

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR**  
**DES INDUSTRIES PAPETIERES**

**Epreuve E4 :**  
**Analyse fonctionnelle et structurelle des systèmes**

**Sous épreuve U41 :**  
**Analyse du comportement d'un mécanisme**

**Durée : 3 heures**  
**Coefficient : 2,5**

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Le sujet comprend deux dossiers :

Dossier technique	DT1 à DT11
Dossier sujet	DS1 à DS6

**Aucun document autorisé.**

La calculatrice de poche à fonctionnement autonome, non imprimante, est autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

15ITANA1	BTS INDUSTRIES PAPETIERES	Session 2015
	Epreuve U41 – Analyse du comportement d'un mécanisme	

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR**  
**DES INDUSTRIES PAPETIERES**

**Epreuve E4 :**  
**Analyse fonctionnelle et structurelle des systèmes**

**Sous épreuve U41 :**  
**Analyse du comportement d'un mécanisme**

**DOSSIER TECHNIQUE**

Contenu du dossier :

DT1 à DT4	Présentation du système	A4
DT5 à DT7	Dessins d'ensemble	A3
DT8	Nomenclature	A4
DT9 et DT10	Extraits de catalogue	A4
DT11	Formulaire	A4

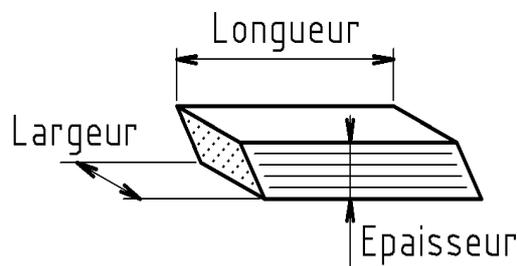
15ITANA1	BTS INDUSTRIES PAPETIERES	Session 2015
	Epreuve U41 – Analyse du comportement d'un mécanisme	

# PRESENTATION DU SYSTEME

## Mise en situation

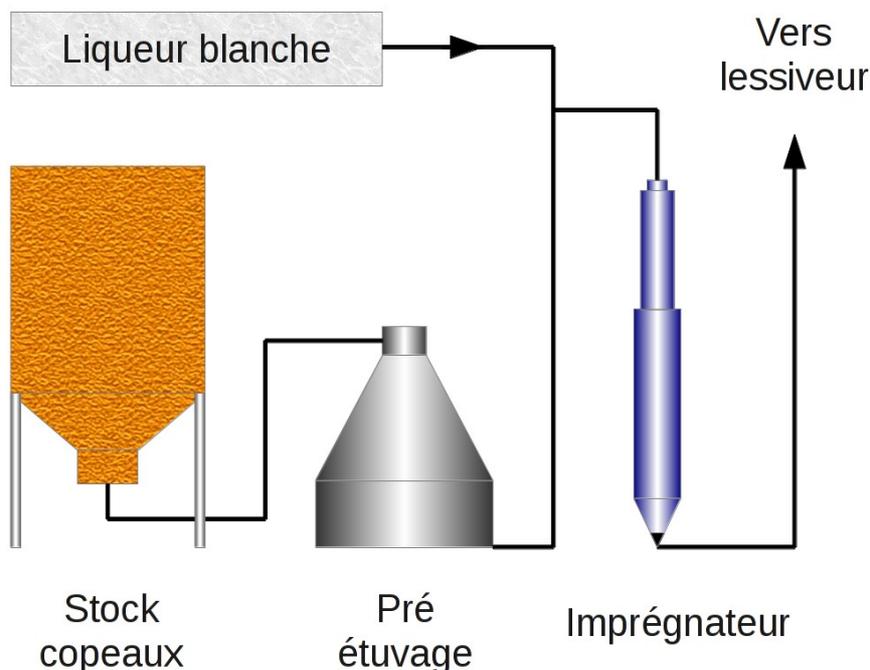
Dans le monde industriel, la sécurité reste une préoccupation essentielle. L'impact environnemental devient une contrainte technico-économique de plus en plus délicate à appréhender. Dans ce contexte, des recherches sont menées pour limiter les risques et les accidents. L'évolution de la réglementation sur les rejets atmosphériques se traduit par des normes très strictes.

La papeterie prise en exemple dans ce sujet est de dimension internationale. Elle reçoit quotidiennement jusqu'à 8000 tonnes de billons de bois, acheminés par camion. La quantité varie selon la demande exprimée par la clientèle et les opérations de maintenance. Ces billons sont écorcés, lavés, coupés et calibrés, réduits en copeaux de bois transformés par la suite en pâte à papier. Idéalement, ces copeaux ont la forme de petites plaquettes biseautées aux extrémités, de 3 à 29 mm de longueur et largeur et de 3 à 8 mm d'épaisseur.



Les écorces, noeuds ou sciures, en somme tous les résidus impropres à la fabrication du papier, sont valorisés en tant que combustible pour une chaudière. Celle-ci produit de la vapeur d'eau sous différentes pressions et pour divers usages, entre autres :

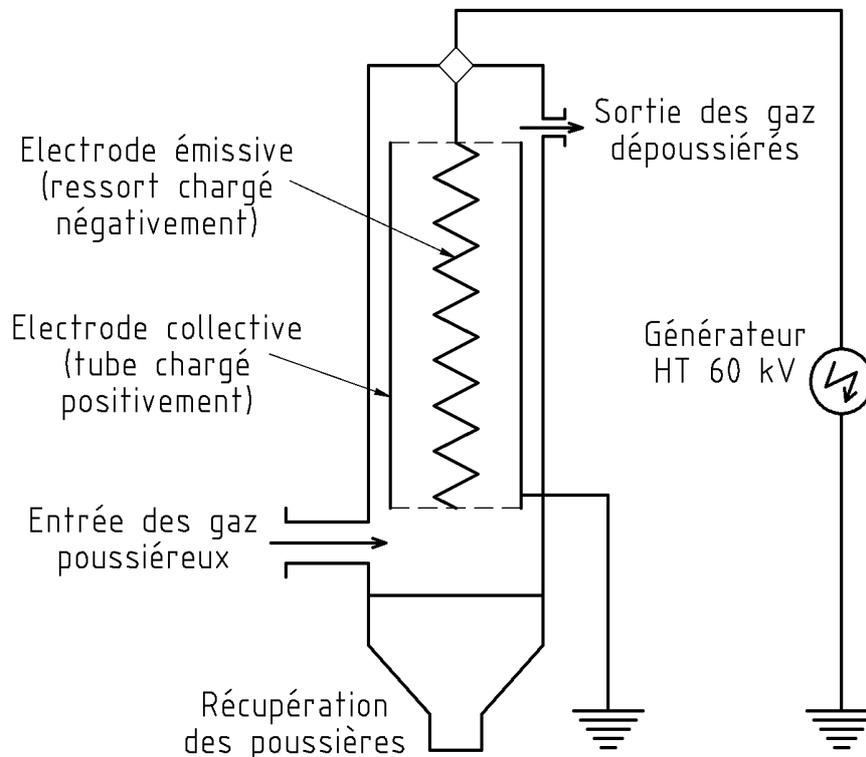
- Pour enlever l'humidité de la feuille de papier en formation dans les sècheres.
- Pour faire subir aux copeaux de bois un pré étuvage, avant l'imprégnation de liqueur blanche et le passage dans le lessiveur.



15ITANA1	BTS INDUSTRIES PAPETIERES	DT 1/11
	Epreuve U41 – Analyse du comportement d'un mécanisme	

L'excédent de vapeur d'eau fournie par la chaudière permet, de surcroît, de produire de l'électricité alimentant les machines, améliorant ainsi l'autonomie énergétique de l'usine.

