

HYDRONETTOYEUR**Description fonctionnelle :**

L'objet de la présente étude est un appareil professionnel permettant de réaliser des opérations de nettoyage par production d'eau chaude sous pression, éventuellement chargée de détergent.



Figure 1

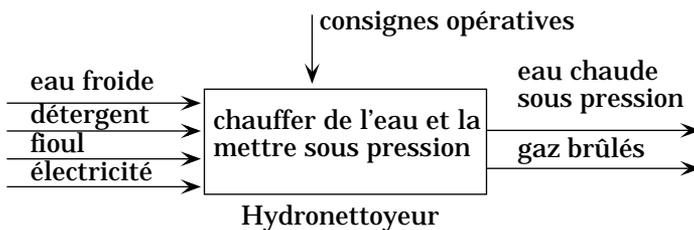
Caractéristiques de sortie (sortie de la lance)

Puissance de nettoyage : 2,6 kW

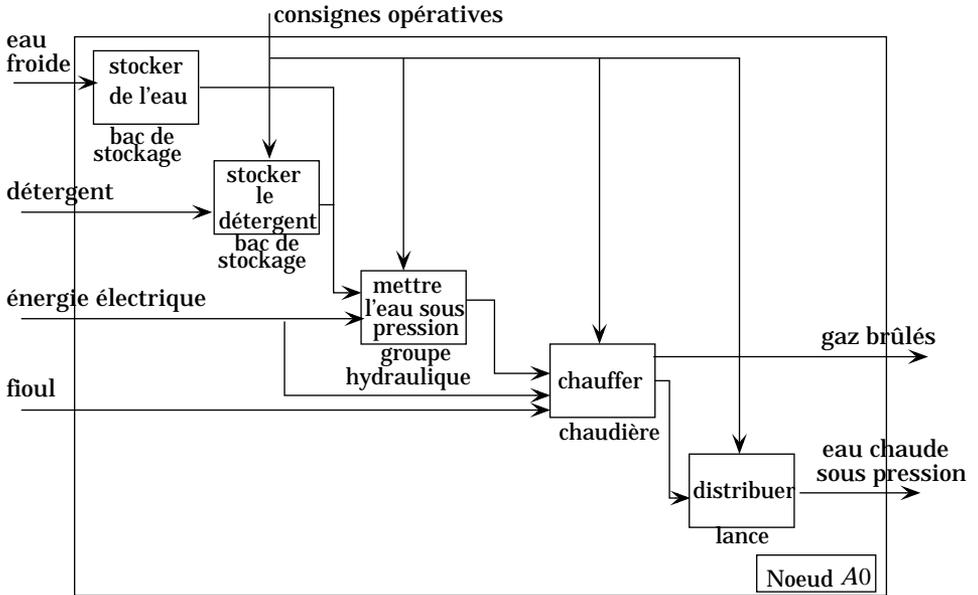
Pression de sortie : 3 à 114 bar ($3 \cdot 10^5$ à $114 \cdot 10^5$ Pa)

Débit d'eau : 7 à 13,7 l/min

Température : 30 à 100° C

Fonction principale :

Architecture fonctionnelle :



Architecture interne :

