EXERCICES

Chaine d'énergie

Fonction **Transmettre**

Les engrenages

Spécialité Sciences de l'Ingénieur

AC@NDSF 2021 S3

1. CE QU'IL FAUT RETENIR IMPERATIVEMENT 3

2. EXERCICE 1 :CHAINE CINEMATIQUE D'UNE MACHINE AUTOMATIQUE : 4

2.1. Données : 4

2.2. Questions 4

3. EXERCICE 2 : LECTEUR DE DVD 5

3.1. Données 5

3.2. Etude de la solution initiale (Figure 1) 5

3.3. Etude de la modification (Figure 2) 5

4. EXERCICE 3 : ROBOT MARCHEUR 6

4.1. Données 6

4.2. Questions 6

5. EXERCICE 4 : MOTOREDUCTEUR 7

5.1. Données 7

5.2. Questions 8

6. EXERCICE 5 : MONTE-CHARGE 9

6.1. Données 9

6.2. Questions 10

7. EXERCICE 6 : ARROSEUR ESCAMOTABLE 11

7.1. Données 11

7.2. Questions 12

8. EXERCICE 7 : RAMASSE BOULE 13

8.1. Données 13

8.2. Questions 14

9. EXERCICE 8 : JOUET ELECTROMECANIQUE 15

9.1. Données **15**

9.2. Questions **18**

10. EXERCICE 9 : MECANISME DE MACHINE A COUDRE 19

10.1. Données **19**

10.2. Questions **20**

1. Ce qu'il faut retenir impérativement

Déterminer les caractéristiques d'un actionneur

Données :

- **Les caractéristiques de sortie** (Action mécanique, vitesse de rotation, couple, vitesse linéaire, débattement angulaire, temps, etc…)
- **Schéma cinématique du système**

Calcul de la puissance de sortie	Solide en rotation : $P = C_{(Nm)} \times \omega_{(Rads^{-1})}$
Calcul du rendement du système	$\eta_{Global} = produit\ des\ \ \eta_{Intermédiaires}$
Calcul du rapport de transmission	$Rapport = \frac{\omega_s}{\omega_e} = \frac{\phi_{menants}}{\phi_{menés}}$
Calcul de la puissance d'entrée	Solide en rotation : $P = C_{(Nm)} \times \omega_{(Rads^{-1})}$ $\eta_{Global} = \frac{P_{Sortie}}{P_{Entrée}}$
Calcul de la vitesse d'entrée	$Rapport = \frac{\omega_s}{\omega_e} = \frac{\phi_{menants}}{\phi_{menés}}$
Calcul de l'action d'entrée (action mécanique ou couple)	Solide en rotation : $P = C_{(Nm)} \times \omega_{(Rads^{-1})}$ $C_e = d_{menant} \times F$

Le choix de l'actionneur

se fera en premier lieu dans le respect de la puissance utile, puis dans un second temps les contraintes de vitesse et d'action mécanique (couple) devront respecter au minimum les besoins du système.

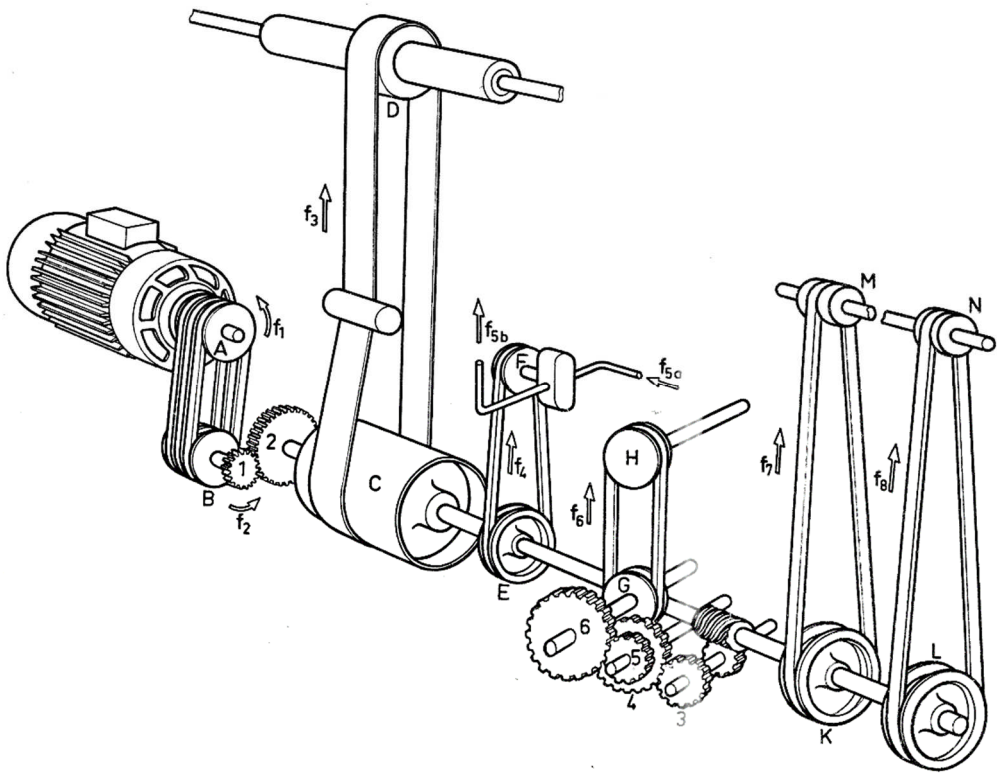
2. Exercice 1 :Chaine cinématique d'une machine automatique :

2.1.Données :

Vitesse de rotation moteur	Diamètre de poulies	Nombre de dents
$S_{Moteur} = 3000\ tr.min^{-1}$ Système de poulie : $r = \frac{Diamètre\ menant}{Diamètre\ mené}$ Système d'engrenage : $r = \frac{Z_{menant}}{Z_{mené}}$	$\emptyset A = \emptyset B = \emptyset M = \emptyset N = 80\ mm$ $\emptyset E = \emptyset G = \emptyset H = \emptyset D = 80\ mm$ $\emptyset K = 140\ mm$ $\emptyset L = \emptyset C = 160\ mm$ $\emptyset F = 60\ mm$	$Z_1 = 27 \quad Z_3 = 24 \quad Z_5 = 26$ $Z_2 = 84 \quad Z_4 = 66 \quad Z_6 = 70$ Le rapport de transmission du couple roue et vis sans fin est de $r_{roue-vis} = \frac{1}{8}$

2.2. Questions

Déterminer la vitesse de rotation en tour/minute des arbres D, M, N, H et F.



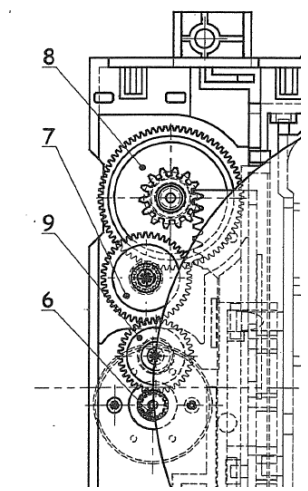
Solutions approchées :

$S_N = S_D \approx 1929\ tr.min^{-1}$ $\quad S_M \approx 1690\ tr.min^{-1}$ $\quad S_H \approx 11{,}5\ tr.min^{-1}$ $\quad S_F \approx 1289\ tr.min^{-1}$

3. Exercice 2 : Lecteur de DVD

3.1.Données

Chaine cinématique assurant l'ouverture d'un tiroir de lecteur de DVD de salon.



