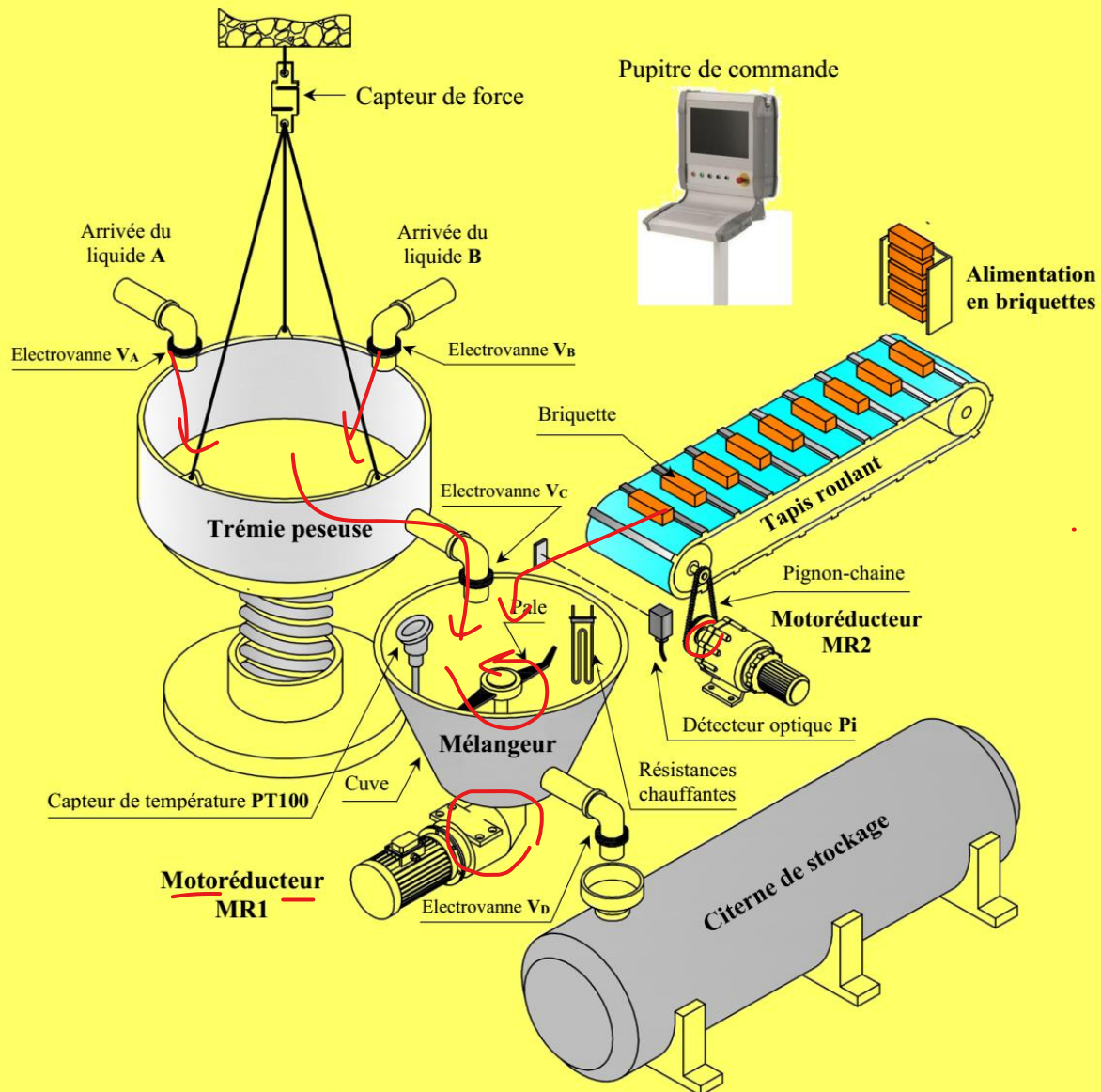


EXERCICE 1

1. PRÉSENTATION DU SYSTÈME

Le système, objet de l'étude, est un malaxeur industriel destiné à mélanger des produits pour la production de teinture dans une usine de textile. Son schéma descriptif est représenté ci-dessous.



2. DESCRIPTION DU SYSTÈME

Ce système se compose de :

- Une trémie **peseuse** suspendue à un **capteur de force** permet de contenir et de peser les liquides **A** et **B** ;
- Un tapis roulant entraîné par un motoréducteur **MR2** amène les briquettes solubles de coloriage vers la cuve du mélangeur. Le passage des briquettes est détecté par un détecteur optique **Pi** ;
- Un **mélangeur** à cuve dont les **pales** sont entraînées par un motoréducteur **MR1** assure un mélange homogène des produits ;
- Quatre électrovannes **VA**, **VB**, **VC** et **VD** ;
- Un dispositif de chauffage constitué de **3 résistances chauffantes** pour chauffer le mélange des produits ;

- Un capteur de température de type **PT100** pour mesurer la température du mélange ;
- Une citerne de stockage ;
- Un automate programmable industriel **A.P.I** gère le fonctionnement du système ;
- Un pupitre de commande constitué de 3 boutons poussoirs et d'un écran de supervision.

3. FONCTIONNEMENT

Le fonctionnement du système est décrit par le grafcet du point de vue système donné au document **DRES 03**.

4. SITUATIONS D'ÉVALUATION

SEV 1	Analyse fonctionnelle partielle et transmission de puissance	24 points
-------	--	-----------

Tâche 1 : Analyse fonctionnelle partielle

À partir de la présentation et de la description du système, compléter :

Q1- Le diagramme **SADT** de niveau **A-0**. 1,5 pt

Q2- Le diagramme **FAST** partiel. 2,5 pts

Tâche 2 : Analyse et compréhension du motoréducteur MR1

En se référant aux documents ressources **DRES 01** et **DRES 02**; compléter :