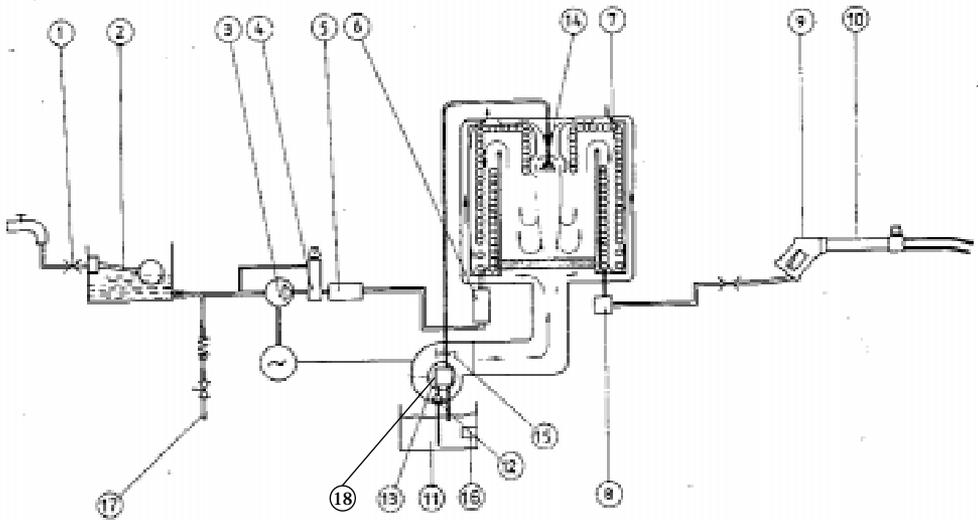


Figure 2

1 : raccord rapide avec filtre	7 : chaudière	13 : pompe à fioul
2 : bac à flotteur	8 : sonde de température	14 : gicleur
3 : pompe haute pression	9 : poignée	15 : électrovanne
4 : by-pass régulateur	10 : lance	16 : capteur de niveau
5 : régulateur de débit	11 : réservoir de combustible	17 : aspiration du détergent
6 : régulateur de débit	12 : filtre	18 : ventilateur à turbine

L'eau, dont le niveau est régulé dans le bac à flotteur 2 est mise sous pression par la pompe hydraulique 3. La valeur de la pression est choisie par l'opérateur en agissant sur le régulateur 4. Un détergent peut être mélangé à l'eau; il est alors placé dans le bac correspondant et son débit est ajusté manuellement par action sur le robinet correspondant (17).

L'eau sous pression passe dans le serpentin de la chaudière 7 où elle est chauffée par la combustion de fioul. La température est régulée, grâce à la sonde 8, en ajustant le débit de fioul par action sur l'électrovanne 15.

Partie I - Performances du système

I.A -

La notice technique du constructeur est partiellement reproduite en tête du sujet (paragraphe Description fonctionnelle). Le diamètre de la buse placée à l'extrémité de la lance et permettant la sortie de l'eau vaut 1 mm.

I.A.1) Calculer la vitesse maximum de l'eau à la sortie de la lance.

La puissance hydraulique, P_H s'exprime sous la forme : $P_H = Q_v \Delta P$; avec Q_v débit volumique du fluide et ΔP pression relative du fluide.

I.A.2) Vérifier que la "puissance de nettoyage" est bien de $2,6 \cdot 10^3$ w.

Le coefficient de dilatation volumique de l'eau, γ , vaut $0,18 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

I.A.3) En acceptant que le débit volumique maximum annoncé ($13,7 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$) est donné pour de l'eau à 100° C , calculer le débit volumique à l'entrée de la chaudière (eau à 20° C).

Ce débit d'eau est obtenu par la pompe utilisée dans le groupe hydraulique dont le dessin d'ensemble est donné sur la figure 4. Le schéma cinématique fonctionnel de la pompe est donné sur la figure 5 avec quelques dimensions utiles.

I.A.4) Calculer la course, c , d'un piston de la pompe.

I.A.5) En déduire la valeur de la cylindrée de la pompe, C_p , si le nombre de pistons, n_p , vaut 5. La cylindrée correspond au volume théorique refoulé par la pompe pour un tour d'arbre.

I.A.6) Calculer le débit volumique théorique refoulé par la pompe, $Q_v^{\text{théo}}$, pour une fréquence de rotation de l'arbre du moteur, $N = 3000 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$.

I.A.7) En déduire le rendement volumétrique de la pompe, η_v (rapport du débit réel de sortie de la pompe sur le débit théorique engendré par les pistons pour $N = 3000 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$). Quelles peuvent être les causes de cet écart de débit entre l'entrée et la sortie de la pompe ?

Partie II - Étude du groupe hydraulique

Le schéma cinématique fonctionnel de la pompe est donné sur la figure 5. Le dessin d'ensemble du groupe hydraulique est donné figure 4.

