Concours Centrale-Supélec, France

Session 2005, filière TSI

Sciences industrielles 1

Ce que traite le sujet

- I.A : fonction globale et quelques fonctions de service
- I.B : entraîner le plateau alvéolé
- I.C : choix du moteur d'entraînement
- I.D : sertir la pompe
- I.E : entraîner le flacon en maîtrisant l'effort

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années :
prepahelp.com/annales/centrale/tsi/2005/si1

Prepa Help ne revendique aucun droit sur le sujet, propriété de l'organisateur du concours.

SCIENCES INDUSTRIELLES POUR L'INGÉNIEUR I

- *MACHINE DE REMPLISSAGE-SERTISSAGE*

PRÉSENTATION



Le système étudié, défini sur les figures 1a, 1b et 1c, est un sous-ensemble d'une unité de production de vaporisateurs de parfum Givenchy à pompe manuelle. Les matières d'œuvre entrantes sont : le flacon de verre, la pompe ainsi que le parfum.

Le produit est un vaporisateur (ensemble { flacon rempli + pompe sertie }) dont la contenance peut aller de 50 ml à 250 ml avec une cadence de 1200 à 1800 vaporisateurs par heure.

Pour cette étude, le système est configuré pour la production de vaporisateurs de 100 ml avec une cadence de 1800 vaporisateurs par heure.

Les flacons sont placés dans des alvéoles (16 alvéoles) d'un plateau, nommé *plateau alvéolé*, tournant autour d'un axe vertical et qui vient les placer successivement sous les différents postes. Pendant toute la production d'un vaporisateur, le flacon est placé sur un support. On nommera par la suite, flacon, noté **20** , l'ensemble { flacon ; support }.

Les opérations, réalisées sur les 16 postes, sont effectuées soit par des équipements placés sur le bâti, **0** , soit par des équipements placés sur un plateau mobile en translation verticale nommé *plateau support d'équipements* **5** .

Filière TSI

La liste des opérations réalisées ainsi que les équipements associés sont donnés ci après :

N° poste	Opération (figure 1b)	Équipements fixés sur le bâti **0**	Équipement fixé sur le plateau support d'équipements **5**
1	Chargement automatique par prélèvement d'un flacon sur le convoyeur	Sous-ensemble de chargement-déchargement comprenant le sabot **11**	
2	Soufflage d'air comprimé dans le flacon pour enlever les poussières éventuelles		Buse de soufflage
3	Premier remplissage (environ 20 ml)	Pompes de remplissage	Buse de remplissage 1
4	Deuxième remplissage (environ 20 ml)	Pompes de remplissage	Buse de remplissage 2
5	Troisième remplissage (environ 20 ml)	Pompes de remplissage	Buse de remplissage 3
6	Quatrième remplissage (environ 20 ml)	Pompes de remplissage	Buse de remplissage 4
7	Cinquième remplissage (environ 20 ml)	Pompes de remplissage	Buse de remplissage 5
8	Mise à niveau par aspiration de l'excédent pour amener le volume final à une valeur légèrement supérieure à la valeur nominale du vaporisateur (100 ml)		Buse d'aspiration par dépression
9	Pose de la pompe sur le flacon	Système à dépression et vérin rotatif	Goulotte

10	Non utilisé pour cette fabrication		
11	Détection de la présence de la pompe et recentrage de celle-ci sur le flacon	Détecteur de proximité	Cône de recentrage
12	Pré-sertissage de la pompe sur le flacon		Tête de pré-sertissage
13	Sertissage de la pompe		Tête de sertissage
14	Contrôle (vérification de la non-rupture du col du flacon après sertissage)	Détecteur de proximité	
15	Éjection éventuelle des vaporisateurs défectueux	Vérin d'éjection	
16	Évacuation automatique du vaporisateur conforme vers le convoyeur	Sous-ensemble de chargement-déchargement comprenant le sabot **11**	

Le convoyeur d'entrée, le convoyeur de sortie, l'équipement d'amenée des pompes par bol vibrant (poste 9) ainsi que le dispositif d'éjection (poste 15) ne font pas partie de cette étude.

Cette machine de remplissage-sertissage ne comporte qu'un seul actionneur électrique principal (moteur électrique asynchrone à fréquence d'alimentation variable) ainsi que quelques actionneurs pneumatiques (vérins linéaires et rotatif).

Le diagramme FAST partiel de la machine de remplissage-sertissage est donné sur la figure 1d.

Le schéma cinématique fonctionnel de la figure 2a met en situation une partie de la chaîne cinématique de la machine.

Figure 2a Transformations de mouvement (vue de face)

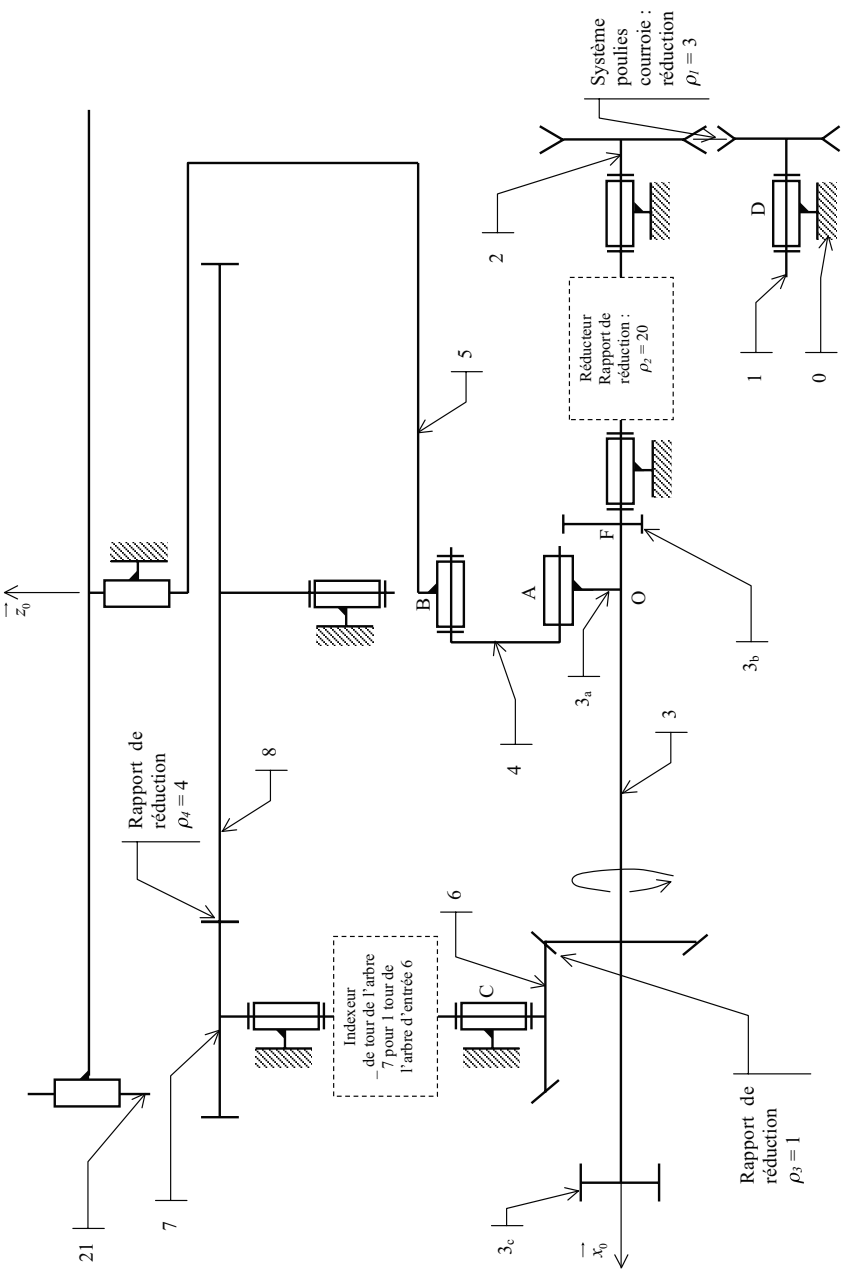
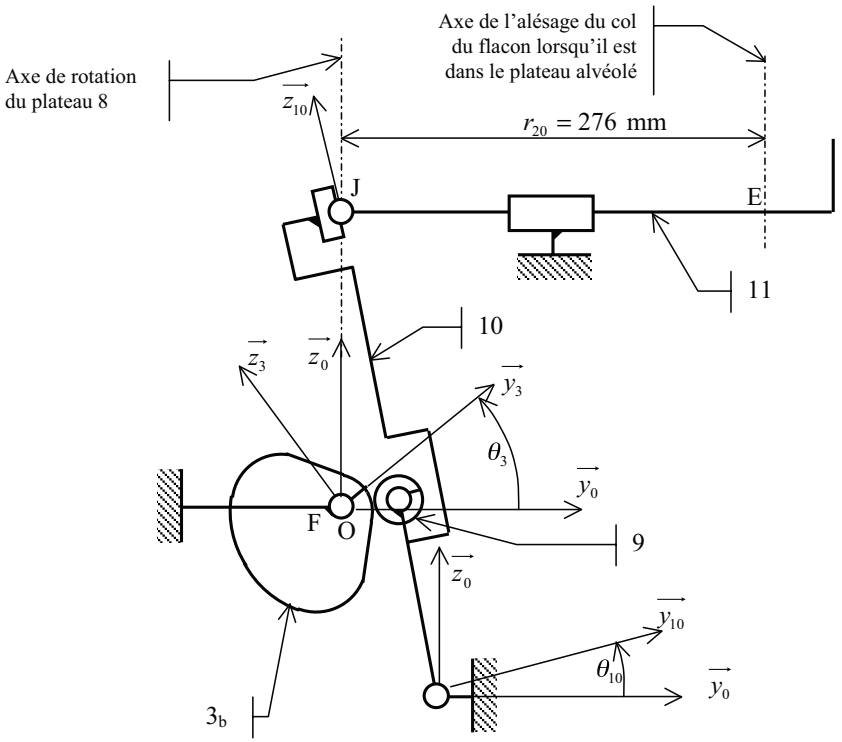
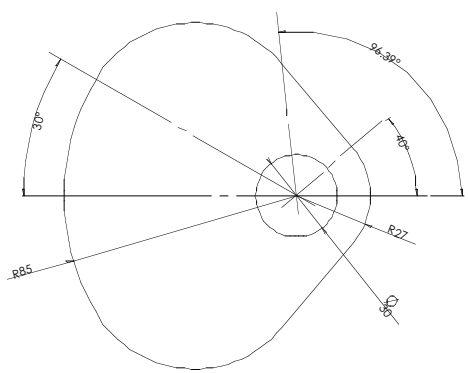