Moteur 3
S_{Moteur}=2800 tr/min

Pignon 6
Z6 : 14 dents
Roue 9
Z9=37 dents
Roue 8
Z8a=14 dents
Z8b=73 dents
Roue7
Z7a=14 dents
Z7b=45 dents

Figure 1

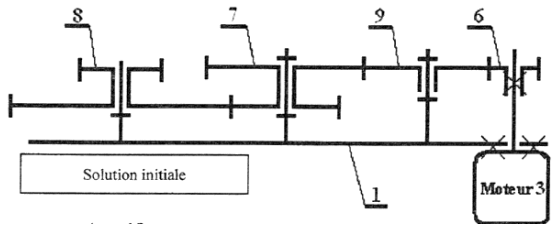
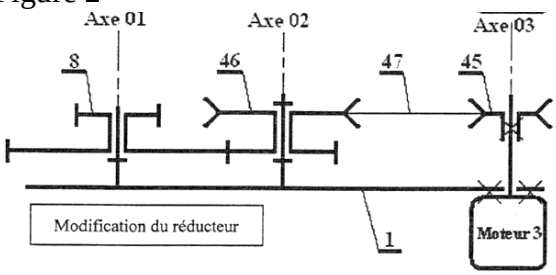


Figure 2

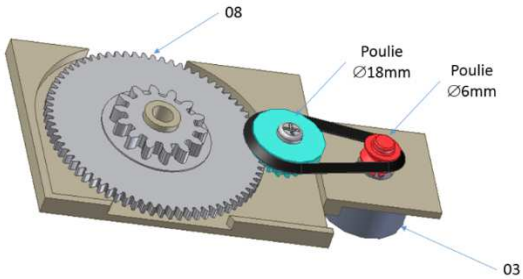


3.2.Etude de la solution initiale (Figure 1)

1. Calculer le rapport de transmission « r »
2. Déterminer la vitesse de rotation de la roue 8 : S_8 en tr/min

3.3.Etude de la modification (Figure 2)

Le bureau d'étude apporte une modification pour supprimer la roue 9 en remplaçant le pignon 6 par une poulie diamètre 6mm et la partie supérieure du mobile 7 par une poulie diamètre18 mm. La liaison sera effectuée par une courroie trapézoïdale.



3. Calculer la nouvelle vitesse de rotation de la roue 8: S_8 en tr/min
4. Quel devrait-être le diamètre de la poulie motrice pour que la vitesse de la solution initiale soit respectée

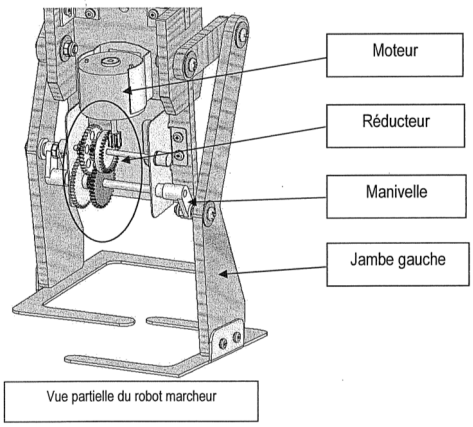
Solutions approchées :

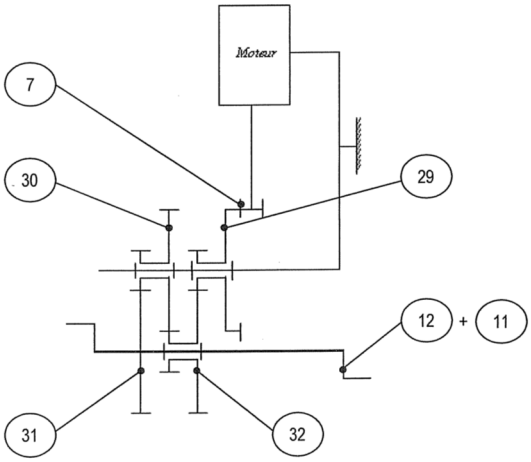
$S_{8\,initiale} \approx 167\ tr.min^{-1}$ $S_{8\,modification} \approx 192\ tr.min^{-1}$ $\emptyset_{Poulie} \approx 5{,}6\ mm$

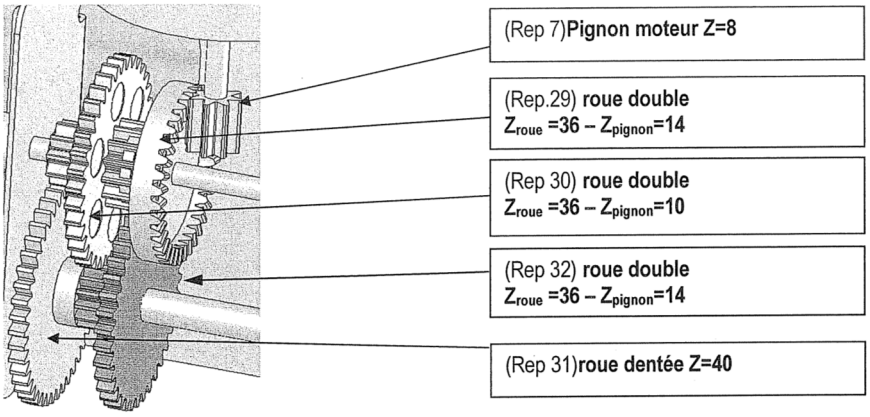
4. Exercice 3 : Robot marcheur

4.1. Données

Etude de la chaine cinématique d'un robot marcheur







4.2. Questions

1. A partir des données précédentes, calculer le rapport de transmission de la chaine cinématique du robot marcheur.
2. Sachant que la vitesse angulaire de {31, 12, 11} est $\omega_S = 5.rad/s$, déterminer la vitesse de rotation du moteur, $S_{Moteur}(tr/\min)$.
3. Déterminer le rendement de la chaine cinématique sachant que le rendement pour un engrenage droit à axes parallèles est de 0,8 et de 0,3 pour les engrenages droits à axes perpendiculaires.
4. Calculer le couple moteur sachant que le couple de sortie $C_S = 15.10^{-3}.Nm$
5. Le moteur qu'a choisi le concepteur possède un couple de 3mNm à 5800tr/min, confirmez-vous ce choix.

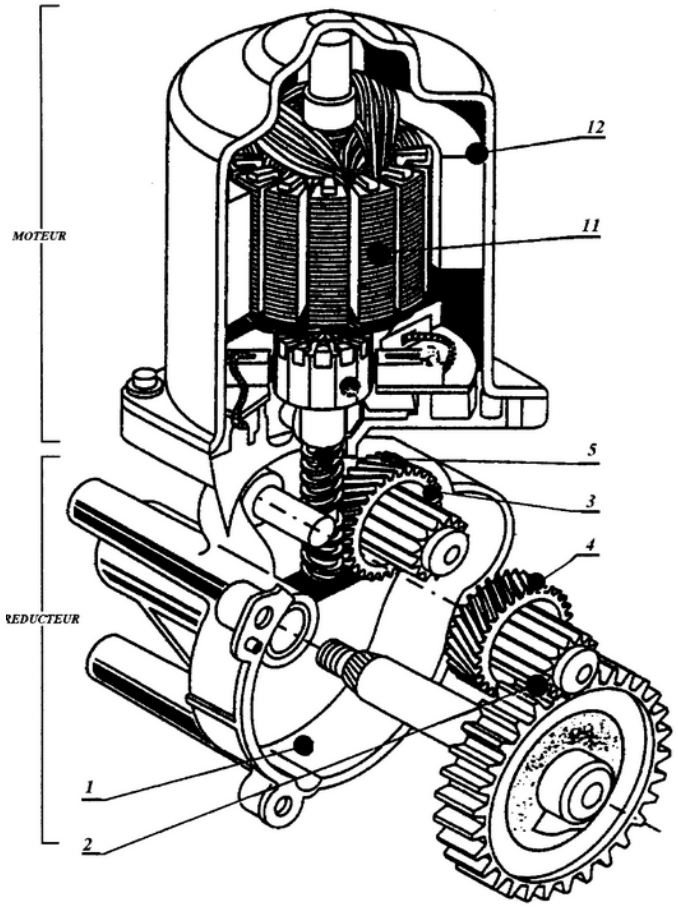
Solutions approchées :