La fumée dégagée par la chaudière n'est pas directement rejetée dans l'atmosphère. La poussière de fumée est récupérée à l'aide d'électrofiltres, pour être retraitée par la suite. Le principe de fonctionnement d'un électrofiltre est le suivant : Un champ électrostatique est créé de sorte que la poussière s'accumule sur une électrode. Celle-ci est secouée à intervalles réguliers pour détacher et récupérer la poussière de fumée.



Pour faciliter les opérations de maintenance, la poussière de fumée peut cheminer par deux circuits différents. Pour améliorer la sécurité, cette poussière étant potentiellement inflammable, le bureau d'études de l'usine projette d'implanter une écluse rotative sur l'un des deux circuits.

## **Description du produit**

Les écluses rotatives sont destinées à travailler dans les milieux industriels. Présentes dans toutes sortes d'usines, on les rencontre particulièrement dans les industries du BTP, de l'agroalimentaire ou de la chimie.

De conception simple, robuste et compacte, elles permettent le déchargement contrôlé de produits granulaires (pastilles, flocons...), pulvérulents ou poisseux, provenant de silos, trémies, installations de transport pneumatique, filtres, cyclones. Réalisées en différentes dimensions, elles peuvent gérer des débits de quelques kilogrammes à plusieurs tonnes par heure. La décharge est contrôlée indépendamment du produit et du niveau de remplissage.

Les écluses rotatives remplissent plusieurs fonctions :

- Elles permettent de réguler le débit de dosage sous l'action de la gravité.
- Elles forment une barrière de pression entre deux enceintes ayant une pression différentielle.
- Elles jouent le rôle de barrière anti-explosion, lorsque le produit déplacé est inflammable, évitant la propagation des flammes.

15ITANA1	BTS INDUSTRIES PAPETIERES	DT 2/11
	Epreuve U41 – Analyse du comportement d'un mécanisme	

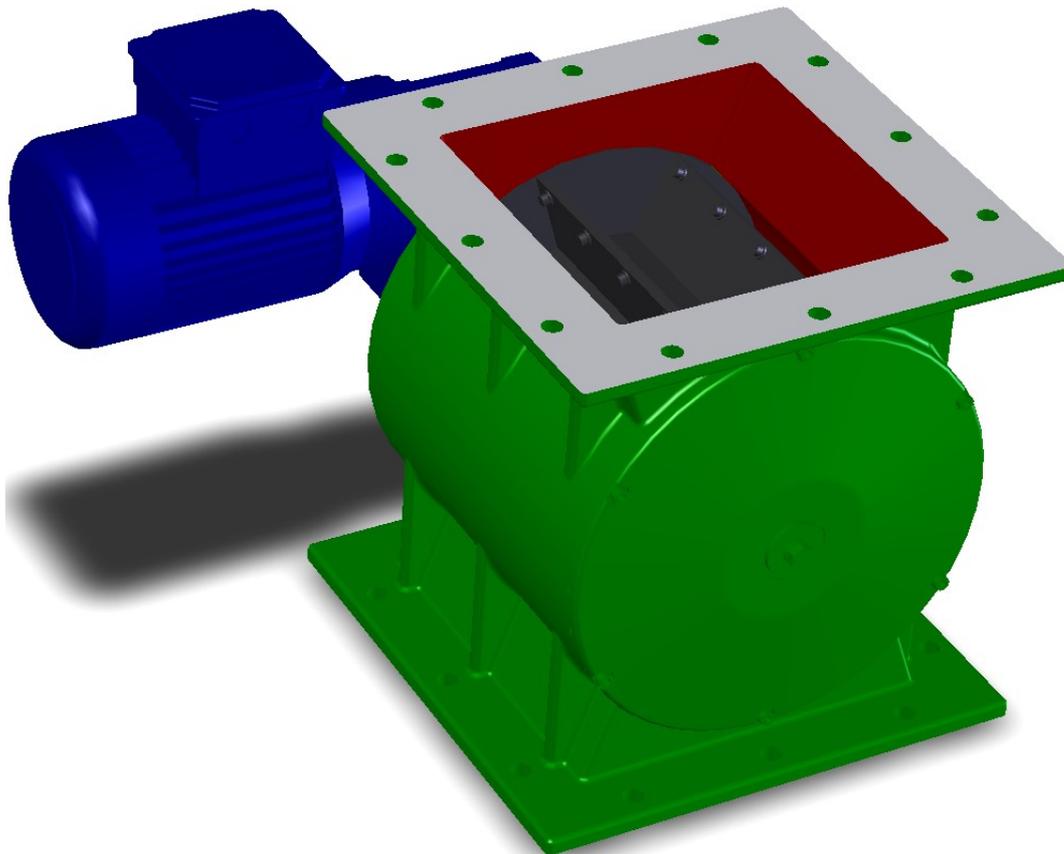
De nombreux modèles d'écluses rotatives, commercialisées par diverses sociétés, fonctionnent sur le même principe : Un rotor tournant permettant de décharger de manière contrôlée et continue des produits sous l'action de la force de gravité. Le débit obtenu est proportionnel à la fréquence de rotation.

L'écluse rotative proposée dans le sujet est produite par une multinationale, spécialisée dans la réalisation de lignes de production, de la conception à la mise en service. Ses filiales françaises sont implantées dans plusieurs grandes villes, notamment en région parisienne.

## Caractéristiques techniques

L'écluse rotative à passage vertical proposée dans le sujet comporte :

- Un corps tubulaire moulé avec une bouche en entrée carrée dans la partie supérieure et une bouche de sortie carrée également en partie inférieure.
- Un rotor réalisé en mécano-soudage, avec huit compartiments à section en V.
- Un moto-réducteur à couple élevé pour entraîner le rotor.
- Un variateur de vitesse pour adapter la fréquence de rotation du moteur électrique au débit souhaité.
- Un couvercle démontable aisément, fixé du côté opposé à la motorisation, permettant un accès facile aux parties mécaniques internes.
- Des racleurs fabriqués dans un matériau souple, solidaires du rotor, pour éviter l'encrassement.



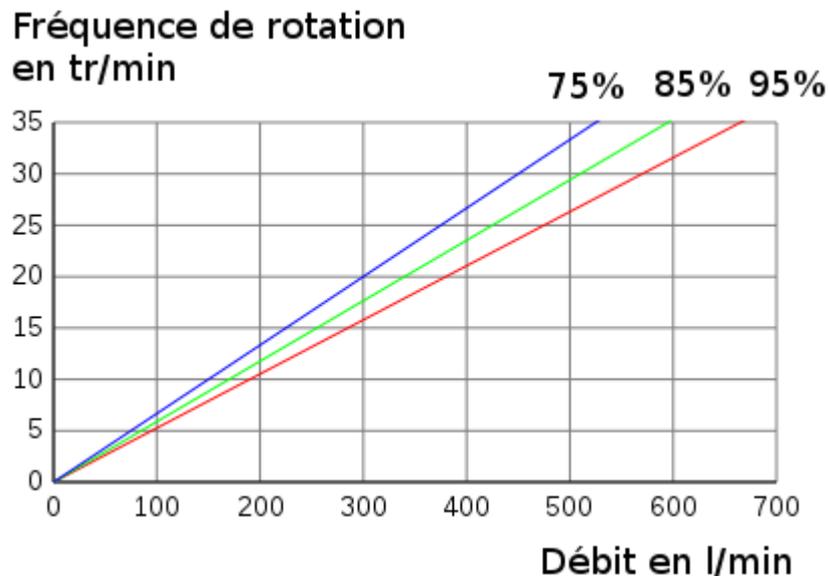
15ITANA1	BTS INDUSTRIES PAPETIERES	DT 3/11
	Epreuve U41 – Analyse du comportement d'un mécanisme	

# Éléments du cahier des charges

## Débit

Pour le modèle présenté dans le sujet, le débit réel peut varier de 0 l/min à 450 l/min minimum, selon les applications et la fréquence de rotation du rotor.