Figure 2b
Schéma cinématique du sous-ensemble de chargement-déchargement



Dessin de la came (échelle réduite)



Le rotor, **1** , du moteur électrique entraîne un arbre principal, **3** , par l'intermédiaire d'un système poulies-courroie trapézoïdale de réduction $\rho_1 = 3$ puis d'un réducteur à trains fixes de rapport $\rho_2 = 20$. Pendant tout le temps de la produc-

tion d'un type de vaporisateurs, l'arbre principal tourne à vitesse constante autour de l'axe $(O, \vec{x_0})$. La fréquence de rotation du rotor du moteur est adaptée à la cadence de fabrication souhaitée comprise entre 1200 et 1800 vaporisateurs par heure.

Le mouvement de rotation de l'arbre, **3**, est transformé en :

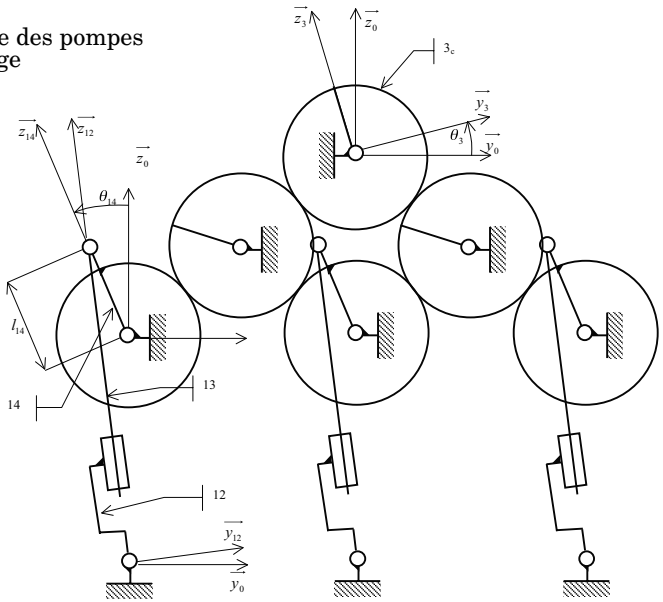
- une translation alternative, de direction $\vec{z_0}$, du plateau support d'équipements, **5**, par l'intermédiaire d'un système bielle, **4**, manivelle (excentrique, ***3a***, lié à l'arbre **3**) ; l'amplitude de cette translation est de 112 mm ;
- une translation alternative, de direction $\vec{y_0}$ (voir figure 2b), du sabot, **11**, d'entrée des flacons et de sortie des vaporisateurs par l'intermédiaire d'une bielle, **10**, d'un galet, **9** et d'une came, ***3b***, liée à l'arbre **3**. L'amplitude de cette translation est de 100 mm ;
- une rotation discontinue, d'axe $(O, \vec{z_0})$, du plateau alvéolé, **8** (figure 2a), par l'intermédiaire :
  - d'un renvoi d'angle de rapport $\rho_3 = 1$;
  - d'un indexeur Ferguson permettant d'obtenir, pour le temps nécessaire à la rotation d'un tour de son arbre d'entrée, **6** :
    - une rotation de son arbre de sortie, **7**, d'$1/4$ de tour pendant $1/5^{\text{ème}}$ de ce temps ;
    - un arrêt de cet arbre, **7**, pendant les $4/5^{\text{ème}}$ restant ;
  - d'un réducteur à engrenage cylindrique de rapport $\rho_4 = 4$;
- une translation alternative, de direction $\vec{z_{12}}$, de chaque piston, **13** (voir figure 3), des trois pompes d'alimentation en parfum, par l'intermédiaire d'un ensemble d'engrenages cylindriques de rapport $\rho_5 = 1$ (le pignon d'entrée, $\mathbf{3}_c$, étant lié à l'arbre **3**) et d'une manivelle à longueur variable, **14**.

Le schéma cinématique de la figure 2a montre aussi la liaison entre un des équipements, **21**, et le plateau **5**.

Les points principaux abordés dans ce sujet sont :

- réalisation de la fonction globale et de quelques fonctions de service ;
- réalisation de FS1-2-1-3-1 « entraîner le plateau alvéolé » ;
- choix du moteur d'entraînement ;
- réalisation de FS1-4-2 « sertir la pompe » ;
- réalisation de FS1-1-3 : « entraîner le flacon en maîtrisant l'effort ».

Figure 3
Schéma cinématique des pompes de remplissage



I.A - RÉALISATION DE LA FONCTION GLOBALE ET DE QUELQUES FONCTIONS DE SERVICE

L'objet de cette question est d'analyser le fonctionnement de la machine configurée pour la cadence de fabrication, nommée ***C*** , de 1800 vaporisateurs par heure.

