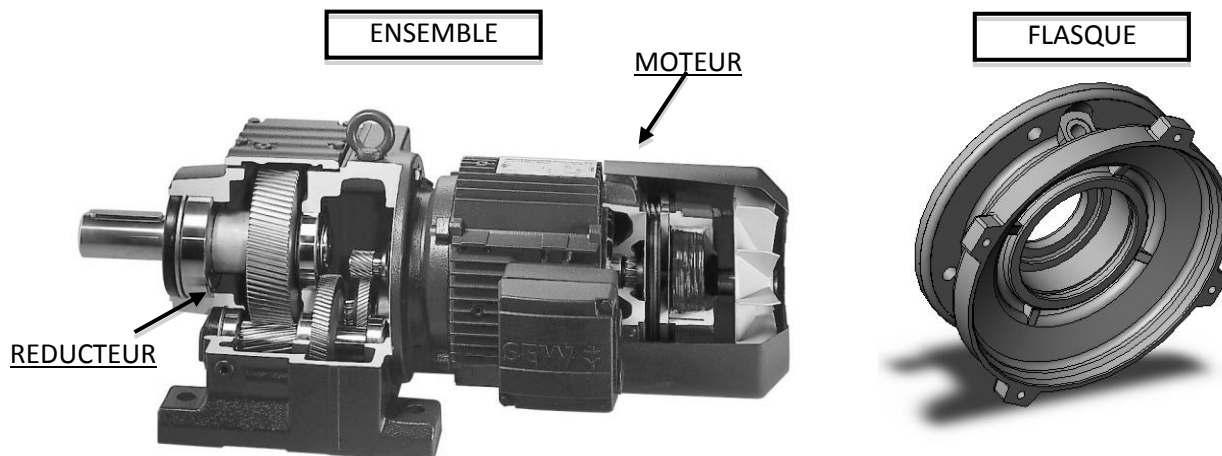


Leader mondial de la fabrication de systèmes d'entraînement par motoréducteurs, ce groupe familial dispose de 9 sites de production.

Un des sites de fabrication est spécialisé dans les motoréducteurs de petites et moyennes tailles. L'entreprise réalise plus de 50 millions de combinaisons d'entraînements, adaptées aux différents cas d'application demandés par les clients. L'étude portera sur le flasque servant de liaison entre le moteur et le réducteur.



Cette entreprise est largement reconnue pour la qualité de ses produits. Mais son leadership résulte d'une politique unique en matière de ressources humaines. Elle a lancé un programme qui s'articule notamment autour de :

- la mobilisation et l'implication de l'ensemble du personnel,
- la maîtrise de la qualité totale,
- la réduction des cycles de production,
- la recherche constante d'amélioration.

Dans le cadre d'une politique de diminution des coûts, une analyse de la valeur concernant le flasque a été entreprise. Cette analyse passe par différentes étapes. Les phases 1 et 2, non traitées dans le sujet, sont résumées ci-dessous.

### ***PHASE 1 : Objectifs de l'A.V. (A.V. =Analyse de la Valeur)***

- Un coût de la pièce diminuée de 15%,
- Une diminution du temps de production de 20%,
- Absorber une augmentation de production de 20%,
- Un délai de 2 mois pour l'action AV,
- Un délai de 6 mois pour la réalisation,
- Une limite de 1.500.000 € d'investissement pour l'amélioration de l'outil de production,
- Un retour sur investissement maximum de 10 ans,
- Le non licenciement du personnel,
- La diminution du nombre de sous traitants,
- La non dégradation de la qualité,
- Une amélioration de la sécurité des personnels,
- Un meilleur respect de l'environnement.