Q3- Le tableau proposé des **liaisons**. 2,5 pts

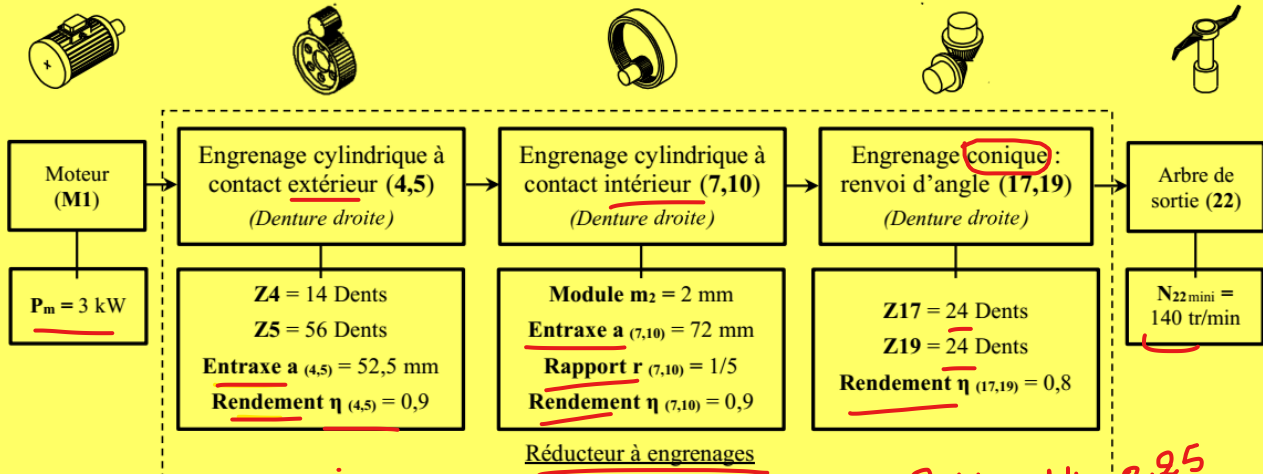
Q4- Le schéma **cinématique** minimal du motoréducteur **MR1**. 1,5 pt

Q5- Le tableau des **fonctions**. 2 pts

Tâche 3 : Cinématique et caractéristiques du motoréducteur MR1

Afin de garantir un mélange homogène des produits utilisés (mélange de bonne qualité), le cahier des charges fonctionnel de ce système impose des paramètres et des contraintes qu'on peut citer parmi autres : la vitesse de rotation minimale de l'arbre de sortie (22) est $N_{22\text{mini}} = 140 \text{ tr/min}$.

On donne ci-dessous le **synoptique** et les caractéristiques de la transmission :



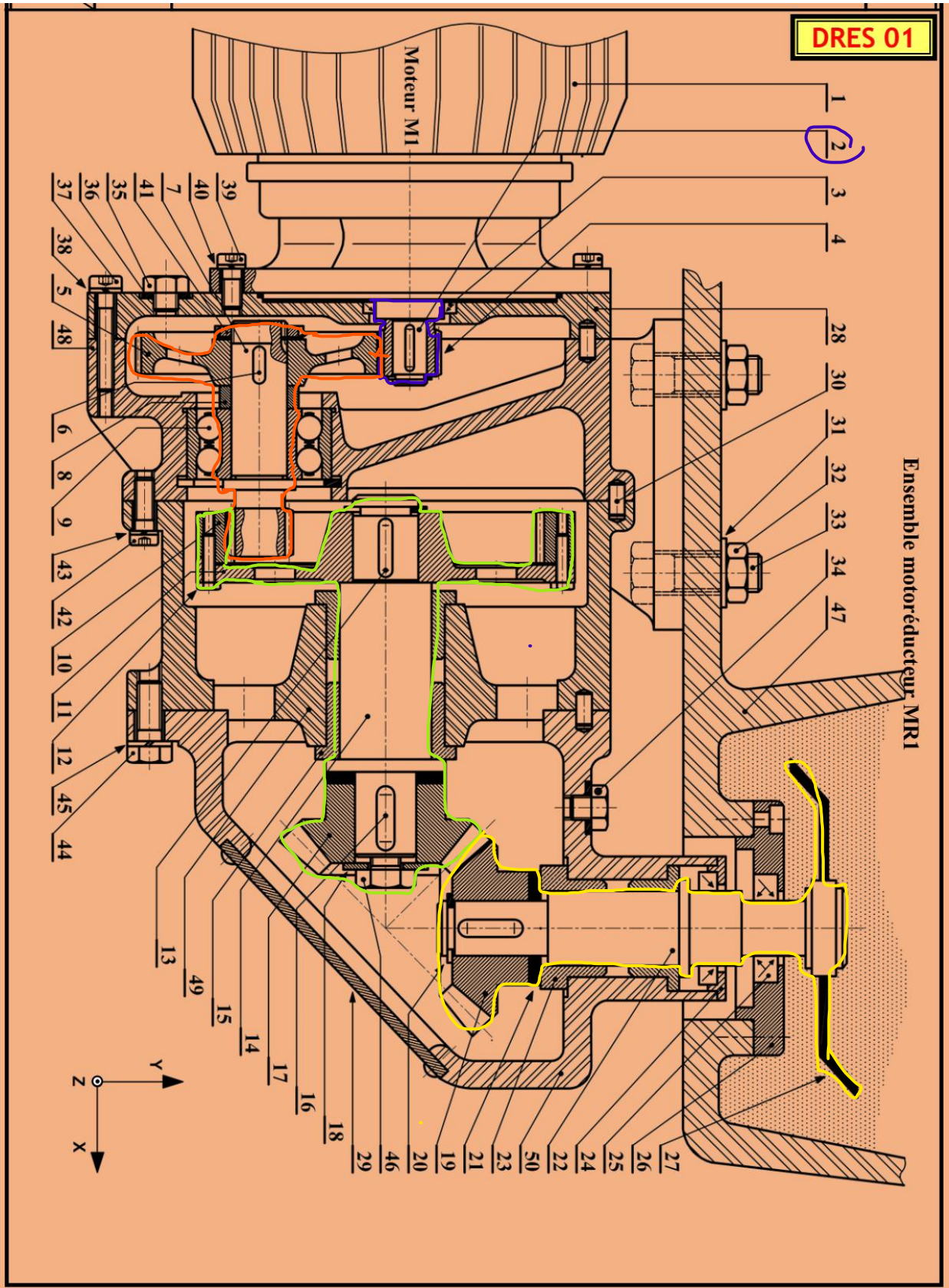
Q6- Calculer le rapport de transmission $r_{(4,5)}$ de l'engrenage (4,5). 0,5 pt

Q7- Calculer le module m_1 de l'engrenage (4,5). 1 pt

Q8- Donner les **deux conditions** d'engrènement des deux roues dentées (17) et (19). 1 pt

