

Dimensionnement des Systèmes Mécaniques

Contrôle continu 1

Date : 16/11/16

Durée : 1H20

Documents autorisés : Cours

Machine à pain

Depuis quelques années apparaissent des machines à pain telles que la machine à pain Euréka 800W présentée ci-dessous (figure 1). Elles prennent en charge les tâches ingrates de la fabrication du pain : mélange, pétrissage, levée et cuisson. L'utilisateur se contente d'introduire les ingrédients dans le moule de la machine à pain, d'attendre la fin du programme et de déguster son pain tout juste sorti du four.

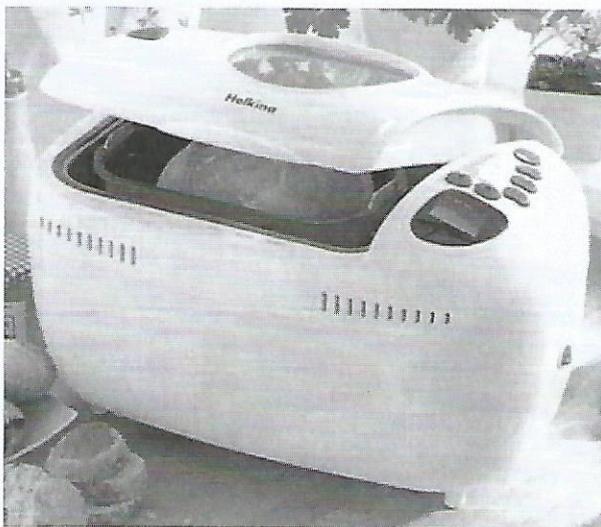


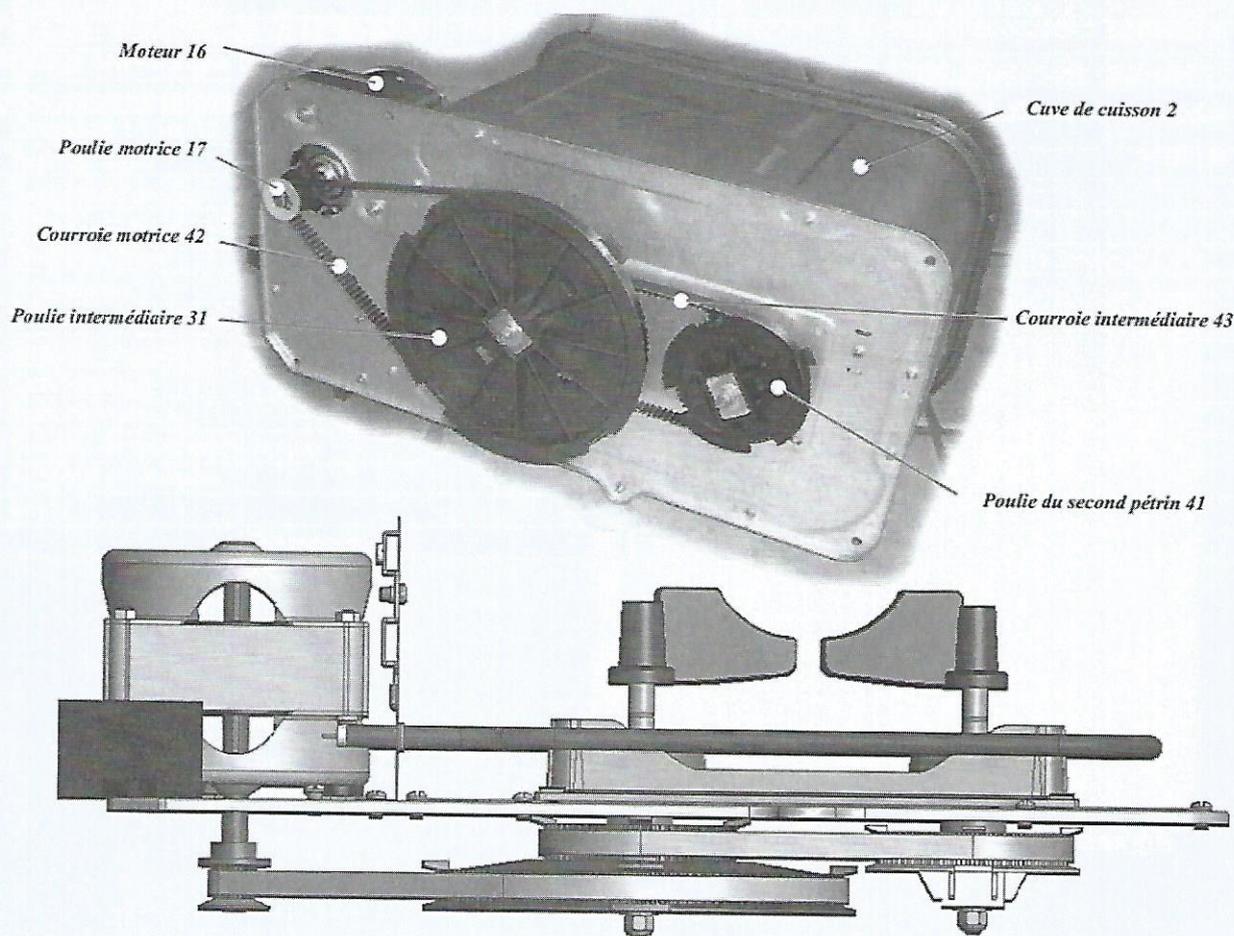
Figure 1 : Machine à pain Euréka 800W

On donne ci-dessous un extrait du cahier des charges de la machine à pain, et en annexe le schéma et la nomenclature de la machine.

Extrait du Cahier des charges fonctionnel de la machine à pain EURÉKA 800W

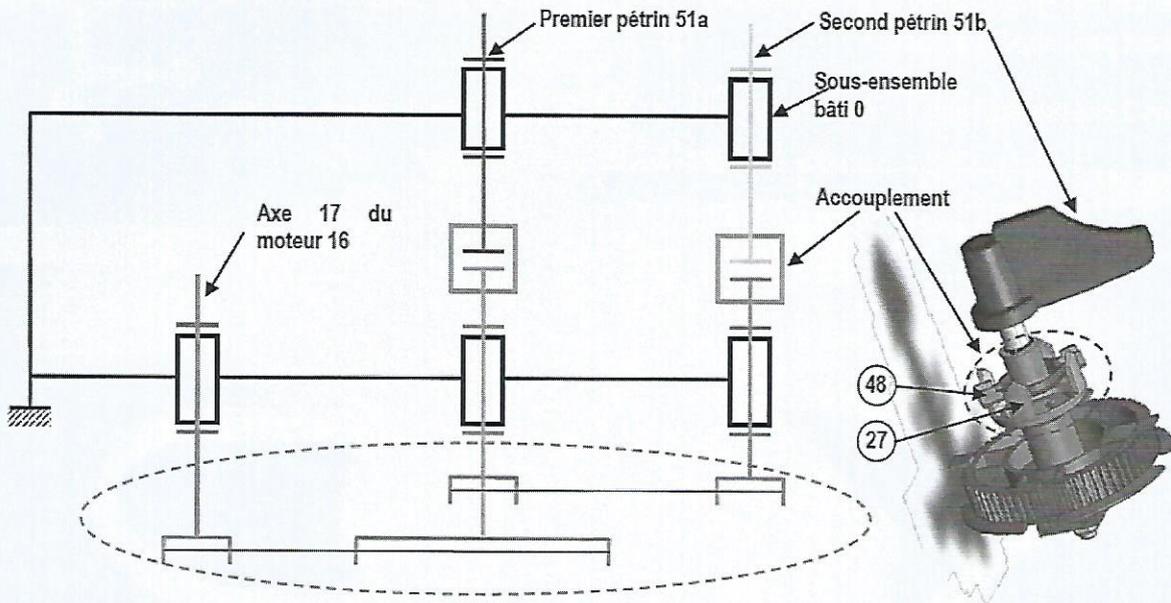
Fonctions de service		Critères d'appréciation	Niveau d'exigence	Flexibilité
FS1	<i>Transformer les ingrédients en pain de façon autonome</i>	Vitesse de rotation du pétrin.	150 tr.min ⁻¹	F1
		Couple maximal disponible au pétrin.	1,15 N.m (*)	F1
		Température dans l'enceinte accueillant le moule.	<ul style="list-style-type: none"> * Entre 25°C et 35°C en phase de première levée. * Entre 45°C et 50°C en phase de seconde levée. * Entre 185°C et 200°C en phase de cuisson. 	F2
		Durée de vie moyenne du pétrin sans incidents	910 heures	F2
FS6	<i>Respecter le cycle demandé par l'utilisateur</i>	Voir cycles de panification présentés en page 3/12	Durée de chacun des cycles	F1
FS7	<i>Ne pas mettre l'utilisateur en danger</i>	Respect des normes : EN 60335-1 et EN 60335-2 (appareils électro-domestiques et analogues, Sécurité)	Exigence de la norme	F0

Définition des classes de flexibilité : F0 : niveau impératif, F1 : niveau peu négociable, F2 : niveau négociable, F3 : niveau très négociable.