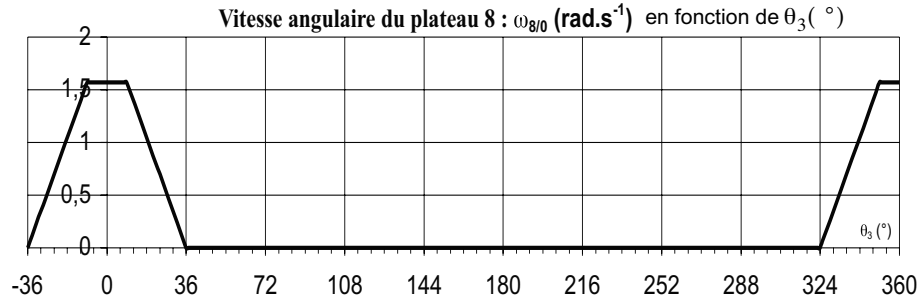
La figure 4, représente les lois d'évolution de la vitesse angulaire, $\overrightarrow{\Omega_{8/0}} = \omega_{8/0} \cdot \vec{z}_0$, et de la position angulaire, θ_8 , du plateau alvéolé, **8** , de la position $y_{11} = \overrightarrow{FE} \cdot \vec{y}_0$, du sabot, **11** (voir figure 2b, le point E appartient à **11**), et de la position, $\overrightarrow{OB} = z_5 \cdot \vec{z}_0$, du plateau support d'équipements, **5** (voir figure 2a).

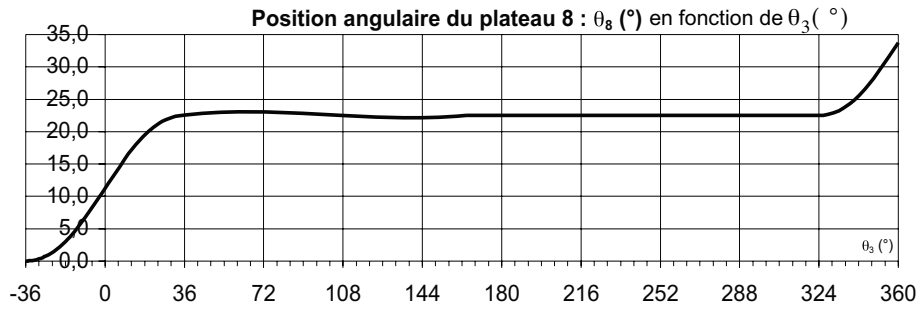
I.A.1) Fonctionnement de la machine

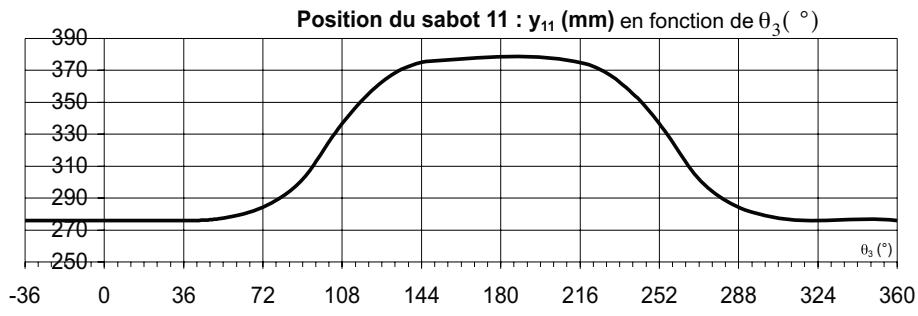
I.A.1.1) Compte tenu des différents mécanismes de transformation de mouvement, donner l'expression littérale puis calculer la fréquence de rotation N_m du rotor du moteur. En déduire la valeur du temps de cycle, t_{cy} , de ce système de production (temps qui s'écoule entre la sortie d'un vaporisateur et de son suivant).

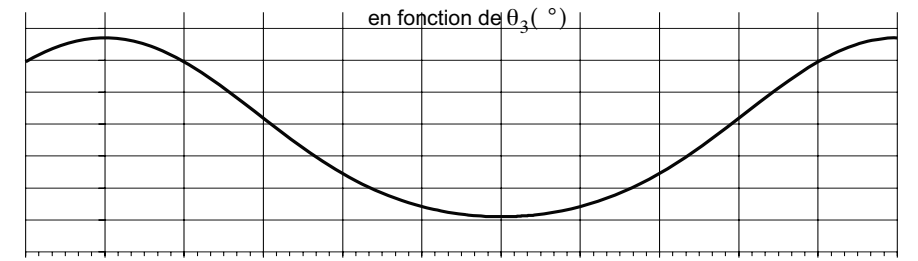
I.A.1.2) Définir, à partir des données de la figure 4, l'intervalle théorique de position angulaire de l'arbre principal, **3** , pendant lequel les équipements placés sur le plateau, **5** , peuvent être en contact avec les flacons.

Figure 4 - Courbes







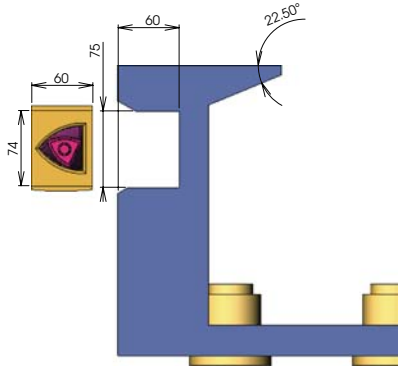


I.A.2) Réalisation des fonctions FS1-1 et FS1-6 : « prélever le flacon et évacuer le vaporisateur »

I.A.2.1) Justifier l'allure de la courbe $y_{11}(\theta_3)$ donnée sur la figure 4 à partir de la forme de la came définie sur la figure 2b.

Quelques dimensions de la partie supérieure du sabot de chargement-déchargement, **11** , sont données figure 5.

Figure 5
Vue de-dessus du sabot et du flacon



I.A.2.2) Expliquer, sous forme littérale, la succession des étapes nécessaires au chargement des flacons et au déchargement des vaporisateurs. Préciser, pour chaque étape, la position angulaire de l'arbre principal, **3** , et l'état du plateau alvéolé, **8** (en mouvement ou arrêté).

I.A.2.3) En utilisant les données de la figure 4, déterminer le temps maximum, t_{maxi} , pendant lequel le flacon est présent dans une alvéole du plateau, **8** .

I.A.2.4) Calculer la valeur minimum, v_c , admissible de la vitesse du convoyeur utilisé pour l'amenée des flacons, la largeur du flacon, au niveau de l'encoche du sabot est : $l_{11} = 60$ mm (figure 5).

I.A.3) Réalisation de la fonction FS1-3 « remplir le flacon »

La machine de remplissage-sertissage est équipée de trois pompes identiques (figure 3) dont les caractéristiques principales sont :

- diamètre du piston **13** : $d_{13} = 36$ mm ;
- longueur de la manivelle **14** : l_{14} réglable de 10 à 49 mm .

I.A.3.1) Calculer la valeur minimum et la valeur maximum de la cylindrée de chaque pompe de remplissage, $C_{y\,\text{mini}}$ et $C_{y\,\text{maxi}}$. En acceptant qu'il n'y a aucune perte, calculer le volume théorique maximum possible pour un vaporisateur de parfum rempli sur ce système.

Le remplissage des flacons se fait, à chaque poste de remplissage, par l'intermédiaire d'une buse qui ne laisse s'écouler le parfum que lorsque cette buse est au contact du flacon. Le début de contact buse-flacon a lieu pour $\theta_3 = 50°$ (figure 4).

I.A.3.2) Proposer la valeur minimum et la valeur maximum du calage angulaire initial de chaque pompe (valeur de θ_3 lorsque le piston de pompe se trouve à la position correspondant au début de refoulement) pour que la pompe puisse

refouler dans le flacon lorsque les buses de remplissage se trouvent au contact des flacons.

I.B - RÉALISATION DE FS1-2-1-3-1 « ENTRAÎNER LE PLATEAU ALVEOLE »

Objet : déterminer la puissance nécessaire à l'entrée de l'indexeur (arbre **6**) pour évaluer la part de la puissance du moteur électrique consommée par la mise en rotation du plateau alvéolé. Le système isolé, nommé « sous-ensemble E » est constitué (voir figure 2a) :

- du plateau alvéolé **8** équipé de sa roue dentée, modélisé par un cylindre homogène en acier ($\rho = 7,8 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ de diamètre, $d_8 = 580 \text{ mm}$ et d'épaisseur $e_8 = 20 \text{ mm}$;
- de $Nb_v = 15$ flacons, repérés **20**, (ensemble flacon-support). Chaque flacon est modélisé par une masse ponctuelle, $m_{20} = 0,5 \text{ kg}$, située dans le plan médian horizontal du plateau alvéolé et au rayon $r_{20} = 276 \text{ mm}$;
- de l'arbre de sortie de l'indexeur, **7**, équipé de son pignon, dont la masse sera négligée.