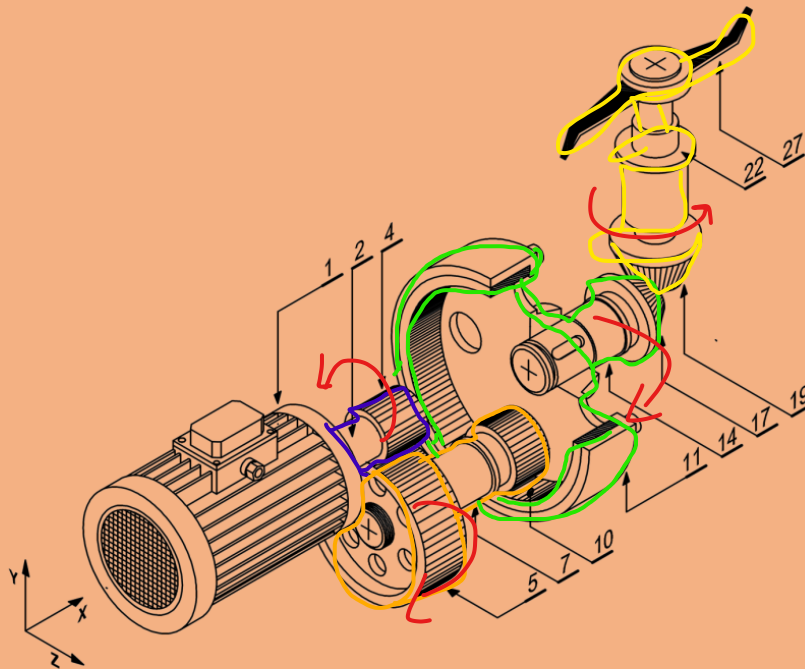
Q9- Calculer le nombre de dents Z_7 et le nombre de dents Z_{10} de l'engrenage (7,10). 2 pts

- $\epsilon g = \frac{1}{4} \times \frac{1}{5} \times \frac{1}{20}$
 $\eta g = 99.018 = 0.6$
- Q10-** Calculer le rapport de transmission global \underline{rg} de ce réducteur. **0,5 pt**
- Q11-** Déduire la vitesse de rotation $\underline{N_m}$ du moteur **M1**. **1 pt**
- Q12-** Calculer le rendement global $\underline{\eta_g}$ entre l'arbre moteur et l'arbre de sortie (22). **0,5 pt**
- Q13-** Calculer le couple nominal $\underline{C_m}$ du moteur **M1** et le couple $\underline{C_{22}}$ de l'arbre de sortie (22) en prenant $\underline{N_m = 2868 \text{ tr/min.}}$ **2,5 pts**
- Q14-** Pour le sens de rotation de l'arbre moteur indiqué sur **DREP 03**, dans quel sens tourneront les pales du mélangeur ? Cocher la bonne réponse. **1 pt**
- Tâche 4 : Travail graphique**
- À la suite d'une démarche corrective, le constructeur de ce type de réducteur propose de modifier le maintien en position de la jante porte couronne (11) sur l'arbre intermédiaire (14) en remplaçant l'anneau élastique par une vis hexagonale **H** en appui sur une rondelle plate (voir **DREP 04**).
- Q15-** Représenter la nouvelle solution en utilisant les instruments nécessaires de dessin. **4 pts**



Modélisation 3D du motoréducteur MR1

DRES 02



Nomenclature du motoréducteur MR1

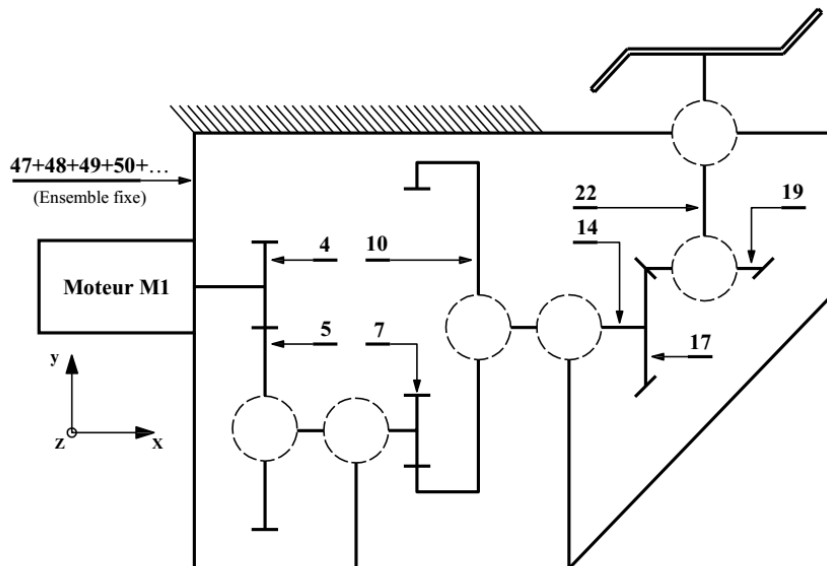
25	01	Joint à deux lèvres	Paulstra	50	01	Carter du renvoi	Al Si 5 Cu 3
24	01	Couvercle		49	01	Carter intermédiaire	Al Si 5 Cu 3
23	02	Coussinet	Cu Sn 8	48	01	Carter primaire	Al Si 5 Cu 3
22	01	Arbre de sortie	36 Ni Cr Mo 16	47	01	Corps de la cuve	Al Si 5 Cu 3
21	02	Cales de réglage		46	02	Ecrou H	
20	01	Anneau élastique	Paulstra	45	05	Rondelle Grower	
19	01	Roue conique	C 35	44	05	Vis H	
18	01	Rondelle plate		43	05	Rondelle Grower	
17	01	Roue conique	C 35	42	05	Vis CHC	
16	01	Clavette parallèle		41	01	Écrou à encoches	
15	02	Coussinet	Cu Sn 8	40	08	Rondelle Grower	
14	01	Arbre intermédiaire	36 Ni Cr Mo 16	39	08	Vis CHC	
13	01	Clavette parallèle		38	05	Rondelle Grower	
12	08	Vis H		37	05	Vis CHC	
11	01	Jante porte couronne		36	02	Rondelle joint	Paulstra
10	01	Couronne	C 35	35	01	Vis bouchon	
09	01	Roulement type BE		34	01	Vis bouchon	
08	01	Entretoise		33	04	Vis H	
07	01	Pignon arbré	36 Ni Cr Mo 16	32	04	Ecrou H	
06	01	Clavette parallèle		31	04	Rondelle plate	
05	01	Roue dentée	C 35	30	03	Pied de positionnement	
04	01	Pignon moteur	C 35	29	08	Vis CHC	
03	01	Joint à lèvres	Paulstra	28	01	Semelle	Al Si 5 Cu 3
02	01	Arbre moteur	36 Ni Cr Mo 16	27	01	Pale	
01	01	Bloc moteur		26	01	Couvercle	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Rep	Nbr	Désignation	Matière

DREP 02

Q3- [2,5 pts]

Liaison	Nom de la liaison	Translation d'Axe			Rotation d'axe		
		X	Y	Z	X	Y	Z
5 / 7	Encastrement	0	0	0	0	0	0
7 / 48
{10 + 11} / 14
14 / 49
19 / 22
22 / 50

Q4- [1,5 pt]



Q5- [2 pts]

Repère	Fonction
41
15
21
25

Q6- [0,5 pt]

.....

