

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
MÉTIERS DES SERVICES À L'ENVIRONNEMENT**

ÉPREUVE E2 - Sous-Épreuve U22 :

**SCIENCES PHYSIQUES
ET
TECHNOLOGIE DES SYSTÈMES**

SESSION 2016

Ligne de recyclage de câbles cuivre

**Durée : 2 heures 30 minutes
Coefficient : 2,5**

Matériel autorisé :

Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables alphanumériques ou à écran graphique, à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (circulaire n°99-186 du 16/11/1999).

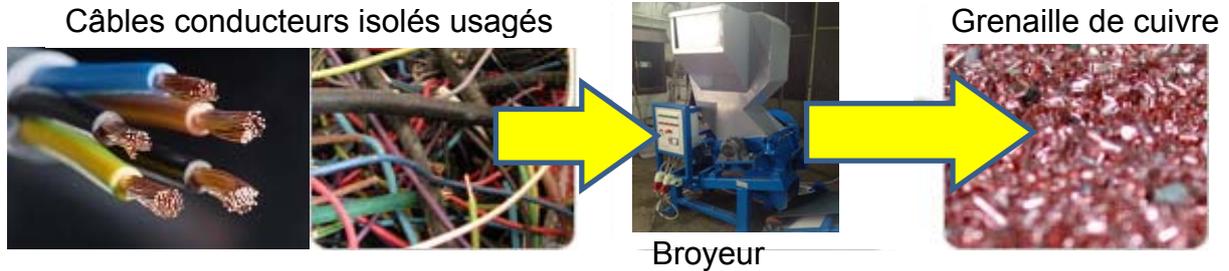
**Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 14 pages numérotées de 1/14 à 14/14.**

Documents réponse à rendre avec la copie : page 13/14 et page 14/14.

BTS Métiers des Services à l'Environnement		Session 2016
Sous-épreuve U22	Code : MSE2EST22	Page : 1/14

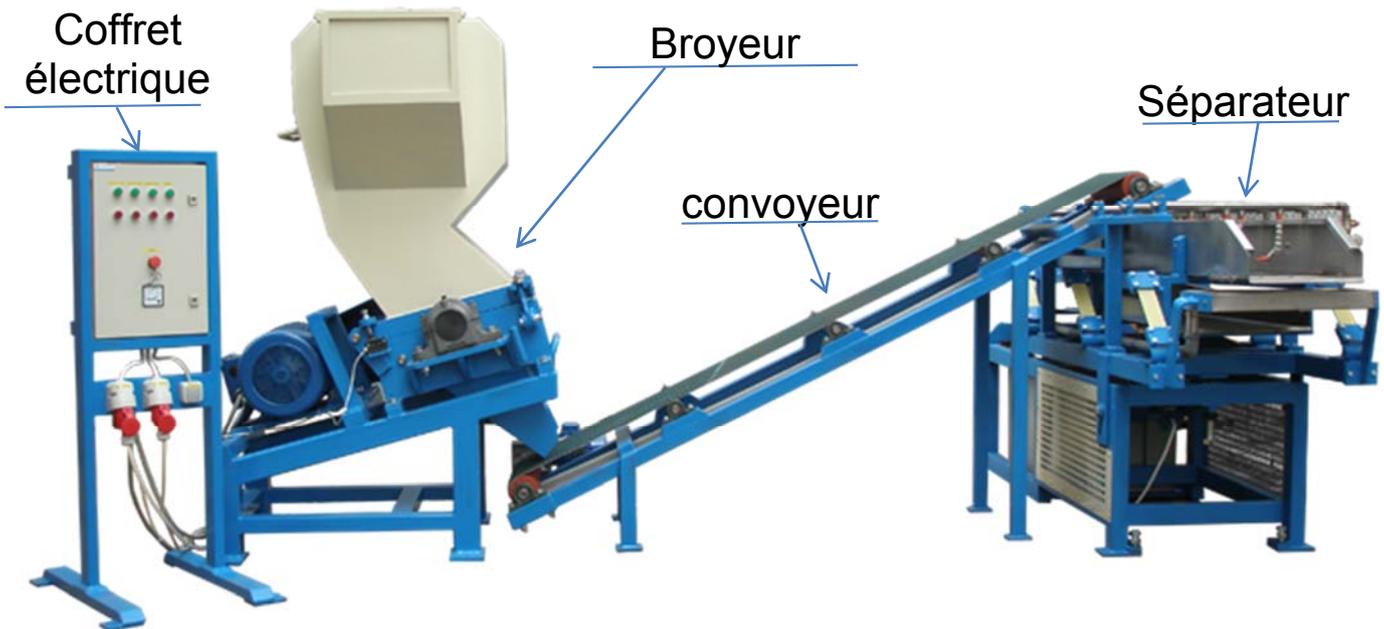
Présentation de la ligne de broyage de câbles de cuivre.

Les lignes de broyage de câbles de cuivre se développent depuis la montée importante des cours de ce métal indispensable et dont le minerai se raréfie.



Dans le cas des câbles conducteurs, le cuivre est enrobé de vernis et de plastique et même parfois d'une gaine métallique. Pour séparer ces matériaux, la technique du broyage répond aux exigences réglementaires liées à la protection de l'environnement et aussi aux exigences de qualité par la production de grenailles de cuivre très pur. Cette technique est aussi très intéressante économiquement.

Description de la ligne de broyage



L'étude de ce système se compose de cinq parties et de cinq documents techniques.

Partie A : Analyse fonctionnelle	8 points
Partie B : Maintenance du disjoncteur magnétothermique	21 points
Partie C : Maintenance du système de transmission poulie/courroie	15 points
Partie D : Maintenance des lames du rotor	13 points
Partie E : Maintenance du système d'arrosage du séparateur gravimétrique	23 points

Total 80 points

BTS Métiers des Services à l'Environnement		Session 2016
Sous-épreuve U22	Code : MSE2EST22	Page : 2/14

Partie A : Analyse fonctionnelle

La société Métal-Marketing construit des broyeurs-granulateurs de plusieurs dimensions qui sont principalement utilisés pour broyer les déchets de câbles. Leur capacité dépend des dimensions du rotor et du diamètre des trous dans le crible. Le rotor est constitué de trois lames mobiles et deux lames fixes. Le remplacement de ces lames et du crible est simple et rapide. Le petit broyeur granulateur « G320/450 » est équipé d'un moteur électrique d'une puissance utile maximum de 11 kW. Il a une capacité moyenne de broyage de 500 kg.h⁻¹. Le chargement des câbles est réalisé manuellement par l'opérateur, ainsi que l'évacuation des sacs de grenaille de cuivre et des sacs de granulés de plastique.