$r \approx 84 \times 10^{-4}$ $\quad S_M \approx 5683\ tr.min^{-1}$ $\quad \eta_G \approx 0{,}1536$ $\quad C_M \approx 0{,}82 \times 10^{-3}\ N.m$

5. Exercice 4 : Motoréducteur

Etude d'un motoréducteur de mécanisme d'essuie-glace

5.1. Données

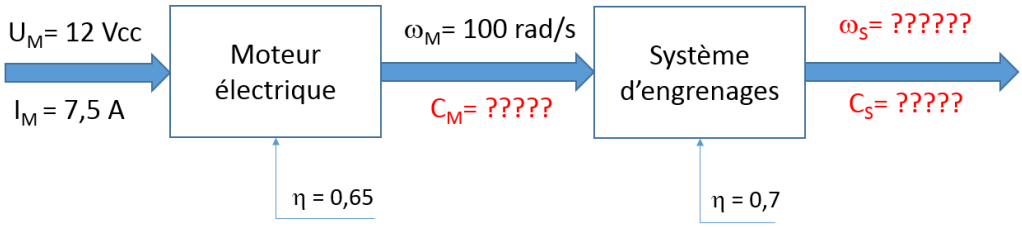


Les mobiles 03 et 04 sont jumelés, c'est-à-dire qu'ils sont en contact avec la vis 05 et la roue de sortie 02.

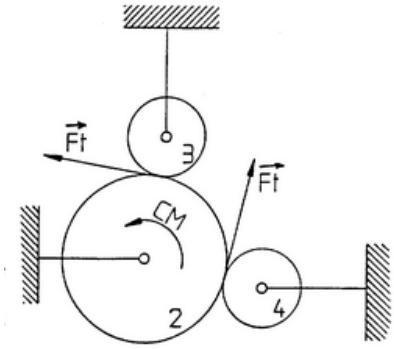
Rp	Nb	Désignation	Matière	Observations
05	1	Vis sans fin ; 2 filets ; mn=0,8 ; Une partie : filet à droite ; Autre partie : filet à gauche		
04	1	Pignon Z=15 ; m=0,9 ; Denture droite Roue Z=29 ; mn=0,8 ; β=14° ; Denture hélicoïdale à droite		Monté glissant sur 23
03	1	Pignon Z=15 ; m=0,9 ; Denture droite Roue Z=29 ; mn=0,8 ; β=14° ; Denture hélicoïdale à gauche		Monté glissant sur 23
02	1	Roue Z=55 ; m=0,9 ; Denture droite	PA6/6-GF30	Nouvelle matière (module à redéfinir)
01	1	Carter réducteur		

NOMENCLATURE
MOTO-REDUCTEUR

Chaine d'énergie du moto réducteur d'essuie-glace :



5.2. Questions



1- Justifier l'utilité de positionner en parallèle les mobiles (pignon+roue) 03 et 04.

2- Calculer la puissance mécanique du moteur pour un courant de 7,5 A.

3- Calculer le couple moteur C_M

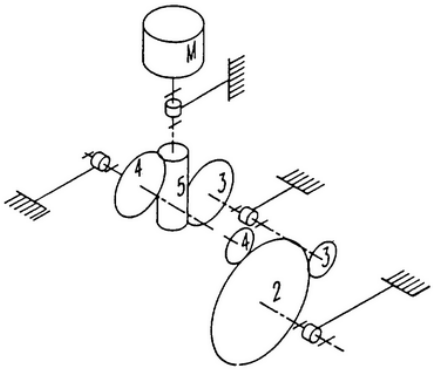
4- Calculer le rapport de transmission du système d'engrenage.

5- Calculer la vitesse angulaire de sortie ω_2

6- Calculer la vitesse de rotation S_2 en tr/min

7- Calculer la puissance en sortie P_2

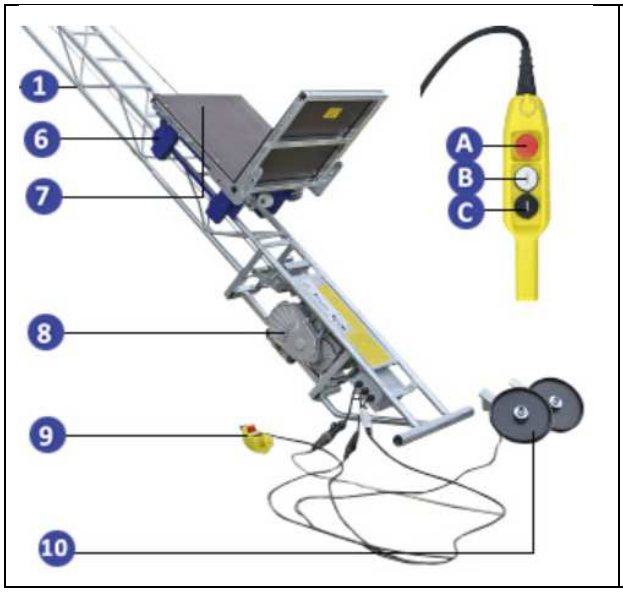
8- Calculer le couple à la sortie du réducteur C_2



6. Exercice 5 : Monte-charge

Etude la motorisation d'un monte matériaux

6.1.Données



1 Echelle
2 Capteur de fin de course
3 Poulie de tête
4 Genouillère
5 Appuis réglables
6 Chariot
7 Caisse
8 Embase bloc-moteur treuil
9 Télécommande
A. Arrêt d'urgence
B. Bouton montée du chariot
C. Bouton descente du chariot
10 Roues de transport

6 pôles 1000 min⁻¹

IP 55 - S1
Cl. F
MULTITENSION

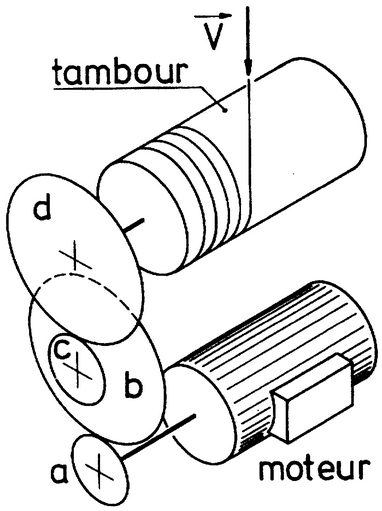
RESEAU 230 V **50 Hz**

Type	Puissance nominale à 50 Hz P_N kW	Vitesse nominale N_N min⁻¹	Couple nominal C_N Nm	Intensité nominale I_N A	Facteur de puissance* Cos ϕ	Rendement * η %	Courant démarrage / Courant nominal** I_D/I_N	Couple démarrage / Couple nominal M_D/M_N	Couple maximal / Couple nominal** M_M/M_N	CP 400 V MF	CD 250 V MF	Masse IM B3 kg
LS 71 P	0.12	900	1.26	1.00	0.95	52	2.5	0.8	1.4	8	-	7
LS 80 P	0.37	920	3.81	3.00	0.98	53	2.8	0.9	1.9	25	-	10

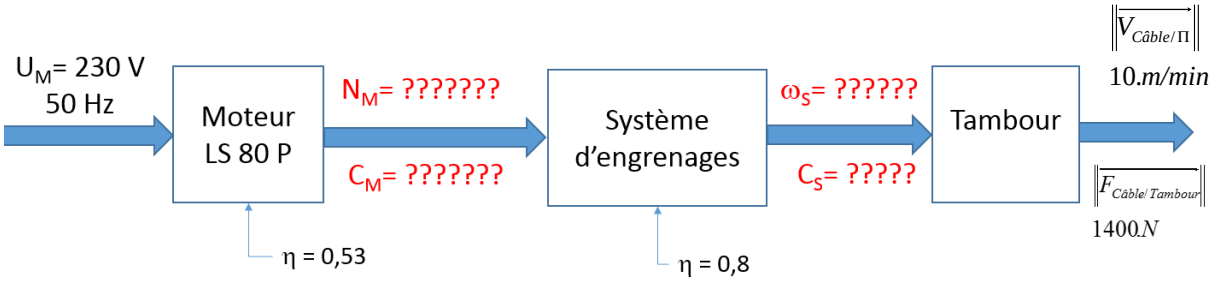
Moteur en Disponibilité Garantie.