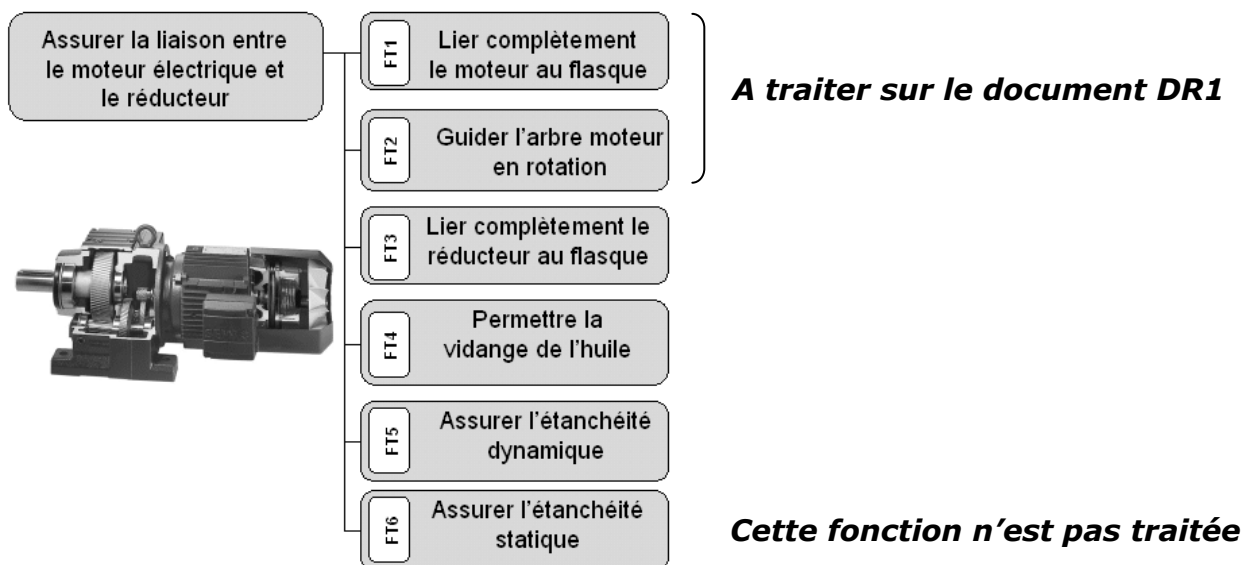
### ***PHASE 2 : Recherche d'informations***

Cette phase consiste à rassembler une documentation très complète sur le produit. La plupart de ces informations sont dans le dossier technique.

## Le sujet est constitué de plusieurs parties indépendantes.

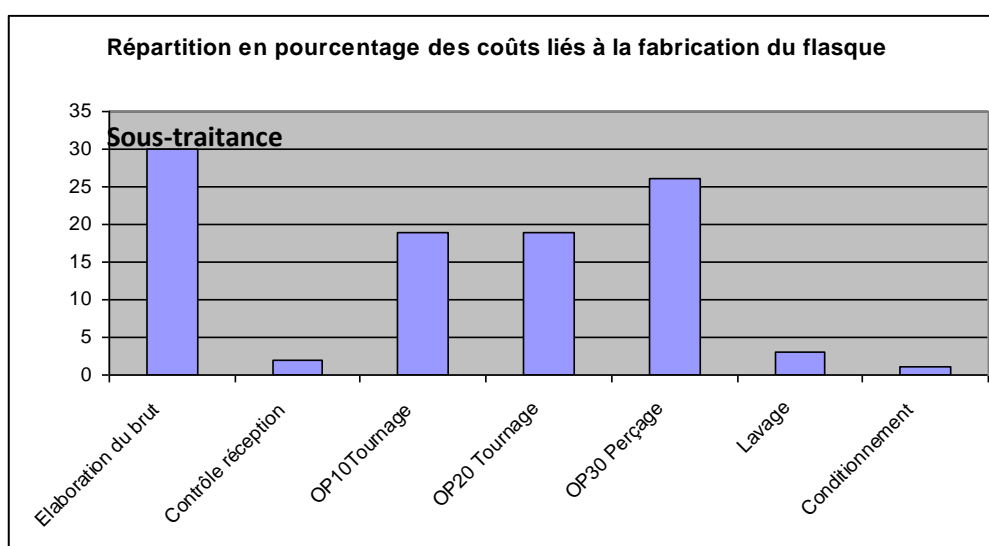
### PHASE 3 : Analyse fonctionnelle - Analyse des coûts - Validation

**Question 1 :** A l'aide des documents techniques DT1 et DT2, colorier en rouge sur le document réponse DR1 les surfaces fonctionnelles réalisant les fonctions techniques FT1 et FT2 :



**Question 2 :** A l'aide du document technique DT2 et des exemples donnés, indiquer sur le document réponse DR1, pour chacune de ces 2 fonctions les spécifications fonctionnelles les plus concernées.