DREP 03

Q7- [1 pt]

$$a_{4-5} = m_n (z_4 + z_5) \Rightarrow m_n = \frac{a_{4-5} \times 2}{z_4 + z_5}$$

Q8- [1 pt]

$$m_n = \frac{52,5 \times 2}{70} = 1,5$$

1- $V_i \Gamma \text{ CV } S \text{ cm}^3$
2-

Q9- [2 pts]

$$\begin{cases} \Gamma_{z_{10}} = \frac{z_7}{z_{10}} = 1/5 \Rightarrow 5z_7 = z_{10} \\ a_{7-10} = \frac{m_n (z_{10} - z_7)}{2} = 72 \end{cases}$$

$$72 = \frac{2 (5z_7 - z_7)}{2} = 4z_7$$

Q10- [0,5 pt]

$$z_7 = \frac{72}{4} = 18$$

$$z_{10} = 90$$

Q11- [1 pt]

$$\Gamma_g = \frac{N_s}{N_e} = \frac{N_e}{N_m} \Rightarrow N_m = \frac{N_e}{\Gamma_g} = \frac{140}{0,105} = 2800 \text{ tr/min}$$

Q12- [0,5 pt]

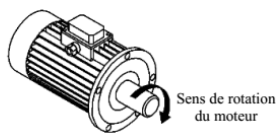
$$P_m = C_m \cdot \omega_m \Rightarrow C_m = \frac{P_m}{\omega_m} = \frac{P_m \cdot 60}{2\pi N_m} = \frac{3000 \times 60}{2\pi \cdot 2868}$$

Q13- [2,5 pts]

$$C_m = 9,98 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$C_{rel} = \frac{P_{rel}}{\omega_{rel}} = \frac{\eta_g \cdot P_m}{\omega_{rel}} = \frac{\eta_g \cdot P_m}{\Gamma_g \cdot \omega_m} = \frac{0,6 \times 3000 \times 60}{0,105 \times 2\pi \cdot 2868} = 5,49 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Q14- (Cocher la bonne réponse) [1 pt]



Sens 1

Sens 2

EXERCICE 2

I. Introduction

Une hydrolienne est une machine qui produit de l'énergie électrique à partir du mouvement de l'eau de mer appelé courant. On distingue les courants marins situés en pleine mer et les courants de marées situés près des côtes.

Tout en **préservant l'environnement marin**, une hydrolienne permet de **convertir l'énergie hydrocinétique** fournie par le mouvement de l'eau de mer en **énergie électrique**.

Il existe plusieurs types d'hydroliennes, certaines sont totalement sous l'eau (hydroliennes sous-marines : Figure 1), d'autres à la surface de l'eau (hydroliennes à flots).