II.A - Étude de mécanisme - Répercussion sur la cotation

II.A.1) Établir le graphe des liaisons du mécanisme de transformation du mouvement de rotation du moteur en un mouvement de translation rectiligne alternative des pistons (on ne fera apparaître qu'un seul piston).

II.A.2) Après avoir donné le degré de mobilité (en détaillant les divers mouvements correspondants), calculer le degré d'hyperstatisme du mécanisme.

Préciser, qualitativement, la répercussion correspondante sur la cotation des pièces constitutives du mécanisme.

II.B - Analyse du contact piston - plateau

II.B.1) En posant $\vec{OA} = x_A \vec{x}_0 - R \vec{y}_0$ et en traduisant l'orthogonalité de \vec{OA} avec \vec{x}_1 , montrer que $x_A = R \cdot \tan(\alpha) \cdot \cos(\theta)$.

II.B.2) En déduire $\vec{V}(A \in 3/0)$. On notera $\vec{\Omega}_{1/0} = N \cdot \vec{x}_0$.

II.B.3) En posant $\vec{\Omega}_{2/1} = \omega_{21} \cdot \vec{x}_1$, calculer $\vec{V}(A \in 3/2)$ en fonction de R , α , θ , N et ω_{21} . Utiliser pour cela la composition des mouvements. Exprimer le résultat dans la base $(\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$.

II.B.4) Cette vitesse de glissement ne peut être nulle puisque la distance OA varie au cours du fonctionnement. Il y a donc glissement le long de la ligne de contact piston - plateau, ligne dont un vecteur directeur est \vec{y}_1 .

Le piston pouvant, par contre, rouler suivant cet axe, la composante suivant \vec{z}_1 de $\vec{V}(A \in 3/2)$ est alors nulle.

- Calculer la valeur de ω_{21} (en fonction de N et α) permettant d'annuler cette composante.
- Ce résultat a été obtenu en analysant le contact d'un des pistons avec le plateau. Pourquoi aurait-on obtenu le même résultat si l'on avait analysé le contact du plateau avec l'un des autres pistons ?
- Donner l'expression finale de la vitesse de glissement $\vec{V}(A \in 3/2)$ et calculer sa valeur maximale pour $R = 18 \text{ mm}$, $N = 3000 \text{ tr/min}$, $\alpha = 10^\circ$.
- Calculer l'amplitude du déplacement de 3 par rapport à 2 correspondant à ce glissement.

II.B.5) La charge linéique maximale pouvant être rencontrée au niveau du contact piston - plateau étant de $24\,000 \text{ N/m}$, indiquer les caractéristiques que doivent posséder les pistons et le plateau. Proposer, pour ces éléments, un matériau, le traitement thermique éventuellement associé et le procédé d'usinage de finition adopté.

II.C - Dimensionnement du moteur d'entraînement

II.C.1) En notant d_p le diamètre d'un piston 3, et en utilisant le résultat précédemment obtenu pour $\vec{V}(A \in 3/0)$:

- Donner l'expression du débit instantané du fluide refoulé par le piston 3.
- Tracer l'allure de la courbe correspondante.

- Sachant qu'il y a 5 pistons, tracer l'allure de la courbe correspondant au débit du fluide refoulé par la pompe.
- Donner une valeur approchée du débit moyen de la pompe. Comparer cette valeur à celle calculée dans la première partie.
- Le moteur tournant à $N = 3000$ tr/min, calculer le couple moyen que celui-ci doit exercer.

II.D - Dimensionnement des ressorts de rappel des pistons

On s'intéresse à la phase d'aspiration au cours de laquelle chacun des pistons se déplace vers la gauche sous l'action de son ressort de rappel.