**Question 3 :** Le processus actuel est décrit sur le document technique DT3. A partir du graphe ci-dessous, proposer sur le document réponse DR1 deux actions permettant une diminution des coûts.



**PHASES 4 et 5 : Recherche d'idées et Etude des solutions**

Pour guider la recherche d'idées, le groupe Analyse de la Valeur utilise une liste de questions que nous allons suivre.

**QUESTIONS « MATIERES » :**

*Peut-on utiliser un autre matériau avec des caractéristiques identiques ?*

*Oui si les caractéristiques fixées pour la portée de roulement à HB 200 sont respectées.*

*Peut-on produire la même pièce avec des procédés moins chers ?*

*Oui mais en vérifiant la qualité des bruts : Etat lisse, intervalle de tolérance 1 mm.*

*Peut-on utiliser une matière moins chère en augmentant, s'il le faut, les dimensions de la pièce ?*

*Oui mais en vérifiant l'impact écologique.*

**Question 4 :** En analysant le graphe du document réponse DR2, choisir et justifier la matière à utiliser en prenant en compte le critère « dureté ».

Le document ressource DT8 doit vous permettre de convertir la dureté Brinell en dureté Vickers.

**Question 5 :** Une première sélection (voir document réponse DR3) a permis d'éliminer un certain nombre de procédés ne correspondant pas aux critères de la pièce.

En analysant le graphe du document réponse DR3, choisir et justifier le procédé à utiliser en prenant en compte le critère « tolérance ».

**QUESTIONS « DIMENSIONS » :**

*Est-il possible de réduire les dimensions ?*

*Non l'encombrement général est fixé par le concepteur.*

*Est-il possible d'augmenter les dimensions et d'utiliser une matière moins couteuse ou vice versa ?*

*Oui au niveau des épaisseurs mais en vérifiant les contraintes et déformations.*

**Question 6 :** Ces types de motoréducteur sont souvent utilisés dans des contextes difficiles (chocs, atmosphères abrasives ...). Le bureau d'étude impose un coefficient de sécurité de  $CS = 12$ . Une simulation par logiciel (voir document réponse DR4), pour un cas de fonctionnement à couple maximum, donne la répartition des contraintes dans la pièce. Vérifier si ce coefficient de sécurité  $CS$  est respecté.

**Caractéristique de la fonte :** Limite élastique :  $140 \text{ MPa} = 140 \text{ N/mm}^2$

**Question 7 :** Est-il possible de réduire les épaisseurs de la pièce. Justifier votre réponse sur le document réponse DR4.

**Question 8 :** Au regard des contraintes subies par la pièce, entourer les zones les plus sollicitées sur le document réponse DR4.

Le procédé actuel d'élaboration du brut est le moulage en sable utilisant le procédé Disamatic (voir DT9), mais USOCOME possède une fonderie Aluminium dans son usine. Les questions suivantes vont permettre de vérifier la rentabilité du procédé de moulage en coquille par gravité sur pièce en aluminium.

**QUESTIONS « CHUTES » :**

*Peut-on réduire les déchets ?*

- en utilisant une pièce brute plus approchée de la pièce finie,
- en modifiant légèrement le dessin,
- en modifiant la méthode d'élaboration du brut.

*Oui en choisissant un autre procédé d'élaboration plus performant et en modifiant les formes du brut qui intègrent les modifications de dimensions.*

On cherche dans cette partie à vérifier **l'épaisseur minimale** de la pièce liée au procédé et à comparer la rentabilité de ces 2 procédés de moulage.

	Epaisseur minimale de la pièce finie	Surépaisseur d'usinage	Epaisseur minimale à respecter en fonderie
Moulage sable (fonte)	4mm	2mm	3,5mm
Moulage coquille (aluminium)	8mm	1mm	2,5mm

**Question 9 :** D'après le tableau, replacer ces différentes épaisseurs sur les schémas du document DR5, en partant des surfaces fonctionnelles. Puis donner le calcul et le résultat définissant l'épaisseur minimale de la pièce brute pour chaque procédé.