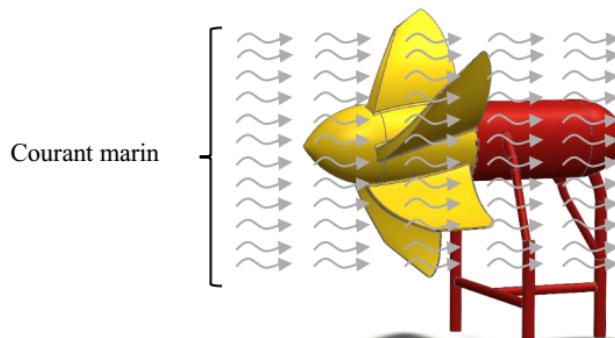


Figure 1 : Hydrolienne sous-marine

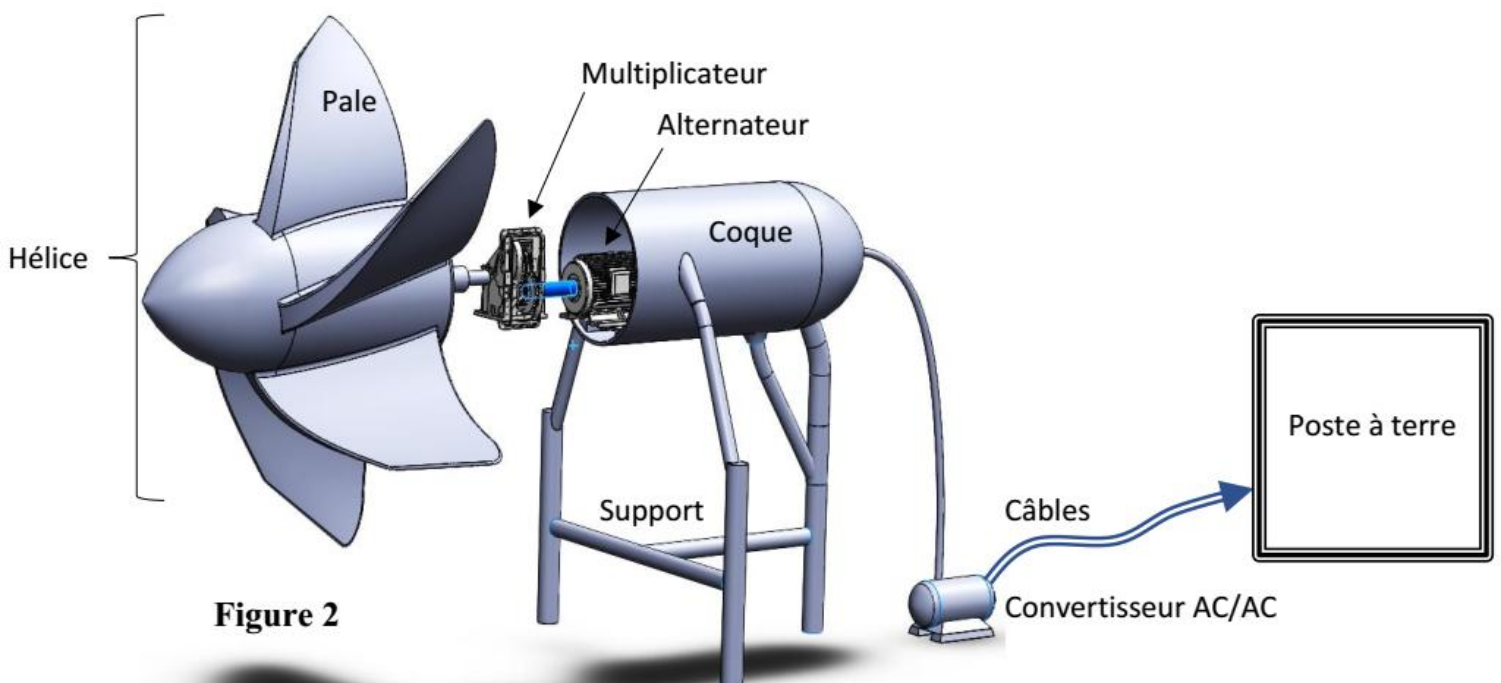


Figure 2

Figure 5 : Représentation en 3D de la chaîne de transmission du mouvement

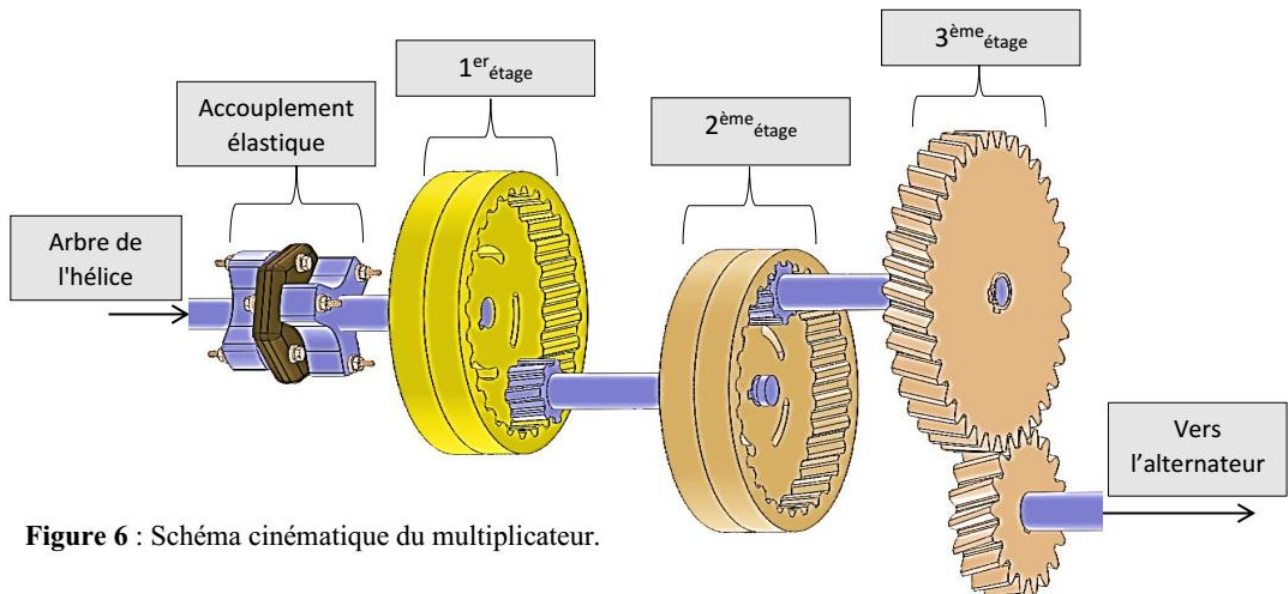
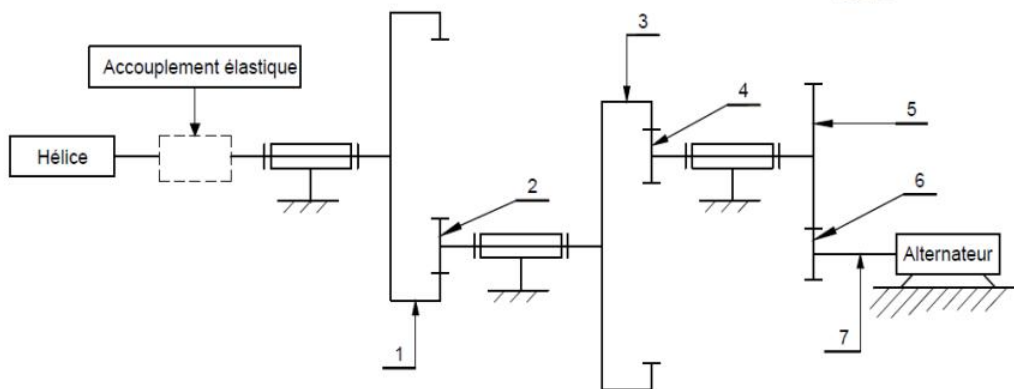


Figure 6 : Schéma cinématique du multiplicateur.



Le multiplicateur est constitué de trois étages (voir **DRES 02**, Figure 5 et Figure 6)

	Rapport de transmission
Le premier étage composé de la couronne 1 et du pignon arbré 2	$r_1 = 5$
Le deuxième étage composé de la couronne 3 et du pignon arbré 4	r_2
Le troisième étage composé de la roue dentée 5 et du pignon 6	$r_3 = 2$

Tâche 2 : Détermination des caractéristiques du multiplicateur

Le but est de déterminer les caractéristiques du multiplicateur.

Données :

- $N_h = 20$ tr/min : Vitesse de rotation de l'hélice ;
- $N_a = 1000$ tr/min : Vitesse de rotation de l'alternateur ;
- $\eta_m = 0,98$: Rendement du multiplicateur ;
- $P_m = 300$ kW : Puissance à l'entrée du multiplicateur ;
- Toutes les roues dentées sont à dentures hélicoïdales (même angle d'hélice β et même module réel m_n) :
 - $\beta = 25^\circ$: angle d'hélice ;
 - $m_n = 3$: module réel.
- $Z_1 = 400$: Nombre de dents de la couronne 1.

Question : 6. Déterminer le rapport global r du multiplicateur. 2 pts

Question : 7. Déterminer le rapport de transmission r_2 du deuxième étage du multiplicateur. 2 pts

Question : 8. Calculer la puissance à la sortie du multiplicateur P_{sm} . 1.5 pt

Question : 9. Donner le sens de rotation de la couronne 1 par rapport au pignon 6 (sens inverse ou identique) et justifier ; 1 pt

Question : 10. Calculer le nombre de dents Z_2 du pignon 2 ; 1.5 pt

Question : 11. Calculer le module tangentiel m_t , on donne $m_n = m_t \cdot \cos\beta$; 0,75 pt

Question : 12. Compléter le tableau des caractéristiques de l'engrenage du premier étage ; 4,25 pts

Tâche 3 : Étude de l'accouplement

Le concepteur a choisi un **accouplement élastique** entre l'arbre de l'hélice et l'arbre d'entrée du multiplicateur (voir DRES 02, figure 5).