Etude du bloc moteur treuil 08

- La vitesse de traction du câble indiquée par le constructeur est de $\left\|\overrightarrow{V_{Câble/\Pi}}\right\| = 10.m/min$ lorsque l'échelle fait un angle de 90° par rapport au sol.
- La charge maximum est de 150 kg
- Le diamètre du tambour est de 140 mm
- $Z_a=Z_c=18$ dents
- $Z_b=Z_d=113$ dents
- Π : repère fixe représenté par l'échelle
- Moteur LS 80 P



Chaine d'énergie du moteur treuil :



6.2. Questions

1- Calculer la vitesse de la charge $\|\overrightarrow{V_{Câble/\Pi}}\|$ V en m/s

2- Calculer la vitesse angulaire du tambour $\omega_{Tambour}$

3- Calculer le rapport de transmission

4- Calculer la vitesse angulaire du moteur ω_M

5- Calculer la vitesse de rotation du moteur en tr/min

6- Calculer la puissance de sortie P_S

7- Calculer la puissance d'entrée P_E

8- Relever sur la documentation fournie la vitesse de rotation du moteur ainsi que son couple

9- L'usage de ce moteur est-il adapté au monte matériaux étudié ?

Réponses :

Vitesse de la charge	0,16666667	m/s
Vitesse angulaire du tambour	2,38095238	rad/s
Puissance de sortie	245,25	W
Rapport	0,02537395	
Puissance du moteur	306,5625	W
Vitesse de rotation du moteur	93,8345091	rad/s
Vitesse de rotation du moteur	896,053557	tr/min

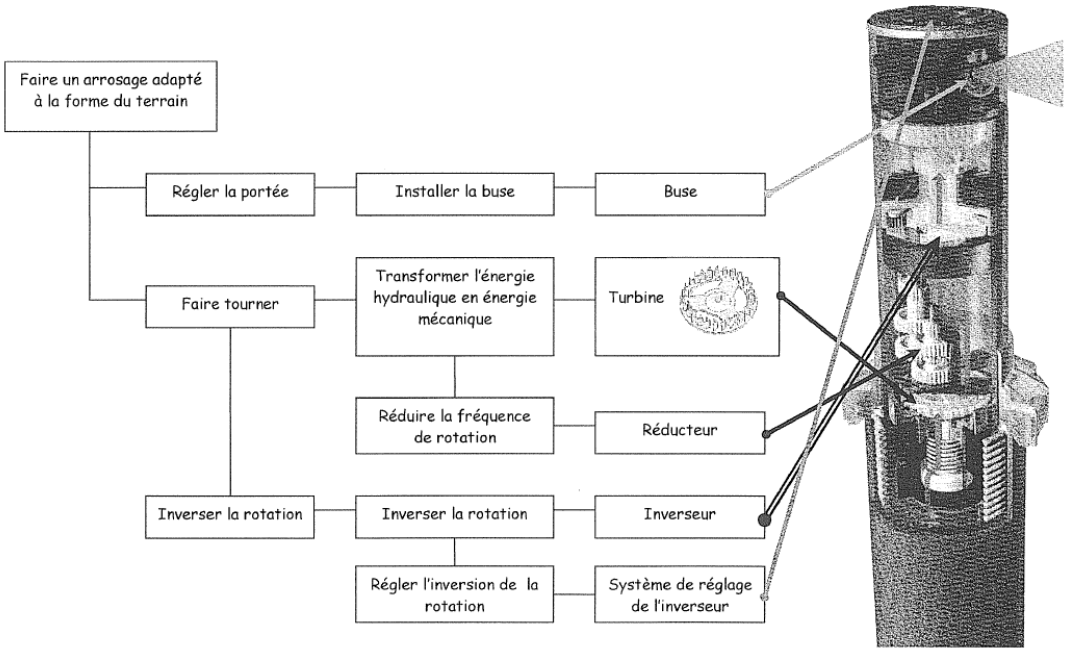
7. Exercice 6 : Arroseur escamotable

7.1. Données

L'arrivée de l'eau met en rotation une turbine qui est reliée à une chaine cinématique qui provoque la translation de la buse escamotable.
Afin d'améliorer les caractéristiques du produit, le bureau d'étude envisage de modifier le diamètre de passage du fluide.

	Ancienne version	**Nouvelle version**
Diamètre de passage du fluide	7,8 mm	**9,5 mm**
Diamètre du piston	29,5 mm	**43 mm**
Couple de sortie	0,75 mNm	**1,1 mNm**
Couple d'entrée	0,24 µNm	**0,84 µNm**

Descriptif du produit

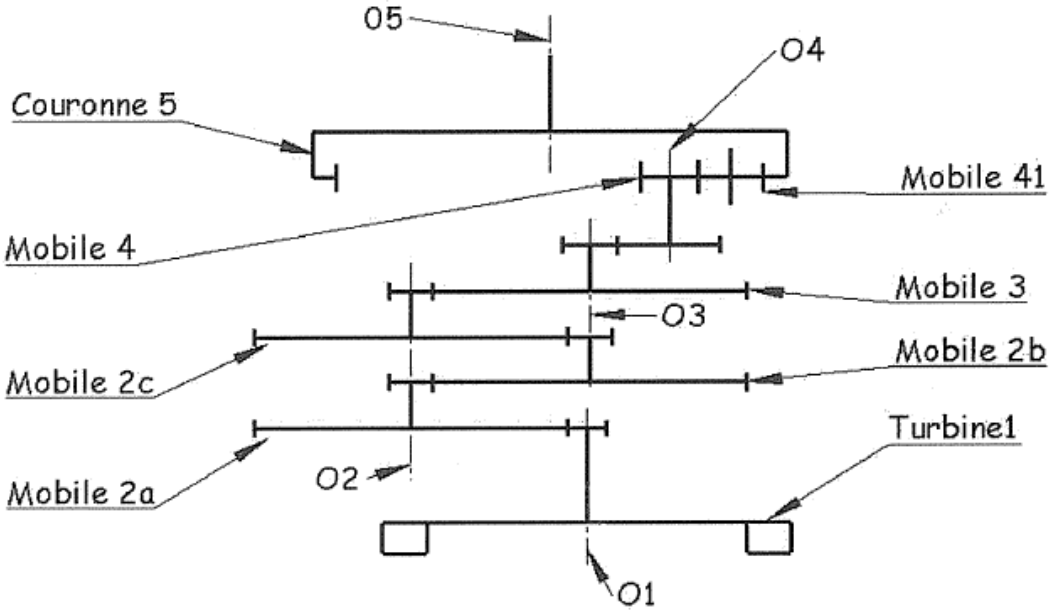


Caractéristiques des engrenages

Désignation	Rep.		Z	d	d tête	m
Turbine	1	pignon	11	4,2	4,9	0,38
Mobile	2	roue	41	15,6	16,3	0,38
		pignon	11	4,2	4,9	0,38
Mobile	3	roue	41	15,6	16,3	0,38
		pignon	11	4,2	4,9	0,38
Mobile	4	pignon	24	9,1	9,9	0,38
		roue	30	7,5	8,0	0,25

Rendement d'un engrenage à denture extérieure : 0,9
Rendement d'un engrenage à denture intérieure : 0,95

Schéma du réducteur



Les liaisons pivots avec le bâtit ne sont pas représentées sur le schéma.