**Question 10 :** Analyse multicritère (document DR6)

En utilisant les symboles suivants :

- ① Procédé ayant la meilleure performance au regard du critère,
- ② Procédé ayant la moins bonne performance au regard du critère.

Si vous estimez que les performances sont similaires, écrire ① dans les 2 colonnes.

Compléter, à l'aide du document DT9, le tableau du document DR6 **mais ne pas remplir la ligne coût.**

**Question 11** : Suite à cette première analyse (sur la base du tableau), choisir un procédé. Expliquer ce choix.

**Question 12** : Analyse du coût des procédés

**12-1 Déterminer les équations** : La définition des coûts étant donnée, exprimer littéralement pour chaque procédé le coût d'élaboration **P** de **N** bruts :  $P=f(N)$ . Répondre sur le document DR6.

Moulage en coquille d'aluminium avec tiroir et noyau extérieur (réalisé en interne)

		symbole
Coût de réalisation d'un moule avec une empreinte :	23.000€	A
Coût matière coulée pour une pièce :	4€	B
Coût opérateur :	25€/heure	C
Cadence de production :	20pièce/heure	D
Coût ébarbage :	1€/pièce	E

Moulage sable (sous-traitance)

	Valeur	symbole
Réalisation 2 plaques modèle : (nécessaires pour un moule)	8.000€	A
Réalisation d'un noyau en sable (1noyau par pièce):	0,80€	B
Coût horaire (machines + sable + opérateurs, incluant l'ébarbage)	300€/heure	C
Cadence de production:	240 pièce/heure	D
Coût matière (par pièce)	1,2€	E
Frais de transport	0,35€/pièce	F

**12-2 Tracer les courbes** : D'après l'évaluation des prix concernant chaque procédé, tracer sur le document DR7 les courbes correspondantes à chaque procédé, puis conclure sur la rentabilité de chacun.

**12-3 Vous pouvez maintenant remplir en vert la ligne coût de la question 10 du document DR6.**

**Question 13** : Cadence de production et conclusion (Répondre sur DR7)

Le sous-traitant actuel a besoin de 2 journées pour produire et acheminer 2000 pièces par camion. La machine Disamatic étant réglée, il peut produire 4 pièces par minute.

Si on produit en interne on peut couler 1 pièce en 3 minutes. L'entreprise produit en 3\*8h, on admettra 24h de production par jour. Répondre sur le document DR7.

- Combien de temps faut-il pour produire une série de 2000 pièces en interne?
- Au regard de tous les critères étudiés (performance, coût, délais), choisir le procédé le plus performant et le plus avantageux. Justifier.

**Question 14** : L'entreprise décide de choisir le procédé de moulage en sable Disamatic (voir DT9). En tenant compte de l'épaisseur minimale liée à ce procédé (voir question 9), de l'étude des contraintes (questions 6 à 8) **définir les nouvelles formes de la pièce brute sur le document DR8.**

**QUESTIONS « TOLERANCES » :**

*Peut-on augmenter les tolérances pour faciliter la fabrication ?*

Non

*Peut-on augmenter les tolérances pour utiliser une autre méthode d'usinage ?*

Non

*Peut-on augmenter les tolérances pour réduire les rebuts de fabrication ?*

Non mais il possible de mettre en place un outillage de contrôle sur la ligne pour surveiller la production.

**Question 15 :** La spécification 

↗	0.03	D	B
---	------	---	---

 est jugée très sensible.

Décoder au sens de la norme cette spécification sur le document réponse DR9.

Le schéma de principe de l'outillage de contrôle de cette spécification est donné sur le document réponse DR10.

**Question 16 :** Proposer, sur le document DR10, deux solutions technologiques permettant de réaliser la mise en position correspondant aux normales de repérage 4 et 5.

**Question 17 :** Indiquer le mode opératoire de contrôle.



**QUESTIONS « METHODE DE FABRICATON » :**

*Comment le produit est-il fabriqué ?*

*Voir processus actuel document DT3*

*Est-il possible d'appliquer une méthode de fabrication différente :*

*- permettant de réduire ou d'éliminer une ou plusieurs opérations d'usinage :*

*Oui en supprimant l'opération OP30 de l'ancien processus*

*- en regroupant certaines opérations d'usinage ?*

*Oui en utilisant un outil combiné pour le perçage lamage*

*- en usinant plusieurs pièces à la fois ?*

*Oui en utilisant plusieurs tours bi-broches sur un ilot de production*

Les membres du groupe de travail ont envisagé de regrouper certaines opérations d'usinage sur un nouveau moyen de production. Une première phase de recherche les a amenés à une machine de type tour bi broche, de marque HESSAP, dont vous trouverez la description sur le document DT4.