Données :

- la masse du piston est $m = 100$ g (la masse du ressort ainsi que celle de sa rondelle d'appui sont négligeables vis-à-vis de m) ;
- la dépression due à l'aspiration du fluide ainsi que le frottement des divers joints d'étanchéité correspondent à des actions négligeables vis-à-vis de l'action exercée par le ressort.
- le ressort, de raideur k , est écrasé de la valeur $e = 20$ mm lorsque le piston est en position point mort droit (fin de refoulement, début d'aspiration). e est supérieure à la course du piston.

La résolution des questions suivantes se fera (sauf indication contraire) de façon littérale.

II.D.1) L'action du plateau 2 sur le piston 3 correspondant à une charge linéique de p N/m supposée uniforme le long de la ligne de contact (A, y'_1) et de normale x'_1 , déterminer le torseur résultant, en A , de l'action du plateau sur le piston : $\{T_{2 \rightarrow 3}\}$ en fonction de p et des paramètres géométriques. On notera d_p le diamètre du piston.

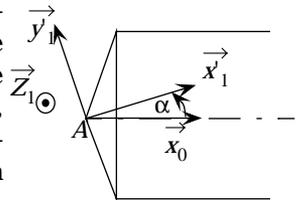


Figure 3

II.D.2) Sachant que (Voir question II.B.1)

$\overline{OA} \cdot x_0 = R \cdot \tan(\alpha) \cdot \cos(\theta)$ et $\theta = N \cdot t$ avec N constante, donner l'expression de l'action exercée par le ressort sur l'ensemble $\Sigma = \{\text{piston, rondelle d'appui}\}$: $\vec{F}_{\text{ressort} \rightarrow \Sigma}$

II.D.3) Écrire l'équation de résultante suivant \vec{x}_0 issue de l'application du principe fondamental de la dynamique au système mécanique Σ . En déduire l'expression de p . À quelle condition n'y a-t-il pas de rupture du contact piston — plateau ? En déduire la valeur minimale de la raideur k du ressort correspondante. Faire une application numérique.

II.E - Guidage des pistons en phase de refoulement

On s'intéresse à la phase de refoulement au cours de laquelle le piston se déplace "vers la droite" sous l'action du plateau. La figure 6 donne la mise en situation du problème et propose une répartition de la pression de contact du corps de pompe 0 sur le piston 3 (pression proportionnelle aux déformations locales).

Hypothèses simplificatrices :

- liaisons parfaites ;
- quantités d'accélération négligées ;
- l'action du ressort de rappel est négligée ;
- l'action exercée par le plateau 2 sur le piston 3 est maintenant assimilée à un glisseur de support (A, \vec{x}_1) ;

les actions élémentaires de contact, pour une portion de la surface de contact située à l'abscisse x (portion demi cylindrique de longueur dx) sont données par :

$$\overrightarrow{df_{0/3}} = -P_{\max i} \cdot \left(1 - \frac{x}{l_c}\right) \cdot \frac{d_p}{2} \frac{\pi}{2} \cdot dx \cdot \vec{y}_1$$

avec $P_{\max i}$, pression de contact maximum sur la surface de contact du piston avec le corps.

II.E.1) Exprimer puis calculer la poussée du fluide sur le piston lorsque la pression de refoulement est de $114 \cdot 10^5$ Pa.

II.E.2) Calculer la valeur de la pression de contact maximum $P_{\max i}$ sur la surface de contact du piston avec le corps.

II.E.3) Conclure quant au choix de matériaux et du traitement éventuel pour le piston et le corps.

Partie III - Étude de la conception du ventilateur du brûleur

On se référera, en particulier pour les numéros des pièces citées, au document réponse ainsi qu'au schéma d'architecture interne figure 2.

Le fioul nécessaire à l'alimentation de la chaudière est mis sous pression par la pompe 13. Son débit est régulé par l'électrovanne 15 et il est pulvérisé par le gicleur 14. L'air nécessaire à la combustion du fioul est amené dans la chaudière par un ventilateur 18.