A.1. Donner deux arguments qui justifient l'utilisation de ce procédé de broyage du point de vue du développement durable.

A.2. Compléter le document réponse n°1 relatif à l'analyse fonctionnelle A-0 en plaçant les termes suivants : {broyer le câble et séparer le cuivre}, {énergie électrique}, {granulés de plastique}, {ajuster la taille des granulés}, {granulés de cuivre}, {production 500 kg câble par heure}, {sélecteur Marche – Arrêt}.

A.3. Sur le document réponse n°1, **indiquer les éléments** correspondant aux fonctions de la chaîne d'énergie du broyeur en plaçant les termes suivants : {réseau électrique}, {moteur asynchrone}, {rotor et lames}, {système poulie / courroie}, {contacteur}.

Partie B : Maintenance du disjoncteur magnétothermique

B.1. Donner le nom de l'appareil repéré Q4 sur le schéma électrique document technique n°3.

B.2. Donner le rôle de cet appareil repéré Q4.

Le plan de maintenance prévoit le remplacement de l'élément repéré Q4.

B.3. En vous aidant des indications portées sur la plaque signalétique du moteur, document technique n°1 et du schéma électrique, document technique n°3, **indiquer la tension d'utilisation et le courant nominal absorbé** par le moteur du broyeur sous la tension du réseau.

B.4. À partir du document technique n°4, **indiquer la nouvelle référence** de ce matériel et le réglage du déclencheur thermique si l'on admet que $I_{th} = 1,05 \times I_{nominal}$.

Afin de réaliser le remplacement en toute sécurité, il faut effectuer une consignation électrique sur le disjoncteur Q0.

B.5. En vous aidant du schéma électrique du document technique n°3, **indiquer le type de réseau et le schéma de liaison à la terre** utilisés. Justifier votre raisonnement.

B.6. Indiquer les différentes étapes de cette consignation.

B.7. A l'aide du document technique n°5, **rechercher le niveau d'habilitation électrique** que doit posséder la personne qui doit effectuer cette intervention.

BTS Métiers des Services à l'Environnement		Session 2016
Sous-épreuve U22	Code : MSE2EST22	Page : 3/14

Partie C : Maintenance du système de transmission poulie/courroie

Le plan de maintenance prévoit la vérification des caractéristiques du système de transmission de puissance (poulie/courroie).

C.1. En vous aidant des indications portées sur la plaque signalétique du moteur, document technique n°1, **identifier la puissance et la fréquence de rotation** du moteur du broyeur.

C.2. Déterminer la série et le type de courroie qui conviennent en utilisant le document réponse n°2.

C.3. Le rendement du système poulie/courroie est $\eta_{\text{(poulie/courroie)}} = 0,92$.
Calculer la puissance disponible sur l'arbre d'entrée du broyeur.

C.4. À partir de la courbe d'essai en charge donnée sur le document réponse n° 2, **déterminer la puissance absorbée** du broyeur pour une production de $500 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$.

C.5. Justifier le choix de ce moteur pour cette application.

C.6. Compte tenu de la fréquence de rotation du moteur et des caractéristiques techniques des poulies (document technique n°1), **déterminer la fréquence de rotation** du rotor de broyage.

Partie D : Maintenance des lames du rotor

Des essais ont montré que l'usure des lames du rotor augmente de manière conséquente la consommation énergétique du broyeur.

Afin de déterminer une fréquence d'affûtage des lames, une étude de fiabilité des lames a été menée par le modèle de Weibull. L'étude graphique sur une trame d'Allan Plait (échelle logarithmique) est donnée sur le document page 5.

D.1. Déterminer les paramètres de Weibull, γ , η , β à partir de l'étude graphique du document page 5.

D.2. Calculer la MTBF des lames du rotor en vous aidant du tableau des coefficients ci-dessous.

Extrait du tableau des coefficients de Weibull :

On détermine par la **Loi de Weibull** :