Le débit théorique est à pondérer avec le coefficient de remplissage. Ce coefficient de remplissage dépend de la fluidité de la matière déplacée et de la fréquence de rotation de l'écluse. Ce coefficient varie de 75% à 95%.



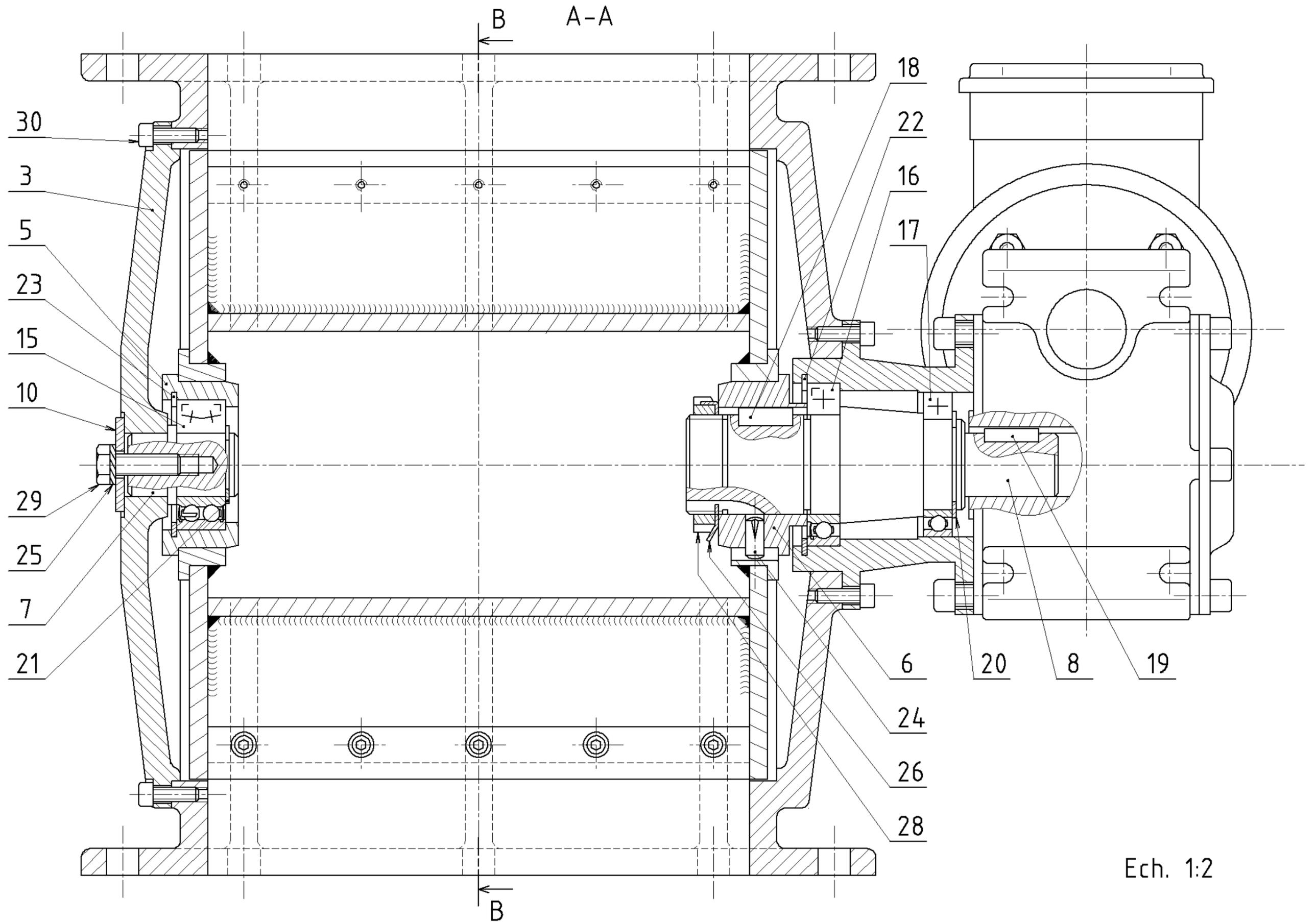
## Durée de vie

La durée de vie de l'écluse rotative est de plusieurs dizaines d'années, dans le cadre d'un fonctionnement continu, sans maintenance autre que celle d'un nettoyage occasionnel et le remplacement des pièces d'usure (racleurs).

## Options & accessoires

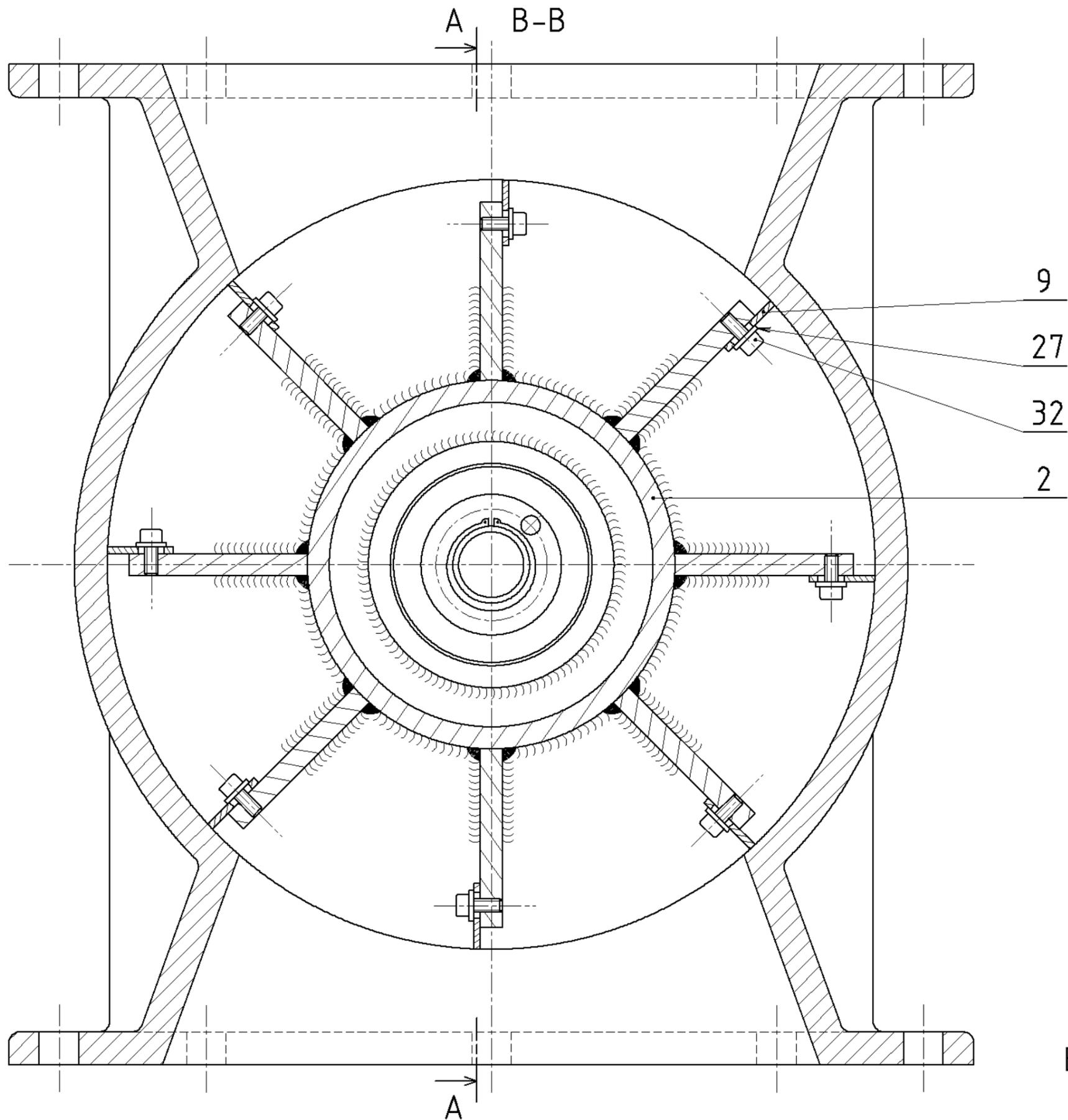
- Le corps peut être en alliage d'aluminium ou en fonte, téflonné en surface.
- La bouche en entrée peut être carrée ou ronde, la bouche de sortie est toujours carrée.
- Le rotor peut être en alliage d'aluminium ou en acier inoxydable.
- Les racleurs sont construits en matière plastique pour améliorer l'isolation.
- Le moto-réducteur est entièrement modulaire :
  - Le moteur asynchrone triphasé, conforme au standard NEMA, se remplace rapidement en cas de panne, sa puissance peut être modifiée (1,1 kW ou 1,5 kW).
  - Le rapport de transmission du réducteur à roue et vis sans fin peut être adapté selon le besoin (1/40 ou 1/50).
- L'écluse est livrable sans motorisation.