L'étude porte sur l'entraînement du ventilateur et de la pompe. Il est réalisé à partir du moteur électrique du groupe hydraulique (poulie 41 visible sur la

figure 4), par une transmission poulies courroie. La poulie 19, entraînée par la courroie 20, transmet son mouvement à un arbre repéré 26. Celui-ci a pour fonction d'entraîner le ventilateur 18 et l'arbre de la pompe à fioul 13.

Sont à étudier les points suivants :

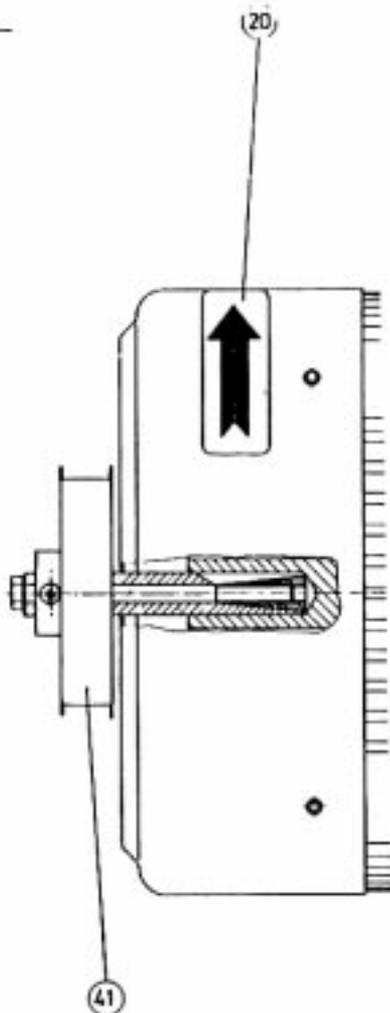
- Le palier support de l'arbre 26 : ce palier, obtenu par moulage, sera lié à la structure en tôle mécano – soudée 21 par des vis. L'une d'entre elles, au moins, figurera sur la coupe $A-A$. Ce palier support fera l'objet d'une représentation en vue de face coupe $A-A$ ainsi qu'en vue de gauche. On précisera le plan de joint de moulage.
- La liaison pivot de l'arbre 26 avec le palier support. On utilisera deux roulements rigides à billes de dimensions $d = 10$, $D = 26$, $B = 8$. On précisera le type de lubrification adopté et on prévoira la réalisation de la fonction étanchéité.
- La liaison encastrement de la poulie 19 avec l'arbre 26.
- La liaison encastrement du ventilateur 18 avec l'arbre 26.
- L'entraînement de l'arbre de la pompe à fioul 13 par l'arbre 26.

Remarques :

- Le corps de la pompe est lié à son support 25 par un centrage et une immobilisation en rotation utilisant la vis de pression 22 (le couple d'entraînement de la pompe est faible). Cette vis est freinée par collage. Le support 25 est lié à la structure en tôle 21 à l'aide de vis 23 et d'écrous à sertir du type de ceux figurant sur la figure 7. Ces vis assurent également la fixation de la tuyère convergente 24.
- Le ventilateur 18 et la poulie 19 pourront faire l'objet de tout usinage compatible avec les formes déjà précisées.
- Les divers éléments normalisés seront représentés de façon aussi vraisemblable que possible (en l'absence de toute documentation dimensionnelle). Aucune représentation symbolique ne sera admise.
- On précisera les divers ajustements et jeux fonctionnels ainsi que les matériaux constitutifs des diverses pièces réalisées.