$$\text{Moyenne} = \text{MTBF} = A \cdot \eta + \gamma$$

$$\text{Écart type} = B \cdot \eta$$

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

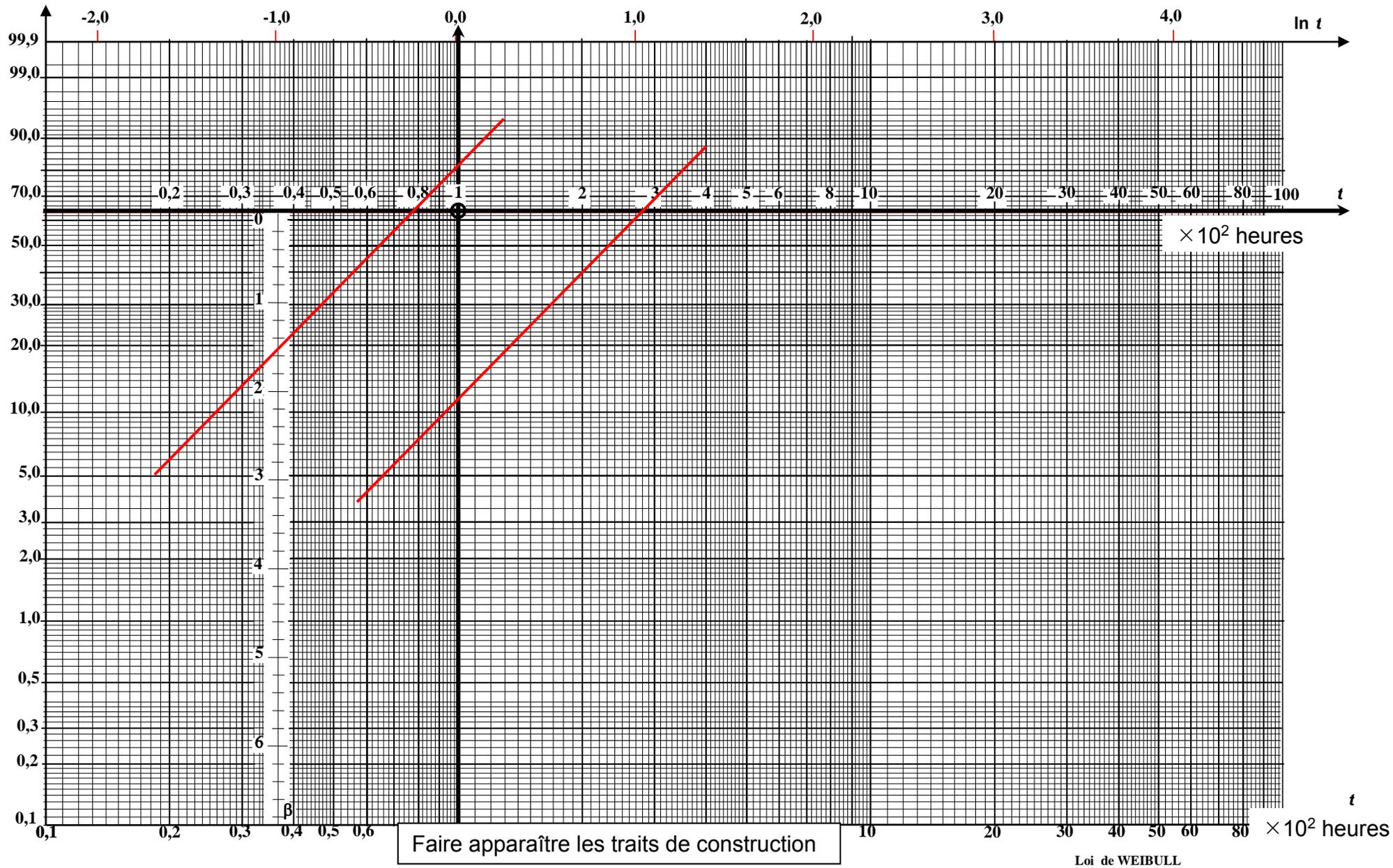
β	A	B
1,75	0,8906	0,525
1,80	0,8893	0,511
1,85	0,8882	0,498
1,90	0,8874	0,486
1,95	0,8867	0,474

β	A	B
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

β	A	B
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

D.3. En utilisant le graphique du document page 5, **déterminer graphiquement la durée de vie « t »** des lames pour un seuil de fiabilité $R(t) = 80\%$.

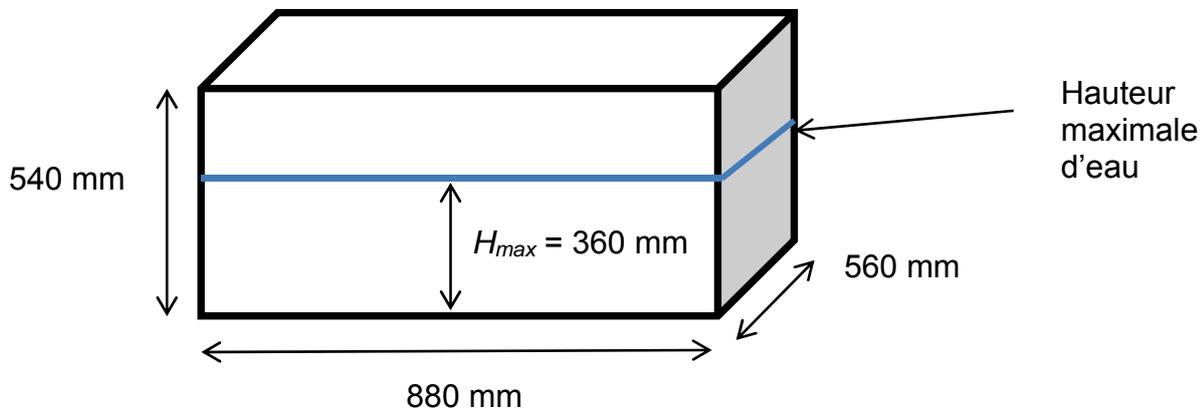
D.4. L'entreprise travaille 5 jours par semaine et 7h 30 par jour. **En déduire une fréquence d'affûtage** des lames qui assure une fiabilité égale à 80%. **Donner le résultat en nombre entier de semaines** permettant d'avoir une fiabilité supérieure à 80 %.



Partie E : Maintenance du système d'arrosage du séparateur gravimétrique

Lorsque la machine est à l'arrêt, le niveau d'eau dans le réservoir est maximal. La hauteur d'eau est $H_{max} = 360$ mm. La pression à la surface de l'eau est considérée comme étant égale à la pression atmosphérique $p_{atm} = 1,013 \times 10^5$ Pa.

Le réservoir du séparateur gravimétrique est schématisé ci-dessous :



E.1. Montrer que le volume maximum d'eau contenue dans le réservoir est égal à $0,177$ m³.

E.2. Afin de pouvoir vidanger l'eau du réservoir lorsque celle-ci n'est plus utilisable, une vanne circulaire de diamètre de passage $D_v = 25,4$ mm, a été installée au fond du réservoir.

Calculer la section S_v de cette vanne en m².

E.3. En utilisant le principe fondamental de l'hydrostatique, **calculer la pression p_v** exercée sur la vanne située au fond du réservoir lorsque celle-ci est fermée.

En déduire la force pressante F subie par celle-ci.

Données :

- masse volumique de l'eau : $\rho_{eau} = 1000$ kg·m⁻³
- intensité du champ de pesanteur $g = 9,81$ m·s⁻²

E.4. L'eau contenue dans le réservoir est jugée trop sale. On décide de vidanger le système d'arrosage. La vitesse d'écoulement de l'eau au niveau de la vanne au moment de son ouverture est donnée par la relation $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot H_{max}}$. **Calculer la valeur de v .**

E.5. Dans un premier temps, on considère que la vitesse d'écoulement précédente reste constante au cours du temps. On admet que dans ce cas le débit volumique de l'eau au niveau de la vanne est $Q_v = 1,35 \times 10^{-3}$ m³·s⁻¹.

En déduire la durée Δt nécessaire à la vidange complète du système.

On rappelle que $V_{max} = 0,177$ m³.