Question : 13. Donner la fonction d'un **accouplement élastique**. 0,25 pt

Question : 14. Donner son symbole schématique. 0,25 pt

Question : 15. Donner deux de ses avantages. 0,5 pt

Tâche 4 : Conception d'une liaison encastrement

À partir du schéma cinématique (voir DRES 02, figure 6), on vous demande de :

Question : 16. Concevoir la liaison encastrement entre l'arbre de sortie 7 et le pignon 6 en utilisant une clavette parallèle et un anneau élastique. 4 pts

Question : 6.

Question : 7.

Question : 8.

Question : 9.

Question : 10.

Question : 11.

Question : 12.

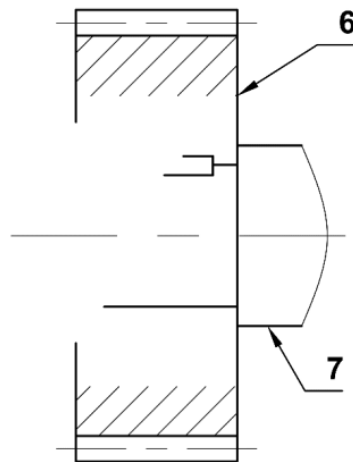
	<i>Diamètre primitif d (en mm)</i>	<i>Diamètre de tête d_a (en mm)</i>	<i>Entraxe a (en mm)</i>
<i>Formules</i>	d =	d _{a1} =	a =
		d _{a2} =	
<i>Couronne 1</i>	a =
<i>Pignon 2</i>	

Question : 13.

Question : 14.

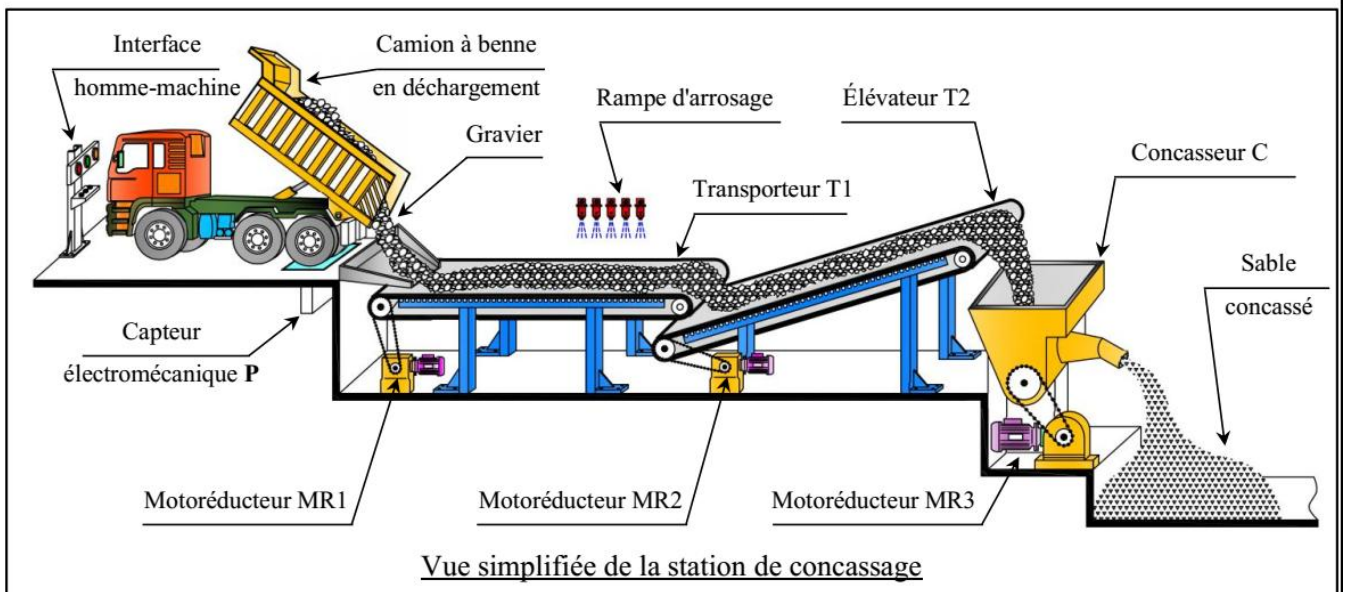
Question : 15.

Question : 16.



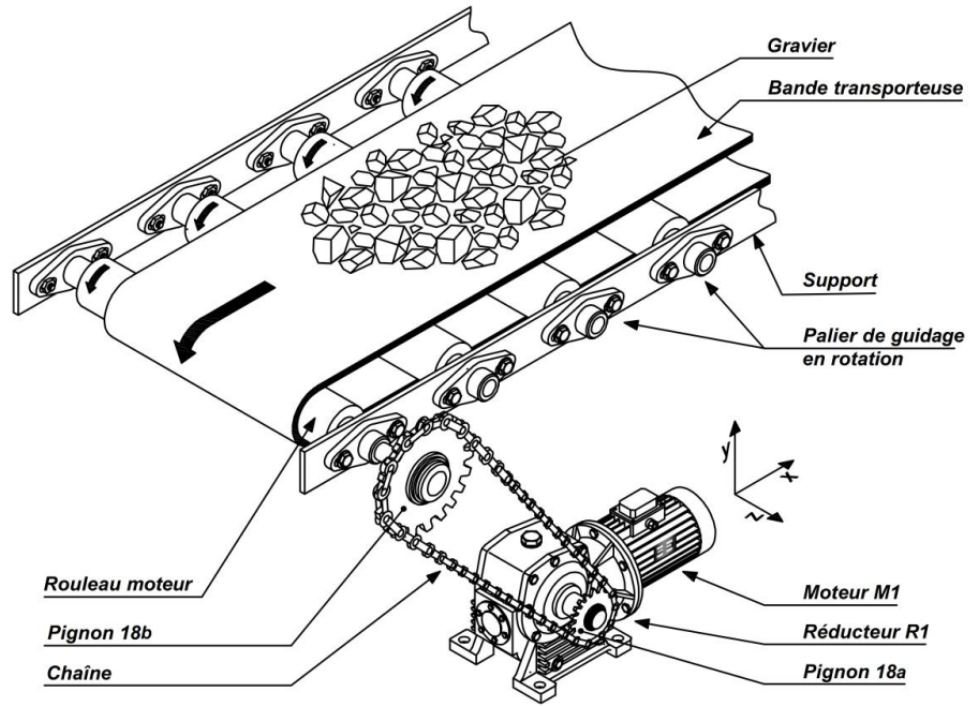
EXERCICE 3 DESCRIPTION DU SYSTÈME

Le schéma descriptif de la station est représenté ci-dessous :