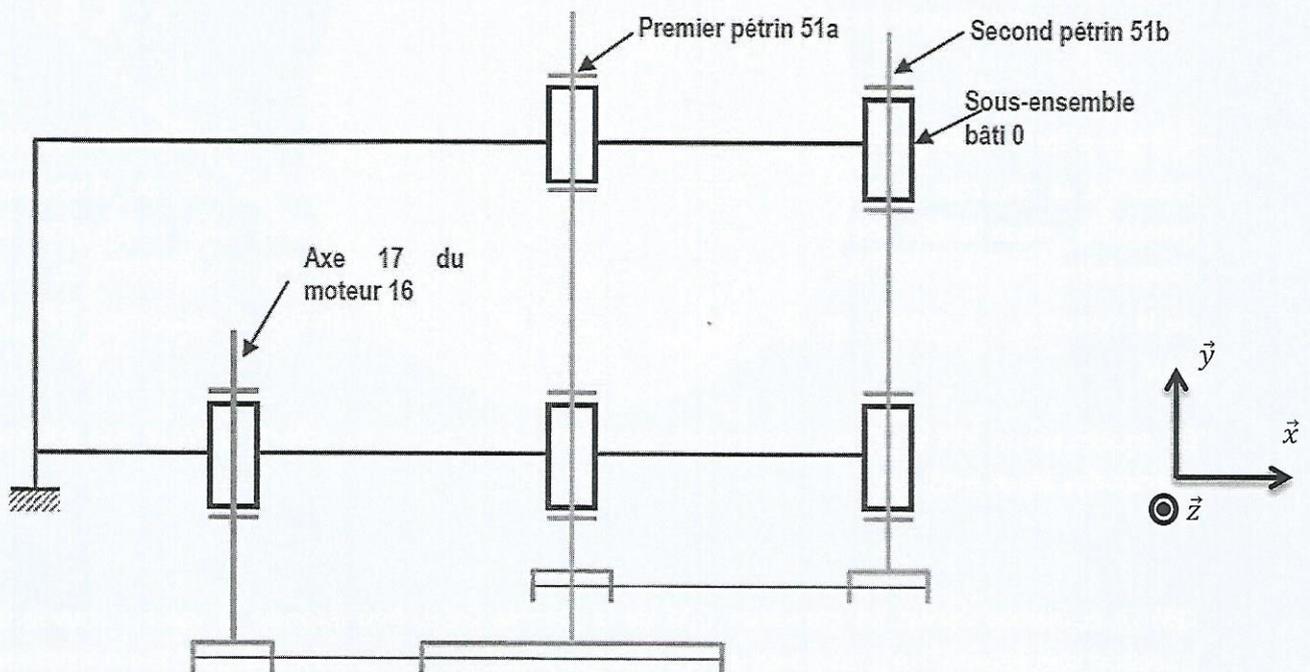


L'objet de l'étude est le pétrissage du pain. Celui-ci est réalisé grâce au moteur 16. La structure de la transmission de puissance est décrite ci-dessous.

Le moteur 16 entraîne la poulie intermédiaire 31 par l'intermédiaire de la courroie crantée motrice 42. La poulie intermédiaire entraîne elle-même la poulie du second pétrin 41 par l'intermédiaire de la courroie crantée 43. L'accouplement entre les axes des poulies et les axes des pétrins est identique : les dents du crabot 27 entraînent l'accouplement 48.



Par souci de simplicité, une fois la cuve installée dans la machine, l'accouplement par crabot n'est pas considéré et nous faisons alors l'hypothèse que les arbres 40 et 49 sont liés mécaniquement. Nous obtenons ainsi le schéma cinématique ci-dessous.