Hypothèse : lors de la rotation du plateau alvéolé, le flacon glisse sur le bâti. Le facteur de frottement de glissement au contact du flacon sur le bâti est estimé à $f_{20/0} = 0,15$. Toutes les autres liaisons sont supposées parfaites.

Notations :

$R_0(O, \vec{x_0}, \vec{y_0}, \vec{z_0})$, repère lié au bâti **0** ;

$\overrightarrow{\Omega_{3/0}} = \omega_{3/0} \cdot \vec{x_0}$, vitesse angulaire de l'arbre **3** par rapport au bâti ; $\omega_{3/0} > 0$;

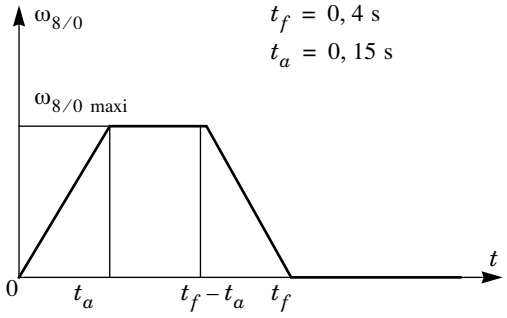
$\overrightarrow{\Omega_{8/0}} = \omega_{8/0} \cdot \vec{z_0}$, vitesse angulaire du plateau alvéolé **8** par rapport au bâti ; $\omega_{8/0} > 0$;

$\overrightarrow{\Omega_{7/0}} = \omega_{7/0} \cdot \vec{z_0}$, vitesse angulaire de l'arbre de sortie de l'indexeur, **7**, par rapport au bâti ;

$$\dot{\omega}_{8/0} = \frac{d(\omega_{8/0})}{dt} \qquad \dot{\omega}_{7/0} = \frac{d(\omega_{7/0})}{dt}$$

I.B.1) Donner l'expression littérale puis calculer la valeur du moment d'inertie, J_E, de l'ensemble E autour de l'axe $(O, \vec{z_0})$.

La loi de mouvement imposée au plateau alvéolé, **8**, est modélisée par la loi en trapèze ci-contre :



I.B.2) Après avoir retrouvé, sur la figure 4, le déplacement angulaire, θ_8, du plateau **8** pendant le temps t_f, exprimer puis calculer la valeur maximum de la vitesse angulaire du plateau, $\omega_{8/0\ \text{maxi}}$.

I.B.3) Appliquer le théorème de l'énergie cinétique au système isolé E pour déterminer l'expression littérale du couple installé sur l'arbre de sortie de l'indexeur, C_7.

Calculer la valeur de C_7 en phase d'accélération (l'accélération de la pesanteur, $g = 9,8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$).

I.B.4) En adoptant un rendement global de l'indexeur égal à $\eta_i = 0,8$, calculer la valeur maximum de la puissance, P_6, nécessaire au niveau de l'arbre d'entrée, **6**, de l'indexeur.

I.B.5) Pour aider au choix du moteur d'entraînement, définir, qualitativement, les autres postes consommateurs d'énergie dans la machine.

I.C - CHOIX DU MOTEUR D'ENTRAÎNEMENT

Ce moteur électrique, de type asynchrone, doit permettre un entraînement à une vitesse réglable entre $1200\ \text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$ et $1800\ \text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$. Le couple C_r qu'il doit exercer est supposé constant et égal à $9\ \text{N} \cdot \text{m}$. La variation de vitesse est réalisée grâce à un modulateur d'énergie agissant par variation de fréquence. Deux possibilités sont étudiées : un moteur à deux pôles ou un moteur à quatre pôles.

On note f la fréquence des tensions alimentant le stator, U et V les valeurs efficaces respectives des tensions composées et des tensions simples.

Pour une fréquence f inférieure ou égale à $50\ \text{Hz}$, la variation de fréquence est réalisée à $\frac{U}{f}$ constant. Pour $f = 50\ \text{Hz}$, la tension U est égale à la tension nominale d'alimentation $U_N = 400\ \text{V}$.

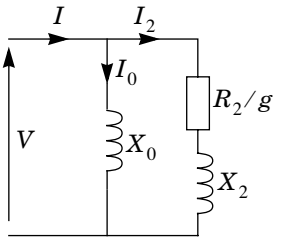
Pour des fréquences supérieures à $50\ \text{Hz}$, la tension U reste égale à U_N.

En dehors des phases de démarrage du système, le courant en ligne est limité à sa valeur nominale notée I_N.

On note p le nombre de paires de pôles.

I.C.1) Déterminer la vitesse de synchronisme N_S (en $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$) à la fréquence nominale ($f = 50\ \text{Hz}$), si le moteur est bipolaire (2 pôles) puis si le moteur est tétrapolaire (4 pôles).

On adopte pour le moteur le schéma électrique équivalent par phase simplifiée ci-contre. Les seules pertes envisagées sont les pertes Joules rotor. On pourra poser $X_2 = L_2\omega$ et $X_0 = L_0\omega$ où ω est la pulsation des tensions statoriques. Le courant I est le courant en ligne absorbé par le moteur.



I.C.2) Exprimer, en fonction des grandeurs citées sur la figure, la puissance transmise au rotor (notée P_{tr}) et les pertes Joules rotoriques du moteur (notées P_{JR}).

I.C.3) Exprimer le courant I_2 en fonction de V, R_2, g, X_2. Exprimer le couple C de la machine en fonction de R_2, g, X_2, f, p et V.

I.C.4) La plage utile de fonctionnement de la machine correspond à des valeurs de glissement suffisamment faibles pour qu'on puisse négliger le terme X_2^2 devant le terme $\left(\frac{R_2}{g}\right)^2$.

Montrer que, pour un fonctionnement du moteur dans la plage utile, le schéma électrique équivalent peut être simplifié. Représenter ce schéma simplifié et donner les nouvelles expressions du couple électromagnétique C et de la valeur efficace I_2 du courant i_2.

Dans la suite de cette partie, le moteur est supposé être toujours dans sa plage utile de fonctionnement.

I.C.5) Étude dans la zone de fonctionnement à $\frac{U}{f}$ constant.

Montrer que dans cette zone de fonctionnement, le courant I_0 est constant. En déduire que limiter le courant en ligne I à la valeur I_N revient à limiter le courant I_2 à une valeur I_{2N} qu'on exprimera en fonction de I_N et I_0. Montrer, que dans cette zone de fonctionnement, le couple maximum disponible (noté C_{md}) est indépendant de la fréquence. Comment évolue la puissance absorbée à couple maximal (P_{amax}) en fonction de la fréquence ?

I.C.6) Étude dans la zone de fonctionnement à $U = U_N$.

On supposera que, dans cette zone de fonctionnement, on limite également I_2 à la valeur I_{2N} précédemment calculée et supposée constante. Comment évoluent le couple maximal disponible (C_{md}) et la puissance absorbée à couple maximal (P_{amax}) en fonction de la fréquence pour $f > 50$ Hz ?

I.C.7) Représenter l'allure des courbes $C_{md}(f)$ et $P_{\text{amax}}(f)$ pour f variant de 10 Hz à 100 Hz.

I.C.8) Choix du moteur

Pour quelle vitesse de rotation la puissance mécanique, que devra fournir le moteur, est-elle maximale ? Déterminer cette puissance maximale.

Un extrait de la documentation d'un constructeur de moteurs asynchrones est donné figure 6. Les moteurs seront désignés par leur numéro.

Quel est le moteur bipolaire qui serait le plus adapté à ce système ?

Quel est le moteur tétrapolaire qui serait le plus adapté à ce système ?