E.6. En réalité la vitesse d'écoulement de l'eau pendant la vidange du réservoir varie au cours du temps. **Donner, qualitativement, l'évolution de cette vitesse** au fur et à mesure que le niveau d'eau diminue dans le réservoir.

BTS Métiers des Services à l'Environnement		Session 2016
Sous-épreuve U22	Code : MSE2ESTS22	Page : 6/14

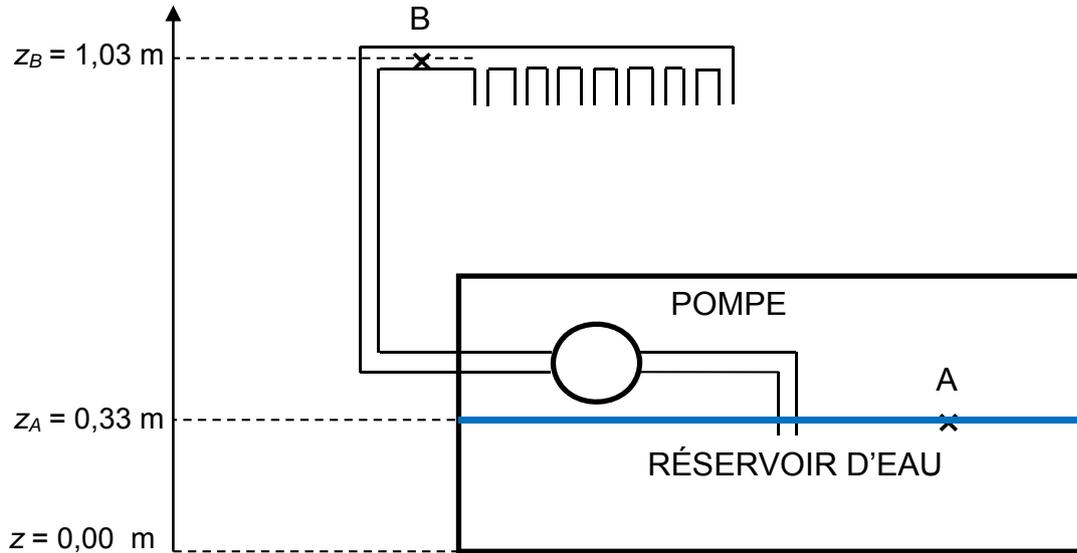
E.7. La pompe permettant d'alimenter les buses de sortie possède un débit volumique $Q_p = 1,00 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

En considérant que le débit est identique dans chacune des 8 buses, **calculer en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ le débit volumique Q_{buse} de sortie de l'eau d'une buse.**

E.8. En déduire la vitesse v_{buse} , en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, de l'eau à la sortie d'une buse.

Donnée : Section d'une buse : $S_{\text{buse}} = 7,10 \times 10^{-5} \text{ m}^2$.

E.9. La représentation simplifiée du système d'arrosage est schématisée ci-dessous :



Calculer la pression de l'eau p_B dans la conduite alimentant les buses.

Données :

Équation de Bernoulli en régime stationnaire pour un écoulement d'un point A vers un point B.

$$z_A + \frac{p_A}{\rho g} + \frac{v_A^2}{2g} - J_{AB} + H_{\text{mt}} = z_B + \frac{p_B}{\rho g} + \frac{v_B^2}{2g}$$

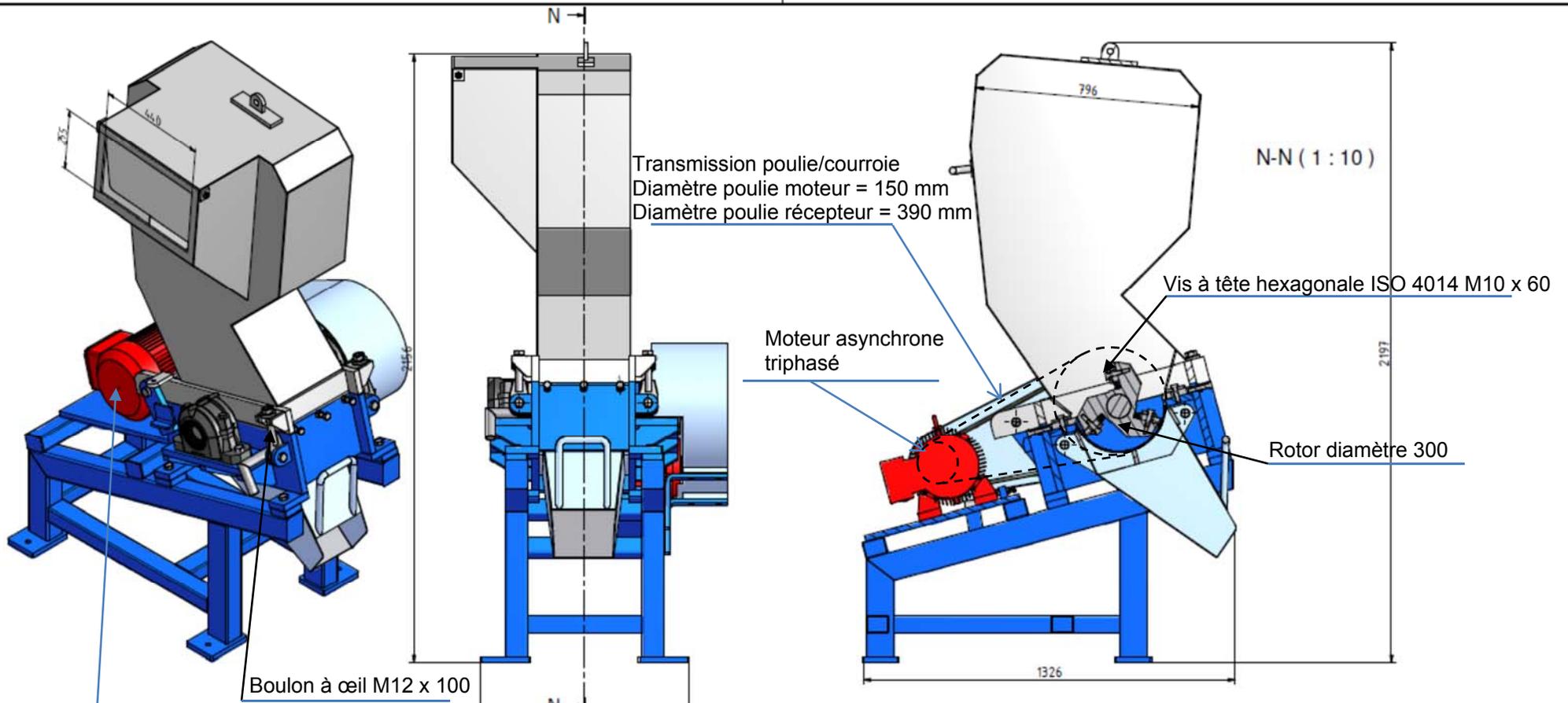
avec :