Motorisation du transporteur T1

DRES 02



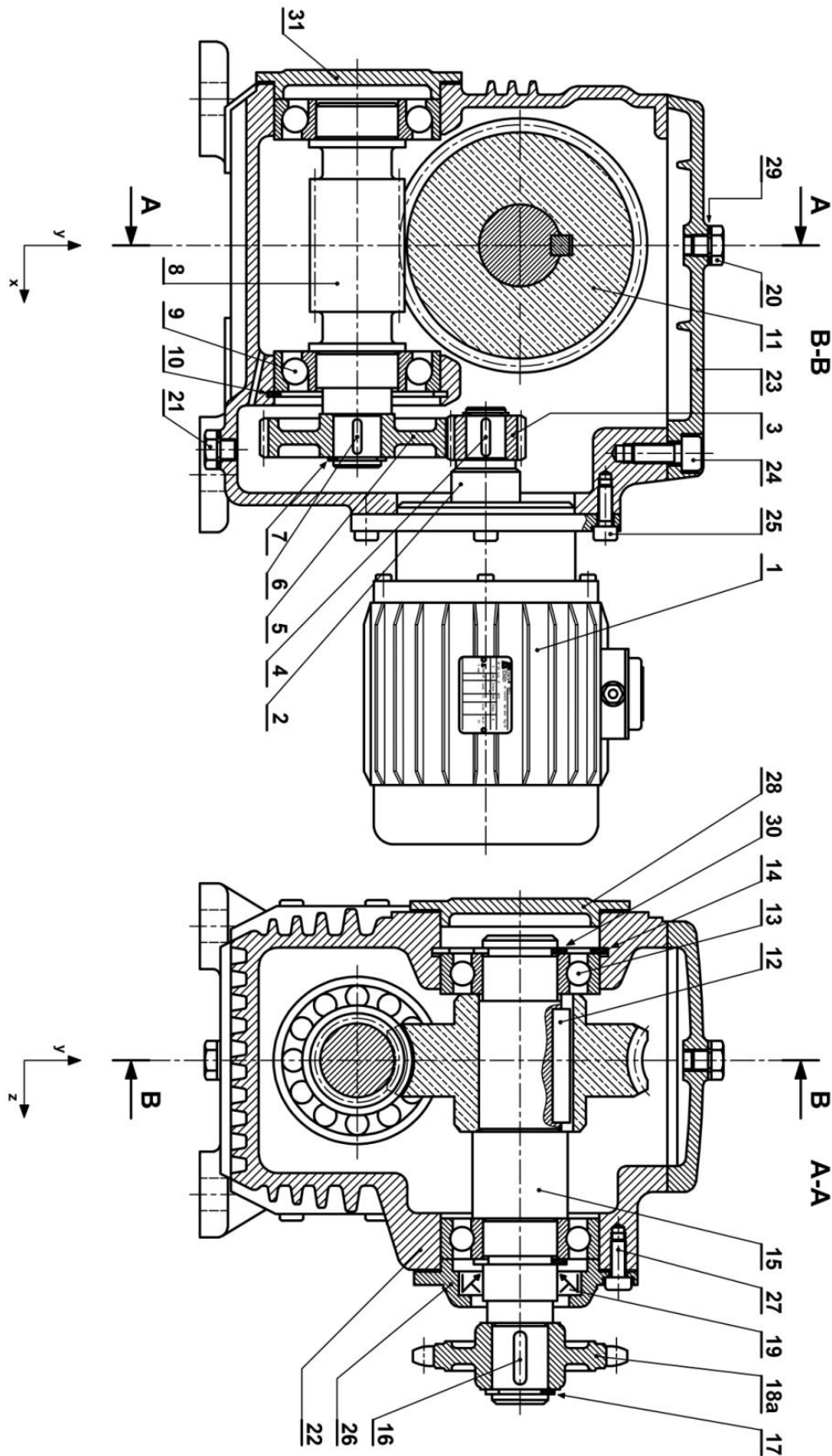
Nomenclature du moto-réducteur MR1

15	01	Arbre de sortie	36 Ni Cr Mo 16
14	01	Anneau élastique	
13	02	Roulement type BC	
12	01	//	
11	01	Roue dentée creuse	Cu Sn12 Mg
10	01	Anneau élastique	
09	02	Roulement à billes à contact oblique	
08	01	Vis sans fin	36 Ni Cr Mo 16
07	01	Anneau élastique	
06	01	Clavette parallèle	
05	01	Roue dentée	C 45
04	01	Clavette parallèle	
03	01	Pignon moteur	C 45
02	01	Arbre moteur	
01	01	Moteur	
Rep	Nbr	Désignation	Matière

31	01	Couvercle	
30	02	Anneau élastique	
29	02	Rondelle joint	
28	01	Couvercle	
27	05	Vis CHc	
26	01	Couvercle	
25	06	Vis CHc	
24	05	Vis CHc	
23	01	Couvercle	
22	01	Corps	FGL 300
21	01	Vis bouchon	
20	01	//	
19	01	//	Paulstra
18a	01	Pignon	
17	01	Anneau élastique	
16	01	Clavette parallèle	

DRES 01

Ensemble moto-réducteur MRI



Tâche 2 : Analyse et compréhension du moto-réducteur MR1

En se référant aux documents ressources **DRES 01** et **DRES 02** :

Q4- Compléter le tableau des *liaisons* et le schéma *cinématique* minimal du moto-réducteur suivant la coupe **B-B**. **2,25 pts**

Q5- Donner la désignation et la fonction de chacun des éléments (12), (20) et (19). **1,5 pt**

Q6- Justifier le choix de la matière **Cu Sn12 Mg** pour la roue dentée creuse (11). **1 pt**