15ITANA1	BTS INDUSTRIES PAPETIERES	DT 4/11
	Epreuve U41 – Analyse du comportement d'un mécanisme	



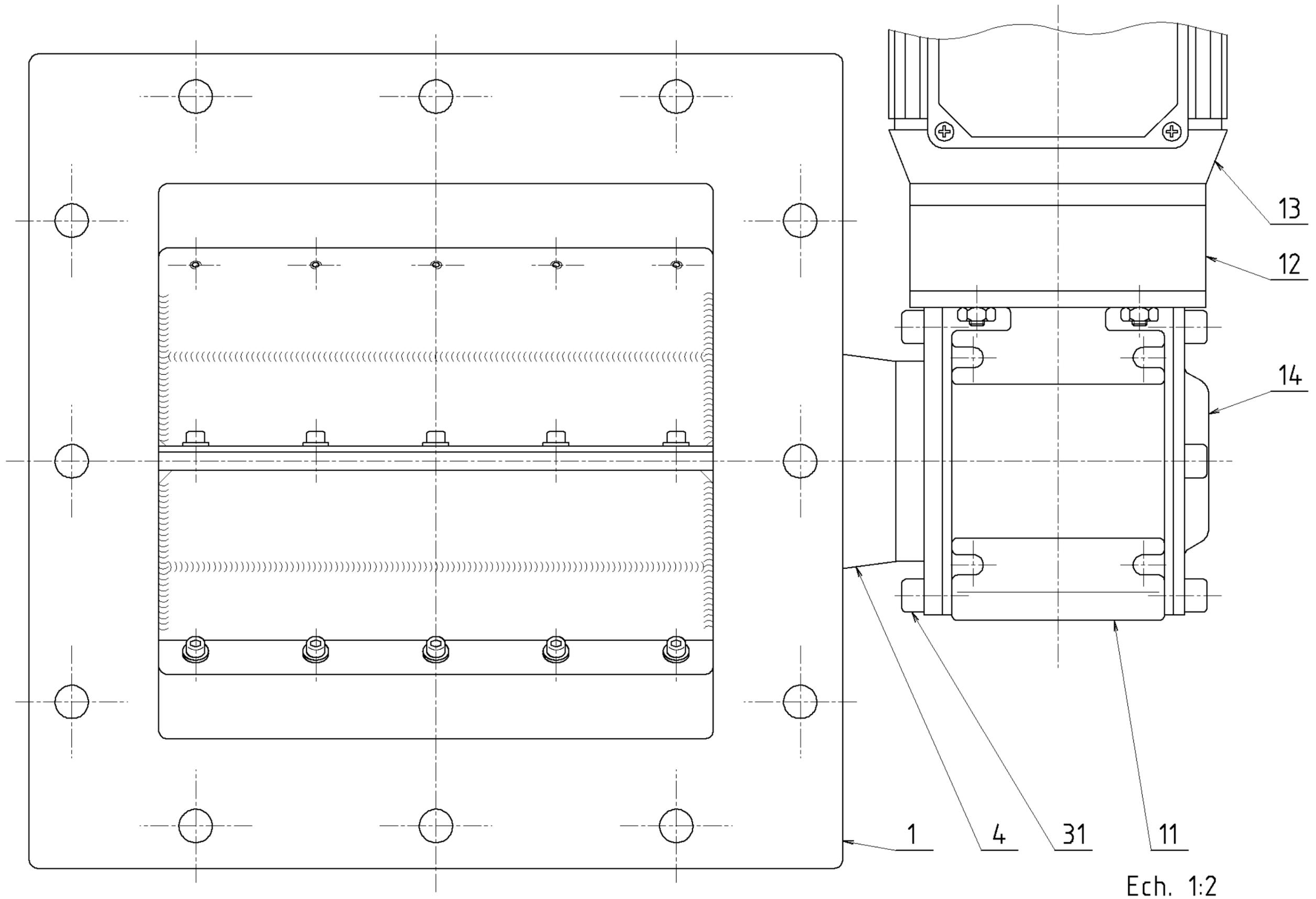
Ech. 1:2

15ITANA1	BTS INDUSTRIES PAPETIERES	DT 5/11
	Epreuve U41 – Analyse du comportement d'un mécanisme	



Ech. 1:2

15ITANA1	BTS INDUSTRIES PAPETIERES	DT 6/11
	Epreuve U41 – Analyse du comportement d'un mécanisme	



15ITANA1	BTS INDUSTRIES PAPETIERES	DT 7/11
	Epreuve U41 – Analyse du comportement d'un mécanisme	

32	40	Vis à tête cylindrique à six pans creux, M6x16		
31	8	Vis à tête cylindrique à six pans creux, M12x40		
30	16	Vis à tête cylindrique à six pans creux, M8x25		
29	1	Vis à tête hexagonale, M12x40		
28	1	Ecrou à encoches, KM13 (M65x2)		
27	40	Rondelle plate, type N - 6		
26	1	Rondelle frein, MB13		
25	1	Rondelle à dents, DEC 12		
24	3	Goupille cannelée sur la moitié de la longueur, 10x24		
23	1	Anneau élastique pour alésage, 72x2,5		
22	1	Anneau élastique pour alésage, 90x3		
21	1	Anneau élastique pour arbre, 35x1,5		
20	1	Anneau élastique pour arbre, 50x2		
19	1	Clavette parallèle, forme A, 10x8x30		
18	1	Clavette parallèle, forme A, 16x10x30		
17	1	Roulement rigide à billes à une rangée		6010
16	1	Roulement rigide à billes à une rangée, étanche		6011 RS
15	1	Roulement à billes à contact oblique à deux rangées, étanche		5207 2RS
14	1	Cache de protection HA		60793950
13	1	Moteur 90S/4		34010020
12	1	Module de liaison IEC 90		60795040
11	1	Réducteur SK 1SI 75		60791500
10	1	Rondelle d'appui	35 Cr Mo 4	
9	8	Racleur	PP	
8	1	Axe entraîneur	35 Cr Mo 4	
7	1	Axe	35 Cr Mo 4	
6	1	Guide entraîneur	S 235	
5	1	Guide	S 235	
4	1	Support de moto-réducteur	S 235	
3	1	Flasque	EN AB-4300 (Al Si 10 Mg) ou EN-JS 1070 (EN-GJS-700-2)	
2	1	Rotor	EN AW-5154 (Al Mg 3,5) ou X 5 Cr Ni 18-10	
1	1	Corps	EN AB-4300 (Al Si 10 Mg) ou EN-JS 1070 (EN-GJS-700-2)	
REP.	NB.	DESIGNATION	MATIERE	REFERENCE