Sur lequel de ces deux moteurs arrêterez-vous votre choix ? Justifier votre réponse.

Figure 6 : Moteurs asynchrones triphasés fermés IL

I P 55 -50 HZ - CLASSE F- 230V Δ/400V Y –S1

2 pôles

numéro	Type	Puissance Nominale A 50Hz P_N kW	Vitesse Nominale N_N min^{-1}	Couple Nominal C_N N.m	Intensité Nominale I_N (400V) A	Facteur de puissance Cos φ	Rendement η	Courant démarrage / Courant nominal I_D/I_N	Masse IM B3 kg
1	LS 63 M	0.25	2800	0.8	0.71	0.75	68	5.4	6
2	LS 63 MI	0.25	2830	0.8	0.66	0.78	71	6.8	6
3	LS 71 L	0.37	2800	1.3	0.98	0.80	68	5.2	6.4
4	LS 71 L	0.55	2800	1.9	1.32	0.80	75	6	7.3
5	LS 71 L	0.75	2780	2.5	1.7	0.85	75	6	8.3
6	LS 80 L	0.75	2840	2.5	1.64	0.87	76	5.9	8.2
7	LS 80 L	1.1	2837	3.7	2.4	0.84	78	5.6	9.7
8	LS 80 L	1.5	2859	5	3.3	0.83	80	7	11.3
9	LS 90 S	1.5	2870	5	3.4	0.81	80	7	12
10	LS 90 L	1.8	2861	6	3.6	0.86	83	7.9	14
11	LS 90 L	2.2	2857	7.4	4.3	0.88	84	7.4	16
12	LS 100 L	3	2868	10	6.4	0.89	83	7.5	20
13	LS 100 L	3.7	2870	12	7.8	0.84	81	8.6	22
14	LS 112 M	4	2865	13.5	7.9	0.85	86	8.7	24.4
15	LS 112 MG	5.5	2900	18.1	10.5	0.87	87	8.8	34
16	LS 132 S	5.5	2942	18.1	10.5	0.87	87	8.8	34.4
17	LS 132 S	7.5	2942	24.5	14.6	0.85	87	8.9	39

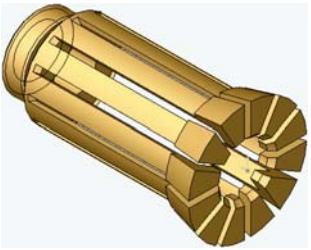
4 pôles

numéro	Type	Puissance Nominale A 50Hz P_N kW	Vitesse Nominale N_N min^{-1}	Couple Nominal C_N N.m	Intensité Nominale I_N (400V) A	Facteur de puissance Cos φ	Rendement η	Courant démarrage / Courant nominal I_D/I_N	Masse IM B3 kg
20	LS 63 M	0.25	1390	1.6	0.85	0.65	65	4	5.1
21	LS 63 MI	0.25	1390	1.6	0.85	0.65	65	4	5.1
22	LS 71 L	0.25	1425	1.7	0.8	0.65	69	4.6	6.4
23	LS 71 L	0.37	1420	2.5	1.06	0.7	72	4.9	7.3
24	LS 71 L	0.55	1400	3.8	1.62	0.7	70	4.8	8.3
25	LS 80 L	0.55	1400	3.8	1.6	0.74	67	4.4	8.2
26	LS 80 L	0.75	1400	5.1	2.01	0.77	70	4.5	9.3
27	LS 80 L	0.9	1425	6	2.44	0.73	73	5.8	10.9
28	LS 90 S	1.1	1429	7.4	2.5	0.84	76.8	4.8	11 .5
29	LS 90 L	1.5	1428	10	3.4	0.82	78.5	5.3	13.5
30	LS 90 L	1.8	1438	12	4	0.82	80.1	6	15.2
31	LS 100 L	2.2	1436	14.7	4.8	0.81	81	6	20
32	LS 100 L	3	1437	20.1	6.5	0.81	82.6	6	22.5
33	LS 112 M	4	1438	26.8	8.3	0.83	84.2	7.1	24.9
34	LS 132 S	5.5	1447	36.7	10.9	0.85	85.7	6.5	36.5
35	LS 132 M	7.5	1451	49.4	15.2	0.82	87	7	54.7
36	LS 132 M	9	1455	59.3	18.1	0.82	87.7	6.9	59.9

I.D - RÉALISATION DE FS1-4-2 « SERTIR LA POMPE »

Objet : étude de la chaîne d'énergie associée utilisée pour réaliser cette fonction. La tête de sertissage est définie sur la figure 7. Le dessin en perspective de la pince $\mathbf{6_p}$ est donné figure 8a.

Figure 8a
Perspective de la pince



La tête de sertissage est en liaison glissière de direction $\vec{z}_0$ par rapport au plateau support d'équipements **5** et est équipée de deux vérins pneumatiques simple effet, V_1 et V_2, dont les diamètres de piston et de tige valent respectivement :

$$d_{p1} = 80 \text{ mm}, \quad d_{t1} = 14 \text{ mm} ; \quad d_{p2} = 30 \text{ mm}, \quad d_{t2} = 14 \text{ mm}$$

Le vérin V_2 est alimenté en permanence sous une pression, p_2, constante de 6 bar $(1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa})$. On note t_s le temps pendant lequel l'extrémité de la pièce $\mathbf{3_p}$ est posée sur la pompe (elle même en place sur le flacon).

I.D.1) Décrire qualitativement le fonctionnement de la tête de sertissage pendant ce temps t_s. En déduire le rôle du vérin V_2.

I.D.2) Expliquer pourquoi un réglage est possible entre les pièces $\mathbf{9_p}$ et $\mathbf{5_p}$. Même question pour le réglage entre les pièces $\mathbf{3_p}$ et $\mathbf{6_p}$.

Pression d'alimentation du vérin V_1

Objet : déterminer la pression d'alimentation du vérin V_1 lors de l'opération de sertissage. Le sertissage est rendu possible par la déformation, des doigts de la pince. Le dessin partiel d'un doigt est donné figure 8b (ci-après).

Le modèle de mécanique des structures retenu pour les zones déformables (ou doigts) de la pince est donné figure 8c (ci-après). Il consiste en une poutre encastrée à une extrémité (en M) dans le reste de la pince, de section rectangulaire de largeur $b = 5,3$ mm et d'épaisseur $h = 1,5$ mm. Seule la zone comprise entre les points M et N se déforme. Le tronçon compris entre N et S est tel que $\overrightarrow{NS}$ reste colinéaire à $\vec{x}_p$.

Hypothèses :

- la pince possède N_d doigts identiques, $N_d = 12$,
- les actions exercées par la pompe sur chaque doigt de la pince pendant l'opération de sertissage sont modélisées par un glisseur en R de résultante $\vec{R} = -R_s \cdot \vec{y}_p$; $R_s = 200$ N,

- les actions exercées par la bague $\mathbf{9_p}$ sur chaque doigt de la pince pendant l'opération de sertissage sont modélisées en Q par le torseur

$$\left\{T_{9_p/6_p}\right\}_{Q,B_p} = \left\{\vec{Q} ; \overrightarrow{M_Q}\right\}_{Q,B_p(\vec{x_p},\vec{y_p},\vec{z_p})} = \begin{Bmatrix} Q_x & 0 \\ Q_y ; & 0 \\ 0 & N_Q \end{Bmatrix}_{Q,B_p(\vec{x_p},\vec{y_p},\vec{z_p})}$$

Ces actions sont exercées sur une surface inclinée d'un angle $\alpha = 14°$.

- le facteur de frottement de glissement entre la pièce $\mathbf{9_p}$ et chaque doigt de la pince $\mathbf{6_p}$, $f_{9_p/6_p} = 0,15$
- le déplacement du point R du doigt, nécessaire pour le sertissage, est, en projection sur $\vec{y_p}$: $v_R = 1,5$ mm,
- on accepte que la déformation du doigt est telle que les déplacements des points Q, R, S et N ont lieu dans la direction de $\vec{y_p}$ et sont identiques. Le déplacement du point Q, est noté v_Q, celui du point N, v_N et celui du point S, v_S,
- la pince est réalisée en acier pour lequel le module d'élasticité longitudinal est $E = 2,1 \cdot 10^5$ MPa.