Cette nouvelle machine aura donc pour objectif de mieux équilibrer les temps d'usinage sur chaque côté de la pièce, et de diminuer ces temps grâce à des performances plus élevées.

Le nouveau processus choisi nécessite la conception d'un outillage permettant à l'opérateur de pré positionner les pièces sur un convoyeur. Le cahier des charges fonctionnel préliminaire de cet outillage est ébauché sur le document technique DT5. Le principe de cet outillage est donné sur les documents techniques DT6 et DT7. Nous en sommes en phase de conception préliminaire où un certain nombre de solutions sont définies.

Les questions suivantes vont permettre de valider cette conception préliminaire en relation avec le cahier des charges.

*FS1 : Assurer la mise en position isostatique de la pièce (voir DT5)*

**Question 18 :** La mise en position isostatique de la pièce sur le porte-pièce doit permettre une prise de pièce précise par la broche. Cette mise en position est définie sur le document technique DT6 page 3/3.

Définir sur le **document réponse DR8**, en tenant compte de la forme du galet presseur, une forme sur la pièce brute permettant d'orienter la pièce sur le porte-pièce.

FS 2 : Assurer le maintien en position de la pièce sur le porte-pièce (voir DT5)

Afin de bien plaquer la pièce sur ses appuis il est nécessaire de créer un effort minimum sur les supports fixes de **100 N**. Cet effort devra être fourni par le support presseur. Les supports sont disposés à  $120^\circ$ .

### Etude de l'équilibre du galet presseur

Hypothèses :

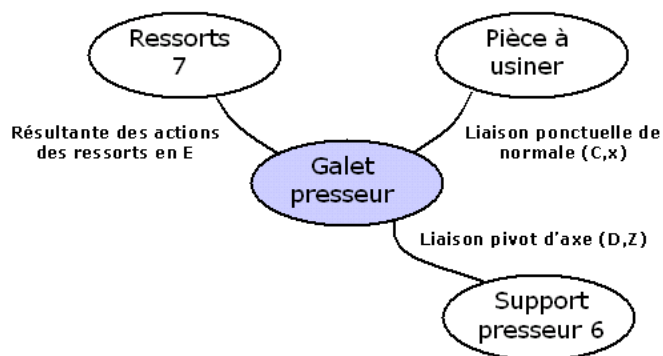
- Le galet presseur est en liaison pivot d'axe (D,z) avec le support,
- Le système possède un plan de symétrie (x,y) le problème est donc plan,
- Les frottements dans les liaisons sont négligés.

Données : Le bureau d'étude propose un système à ressorts de traction dont les caractéristiques sont :

- raideur  $k = 11 \text{ N/mm}$ ,
- longueur libre = 25 mm,
- longueur déformée = 30 mm,
- nombre de ressorts : 2.

Rappel : L'effort fourni par le ressort est proportionnel à son allongement.

Le graphe des liaisons concernant l'étude de l'équilibre du galet presseur est donné ci dessous:



**Question 19 :** Déterminer la résultante des actions développées par ces ressorts. Représenter, dans le plan de symétrie cette résultante au point E sur le document réponse DR11.

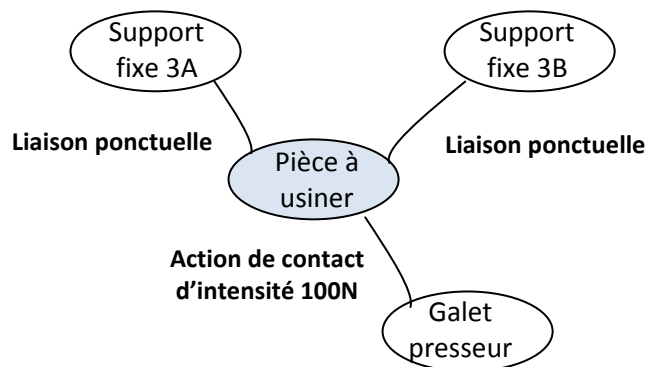
**Question 20 :** Déterminer graphiquement sur le document réponse DR11, en isolant le galet presseur, l'action de la pièce sur le galet presseur.