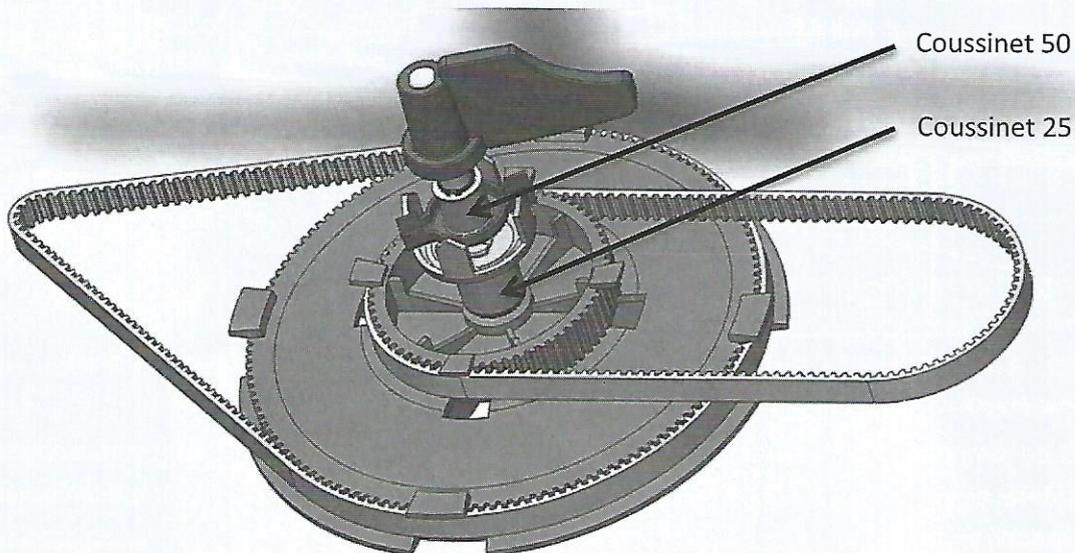


Q1) Calculer le degré d'hyperstatisme du système. On rappelle qu'une transmission de puissance par poulies/courroie se modélise par une liaison ponctuelle, et que les courroies ne sont pas considérées comme des pièces.

Q2) Pourquoi doit-on modéliser les coussinets 25 ($D_{int}=10$; $D_{ext}=16$; $B=16$) et 50 ($D_{int}=8$; $D_{ext}=12$; $B=12$) comme des liaisons pivots ?

Q3) On va désormais s'intéresser à la classe d'équivalence comprenant les arbres 40 et 49. La vue 3D de cet ensemble est donnée ci-dessous. On remarquera les 2 coussinets réalisant chacun une liaison pivot par rapport au bâti.

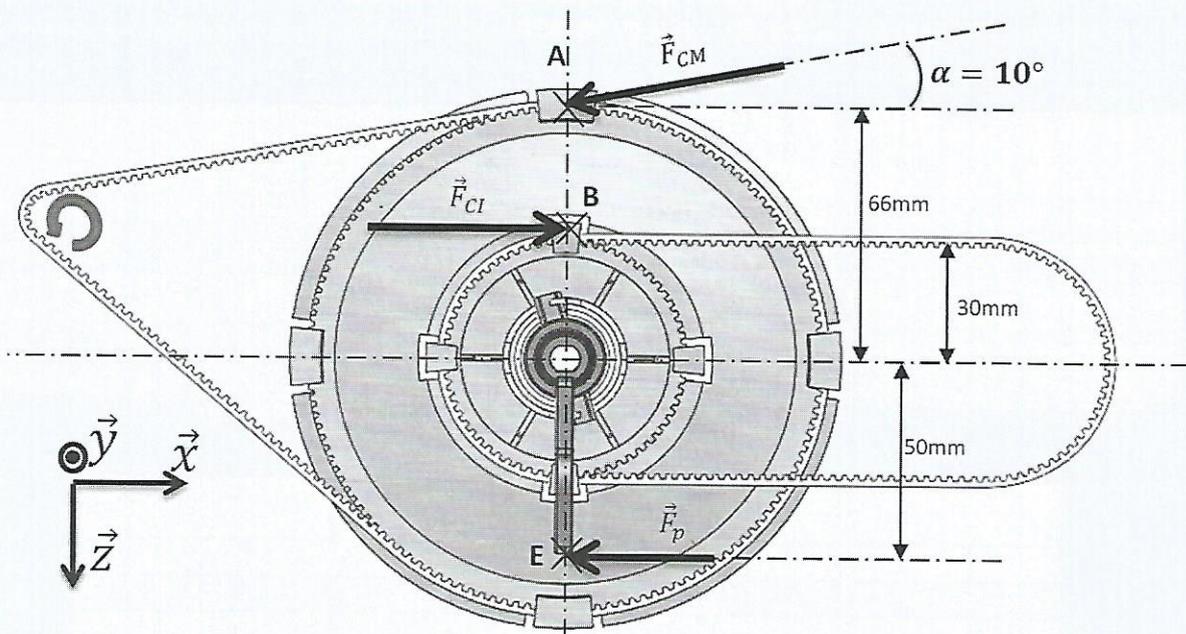
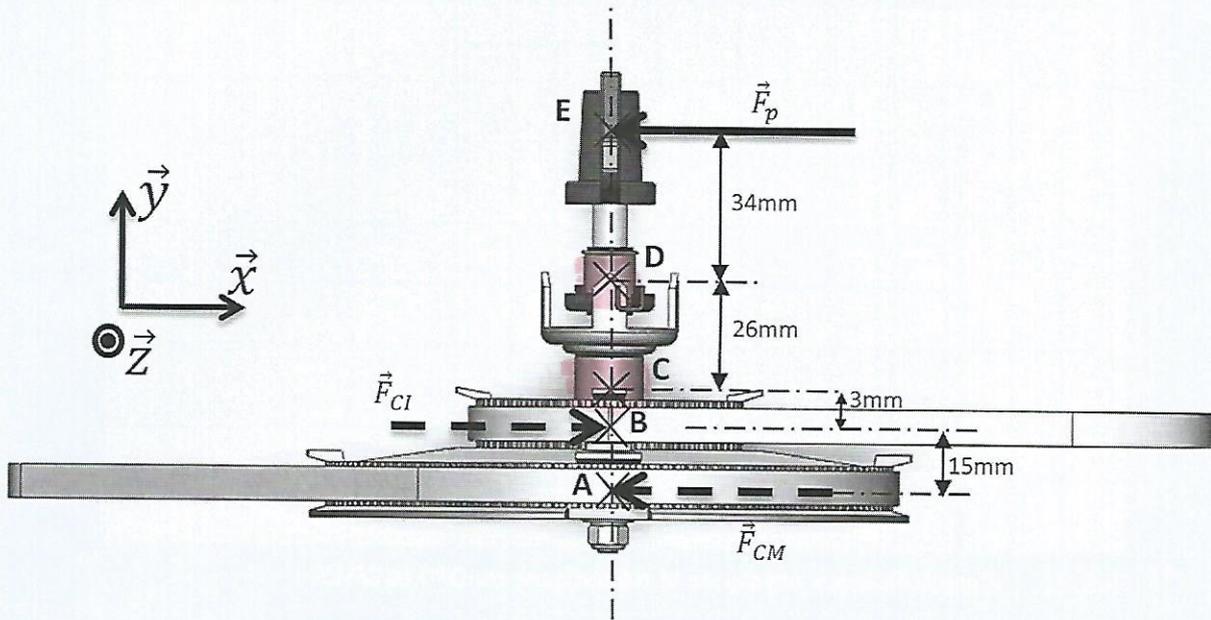
Ces 2 coussinets font-ils réellement partie de cette classe d'équivalence ? Justifier.