J_{AB} les pertes de charges entre les points A et B

H_{mt} la hauteur manométrique totale d'une pompe entre les points A et B

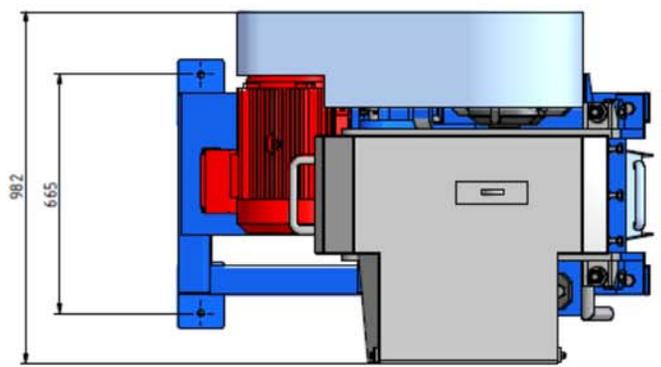
- On négligera les pertes de charge
- Hauteur manométrique totale de la pompe : $H_{\text{mt}} = 19,0 \text{ m}$
- Masse volumique de l'eau : $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- Intensité du champ de pesanteur $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
- Vitesse de l'eau à la surface dans le réservoir : v_A négligeable devant v_B
- Vitesse de l'eau dans la conduite des buses : $v_B = 4,70 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- Pression à la surface de l'eau dans le réservoir : $p_A = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$

BTS Métiers des Services à l'Environnement		Session 2016
Sous-épreuve U22	Code : MSE2ESTS22	Page : 7/14



Plaques signalétiques du moteur du broyeur

LEROY - SOMER					
MOTEUR ASYNCHRONE - Rotor CT CT C51111					
TYPE	LS 80 L2	N°	02415213657		
KW	11 KW	COS φ	0.86	Δ Volts	230 v Courant 36A
Ch		Rd%	88	Y volts	400 v Courant 21A
Tr/mn	930	Isolt classe	E	Ambs°c	40°
Hz	50	Ph	3	Service	S1



Document technique n°2

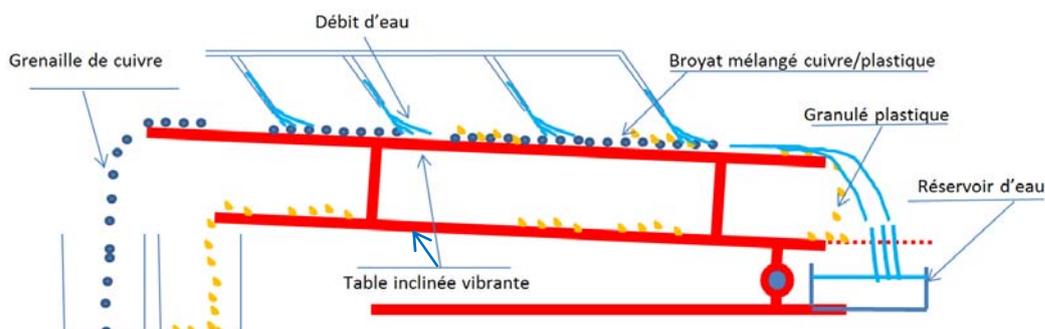
- **Séparateur gravimétrique à voie humide :**

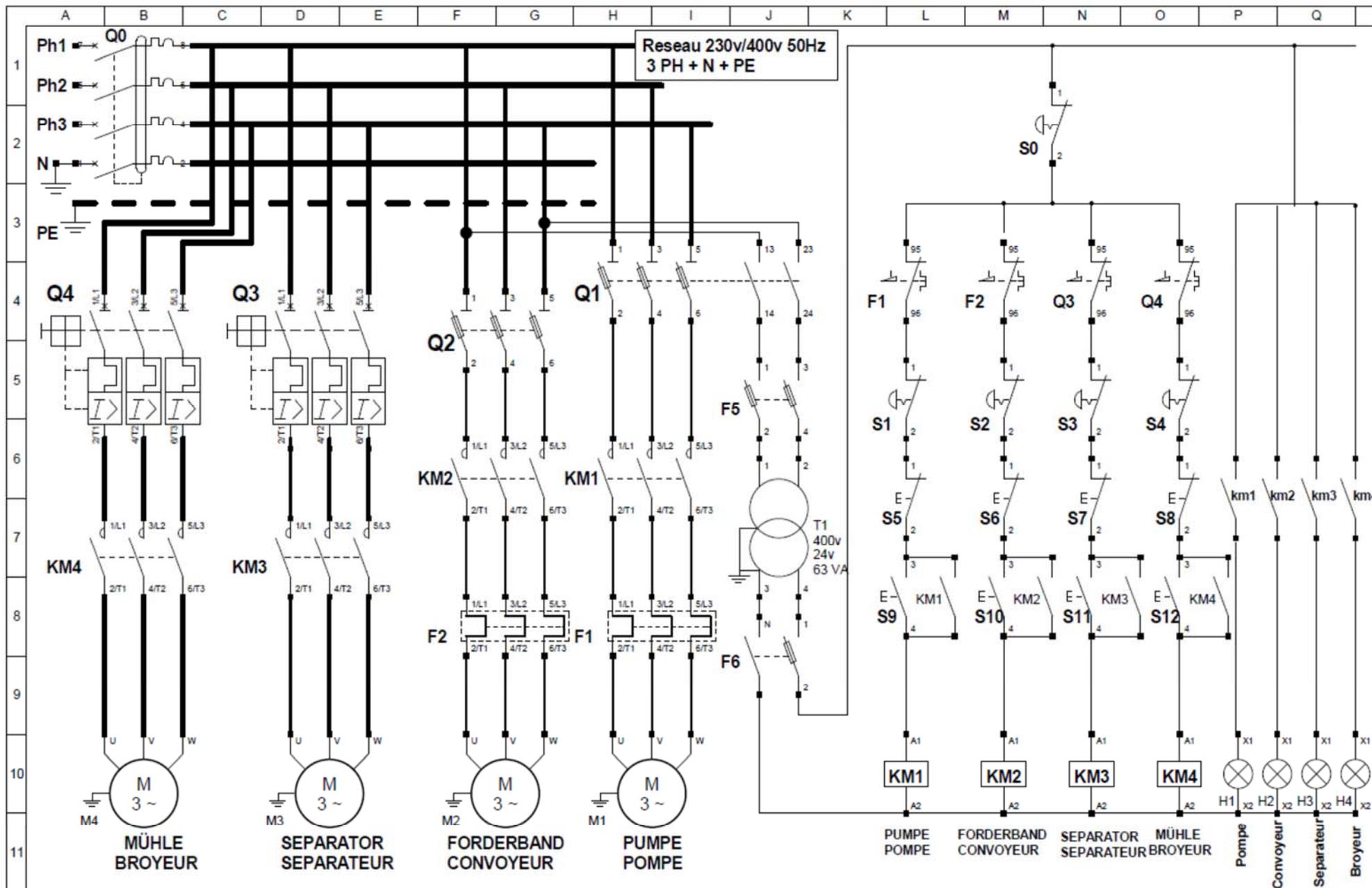
Le séparateur est constitué d'une table vibrante inclinée sur laquelle on dépose le mélange broyé de cuivre et de plastique. Sous l'effet des vibrations de la table, la grenaille de cuivre monte du fait de sa densité. La machine est équipée d'une cuve d'eau et d'une pompe qui dirige l'eau vers les tuyères adaptables et puis elle retourne dans la cuve à travers le crible. De cette manière, on utilise toujours la même eau, il est nécessaire seulement d'en ajouter de temps en temps, ce qui est fait automatiquement par la soupape à boulets. Avec les soupapes, on peut contrôler le flux d'eau dans les tuyères et on peut aussi régler l'inclinaison de table.