### Etude de l'équilibre de la pièce

Hypothèses :

- L'étude se fait dans un plan parallèle au plan  $(O,x,z)$  et passant par les 3 appuis ce qui permet de ne pas prendre en compte le poids de la pièce à usiner (projection nulle),
- L'adhérence est négligée entre la pièce à usiner et l'appui plan,
- Les frottements dans les liaisons sont négligés.

Données : Le graphe des liaisons concernant l'équilibre de la pièce est donné ci dessous :



- Résultat intermédiaire  $C_{\text{galet}/\text{pièce}} = 100 \text{ N}$ .

**Question 21 :** Déduire de la question précédente, graphiquement ou par calcul sur le document réponse DR11, l'effort de contact entre un support fixe et la pièce. Le cahier des charges est-il respecté ?

**QUESTIONS « STANDARDISATION » :**

*La pièce finie est elle standard ?*

*Plus ou moins. En effet seules les proportions changent. Imaginer un porte pièce de pré-positionnement permettant de faire passer toutes les références de pièces.*

*La matière première est elle standard ? Oui*

*Peut-on remplacer une pièce usinée :*

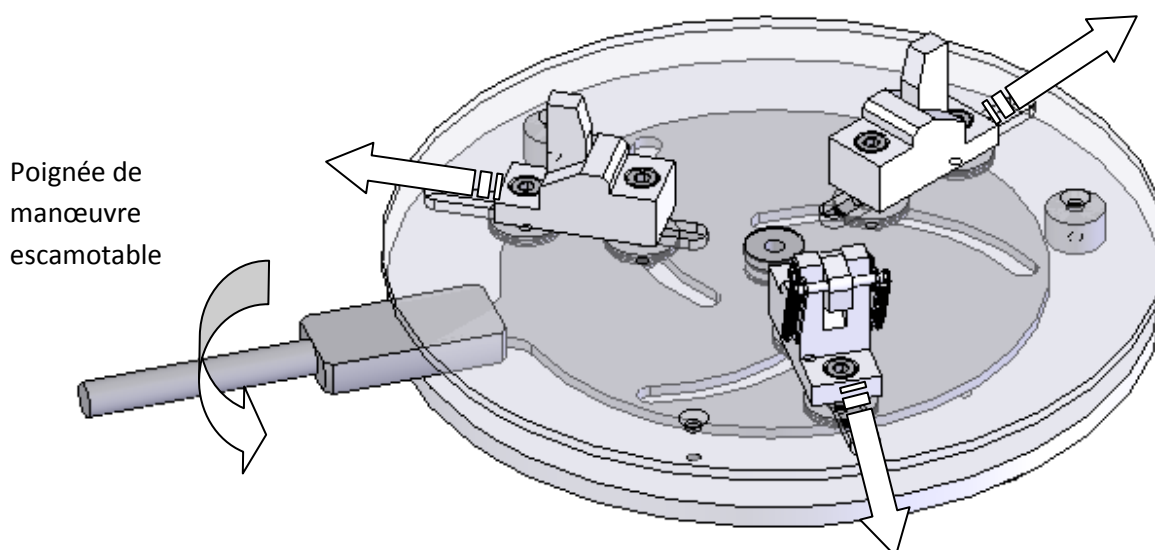
- *par une pièce standardisée ? Non*
- *par une pièce du commerce ? Non*