Q4) Les efforts extérieurs s'appliquant à cet ensemble sont au nombre de 3 (effort de la pâte \vec{F}_p , effort de la courroie motrice \vec{F}_{CM} , effort de la courroie intermédiaire \vec{F}_{CI}). Afin de simplifier le problème, nous allons désormais considérer chaque coussinet comme une rotule (on fera l'hypothèse d'un centrage court), qui ne sera soumis à aucun effort axial ($Y_{25} = Y_{50} = 0$). Enfin, du fait de la symétrie des pétrins, on pourra écrire que : $\|\vec{F}_{CI}\| = \frac{5}{3} \|\vec{F}_p\|$. On donne également $\|\vec{F}_{CM}\| = 36N$.

En appliquant le PFS en D sur l'ensemble considéré, déterminer les efforts radiaux que subissent chacun des coussinets.

Q5) Le coussinet 25 est un coussinet DP4 de la gamme GGB. Peu importe la valeur trouvée à la question précédente, on prendra un effort radial appliqué sur ce coussinet de 35N. On considérera : un arbre en acier allié ; un fonctionnement continu à sec ; un logement possédant des qualités moyennes de dissipation ; une température d'environnement de 200°C. Vérifier que ce coussinet tiendra bien la durée de vie escomptée du système (5000h).



Extraits du catalogue GGB pour le DP4

	Abrévia- tion	Valeur		Unité	Commentaire	
		DP4	DP4B			
Caractéris- tiques physiques	Coefficient de dilatation thermique linéaire :					
	parallèle à la surface	α_1	11	18	$10^{-6}/K$	
	perpendiculaire à la surface	α_2	30	36	$10^{-6}/K$	
	Température maximale	T_{max}	+280	+280	°C	
	Température minimale	T_{min}	-200	-200	°C	
Caractéris- tiques mécaniques	Résistance à la compression	σ_c	350	300	MPa	mesuré sur un disque de dia. 5 mm et d'ép. 2,45 mm
	Pression spécifique maximale					
	Statique	$p_{sta,max}$	250	140	MPa	
	Dynamique	$p_{dyn,max}$	140	140	MPa	

Tab. 1: Caractéristiques physiques et mécaniques du DP4 et DP4B

	DP4	Unité
p	140	MPa
v	2,5	m/s
pv Continu	0,5	MPa x m/s
pv Intermittent	1,0	MPa x m/s

Tab. 9: p, v, pv courants

Conditions de fonctionnement	Nature du logement	Température d'environnement du palier T_{amb} [°C] et Coefficient de température d'application a_T					
		25	60	100	150	200	280
Fonctionnement continu à sec	Qualités moyennes de dissipation calorifique	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1
Fonctionnement continu à sec	Logement embouti, ajouré ou isolé avec faibles qualités de dissipation calorifique	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	-
Fonctionnement continu à sec	Logement non métallique avec mauvaises qualités de dissipation calorifique	0,3	0,3	0,2	0,1	-	-
Fonctionnement intermittent à sec (durée moins de 2 min, suivie par une longue période de repos)	Qualités moyennes de dissipation calorifique	2,0	1,6	1,2	0,8	0,4	0,2