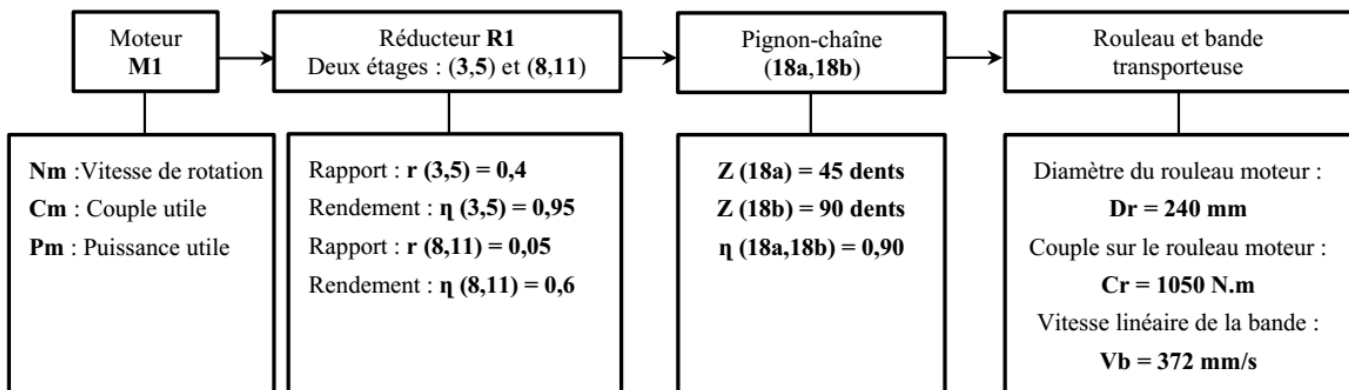
Tâche 3 : Étude de la transmission de puissance dans le transporteur T1

Documents ressources à exploiter **DRES 01** et **DRES 02**

Afin d'assurer l'opération de concassage du gravier dans des conditions optimales et choisir le moteur convenable à la transmission, le cahier des charges impose le respect des contraintes suivantes :

- Vitesse linéaire minimale de translation de la bande transporteuse : **Vb = 372 mm/s** ;
- Couple minimal sur le rouleau moteur : **Cr = 1050 N.m**.

On donne ci-dessous le synoptique et les caractéristiques des sous-systèmes assurant la transmission de puissance conformément à la représentation de la motorisation du transporteur **T1**.



Q7- Calculer le rapport de transmission **r (18a,18b)** du système pignon-chaîne.

Q8- Calculer le rapport de transmission global **rg** entre le moteur et le rouleau moteur.

Q9- Calculer le rendement global **ng** entre le moteur et le rouleau moteur.

Pour la suite prendre **rg = 0,01** et **ng = 0,52**.

Q10- En fonction de (**Cr**, **ng** et **rg**), calculer le couple utile **Cm** du moteur **M1** ;

Q11- Calculer la vitesse angulaire **ω r** du rouleau moteur, en déduire sa vitesse de rotation **Nr** en tr/min.

Q12- Calculer la vitesse de rotation N_m en tr/min sur l'arbre du moteur **M1**.

Q13- Calculer la puissance utile P_m en kW du moteur **M1**.

Q14- Parmi les moteurs proposés, choisir celui le plus **convenable**.

Tâche 4 : Travail graphique

Les rouleaux utilisés dans le transporteur **T1** sont guidés en rotation au moyen d'une série de paliers de guidage (voir motorisation du transporteur **T1** du document ressources **DRES 02**).

Q15- Pour définir graphiquement un palier de guidage, on demande de compléter sa représentation en :

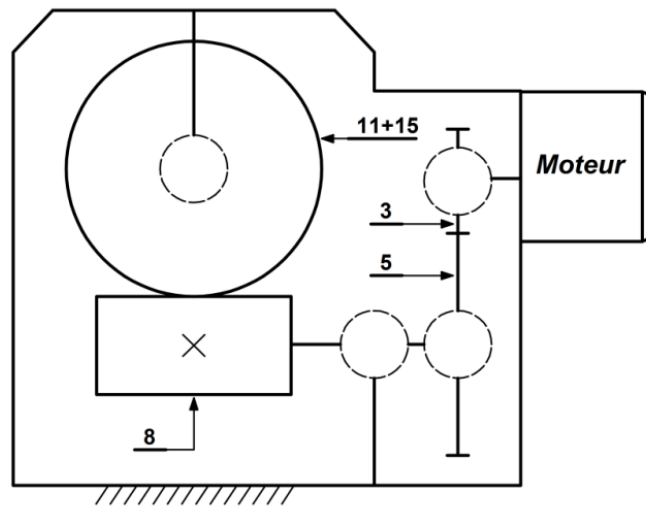
- Vue de face en coupe **A-A** (avec traits cachés) ;
- Vue de droite.

Nota : il sera tenu compte de la représentation et du respect des règles de dessin.

Q4-

DREP 02

Liaison	Nom de la liaison
3 / 2	Encastrement
5 / 8
8 / 22
11 / 15
15 / 22
15 / 18a



Q5-

Repère	Désignation	Fonction
12
20
19

Q6-

.....

Q7-

.....

.....

DREP 03

Q8-

.....
.....

Q9-

.....
.....

Q10-

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Q11-

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Q12-

.....
.....
.....

Q13-

.....
.....
.....
.....
.....

Q14-

DREP 04

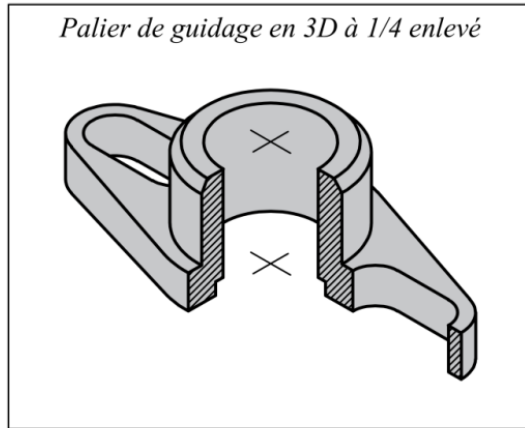
Moteurs asynchrones triphasés fermés LS (3000 tr.min ⁻¹)	Référence	Puissance nominale P _m (kW)	Couple nominal C _m (N.m)
	LS 112 M	4	13.3
	LS 132 S	5.5	18.0
	LS 132 M	7.5	24.5
	LS 132 MP	9	29.5
	LS 160 MP	11	35.7

Référence du moteur
choisi :

.....

Q15-

- *Vue de face en coupe A-A (avec traits cachés).*
- *Vue de droite.*
- *Représentation et respect des règles du dessin.*



A-A