**FS3 : S'adapter à la famille de pièce**

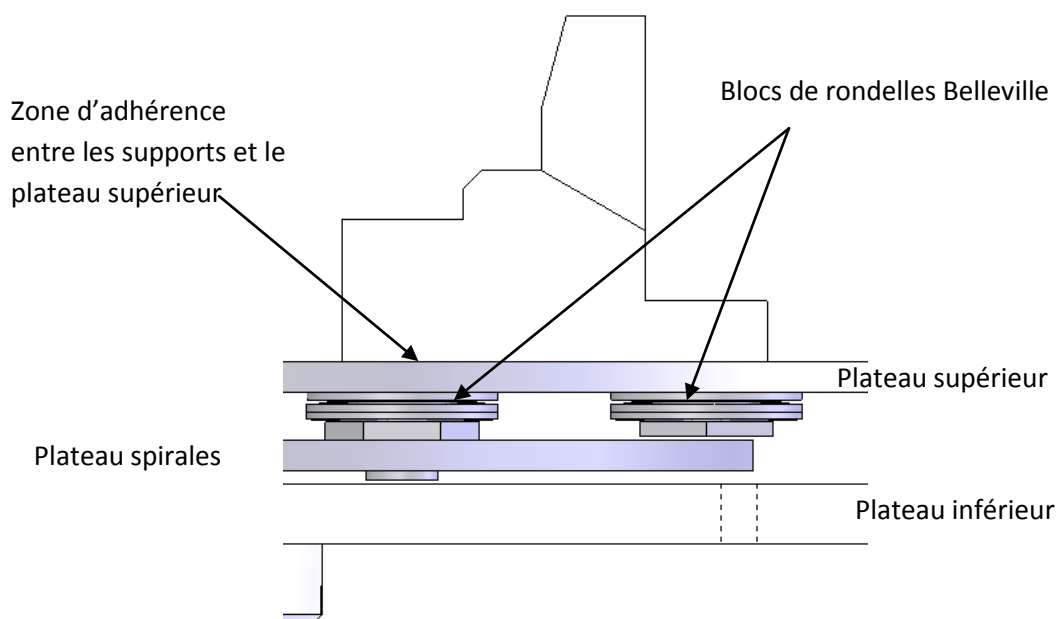
Le porte pièce de pré positionnement doit pouvoir s'adapter à toutes les dimensions de pièces. Pour cela les appuis doivent être réglables. Ces différentes dimensions sont données ci-dessous avec le programme de production.

Référence pièce	115 947X	641 4710	044 5312	115 8740	641 4907
Diamètre de centrage	Ø120	Ø160	Ø200	Ø250	Ø300
Besoin mensuel	6.800	15.500	8.700	4.300	1.200

La solution proposée par le bureau d'étude et détaillée sur le document DT5, est un système de réglage continu, par rainures en spirale (voir ci-dessous). Le plateau supérieur est construit à la dimension maximale autorisée par le convoyeur.



Des blocs de rondelles Belleville (voir ci-dessous) assurent le maintien en position des supports par adhérence sur le plateau supérieur.



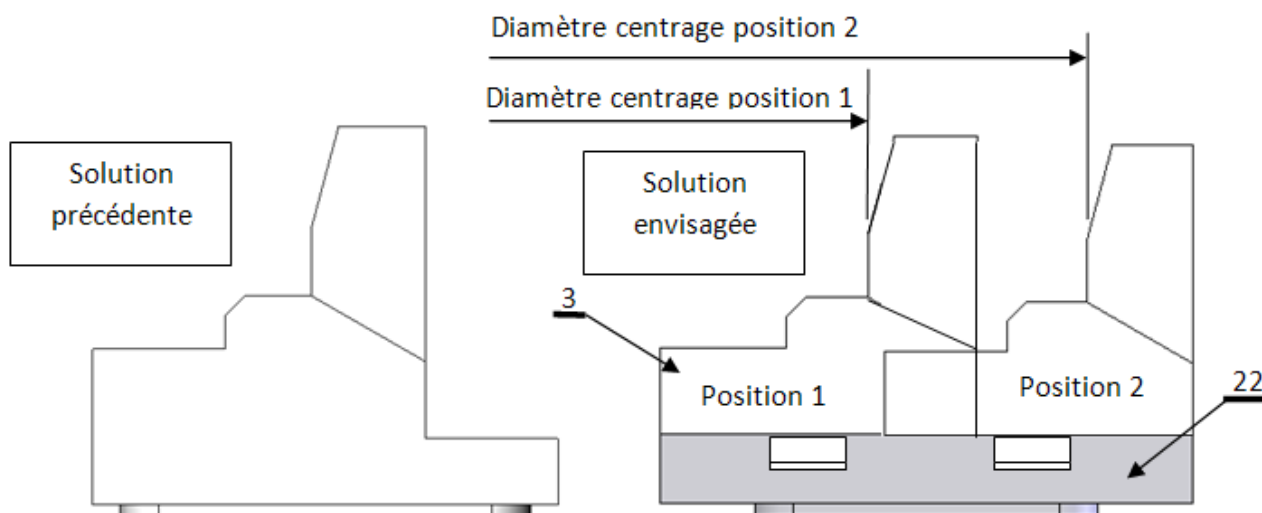
**Question 22** : Mettre en couleurs sur le document DR12, les surfaces qui doivent être en contact :