Tab. 10: Coefficient correcteur de température d'application a_T

Matériau	Coefficient correcteur du contre-matériau a_M	Coefficient correcteur de durée de vie a_L
Acier et fonte		
Acier au carbone	1	400
Acier au manganèse	1	400
Acier allié	1	400
Acier cimenté	1	400
Acier nitruré	1	400
Acier carbo-nitruré	1	400
Acier inoxydable (7-10 % Ni, 17-20 % Cr)	2	400
Fonte (0.3 ± 0.1 $\mu m R_a$)	1	400

Tab. 11: Coefficient correcteur de contre-matériau a_M et coefficient correcteur de durée de vie a_L

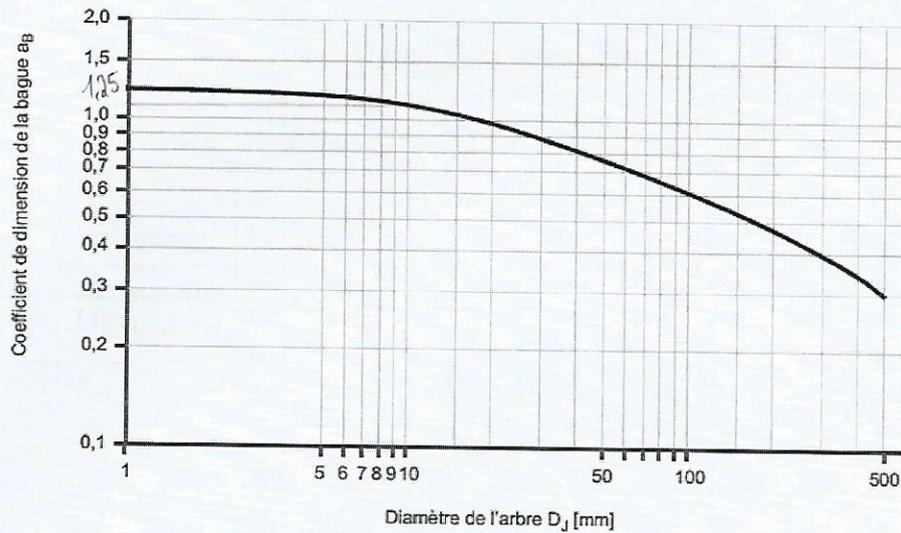


Fig. 21: Coefficient de dimension de la bague a_B

Coefficient correcteur de pression spécifique a_E

(4.4.4) [-]

$$a_E = \frac{p_{lim} - p}{p_{lim}}$$

Facteur pv corrigé

Bagues

(4.4.5) [MPa x m/s]

$$pv = \frac{5,25 \cdot 10^{-5} F \cdot n}{a_E \cdot B \cdot a_T \cdot a_M \cdot a_B}$$

Où F est l'effort appliqué sur le palier (en N), n est la vitesse de rotation (en tr/min), et B est la longueur du palier (en mm).

Bagues, charge rotative (Fig. 23)

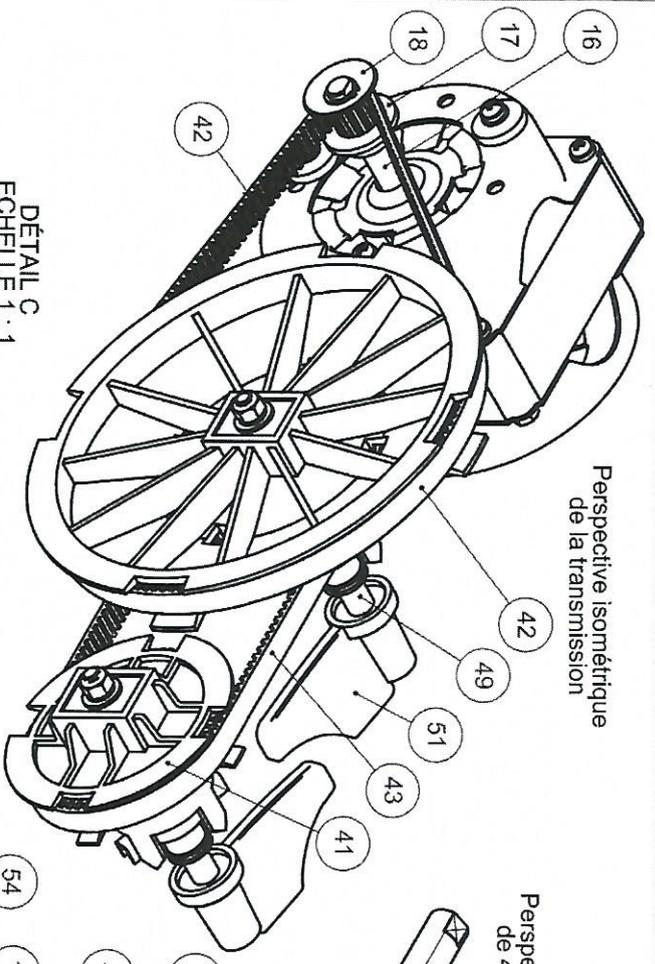
(4.4.10) [h]