Pompe 02V pièces détachées

Rep	Ref. Suroll	Désignation
1	41391	Moteur électrique 220V triphasé 0802V
	41300	Moteur électrique 220V monophasé 1,5 kW 1502V
	41390	Moteur électrique 220/380V triphasé 3,5 kW 2602V
2	41380	Disque oblique 0802V
	41302	Disque oblique 1502V
	41303	Disque oblique 2602V
3	41304	Plaque arrière
4	41305	Joint huile
5	41306	Joint torique
6	41307	Anneau de roulement
7	41308	Roulements à rouleaux (2)
8	41309	Cages de roulement (2)
9	41310	Support de roulement
10	41311	Roulement à aiguilles
11	41312	Bague intérieure
12	41210	Raccord et joint cuivre
14	41313	Carter cylindre 0802V/1502V
	41314	Carter cylindre 2602V
15	41315	Régulateur de débit
16	41386	Culasse nue
18	41318	Joints toriques (4)
19	41319	Vis (7)
20	41320	Ecrou
21	41392	Carter aspiration 2602V
	41393	Carter aspiration 0802V/1502V
22	41322	Ecrous (4)
23	41323	Entretoises (4)
24	41324	Joints (2)
25	41325	Bouchon de vidange
26	41326	Goupille
29	41329	
30		
31	41635	
41	41765	Poulie de brûleur avec vis d'assemblage sur moteur
42	41669	Entrainement brûleur



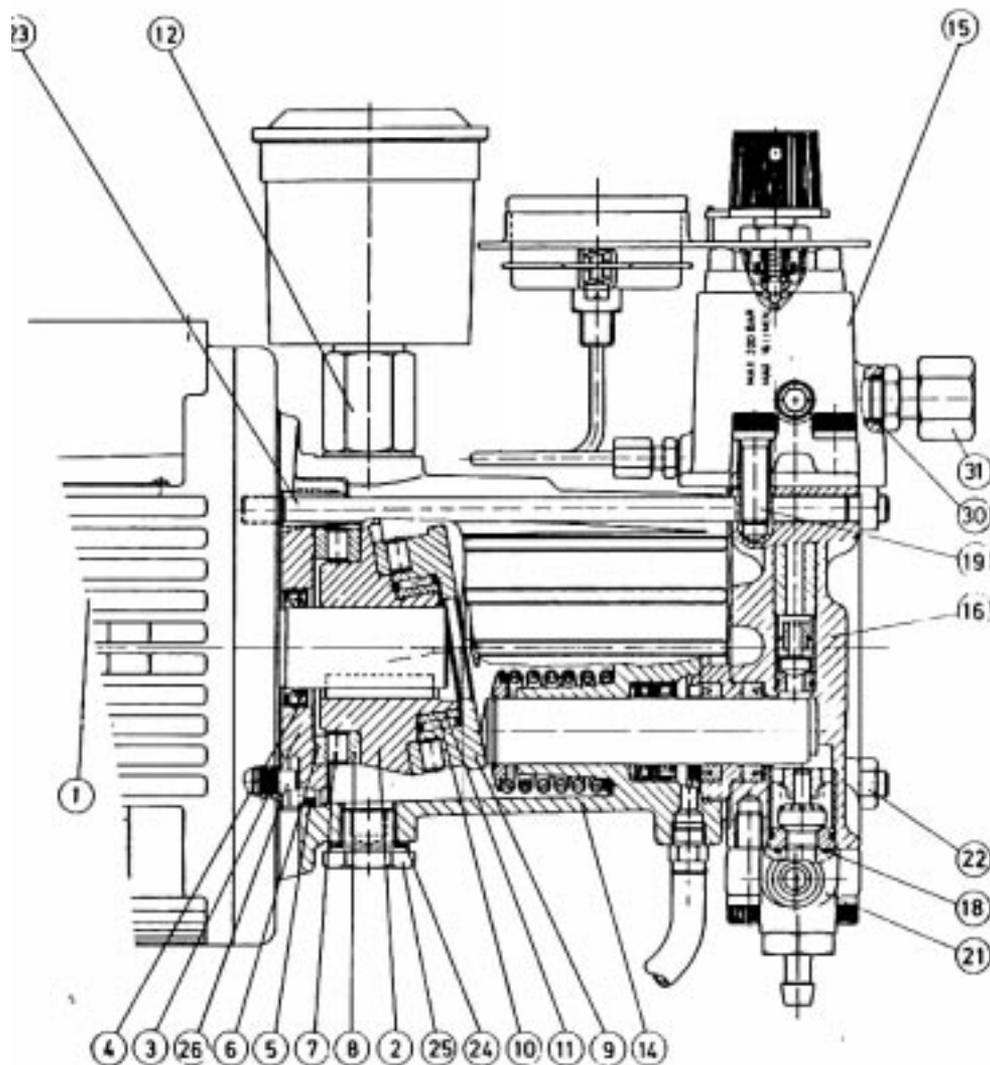
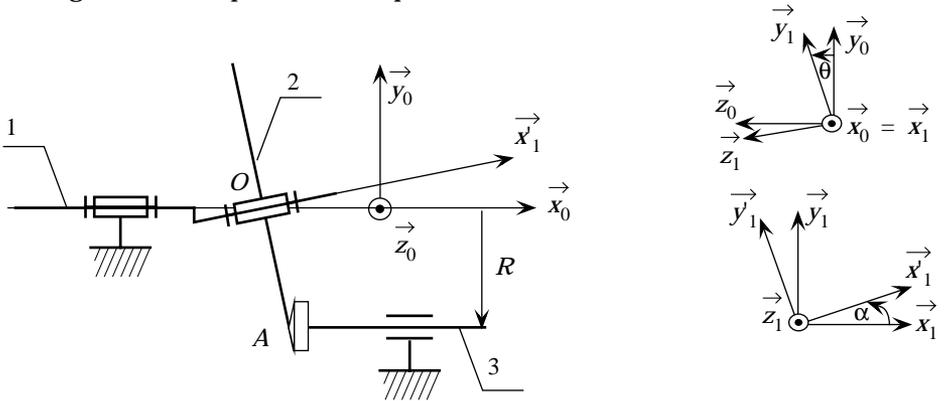