7.2. Questions

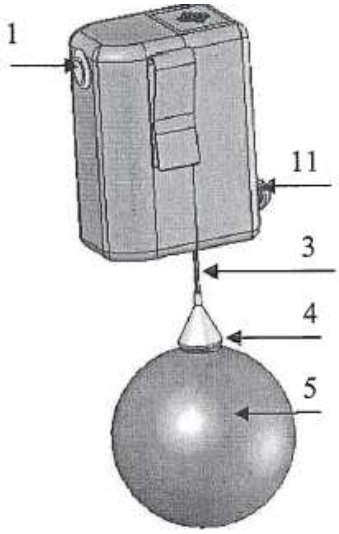
1. Déterminer le rendement global de la chaine cinématique
2. Ecrire la formule de la puissance motrice
3. Ecrire la formule de la puissance de sortie
4. Ecrire la formule du rendement
5. Déduire de ces relations le rapport de transmission
6. Ecrire la relation du rapport de transmission avec les caractéristiques de dentures fournies
7. Déterminer le nombre de dent de la couronne dentée 05 qui garantit ce rapport de transmission

Solutions approchées :

$\eta_G = 0{,}505$ $\quad r_M = 381{,}6.10^{-6}$ $\quad Z_{05} = 120.dents$

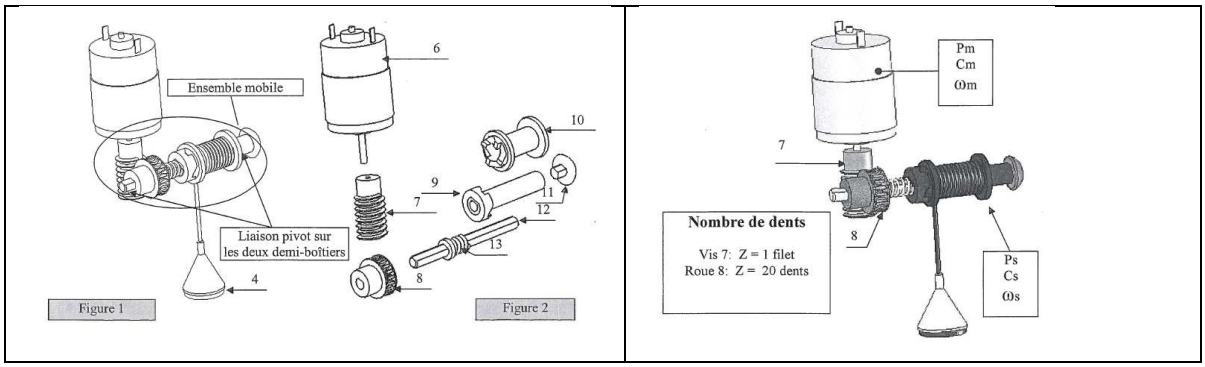
8. Exercice 7 : Ramasse boule

8.1.Données

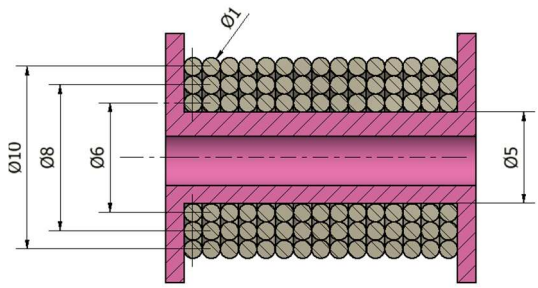
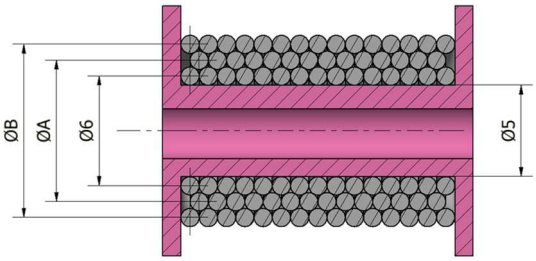


Ce produit permet de remonter une boule de pétanque. L'action sur le bouton 1 permet d'alimenter un moteur électrique qui va permettre d'embobiner la cordelette 03 et de relever la boule.

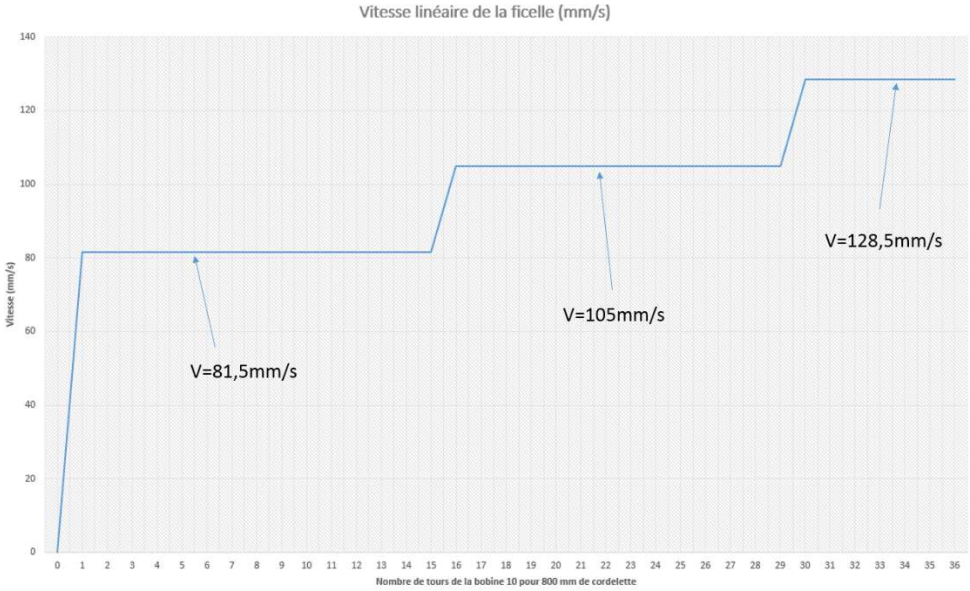
- La longueur de cordellette est de 80 cm
- Le diamètre de la cordelette est de 1 mm.
- Le rendement global du système est de 0,63.
- Diamètre de la poulie 10 : 5 mm
- Longueur de la poulie 15 mm
- Masse de la boule 800 gr
- g=9.81 m/s²



Schémas d'enroulement sur la bobine 10 :

Schéma théorique de la ficelle sur la bobine 10 :	Schéma pratique de la ficelle sur la bobine 10 :
	

Vitesse de la boule pour 800 mm de montée :



8.2. Questions

1. Calculer la longueur de cordelette avec les données théoriques d'enroulement, L_{Th}.
2. Calculer la longueur de cordelette avec les données pratiques d'enroulement, L_{Pr}.
3. Calculer l'écart « e » entre la valeur théorique et la valeur pratique
4. Calculer le nombre de tour pratique S_{80} que devra effectuer la poulie pour enrouler 80 cm de cordelette en vous basant sur les valeurs pratiques.
5. Calculer le couple de sortie au début du mouvement avec les données pratiques
6. Calculer le couple de sortie à la fin du mouvement avec les données pratiques
7. Calculer la vitesse moyenne de translation de la cordelette, les phases d'accélération seront négligées.
8. Calculer le diamètre moyen d'enroulement en considérant 15 tours de diamètre 6 mm, 14 tours de diamètre 7,7 mm et 6 tours de diamètre 9,5 mm.