$$L_H = \frac{530}{pv} - a_L$$

Où L_H est la durée de vie exprimée en heure.

Nomenclature de la machine à pain EURÉKA 800W

62	2	Rivet		Revêtement anti-adhésif sur tête
61	2	Rivet		Revêtement anti-adhésif sur tête
60	2	Rondelle	PTFE	
58	2	Joint à lèvres		
54	1	Carter bas	PP	Couleur : blanc
53	2	Ressort de maintien de moule		
51	2	Pétrin	A 5 Y30	Revêtement anti-adhésif
50	2	Coussinet 8 12x12		
49	2	Axe de pétrin	25CrMo4	
48	2	Accouplement	X6Cr17	
47	1	Embase du moule de cuisson	Z-A4G	
45	2	Poignée de moule		
44	1	Moule de cuisson	3003	Revêtement anti-adhésif
43	1	Courroie intermédiaire		Pas de 3mm
42	1	Courroie motrice		Pas de 3mm
41	1	Poulie du second pétrin	PA	Pas de 3mm ; $Z_{41} = 67$
40	1	Axe de poulie du second pétrin	25CrMo4	
35	2	Ecrou auto-freiné H FR, M5		
33	2	Rondelle M5		
32	2	Platine de fixation de poulie		
31	1	Poulie intermédiaire	PA	Pas de 3mm ; $Z_{31a} = ?$; $Z_{31b} = 67$
30	2	Segment d'arrêt à montage radial 8x0,9		
27	2	Crabot	X6Cr17	
26	1	Axe de poulie intermédiaire	25CrMo4	
25	2	Coussinet 10 16x16		
24	4	Patin de cuve		
23	1	Support de poulie	Z-A4G	
18	1	Flasque de poulie motrice		
17	1	Poulie motrice	PA	Pas de 3mm ; $Z_{17} = ?$
16	1	Axe moteur	25CrMo4	
10	1	Résistance chauffante		
07	1	Support de résistance chauffante		
06	1	Condensateur		4/450 F/V
04	1	Transformateur		SD41/501
03	1	Support de carte électronique	PP	Couleur : anthracite
02	1	Enceinte de cuisson	S185	
01	1	Socle	S185	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observations



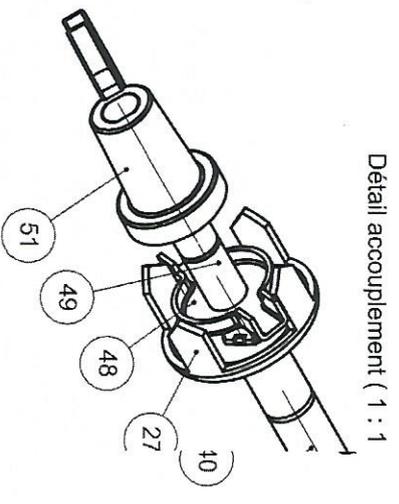
Perspective isométrique de la transmission



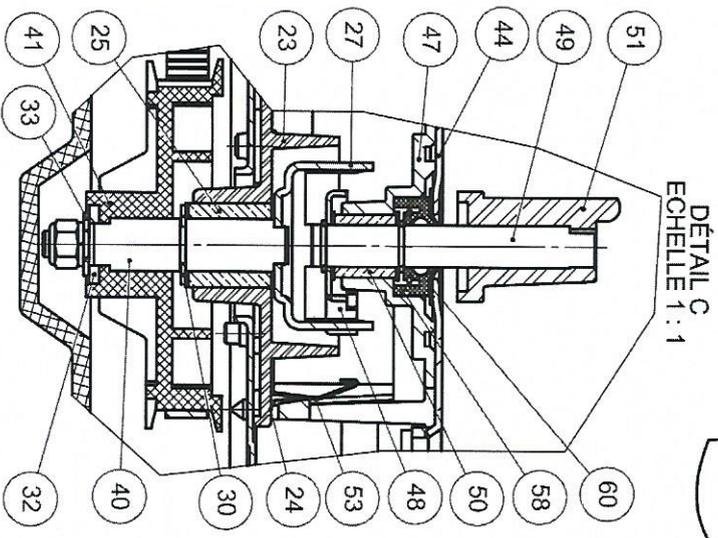
Perspective isométrique de 49 seul (1 : 1)