15ITANA1	BTS INDUSTRIES PAPETIERES	DT 8/11
	Epreuve U41 – Analyse du comportement d'un mécanisme	

# Extrait de catalogue

## Couple

Le couple maximal  $M_{max}$  indiqué est donné pour un fonctionnement continu sous une charge constante. La sélection doit se faire suivant le chapitre „choix du réducteur“ en déterminant le facteur de service souhaité.

Le couple de sortie limite  $M_{grenz}$  représente le couple que peut admettre le réducteur en statique ou sur une courte durée de fonctionnement sans détruire l'appareil. Le couple limite maximal  $M_{grenz}$  représente la valeur limite de charge admissible, et cette valeur ne doit également pas être dépassé lors d'un choc.

couple de sortie maximal $M_{max}$ pour $n_1=1400 \text{ min}^{-1}$					
Type	SK 1SI 31	SK 1SI 40	SK 1SI 50	SK 1SI 63	SK 1SI 75
$M_{max}$	30 Nm	50 Nm	90 Nm	160 Nm	250 Nm
couple de sortie limite $M_{grenz}$					
Type	SK1SI 31	SK1SI 40	SK1SI 50	SK1SI 63	SK 1SI 75
$M_{grenz}$	75 Nm	125 Nm	225 Nm	400 Nm	650 Nm

## Vitesse

Les réducteurs sont dimensionnés pour une vitesse moteur ou une vitesse d'entrée jusqu'à  $1800 \text{ min}^{-1}$ . Une vitesse supérieure réduit la durée de vie du matériel.

Pour des vitesses d'entraînement plus importantes, veuillez nous consulter.

## Rapport de réduction

Tous les rapports de réduction, y compris ceux des réducteurs combinés, sont des nombres entiers. (par exemple  $i=10$  correspond à  $i=10,000000000...$ )

Les réducteurs à roue et vis de la gamme UNIVERSAL ont des vis dont le sens d'hélice est à droite.

plage des rapports de réduction												
5	7,5	10	12,5	15	20	25	30	40	50	60	80	100
Rapports de réduction identiques pour les 5 tailles de réducteurs												

## Rendement

Grâce à un parfait état des flans de denture et à l'emploi de lubrifiant synthétique les rendements obtenus pour cette gamme UNIVERSAL sont particulièrement élevés. Etant donné que dans les réducteurs neufs, le couple roue et vis doit d'abord être rodé, le rendement sera donc légèrement inférieur aux valeurs indiquées. Dans les tableaux de sélection, les valeurs de couple et de puissance indiquées s'entendent pour un rendement  $\eta$  après rodage.

A cause de la lubrification hydrodynamique de la denture, le rendement augmente avec la vitesse d'entrée pour les réducteurs à roue et vis sans fin. C'est pourquoi le rendement le plus faible est rencontré pendant le démarrage du réducteur. Les valeurs de rendement au démarrage  $\eta_a$  sont indiquées dans le tableau ci-dessous. Ces valeurs sont à prendre en considération pour les entraînements qui doivent démarrer en charge.

rendement $\eta$ pour $n_1=1400 \text{ min}^{-1}$													
$i_{sch}$	5	7,5	10	12,5	15	20	25	30	40	50	60	80	100
SK 1SI 31: $\eta$ [%]	86	82	80	76	71	67	63	55	50	45	42	36	32
SK 1SI 40: $\eta$ [%]	88	85	82	80	75	71	68	60	54	50	46	41	36
SK 1SI 50: $\eta$ [%]	90	87	85	83	79	75	72	65	60	56	52	46	42
SK 1SI 63: $\eta$ [%]	92	89	87	86	82	79	76	69	64	61	57	51	47
SK 1SI 75: $\eta$ [%]	93	90	84	88	84	82	80	77	69	65	62	57	52

rendement au démarrage $\eta_a$													
$i_{sch}$	5	7,5	10	12,5	15	20	25	30	40	50	60	80	100
SK 1SI 31 à SK 1SI 75 : $\eta_a$ [%]	72	67	62	59	53	47	43	36	31	27	25	20	17

## Lubrification

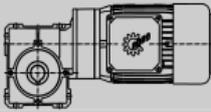
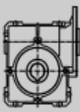
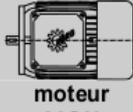
Les réducteurs à roue et vis sont livrés d'origine avec une huile synthétique de qualité supérieure (Polyglycole) garantissant une lubrification à vie des matériels. Ces réducteurs ne nécessitent donc aucun entretien.

Les réducteurs Universal à roue et vis tailles 63 et 75 ont de série des vis pour l'huile sur le carter du réducteur. Ces orifices permettent la mise en place d'une vis d'évent lors de la mise en service. Le module « évent » contient une petite notice pour la position et le montage de cette vis. Cet évent assure une meilleure durée de vie des joints à lèvres montés sur l'arbre de sortie, et elle est particulièrement conseillée lors d'un fonctionnement continu. Numéro de commande du module évent: 60693500

lubrifiant: CLP PG 220 DIN51502					
Type	SK 1SI 31	SK 1SI 40	SK 1SI 50	SK 1SI 63	SK 1SI 75
quantité	30ml	55ml	95 ml	180 ml	360 ml

15ITANA1	BTS INDUSTRIES PAPETIERES	DT 9/11
	Epreuve U41 – Analyse du comportement d'un mécanisme	