Schéma cinématique fonctionnel du mécanisme de transformation du mouvement.

Figure 5 correspondant à la position $\theta = 0^\circ$



$R = 18 \text{ mm}$; diamètre du piston $d_p = 14 \text{ mm}$; angle entre l'axe de la liaison pivot 1-0 et l'axe de la liaison pivot 2-1 $\alpha = 10^\circ$.

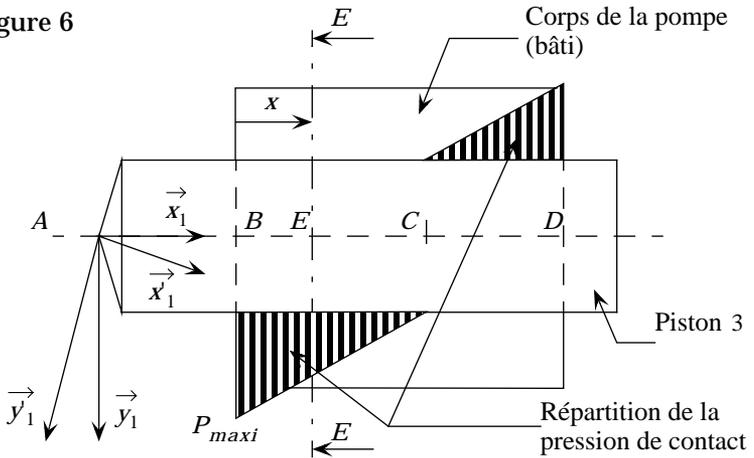
- 0 : corps de la pompe (lié au bâti de l'hydronettoyeur)
- 1 : arbre d'entrée de la pompe (en liaison glissière avec l'arbre du moteur électrique)
- 2 : plateau
- 3 : piston

$B_1(\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ base liée à l'arbre d'entrée 1 telle que $\vec{x}_1 = \vec{x}_0$

$B_1(\vec{x}'_1, \vec{y}'_1, \vec{z}'_1)$ base liée à l'arbre d'entrée 1 telle que $\alpha = \left(\vec{x}_1, \vec{x}'_1 \right)$

$B_2(\vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$ base liée au plateau 2 telle que $\vec{x}_2 = \vec{z}'_1$

Figure 6



Données :

Diamètre du piston, $d_p = 14 \text{ mm}$; longueur du guidage,

$l_g = \overrightarrow{BD} \cdot \vec{x}_1 = 24,5 \text{ mm}$; position de calcul telle que $\overrightarrow{AB} \cdot \vec{x}_1 = 10 \text{ mm}$.