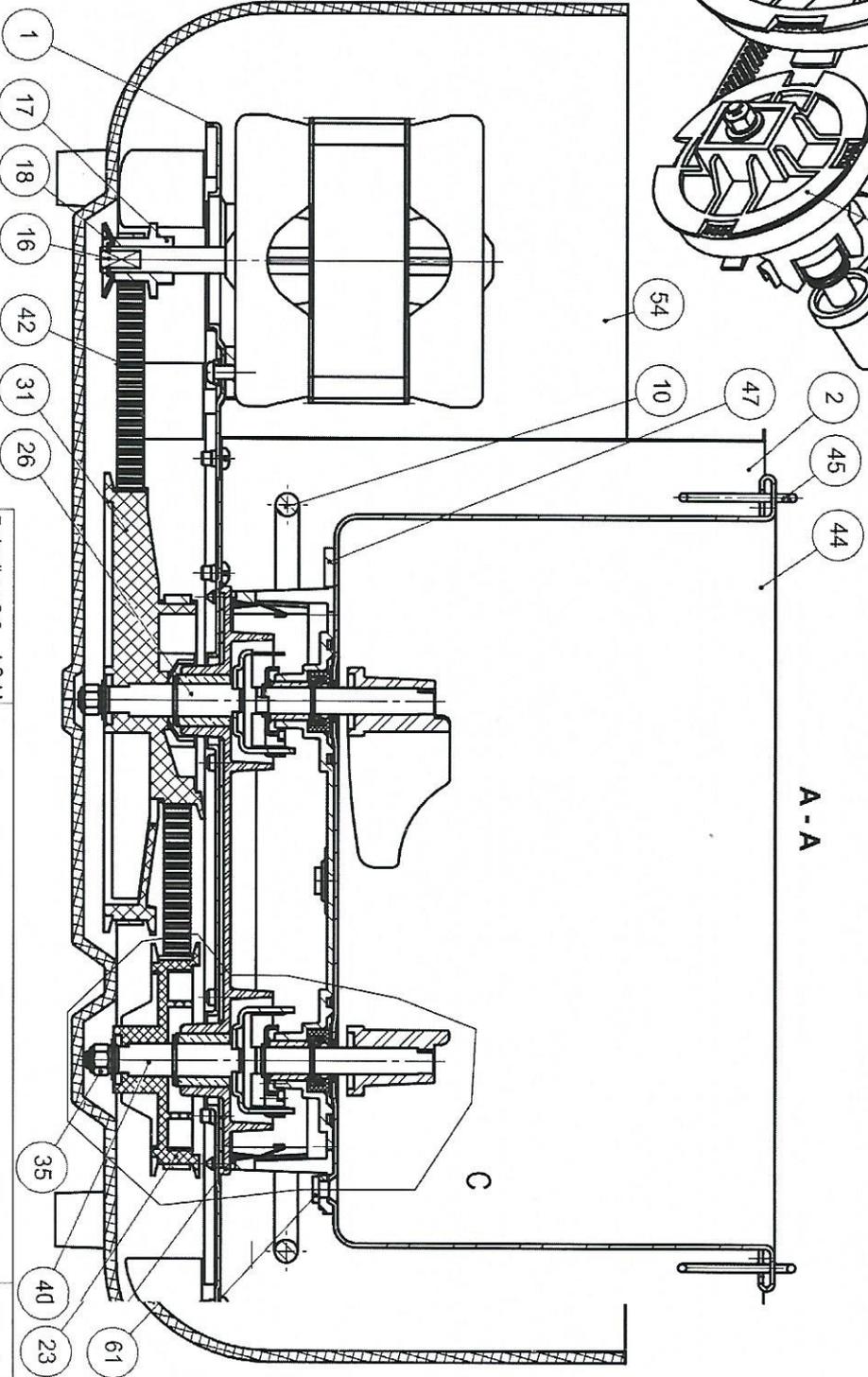
Perspective isométrique de 48 seul (1 : 1)



Détail accouplement (1 : 1)



DÉTAIL C
ECHELLE 1 : 1



A - A

C

Nota :
Par souci de lisibilité, le couvercle et la partie haute du carter ne sont pas représentés et les formes de la partie basse du carter sont simplifiées.

Echelle : 2:3 - A3 H

Machine à pain Eureka 800W

Dessin d'ensemble

ment
rique
12