   Pour la suite du calcul, nous prendrons un couple de sortie minimum de 60 mNm et une vitesse moyenne de 0,1 m/s. Le diamètre moyen de la poulie est de 7 mm.
9. Calculer la vitesse angulaire moyenne de la poulie
10. Calculer le temps de rembobinage pour 35 tours de bobines
11. Calculer la puissance de sortie
12. Calculer le rapport de transmission
13. Calculer la puissance du moteur
14. Calculer la vitesse de rotation du moteur en tr/min
15. Calculer le couple moteur

Solutions approchées

$L_{Th} = 1131.mm$ $\quad L_{Pr} = 1069.mm$ $\quad e = 5{,}5\%$ $\quad S_{80} = 35.tours$

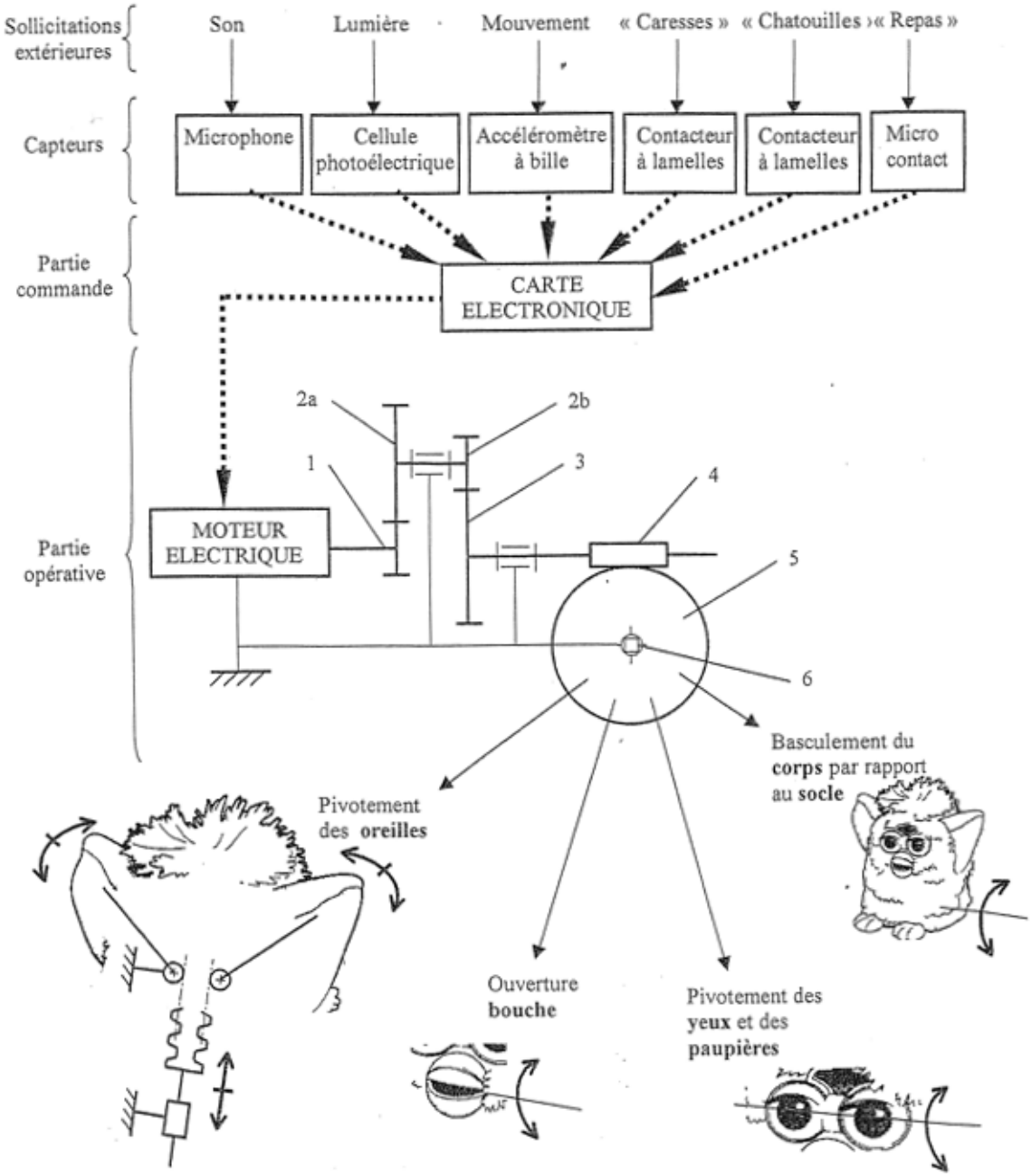
$\omega_{Poulie} = 28{,}57.rad/s$ $\quad t_{Rembibinage} \approx 7{,}7.s$ $\quad C_{S\,Début} = 23{,}5.mNm$ $\quad C_{S\,Fin} = 37{,}13.mNm$

$P_S \approx 785.mW$ $\quad P_M = 1{,}25.W$ $\quad r = 0{,}05$ $\quad S_{Moteur} = 5457.tr/min$ $\quad C_{Moteur} = 2{,}18.mNm$

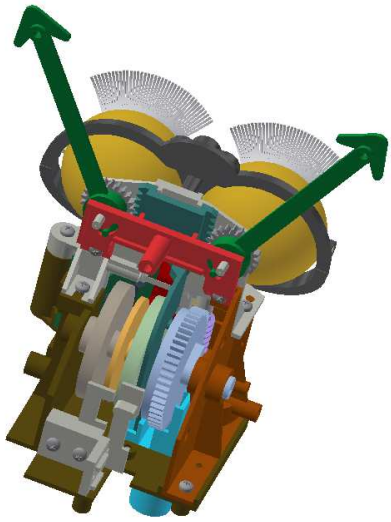
9. Exercice 8 : Jouet électromécanique

9.1.Données

Ce jouet est doté de sens interactifs. Ses yeux, sa bouche, ses oreilles se mettent en mouvement lorsque l'enfant le stimule. Le moteur entraine l'axe 06 par l'intermédiaire d'un système d'engrenages. L'axe 06 est solidaire des cames qui génèrent les mouvements en particulier celui des oreilles par l'intermédiaire de la came 05..

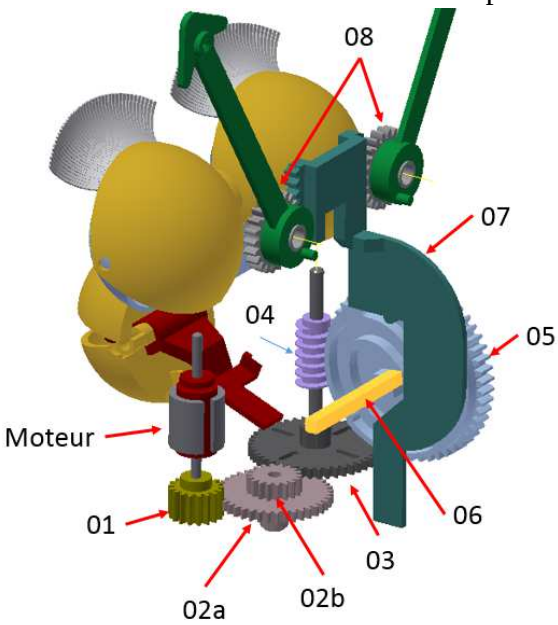


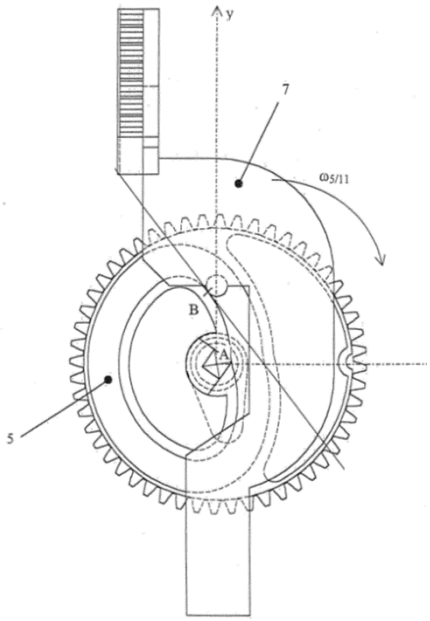
Vues du mécanisme interne



Chaine cinématique du mouvement des oreilles :

