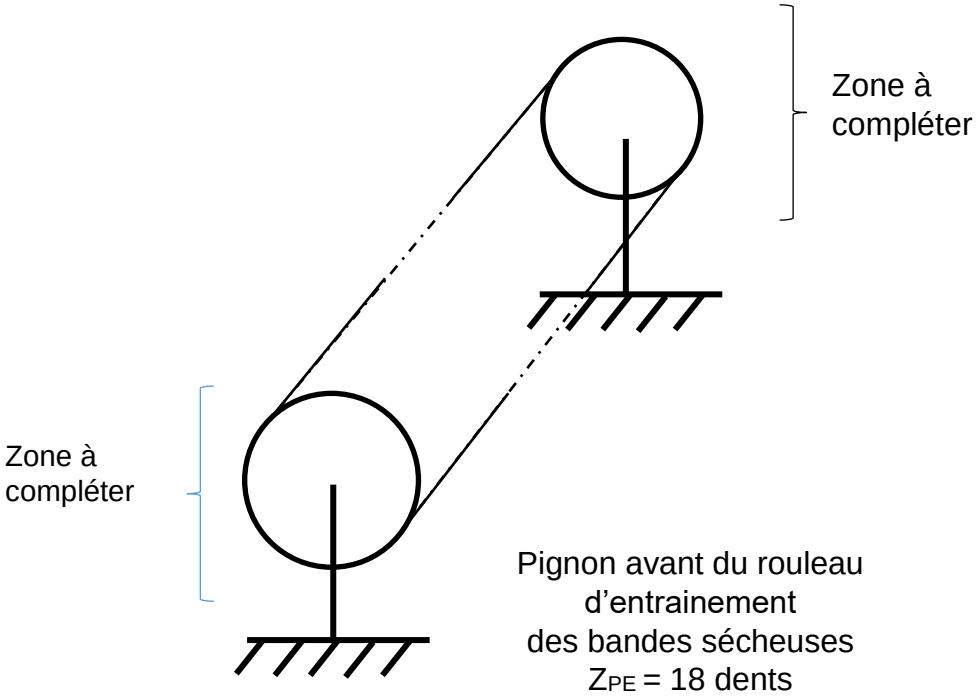
DOCUMENT RÉPONSE DR1

QA : compléter le diagramme A-0 de la repasseuse sécheuse.



QC1 : nom des liaisons :

QC2 : compléter le schéma cinématique.



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) : *(en majuscules)*

PRENOM : *(en majuscules)*

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2

DOCUMENT RÉPONSE DR2

QE1 : déterminer les valeurs de la fonction de défaillance.

TBF (h)	Fonction de défaillance F(t) (%)

QE3 : déterminer les paramètres de Weibull.

γ = Justification :

η =

β =

QE4 : déterminer la valeur de la moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF).

QE5 : durée de fonctionnement avant remplacement systématique des galons guides permettant de garantir une fiabilité de 90% :

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) : *(en majuscules)*

PRENOM : *(en majuscules)*

N° candidat :

N° d'inscription :

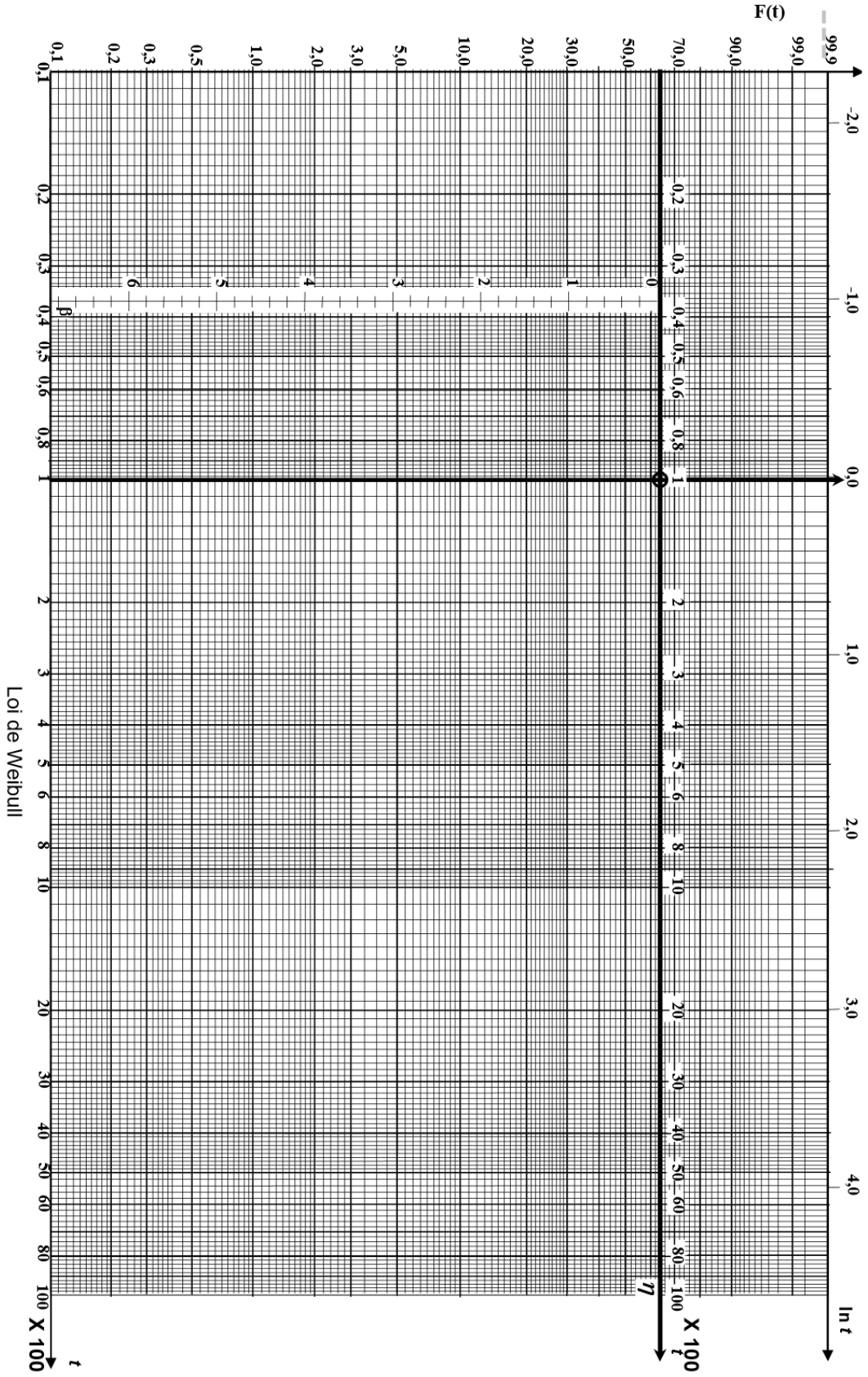
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2

DOCUMENT RÉPONSE DR3QE2, QE3, QE4



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) : *(en majuscules)*

PRENOM : *(en majuscules)*

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2