Spécifications techniques	
Référence Séparateur	MM S2000/300
Dimensions de la machine (cm)	260 x 85 x135
Dimensions de la table (cm)	200 x 30
Poids de la machine (kg)	320
Puissance (kW)	1,5
Capacité (kg·h ⁻¹)	300 - 400
Débit moyen d'eau	60 L·min ⁻¹ = 3,6 m ³ ·h ⁻¹



Schéma de principe du séparateur gravimétrique à voie humide





Document technique n°4

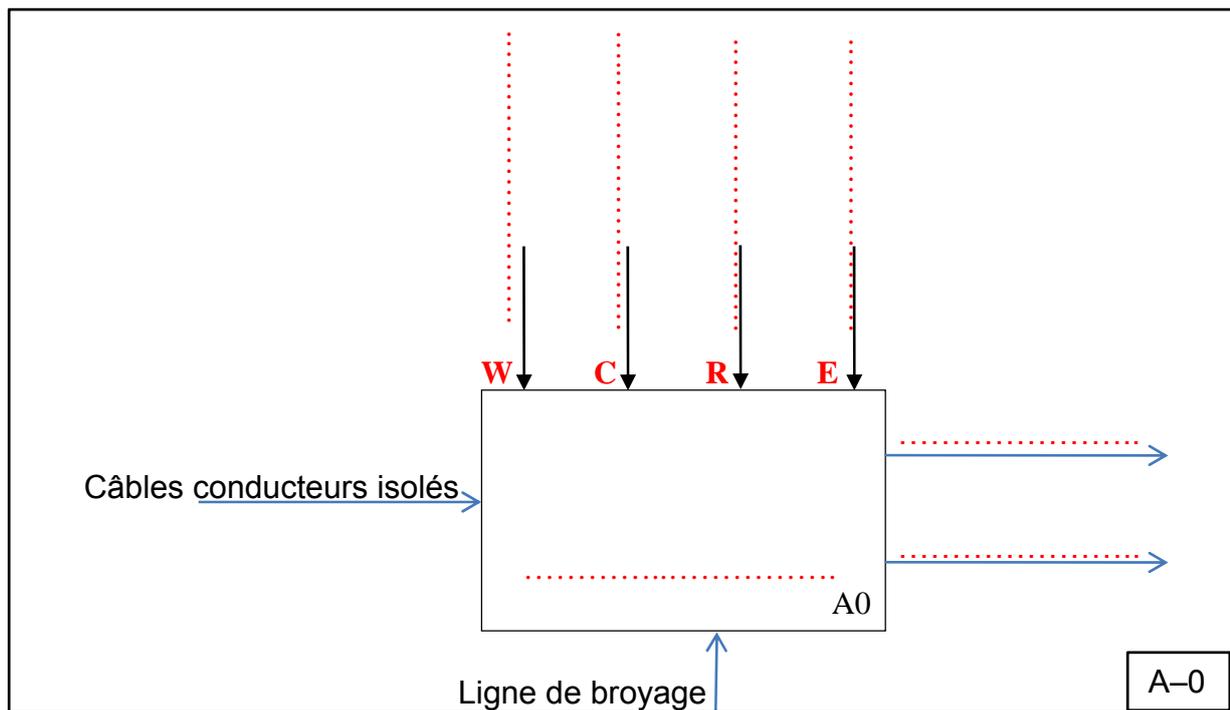
Puissances normalisées des moteurs triphasés 50/60 Hz en catégorie AC3						Disjoncteur référence	réglage thermique	Contacte référenc
400v/415v		440v		500v				
Puissance	Intensité	Puissance	intensité	puissance	intensité			
0,06	0,22	0,06	0,19			GV2 M02	0,16.....0,25	LC1K06 OU LC1D09
0,09	0,36	0,09	0,28			GV2 ME03	0,25.....0,40	LC1K06 OU LC1D09
		0,12	0,37					
0,12	0,42	0,18	0,55			GV2 ME04	0,40.....0,63	LC1K06 OU LC1D09
0,18	0,6							
0,25	0,88	0,25	0,76			GV2 M05	0,63.....1	LC1K06 OU LC1D09
0,37	0,98	0,37	0,99					
0,55	1,5	0,55	1,36	0,37	1	GV2 ME06	1.....1,6	LC1K06 OU LC1D09
				0,55	1,21			
				0,75	1,5	GV2 ME06	1.....1,6	LC1K06 OU LC1D09
0,75	2	0,75	1,68	1,1	2	GV2 ME07	1,6.....2,5	LC1K06 OU LC1D09
		1,1	2,37					
1,1	2,5	1,5	3,06	1,5	2,6	GV2 ME08	2,5.....4	LC1K06 OU LC1D09
1,5	3,5			2,2	3,8			
2,2	5	2,2	4,42	3	5	GV2 MR10	4.....6,3	LC1K06 OU LC1D09
		3	5,77					
3	6,5	4	7,9	4	6,5	GV2 ME14	6.....10	LC1K06 OU LC1D09
4	8,4			5,5	9			
5,5	11	5,5	10,4	7,5	12	GV2ME16	9.....14	LC1K12 OU LC1D12
7,5	14,8	7,5	13,7	9	13,9	GV2 ME20	13.....18	LC1D18
		9	16,9					
9	18,1	11	20,1	11	18,4	GV2 ME21	17.....23	LC1D25
11	21			15	23	GV2 ME22	20.....25	LC1D25
15	28,5	15	26,5	18,5	28,5	GV2 ME32	24.....32	LC1D32
18,5	35	18,5	32,8	18,5	28,5	GV3 ME40	25.....40	LC1D38
		22	39	22	33	GV3 ME40	25.....40	LC1D40
22	42			30	45	GV3ME63	40.....63	LC1D50
30	57	30	51,5	37	55	GV3 ME63	40.....63	LC1D65
		37	64	45	65	GV3 ME80	56.....80	LC1D65
		37	64	45	65	GV7 RE80	48.....80	LC1D65
37	69	45	76	55	80	GV3 ME80	56.....80	LC1D80
37	69	45	76	55	80	GV7 RE80	48.....80	LC1D80
45	81					GV7RE100	60.....100	LC1D95
		50	90			GV7 RE100	60.....100	LC1D115
55	100			75	105	GV7 RE150	90.....150	LC1D115
75	135	75	125	90	129	GV7 RE150	90.....150	LC1D150
		90	146			GV7 RE150	90.....150	LC1D185
90	165			110	156	GV7 RE220	132.....220	LC1F185
		110	178	132	187	GV7 RE220	132.....220	LC1F265
				160	220			
110	200	132	215			GV7 RE220	132.....220	LC1F225