Paramètres : $l_c = \overrightarrow{BC} \cdot \vec{x}_1$; $x = \overrightarrow{BE} \cdot \vec{x}_1$; $\alpha = (\vec{x}_1, \vec{x}'_1)$

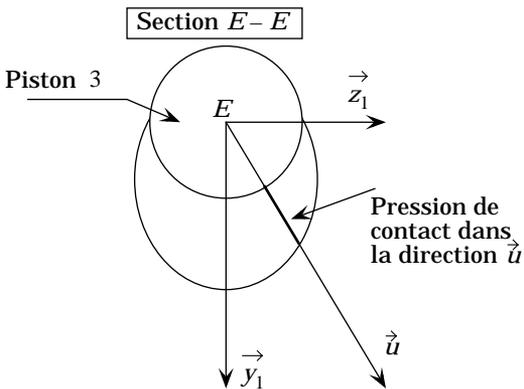
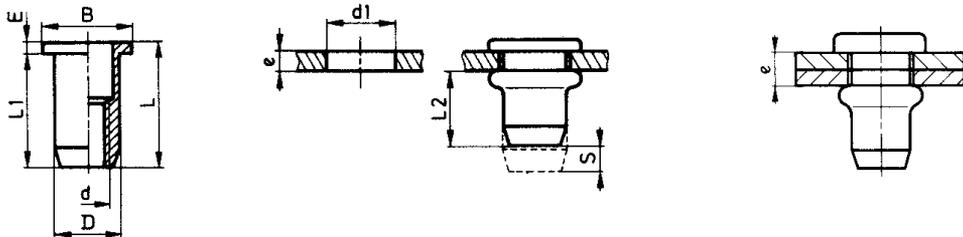
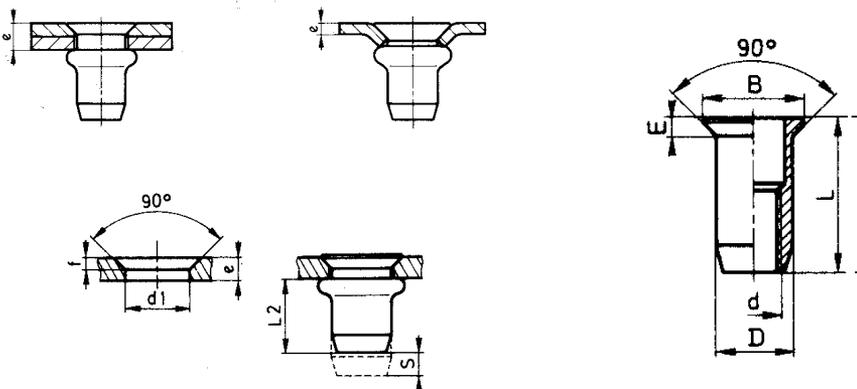


Figure 7 - Écrous à sertir à tête plate



d	D	B	E	e	$L1$	$L2$
M3	5	7,5	1	0,25 à 6	7,5 à 12	4,8
M4	6	9	1	0,25 à 6	9 à 13	5,4
M5	7	10	1	0,25 à 8	13 à 19	8
M6	9	13	1,5	0,5 à 8	16 à 22	10
M8	11	16	1,5	0,5 à 10,5	18 à 27	11

Écrous à sertir à tête fraisée



d	D	B	E	e	L	$L2$
M3	5	7,2	1,4	1,3 à 6	9 à 12	4,8
M4	6	8,2	1,4	1,3 à 7	10 à 14	5,4
M5	7	9,6	1,6	1,5 à 9	14 à 20	8
M6	9	11,7	1,6	1,5 à 9	16 à 22	10
M8	11	13,5	1,6	1,5 à 9	18 à 24	11

••• FIN •••