Figure 8b
Paramétrage d'un doigt

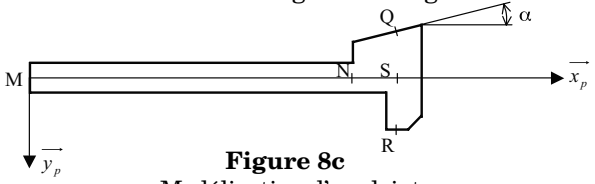
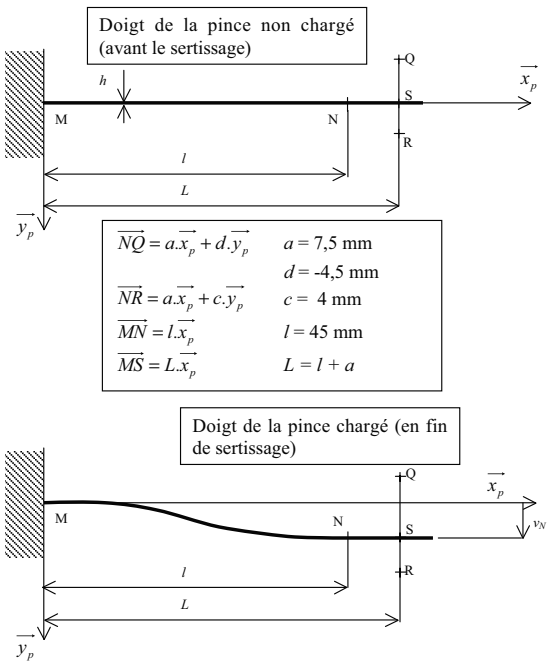


Figure 8c
Modélisation d'un doigt



I.D.3) Tracer, sur un croquis reproduisant la figure 8b, les actions exercées au point Q et au point R sur un doigt de la pince $\mathbf{6_p}$, en fin de sertissage. Coter la direction de $\vec{Q}$ par

rapport à $\overrightarrow{y_p}$. Justifier ces tracés. En déduire la relation entre les projections sur $\overrightarrow{x_p}$ et $\overrightarrow{y_p}$ de $\vec{Q}$.

I.D.4) Déterminer le torseur représentant les actions du reste de la pince (à gauche de M) sur le doigt, en M.

I.D.5) Déterminer le torseur des efforts intérieurs en un point G, d'abscisse x, entre M et N.

I.D.6) En déduire les types de sollicitation dans la poutre.

I.D.7) Écrire l'équation de la pente de la tangente à la ligne moyenne de la poutre, $y'(x)$. Prendre en compte les particularités, pour cette tangente, en M et N et en déduire l'expression de N_Q en fonction des autres paramètres.

I.D.8) Écrire l'équation de la déformée (ligne moyenne), $y(x)$. En déduire l'expression de la projection de la résultante $\vec{Q}$ sur $\overrightarrow{y_p}$, Q_y. Calculer Q_y puis Q_x et N_Q.

I.D.9) Donner l'expression de la contrainte maximum en flexion, $\sigma_{xx_{\text{maxi}}}$, dans la poutre et définir l'abscisse du point de la poutre où cette contrainte est maximum. Calculer $\sigma_{xx_{\text{maxi}}}$ et proposer un matériau ainsi que son traitement éventuel pour réaliser la pince.

I.D.10) Pour estimer l'ordre de grandeur de la pression d'alimentation du vérin V_1, on suppose que toutes les liaisons sont parfaites sauf au contact de la pince $\mathbf{6_p}$ avec la bague $\mathbf{9_p}$. Donner l'expression littérale puis calculer la pression, p_1, d'alimentation du vérin V_1.

Conception de la tête de sertissage

I.D.11) En utilisant la figure 7, définir la réalisation de l'assemblage du couvercle $\mathbf{11_p}$ avec le corps $\mathbf{4_p}$ du vérin V_1. Proposer, sous la forme d'un croquis, une modification de cet assemblage en vue d'améliorer la qualité géométrique de la mise en position du couvercle $\mathbf{11_p}$ par rapport au corps $\mathbf{4_p}$.

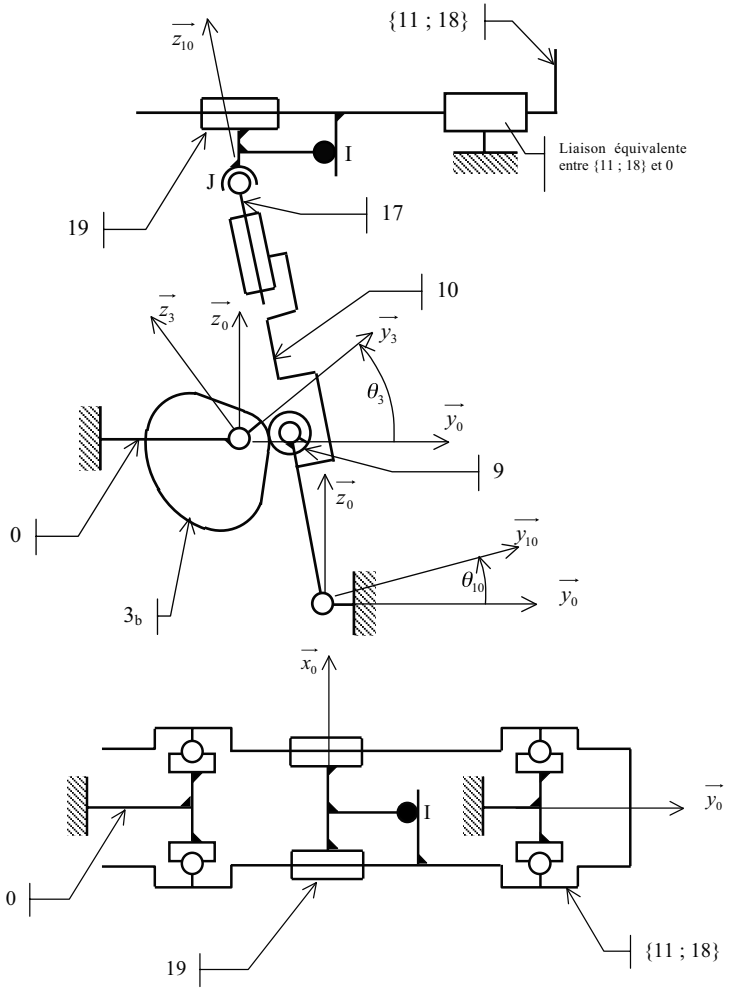
L'arrêt axial de l'ensemble { $\mathbf{5_p}$; $\mathbf{12_p}$ } du vérin V_1 est obtenu par contact sur le fond d'alésage du corps $\mathbf{4_p}$. Pour cela il est nécessaire d'obtenir un jeu J_1 entre $\mathbf{5_p}$ et l'extrémité du couvercle $\mathbf{11_p}$.

I.D.12) Tracer la chaîne de cotes du jeu J_1, sur un croquis partiel de la zone concernée.

I.E - RÉALISATION DE FS1-1-3 : « ENTRAÎNER LE FLACON EN MAÎTRISANT L'EFFORT »

Le schéma cinématique d'architecture du sous-ensemble de chargement des flacons et de déchargement des vaporisateurs est donné sur la figure 9. Ce sous-ensemble comprend :

Figure 9 Schéma d'architecture du sous-ensemble de chargement-déchargement



- le guidage en translation du sabot par rapport au bâti. Ce guidage est assuré par deux barres cylindriques, **18** , solidaires du sabot **11** , de diamètre 30 mm ,

distantes de 160 mm et supportées par le bâti par l'intermédiaire de 2 coussinets courts de longueur 20 mm (2 par barre). La course, dans cette liaison glissière, vaut 100 mm, l'orientation de la bielle au cours du mouvement est telle que l'angle $\theta_{10} = (\vec{y_0}, \vec{y_{10}}) = (\vec{z_0}, \vec{z_{10}})$ varie de $+9°$ à $-9°$.