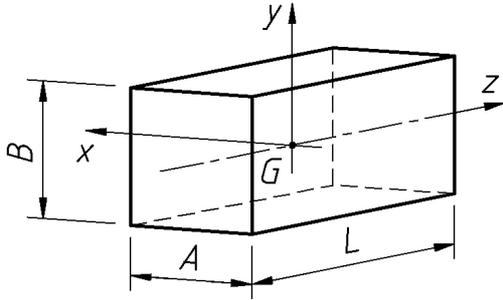
# Extrait de catalogue

P <sub>1</sub> [kW]	n <sub>2</sub> [min <sup>-1</sup> ]	M <sub>2</sub> [Nm]	f <sub>B</sub>	i <sub>ges</sub>	i <sub>sch</sub>	i <sub>vor</sub>	F <sub>R</sub> [N]	F <sub>RF</sub> [N]	Type		Modules des motoréducteurs				
														alternative:	
										58 - 63	58 - 63	67	68	68	
<b>1,1</b>	279	34	1,9	5	5		4800	3740	<b>SK 1SI 50 – IEC90 - 90S/4</b>	<b>Référence de commande des modules</b>					
	186	49	1,6	7,5	7,5		4800	3730		60591050	60495040	34010020	34010046		
	140	64	1,2	10	10		4800	3720		60591080	"	"	"		
	112	78	0,9	12,5	12,5		4800	3710		60591100	"	"	"		
	93	89	1,0	15	15		4800	3700		60591130	"	"	"		
										60591150	"	"	"		
	186	50	2,7	7,5	7,5		6300	3450		<b>SK 1SI 63 – IEC90 - 90S/4</b>	<b>Référence de commande des modules</b>				
	140	66	2,0	10	10		6300	3440			60691080	60695040	34010020	34010046	
	112	81	1,6	12,5	12,5		6300	3430			60691100	"	"	"	
	93	93	1,7	15	15		6300	3420			60691130	"	"	"	
	70	119	1,2	20	20		6300	3380			60691150	"	"	"	
	56	143	0,9	25	25		6300	3350			60691200	"	"	"	
47	156	1,0	30	30		6300	3320	60691250	"		"	"			
35	193	0,8	40	40		6300	3250	60691300	"		"	"			
								60691400	"		"	"			
93	95	2,8	15	15		8000	8000	<b>SK 1SI 75 – IEC90 - 90S/4</b>	<b>Référence de commande des modules</b>						
70	123	2,0	20	20		8000	8000		60791150		60795040	34010020	34010046		
56	151	1,5	25	25		8000	8000		60791200		"	"	"		
47	174	1,3	30	30		8000	8000		60791250	"	"	"			
35	208	1,2	40	40		8000	8000		60791300	"	"	"			
28	245	1,0	50	50		8000	8000		60791400	"	"	"			
23	280	0,8	60	60		8000	8000		60791500	"	"	"			
									60791600	"	"	"			
<b>1,5</b>	279	46	1,4	5	5		4800	3700	<b>SK 1SI 50 – IEC90 - 90L/4</b>	<b>Référence de commande des modules</b>					
	186	67	1,2	7,5	7,5		4800	3720		60591050	60495040	34510020	34510044		
	140	87	0,9	10	10		4800	3700		60591080	"	"	"		
										60591100	"	"	"		
	279	47	1,9	5	5		6300	3450		<b>SK 1SI 63 – IEC90 - 90L/4</b>	<b>Référence de commande des modules</b>				
	186	69	1,9	7,5	7,5		6300	3440			60691050	60695040	34510020	34510044	
	140	89	1,5	10	10		6300	3420			60691080	"	"	"	
	112	110	1,2	12,5	12,5		6300	3390			60691100	"	"	"	
	93	126	1,2	15	15		6300	3370			60691130	"	"	"	
	70	162	0,9	20	20		6300	3310			60691150	"	"	"	
	47	213	0,8	30	30		6300	3200			60691200	"	"	"	
											60691300	"	"	"	
279	48	4,1	5	5		8000	8000	<b>SK 1SI 75 – IEC90 - 90L/4</b>	<b>Référence de commande des modules</b>						
186	69	3,4	7,5	7,5		8000	8000		60791050		60795040	34510020	34510044		
140	91	2,5	10	10		8000	8000		60791080		"	"	"		
112	113	1,9	12,5	12,5		8000	8000		60791100		"	"	"		
93	129	2,0	15	15		8000	8000		60791130	"	"	"			
70	168	1,5	20	20		8000	8000		60791150	"	"	"			
56	205	1,1	25	25		8000	8000		60791200	"	"	"			
47	237	0,9	30	30		8000	8000		60791250	"	"	"			
35	283	0,9	40	40		8000	8000		60791300	"	"	"			
									60791400	"	"	"			

# FORMULAIRE

## Moments d'inertie d'un parallélépipède rectangle

On note  $M$  la masse du parallélépipède rectangle et  $G$  son centre de masse.



$$J_{Gx} = \frac{M \cdot (L^2 + B^2)}{12}$$

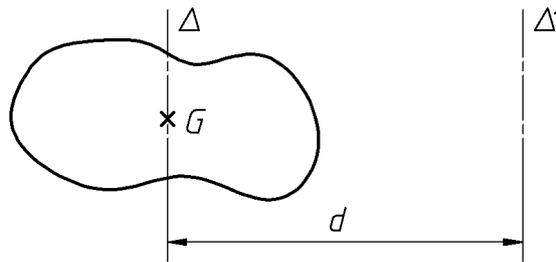
$$J_{Gy} = \frac{M \cdot (L^2 + A^2)}{12}$$

$$J_{Gz} = \frac{M \cdot (A^2 + B^2)}{12}$$

## Théorème de Huygens

Soit  $M$  la masse d'un solide. Soit  $\Delta$  un axe passant par le centre de masse  $G$  du solide et  $\Delta'$  un axe parallèle à  $\Delta$  et distant de  $d$ . Le moment d'inertie  $J_{\Delta'}$  se calcule avec la relation :

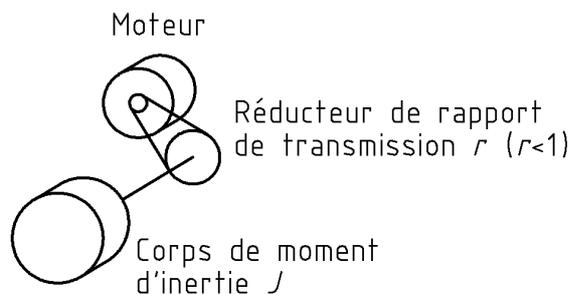
$$J_{\Delta'} = J_{\Delta} + M \cdot d^2$$



## Moment d'inertie équivalent ramené à l'arbre moteur

Soit un corps de moment d'inertie  $J$ , entraîné en rotation par un moteur par l'intermédiaire d'un réducteur de rapport de transmission  $r$  ( $r < 1$ ). Le moment d'inertie équivalent ramené à l'arbre moteur  $J_{\text{éq.}}$  se calcule avec la relation :

$$J_{\text{éq.}} = r^2 \cdot J$$



15ITANA1	BTS INDUSTRIES PAPETIERES	DT 11/11
	Epreuve U41 – Analyse du comportement d'un mécanisme	

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR**  
**DES INDUSTRIES PAPETIERES**

**Epreuve E4 :**  
**Analyse fonctionnelle et structurelle des systèmes**

**Sous épreuve U41 :**  
**Analyse du comportement d'un mécanisme**

**DOSSIER SUJET**

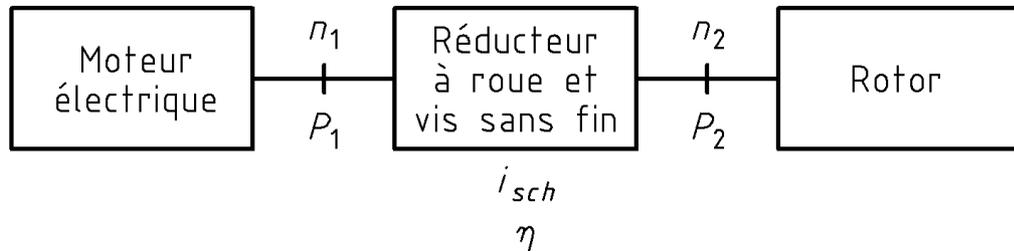
Durées conseillées :

Lecture du sujet	25 min
1 <sup>ère</sup> partie : Caractéristiques du moto-réducteur	30 min
2 <sup>ème</sup> partie : Charge sur le roulement 15	20 min
3 <sup>ème</sup> partie : Charges sur les roulements 16 et 17	40 min
4 <sup>ème</sup> partie : Moment d'inertie ramené à l'arbre moteur	35 min
5 <sup>ème</sup> partie : Démarrage de l'écluse	30 min

15ITANA1	BTS INDUSTRIES PAPETIERES	Session 2015
	Epreuve U41 – Analyse du comportement d'un mécanisme	

## 1<sup>ère</sup> partie : Caractéristiques du moto-réducteur

On souhaite vérifier quelques valeurs indiquées dans le catalogue sur les moto-réducteurs. Un schéma fonctionnel de l'écluse est proposé ci-dessous :



### Question 1

A l'aide :

- des références indiquées dans la nomenclature DT8,
- de l'extrait de catalogue DT10,

Retrouver :

1. La puissance nominale (puissance mécanique utile)  $P_1$  du moteur électrique.
2. La fréquence de rotation  $n_2$  de l'arbre de sortie du réducteur.
3. Le rapport de réduction  $i_{sch}$  du réducteur.