- Entre 14 et 2 pour la position d'ouverture maxi.
- Entre 15 et 2 pour la position d'ouverture mini.

En déduire la plage de réglage du système, puis donner sur le document DR12 les diamètres de centrage mini et maxi.

**Question 23** : Déterminer, sur le document DR12 le pourcentage de pièces qui ne passe pas sur le porte pièce. Le cahier des charges est-il respecté ?

Afin de pallier ce problème il est décidé de décomposer les supports en deux pièces et de proposer deux positions de fixation permettant ainsi de faire passer toute la famille de pièces sur le porte pièce même si le temps de changement de production est allongé :

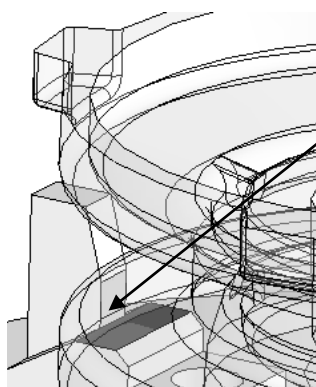


La solution est représentée sur le document DR13.

**Question 24** : Cette solution permet elle cette fois de passer toutes les références de pièces. Répondre le DR13.

FS4 : Etre fiable (voir DT5)

Les efforts que subissent les supports sont identifiés ci-dessous ainsi que les zones de contact :



Contact : surface plane du support / surface cylindrique de la pièce

Données : Module d'élasticité de la pièce  $E_1 = 80.000 \text{ MPa}$

Module d'élasticité du support  $E_2 = 210.000 \text{ MPa}$

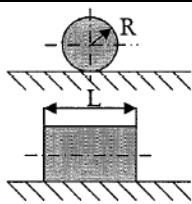
Pression de contact admissible  $p_{\max} = 70 \text{ MPa}$

Longueur du contact :  $L = 10 \text{ mm}$

Effort  $F = 100 \text{ N}$

Rayon de la pièce  $R$  en mm : à définir pour être dans le cas le plus défavorable.

**Question 25** : A l'aide des relations ci-dessous, calculer sur le document DR13, la pression maximale que subit la pièce. Placez-vous dans le cas le plus défavorable en terme de diamètre de pièce.

Forme du contact	Représentation	Relation simplifiée de Hertz	Module d'élasticité
Cylindre extérieur - plan		$p_{\max} = 0,417 \cdot \sqrt{\frac{F \cdot E}{L \cdot R}}$	$\frac{1}{E} = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right)$

**Question 26** : La pièce subit-elle des dommages ? Répondre sur document DR13.

**QUESTIONS « MAIN D'ŒUVRE »:**

*Peut-on éliminer ou réduire certaines opérations en partant :*

- *d'un nouveau dessin ?*  
 Non
- *d'une nouvelle méthode ?*  
 Oui
- *d'une modification du poste de travail ?*  
 Oui

Dans le processus de production, une spécification géométrique a posé plus de 80% des problèmes de non conformité. Il s'agit de la perpendicularité suivante,  $\perp \phi 0,015 A$  de la portée de roulement  $\varnothing 72j6$  par rapport à la surface A.

C'est pourquoi il a été décidé que la nouvelle machine serait équipée, sur sa 2<sup>ème</sup> broche d'une prise de pièce en appui plan sur A avec un capteur à dépression.

**Question 27** : Expliquer, sur le document DR15, la spécification géométrique  $\perp \phi 0,015 A$ .

**Question 28** : Justifier l'intérêt de la solution « capteur à dépression ».

**Question 29** : Quelle précaution, peut-on intégrer à la machine lors de son achat pour garantir le bon fonctionnement du capteur à dépression (propreté de la surface de détection). Vous répondrez sur le document DR14.