- la liaison du chariot **19** avec les deux barres, **18**. Cette liaison est composée d'une liaison équivalente à une liaison glissière de direction $\vec{y_0}$ et d'une liaison sphère-plan (ponctuelle) en un point I et de normale $\vec{y_0}$. Cette liaison sphère-plan est réalisée par un ensemble bille-ressort, la bille étant logée dans une gorge d'une barre **18** et poussée, dans une direction perpendiculaire à $\vec{y_0}$, par un ressort avec un effort réglable afin de limiter l'effort transmissible par la liaison **18 - 19**.
- la liaison sphère-cylindre (linéaire annulaire), de centre J et de direction $\vec{z_{10}}$, entre la bielle **10** et le chariot **19** est réalisée par une composition de 2 liaisons disposées en série. L'objectif de cette composition de liaisons est d'augmenter les surfaces de contact mises en jeu.

I.E.1) Déterminer le degré d'hyperstatisme de la liaison de l'ensemble { **11** ; **18** } avec le bâti **0**. Quelles contraintes géométriques l'hyperstatisme impose t'il aux pièces concernées.

I.E.2) Vérifier analytiquement l'équivalence entre la liaison sphère cylindre de centre J et de direction $\vec{z_{10}}$,entre **19** et **10**, et la proposition de liaisons disposées en série sur la figure 9.

Dessin de conception partiel du sous-ensemble de chargement-déchargement.

La modélisation de cette zone d'étude est donnée figure 9. Compte tenu des dimensions de ce système et du choix d'un tracé à l'échelle 1 : 1, une représentation interrompue des barres **18** sera acceptée. Le dessin sera réalisé sur l'intérieur d'une feuille de copie, verticale, en une vue de face dans le plan $(O, \vec{y_0}, \vec{z_0})$ et une demi-vue de dessus. Pour ce type de machine, on accepte que toutes les pièces soient obtenues à partir de profilés standards.

I.E.3) Réaliser le dessin de conception du sous-ensemble de chargement-déchargement. Ce dessin sera limité :

- aux pièces suivantes :
  - deux barres de guidage **18** : barres cylindriques, en acier, de diamètre 30 mm et distantes de 160 mm ;
  - chariot **19** ;
  - dispositif limiteur d'effort ;
  - extrémité de la bielle **10** avec les pièces réalisant la liaison équivalente sphère cylindre avec **19** ;

- le bâti au voisinage des zones de guidage des barres **18** , représenté en vue partielle ;
- toutes les autres pièces (éléments standards, éléments de guidage, …) nécessaires au bon fonctionnement qui seront représentées de la manière la plus réaliste possible.

- aux liaisons :
  - barres **18** , bâti **0** ;
  - chariot **19** , deux barres **18** ;
  - bielle **10** , chariot **19** ;

Les ajustements dans chacune des liaisons seront indiqués.

Aucune étanchéité n'est à prévoir, le mécanisme étant graissé périodiquement.

Figure 1a Machine de remplissage-sertissage

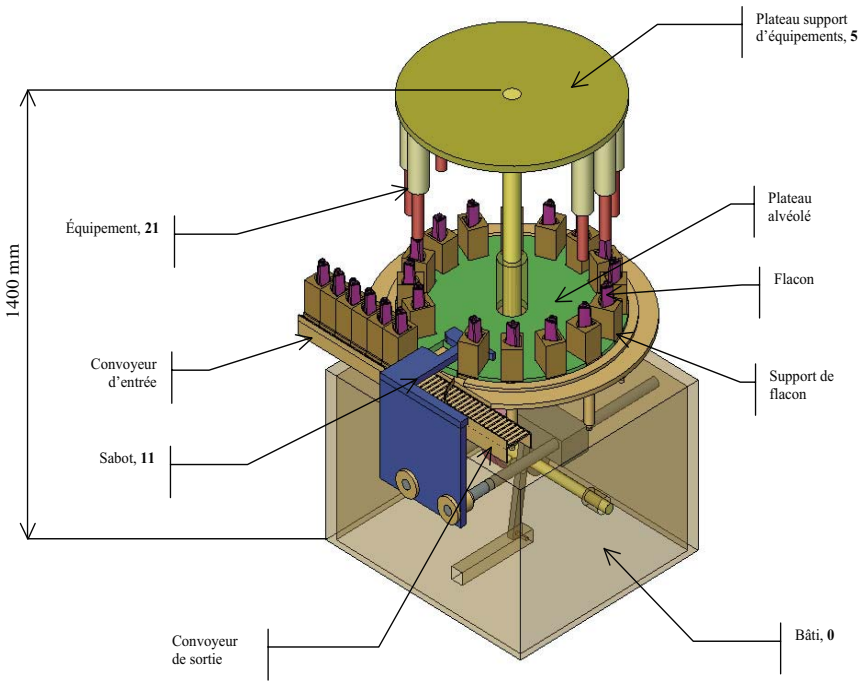


Figure 1 b Vue de dessus de la machine de remplissage-sertissage

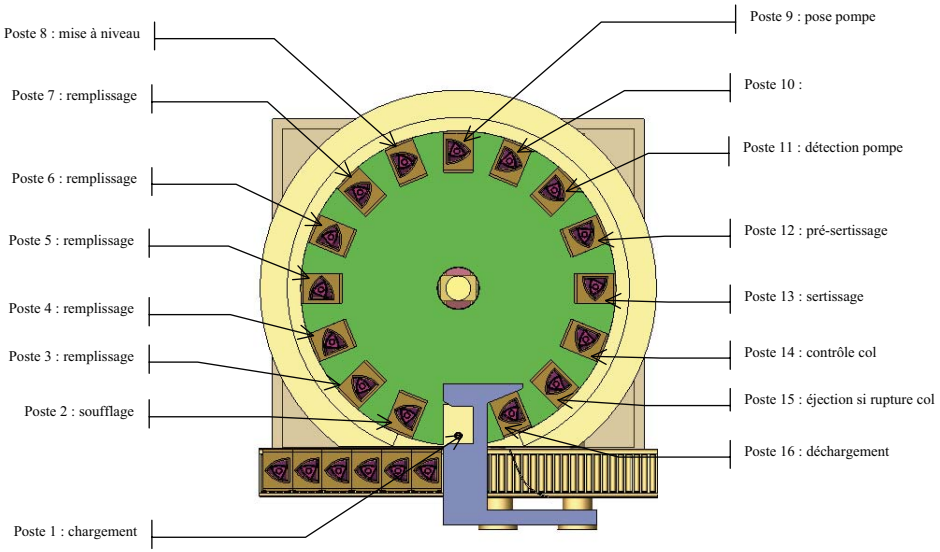
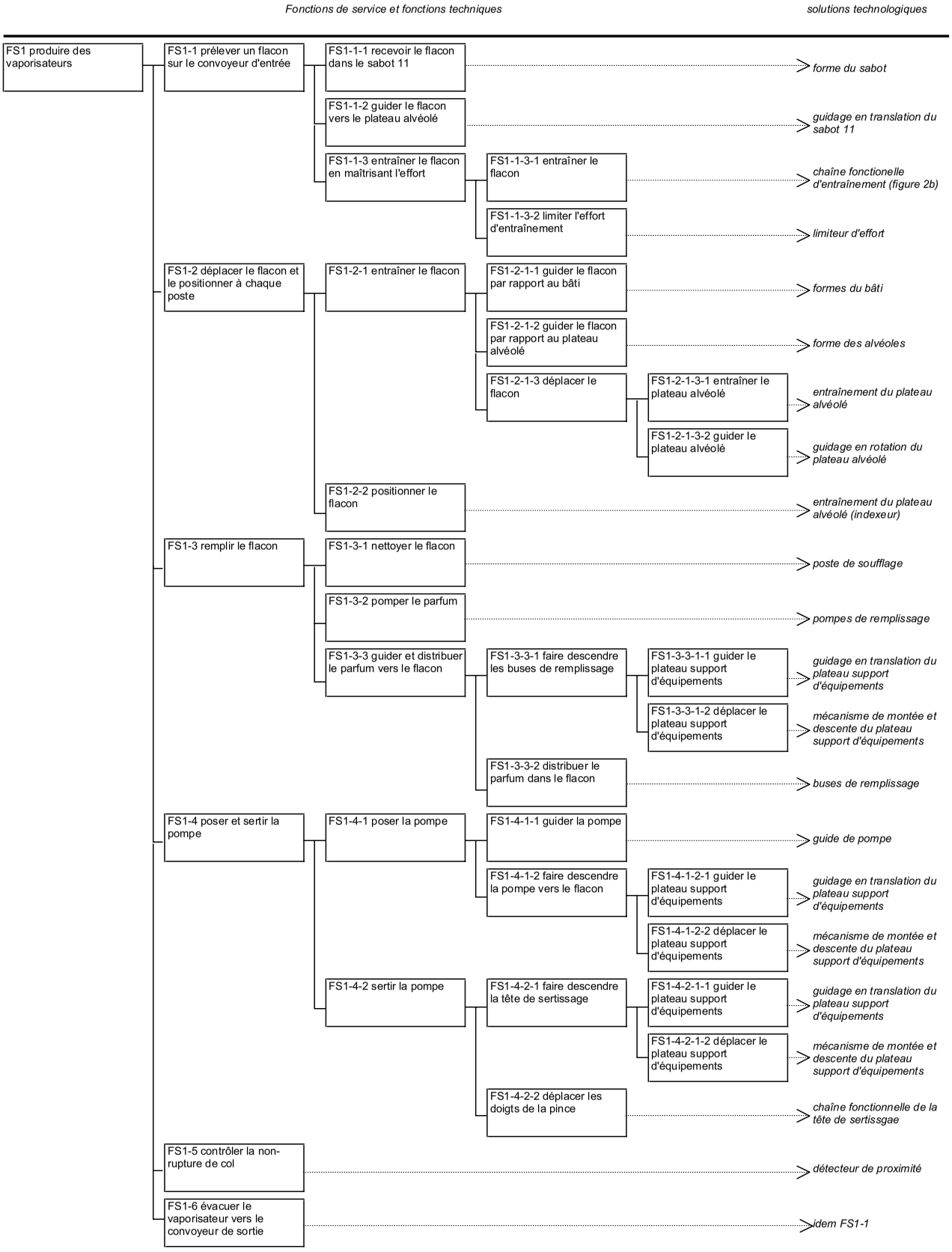