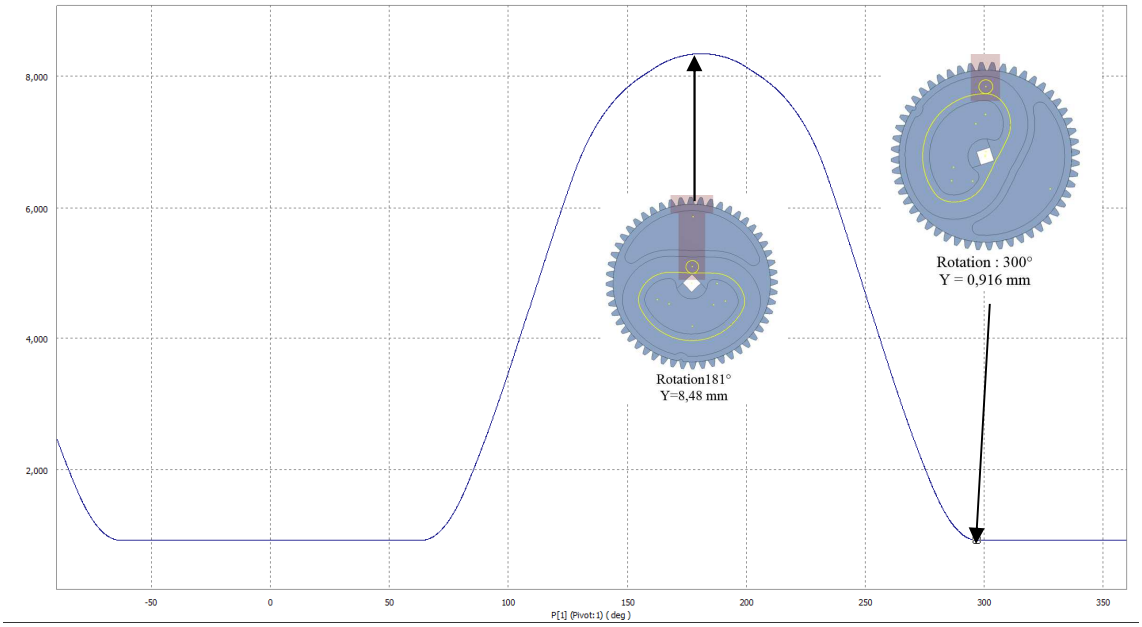
Le mouvement des oreilles est provoqué par la translation de la crémaillère 07.
Elle est mise en mouvement par sa liaison avec la came 05



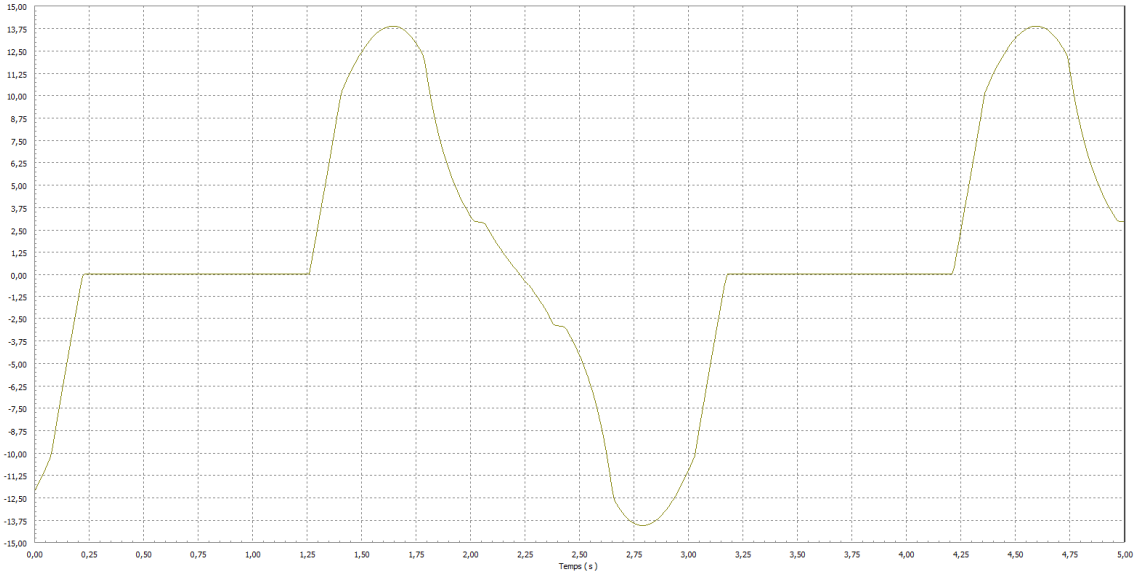


8	2	Pignon	POM	Z_8 = **22** ; m = 0,4
7	1	Crémaillère	POM	m = 0,4
6	1	Axe carré	C100	
5	1	Roue came	PA 6/6	Z_5 = **52**; m = 0,4
4	1	Vis sans fin	PA 6/6	Z_4 = **1 filet** ; m = 0,4
3	1	Roue codeuse	PA 6/6	Z_3 = **46**; m = 0,4
2	1	Mobile	PA 6/6	Z_{2a} = **40** ; Z_{2b} = **18** ; m = 0,4
1	1	Pignon moteur	POM	Z_1 = **18**; m = 0,4
REP.	**Nb**	**Désignation**	**Matière**	**Observation**

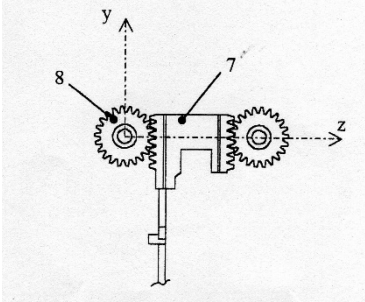
Graphique 1 : Déplacement de la crémaillère en millimètre en fonction de l'angle de rotation en°



Graphique 2 : Vitesse instantanée de la crémaillère en mm/s en fonction du temps en seconde



9.2. Questions



Déterminer le débattement angulaire des oreilles θ_9

Données :

- Schéma de principe
- La nomenclature
- Le profil de la position de la crémaillère en fonction de l'angle de rotation de la came.
- $S_{Moteur} = 6000 \quad tr/min$
- La durée (t_9) du mouvement aller ou retour des oreilles doit satisfaire la relation $0{,}8s \langle t_9 \langle 1{,}2s$
- Pièce 11 : repère fixe

1. A partir du graphique 1 déterminer la course de la crémaillère pour un tour de la came 05.
2. Déterminer le rapport de transmission **r** du réducteur ($r = \frac{S_{5/11}}{S_{1/11}}$)
3. Déduire la fréquence de rotation $S_{5/11}$ de la roue 5 en rad/s
4. Déterminer en radians l'angle θ_5, de rotation de la roue came 5, correspondant à un déplacement de la crémaillère 7 dans le sens aller.
5. Déterminer le temps t_{7aller} écoulé pour ce mouvement.
6. Sachant que $t_7 = t_9$, le temps trouvé est-il compatible avec les données ?
7. Déterminer le débattement angulaire θ_8 des pignons 8 correspondant à la course de la crémaillère
8. En déduire θ_9, le débattement angulaire des oreilles.