### Question 2

En déduire la fréquence de rotation  $n_1$  du moteur électrique, en tr/min.

### Question 3

A l'aide de l'extrait de catalogue DT9, retrouver le rendement  $\eta$  du réducteur.

### Question 4

A partir des valeurs trouvées précédemment, calculer :

1. La puissance mécanique  $P_2$  disponible sur l'arbre de sortie du réducteur, en W.
2. La vitesse angulaire  $\omega_2$  de l'arbre de sortie du réducteur, en rad/s.
3. Le couple  $M_2$  disponible sur l'arbre de sortie du réducteur, en N.m.

### Question 5

La valeur calculée du couple  $M_2$  et celle indiquée dans l'extrait de catalogue DT10 sont-elles analogues?

15ITANA1	BTS INDUSTRIES PAPETIERES	DS 1/6
	Epreuve U41 – Analyse du comportement d'un mécanisme	

## 2<sup>ème</sup> partie : Charge sur le roulement 15

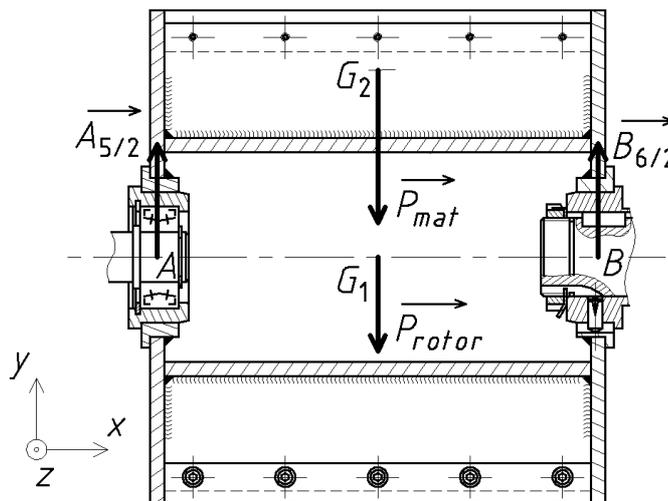
On souhaite déterminer la charge supportée par le roulement 15. Pour cela, on isole l'ensemble constitué des pièces 2, 9, 27 et 32.

Bilan des actions mécaniques extérieures :

- $\vec{P}_{rotor}$  : Poids du système isolé, de point d'application  $G_1$ .
- $\vec{P}_{mat}$  : Poids de la matière déplacée et supportée par le rotor, de point d'application  $G_2$ , de norme connue et égale à 60 daN.
- $\vec{A}_{5/2}$  : Force exercée par le guide 5, de point d'application  $A$ , de support vertical et de norme inconnue.
- $\vec{B}_{6/2}$  : Force exercée par le guide entraîneur 6, de point d'application  $B$ , de support vertical et de norme inconnue.
- Toutes les autres actions mécaniques extérieures sont négligées.

Hypothèses et données :

- Les pièces sont supposées indéformables et les liaisons parfaites.
- L'écluse tournant à vitesse constante, le système isolé est en équilibre.
- A l'aide d'une balance, on a mesuré la masse  $M_{rotor}$  du système isolé. On a trouvé  $M_{rotor} = 39,3$  kg.
- On rappelle la valeur de l'accélération de la pesanteur :  $g = 9,81$  m/s<sup>2</sup>.



### Question 6

Calculer le poids  $P_{rotor}$  du système isolé, en N.

### Question 7

Compte tenu de la symétrie du système, que peut-on dire des forces  $\vec{A}_{5/2}$  et  $\vec{B}_{6/2}$  ?

### Question 8

A partir du théorème de la résultante statique, calculer la norme de  $\vec{A}_{5/2}$ , en N. Si on néglige le poids du guide 5, cette force représente la charge radiale supportée par le roulement à billes 15.

15ITANA1	BTS INDUSTRIES PAPETIERES	DS 2/6
	Epreuve U41 – Analyse du comportement d'un mécanisme	

### 3<sup>ème</sup> partie : Charges sur les roulements 16 et 17

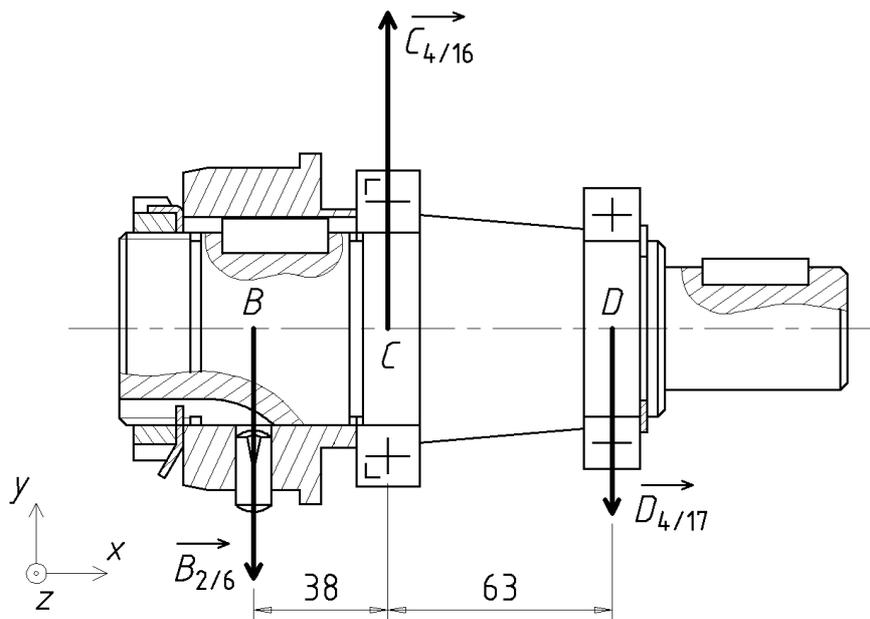
On souhaite déterminer les charges supportées par les roulements 16 et 17. Pour cela, on isole l'ensemble constitué des pièces 6, 8, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 24, 26 et 28.

#### Bilan des actions mécaniques extérieures :

- $\vec{B}_{2/6}$  : Force exercée par le rotor 2 sur le guide entraînéur 6, de point d'application  $B$ , de support vertical et de norme 50 daN.
- $\vec{C}_{4/16}$  : Force exercée par le support de moto-réducteur 4 sur le roulement à billes 16, de point d'application  $C$ , de support vertical et de norme inconnue.
- $\vec{D}_{4/17}$  : Force exercée par le support de moto-réducteur 4 sur le roulement à billes 17, de point d'application  $D$ , de support vertical et de norme inconnue.
- Le couple exercée par le rotor et celui exercée par le réducteur ne sont pas pris en compte car ils s'annulent, étant directement opposés si on néglige les frottements.
- Toutes les autres actions mécaniques extérieures sont négligées.