Figure 1 c Constitution du vaporisateur



Figure 1d Diagramme FAST partiel de la machine de remplissage-sertissage



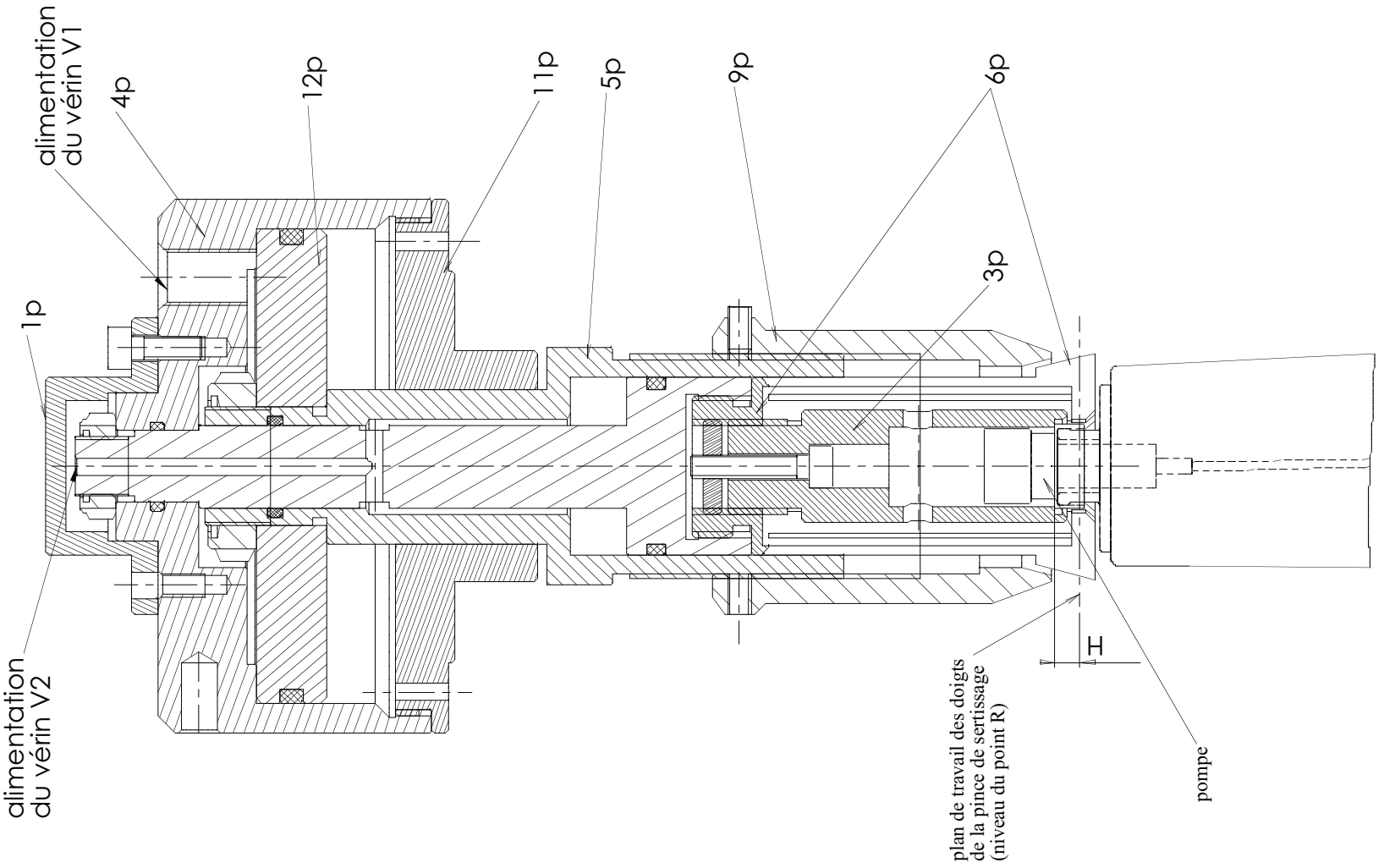


Figure 7
Dessin d'ensemble de la pince

••• FIN •••

Travailler les chapitres de ce sujet

Prepa Help suit le programme de TSI chapitre par chapitre : cours détaillé, méthodes, pièges, exercices et problèmes corrigés pas à pas, tirés des concours. L'essai gratuit donne accès aux chapitres offerts de ta filière, sans carte bancaire.

Chapitres liés à ce sujet

- Cinématique des mécanismes : composition des mouvements, contact ponctuel, lois entrée-sortie et fermetures
- Architecture fonctionnelle et structurelle : chaînes d'information et de puissance
- Cinétique : torseurs cinétique et dynamique, énergie cinétique, inertie équivalente
- Énergétique : puissances, théorème de l'énergie cinétique, rendement
- Géométrie des masses : centre d'inertie, matrice d'inertie, théorème de Huygens
- Notation complexe, régime sinusoïdal forcé et fonctions de transfert
- Statique des solides : principe fondamental et stratégie d'isolement
- Modélisation des actions mécaniques : modèles local et global, frottement, torseurs des liaisons

Ouvrir l'essai gratuit

Scanne le code ou clique sur le bouton.

prepahelp.com/#essai

Une question sur le concours ou sur ta filière :
écrire sur WhatsApp

Les autres années et épreuves : prepahelp.com/annales/centrale/tsi