Choix du disjoncteur en fonction de la puissance du moteur

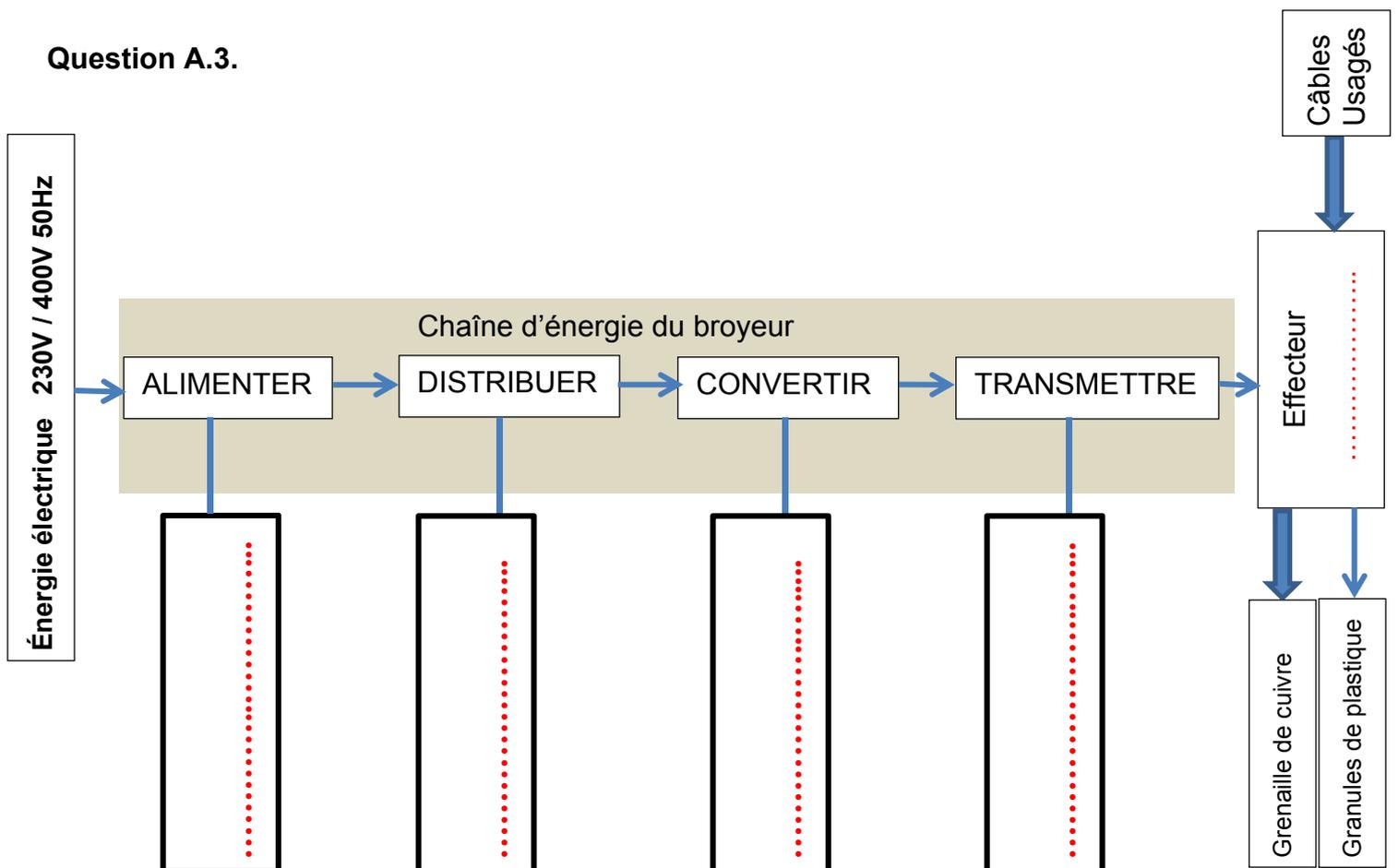
Activités liées au niveau d'habilitation
--