#### Hypothèses et données :

- Les pièces sont supposées indéformables et les liaisons parfaites.
- L'écluse tournant à vitesse constante, le système isolé est en équilibre.
- Les points d'application des forces, notés  $B$ ,  $C$  et  $D$ , sont alignés. Les distances entre ces points sont données sur le dessin ci-dessous.



#### **Question 9**

A partir du principe fondamental de la statique, en prenant le point  $C$  comme point de calcul, proposer un système de deux équations à deux inconnues.

#### **Question 10**

Résoudre ce système d'équations pour déterminer les normes des forces  $\vec{C}_{4/16}$  et  $\vec{D}_{4/17}$ , en N.

Ces forces représentent les charges radiales supportées par les roulements 16 et 17.

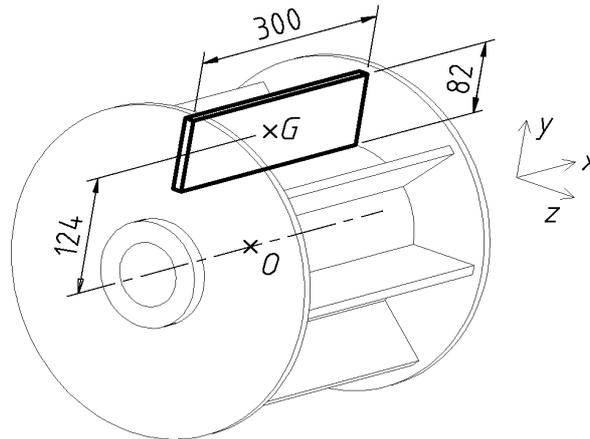
15ITANA1	BTS INDUSTRIES PAPETIERES	DS 3/6
	Epreuve U41 – Analyse du comportement d'un mécanisme	

## 4<sup>ème</sup> partie : Moment d'inertie ramené à l'arbre moteur

Le rotor 2 est constitué de plusieurs éléments soudés ou vissés entre eux. Un de ces éléments est une plaque rectangulaire en acier inoxydable ayant pour centre de masse le point G.

- Epaisseur :  $e = 10$  mm.
- Longueur :  $L = 300$  mm.
- Largeur :  $l = 82$  mm.
- Masse :  $M = 1,87$  kg.

La position de cette plaque par rapport au rotor est montrée sur le dessin ci-dessous. Le formulaire DT11 rappelle quelques formules permettant de calculer les moments d'inertie.



### Question 11

Calculer le moment d'inertie  $J_{Gx}$  de la plaque rectangulaire par rapport à l'axe ( $Gx$ ), en  $\text{kg.m}^2$ .

### Question 12

A l'aide du théorème de Huygens, calculer le moment d'inertie  $J_{Ox}$  de la plaque rectangulaire par rapport à l'axe ( $Ox$ ), en  $\text{kg.m}^2$ .

### Question 13

Sachant que les plaques rectangulaires sont au nombre de huit, ayant calculé les moments d'inertie de chaque élément constituant le rotor, on a déterminé le moment d'inertie  $J_{rotor}$  du rotor complet par rapport à son axe de rotation :  $J_{rotor} = 0,521 \text{ kg.m}^2$

Connaissant le rapport de réduction  $i_{sch}$  indiqué dans l'extrait de catalogue DT10, calculer le moment d'inertie équivalent  $J_{\acute{e}q \text{ rotor}}$  ramené à l'arbre moteur du rotor, en  $\text{kg.m}^2$ .

### Question 14

Selon la documentation du constructeur, le moment d'inertie équivalent ramené à l'arbre moteur du moto-réducteur est  $J_{motor\acute{e}d} = 2,82 \text{ g.m}^2$

En déduire le moment d'inertie équivalent  $J_{\acute{e}q}$  ramené à l'arbre moteur de l'ensemble constitué du moto-réducteur et du rotor, en  $\text{kg.m}^2$ .

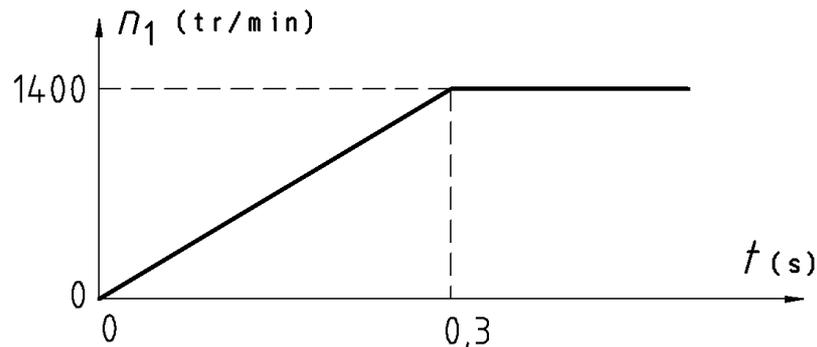
15ITANA1	BTS INDUSTRIES PAPETIERES	DS 4/6
	Epreuve U41 – Analyse du comportement d'un mécanisme	

## 5<sup>ème</sup> partie : Démarrage de l'écluse

Suite à quelques difficultés de démarrage, on se demande si le moteur est correctement dimensionné... On se place dans le cas où l'écluse démarre jusqu'à ce que le moteur électrique atteigne sa fréquence de rotation maximale  $n_1 = 1400$  tr/min.

Ce moteur étant alimenté avec un variateur de vitesse, le couple exercé par l'arbre moteur est sensiblement constant et égal au couple maximal. On estime que le couple résistant reste constant indépendamment de la fréquence de rotation du moteur. Pour ces raisons, le démarrage s'effectue selon un mouvement circulaire uniformément varié.

On a mesuré le temps de démarrage de l'écluse :  $t_{dém} = 0,3$  s.



### Question 15

Calculer l'accélération angulaire  $\Omega_1$  du moteur lors du démarrage, en  $\text{rad/s}^2$ .

### Question 16

Connaissant le rapport de réduction  $i_{sch}$  indiqué dans l'extrait de catalogue DT10, calculer l'accélération angulaire  $\Omega_2$  du rotor lors du démarrage, en  $\text{rad/s}^2$ .

### Question 17

Déterminer le nombre  $nb_{tours}$  de tours effectués par le rotor lors du démarrage.

### Question 18

En considérant les hypothèses et données suivantes :

- Mouvement de l'arbre du moteur électrique lors du démarrage de l'écluse : Circulaire uniformément varié, d'accélération  $\Omega_1 = 500 \text{ rad/s}^2$ .
- Moment d'inertie équivalent ramené à l'arbre moteur de l'ensemble des parties tournantes :  $J_{éq} = 3 \text{ g.m}^2$ .
- Couple exercé par l'arbre du moteur électrique lors du démarrage :  $M_1 = 7 \text{ N.m}$ .

A partir du principe fondamental de la dynamique, déterminer le couple résistant équivalent ramené à l'arbre moteur  $Cr_{éq}$ , en N.m.

15ITANA1	BTS INDUSTRIES PAPETIERES	DS 5/6
	Epreuve U41 – Analyse du comportement d'un mécanisme	

### **Question 19**

En régime permanent, le couple exercé par la matière déplacée sur le rotor, selon qu'elle se coince ou non entre les parties fixe et tournante, varie dans des proportions assez importantes.

A votre avis, la puissance choisie pour le moteur est-elle insuffisante, correcte ou surdimensionnée? Justifier votre réponse.

### **Question 20**

L'écluse rotative est équipée d'un réducteur à roue et vis sans fin. Quels sont les avantages et les inconvénients de ce type de réducteur?

15ITANA1	BTS INDUSTRIES PAPETIERES	DS 6/6
	Epreuve U41 – Analyse du comportement d'un mécanisme	