Solutions approchées

$Y_{Crémaillère} = 7{,}564.mm$; $r = 3{,}386 \times 10^{-3}$; $\omega_{5/11} \approx 2{,}127 rads^{-1}$; $\theta_5 = 2{,}07.rad$

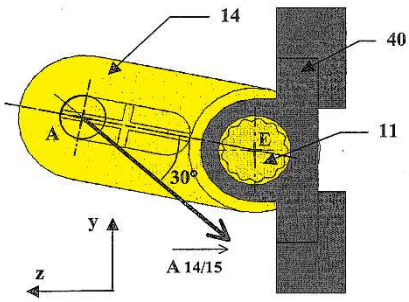
$t_{7aller} \approx 0{,}973s$; $\theta_8 \approx 98{,}5°$; $\theta_9 \approx 197°$

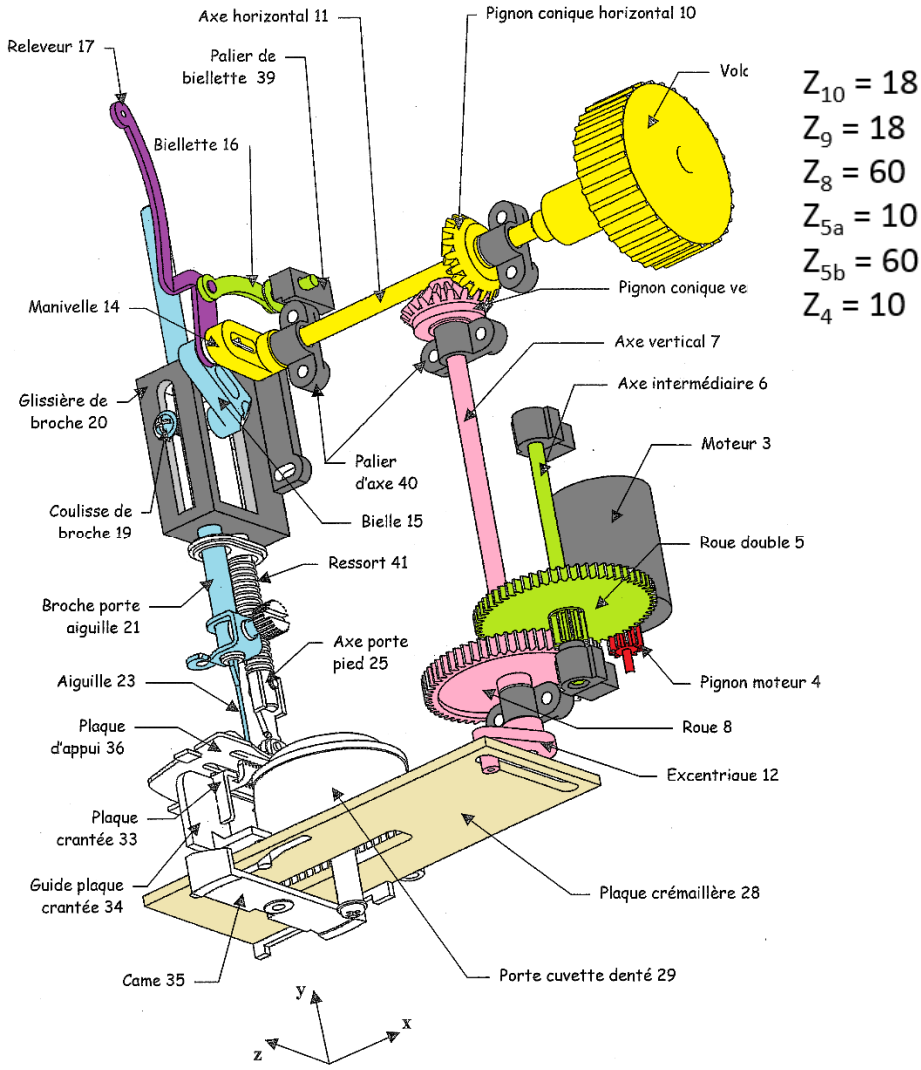
10. Exercice 9 : Mécanisme de machine à coudre

10.1. Données

Etude de la transmission de puissance à l'aiguille.

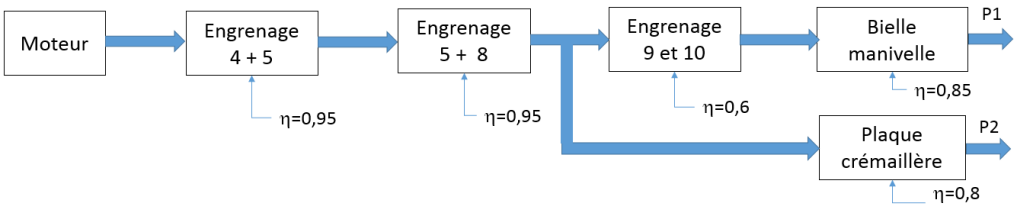
Nous souhaitons déterminer la puissance nécessaire pour réaliser un ourlet sur un tissu jean. Dans cette étude, nous négligerons les efforts dus au releveur 17 qui sont très petits par rapport aux efforts de piquage dans le tissu. L'action mécanique de piquage maximum génère un couple sur l'axe 11 de 40 mNm. La vitesse de l'aiguille doit être de 0,4 m/s. La distance AE est de 12,5 mm.



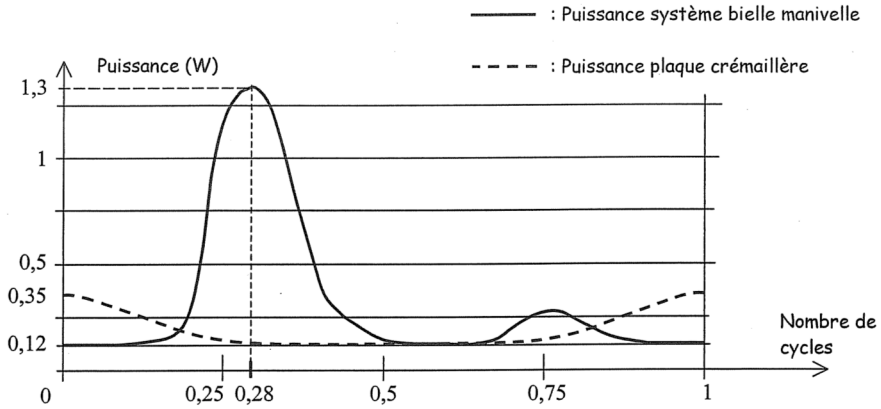


$Z_{10} = 18$
$Z_9 = 18$
$Z_8 = 60$
$Z_{5a} = 10$
$Z_{5b} = 60$
$Z_4 = 10$

Pour effectuer la couture, il est nécessaire que le moteur délivre une puissance suffisante pour le mouvement de l'aiguille, qui permet le piquage, **et** celui de la plaque crémaillère, qui permet l'avance du tissu. Les maxima de ces deux puissances ne se situent pas au même instant. Elles sont définies par les courbes ci-dessous. La puissance maximum pour le mécanisme de piquage est située à 0,28 cycle.



Les rendements des liaisons pivots sont négligés.



10.2. Questions

1. Calculer la vitesse angulaire $\omega_{14/0}$
2. Calculer le rapport de transmission du système d'engrenage
3. Calculer la vitesse angulaire du moteur 3 et en déduire sa vitesse de rotation en tr/min
4. Relever sur les courbes la puissance maximum nécessaire au piquage du tissu et celle au même instant de la plaque crémaillère.
5. Déterminer le rendement de la chaine d'énergie qui permet le piquage
6. Déterminer le rendement de la chaine d'énergie permet l'avance du tissu
7. Déterminer la puissance du moteur pour garantir P1
8. Déterminer la puissance du moteur pour garantir P2
9. Déterminer la puissance totale du Moteur 3, P3
10. Le concepteur choisi un moteur développant une puissance maximum de 3,5 Watts à 11000 tr/min, est-ce cohérent avec les résultats que vous avez trouvés ?

R : $\omega_{14/0} = 32.rad/s$; $r = 278.10^{-4}$; $\omega_{Moteur/0} = 1152.rad/s$ $S_{Moteur/0} = 11000.tr/\min$; $P1 = 1{,}3.W$; $P2 = 0{,}15.W$; $\eta 1 = 0{,}46$; $\eta 2 = 0{,}722$ $PM1 = 2{,}83.W$; $PM2 = 0{,}208.W$; $PM3 = 3{,}04.W$