Activités	Symboles
<p>Aucune opération d'ordre électrique n'est réalisée mais accès à des zones ou emplacements à risque spécifique électrique (accès réservé aux électriciens).</p> <p><i>Travailleurs</i> : peintre, maçon, serrurier, agent de nettoyage... ne réalisant pas de réarmement de disjoncteur, pas de remplacement de lampe, fusible... mais uniquement des travaux de peinture, maçonnerie...</p>	<p>B0 H0, HOV</p>
<p>Intervention élémentaire sur des circuits terminaux (maxi 400 V et 32 A courant alternatif). Types d'opérations :</p> <ul style="list-style-type: none"> - remplacement et raccordement de chauffe-eau, convecteurs, volets roulants..., - remplacement de fusibles BT, réarmement de protections, - remplacement à l'identique d'une lampe, d'un socle de prise de courant, d'un interrupteur, - raccordement sur borniers (dominos...) en attente, - réarmement d'un dispositif de protection. <p><i>Travailleurs</i> : gardien d'immeuble, chauffagiste, plombier, peintre...</p>	<p>BS</p>
<p>Intervention générale d'entretien et de dépannage sur des circuits (maxi 1000 V et 63 A courant alternatif). Types d'opérations :</p> <ul style="list-style-type: none"> - recherche de pannes, dysfonctionnements, - réalisation de mesures, essais, manœuvres, - remplacement de matériels défectueux (relais, bornier...), - mise en service partielle et temporaire d'une installation, - connexion et déconnexion en présence de tension (maxi 500 V en courant alternatif). <p><i>Travailleurs</i> : électricien confirmé du service maintenance, dépanneur...</p>	<p>BR</p>
<p>Travaux sur les ouvrages et installations électriques. Types d'opérations :</p> <ul style="list-style-type: none"> - création, modification d'une installation, - remplacement d'un coffret, armoire, - balisage de la zone de travail et vérification de la bonne exécution des travaux (uniquement pour le chargé de), - etc. 	<p><i>Exécutant</i> B1, B1V H1, H1V <i>Chargé de</i> B2, B2V H2, H2V</p>
<p>Consignation d'un ouvrage ou d'une installation électrique.</p>	<p>BC, HC</p>
<p>Autres opérations de type essais, vérifications, mesures, opérations sur installation photovoltaïque, batteries...</p>	<p>Voir NF C 18-510</p>

Question A.2.



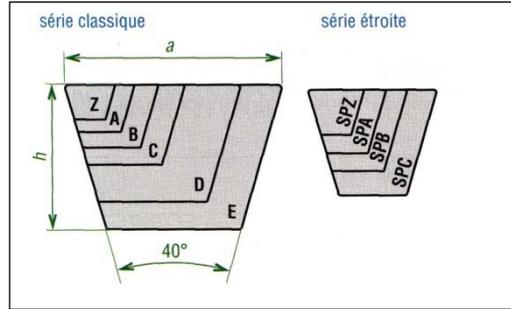
Question A.3.



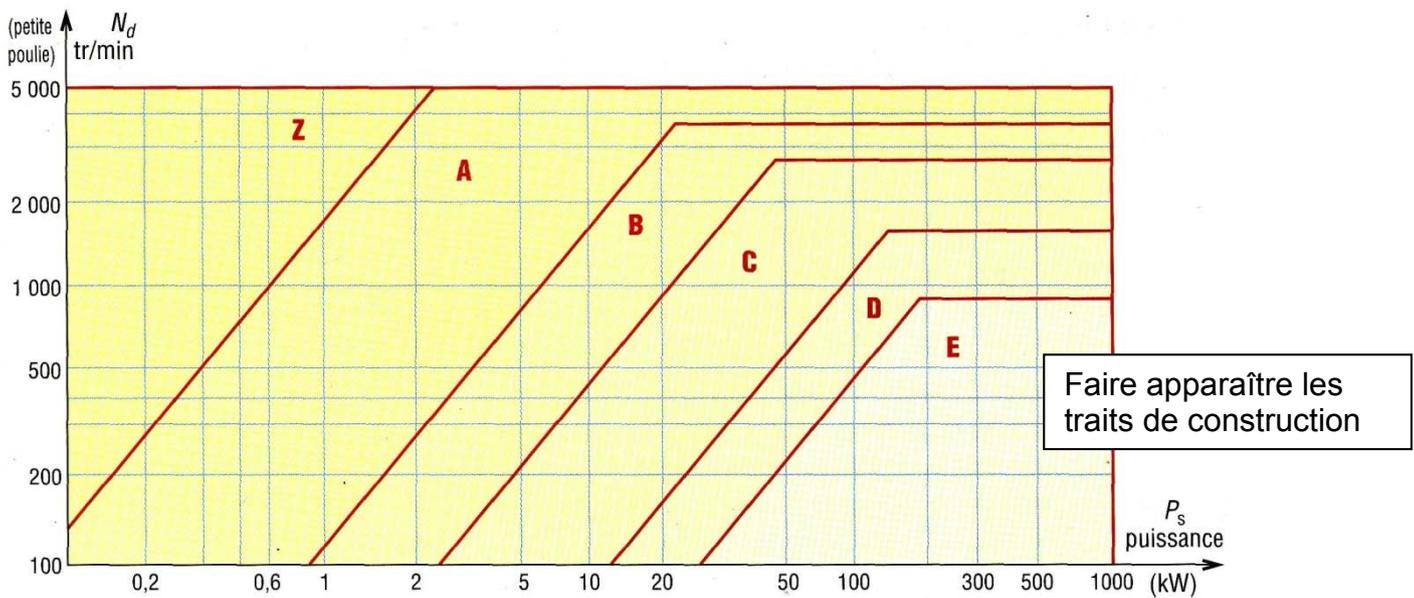
Document réponse n°2 à rendre avec la copie

Question C.2.

Les courroies trapézoïdales :



Type de courroie en fonction de la puissance à transmettre et de la vitesse de rotation :



Graphe 1 : gamme des puissances transmissibles par type de courroie.

Question C.4.

