

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

INDUSTRIALISATION DES PRODUITS MÉCANIQUES

E4 : ÉTUDE DE PRÉINDUSTRIALISATION

SESSION 2017

Durée : 6 heures

Coefficient : 4

Contenu du dossier :

Dossier sujet : pages 1 à 18
Dossier technique : pages 1 à 8
Dossier ressources : pages 1 à 17
Dossier réponses : pages 1 à 22

Document interdit - Calculatrice autorisée

Sont autorisées toutes les calculatrices de poche, y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimantes.

Le candidat n'utilise qu'une seule machine sur la table. Toutefois, si celle-ci vient à connaître une défaillance, il peut la remplacer par une autre.

Afin de prévenir les risques de fraude, sont interdits les échanges de machines entre les candidats, la consultation des notices fournies par les constructeurs ainsi que les échanges d'informations par l'intermédiaire des fonctions de transmission des calculatrices.

(Circulaire n°99-186 du 16 novembre 1999)

Cette épreuve a pour objectif de valider tout ou partie des compétences :

- C01-** Proposer et argumenter des modifications de la pièce liées aux difficultés techniques et aux surcoûts de production.
- C03-** Pour chacun des procédés visés, proposer un processus prévisionnel et des principes d'outillages associés.
- C04-** Valider le choix du couple matériau - procédé d'élaboration au regard de la géométrie et des spécifications de la pièce à produire.
- C05-** Spécifier les moyens de production nécessaires (machines-outils, outils, outillages...).
- C06-** Établir les documents destinés aux partenaires co-traitants et sous-traitants.

**LE DOSSIER RÉPONSES EST À COMPLÉTER PUIS À RENDRE EN FIN D'ÉPREUVE
INSÉRÉ DANS UNE FEUILLE DE COPIE EN**

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR INDUSTRIALISATION DES PRODUITS MÉCANIQUES

E4 : ÉTUDE DE PRÉINDUSTRIALISATION

SESSION 2017

DOSSIER TECHNIQUE

Contenu du dossier :

DT	Intitulé	Page(s)
DT 1	Groupe pompe à vide type ROOTS BF600. Nomenclature du collecteur équipé Mise en plan du collecteur équipé Coupe du collecteur équipé	Page 2/8 Page 3/8 Page 4/8 Page 5/8
DT 2	Dessin de définition du collecteur	Page 6/8
DT 3	Centre de fraisage KITAMURA	Page 7/8
DT 4	Repérage des groupes de surfaces usinées	Page 8/8

DT 1
Groupe pompe

MOTEUR
ÉLECTRIQUE

POMPE
À VIDE

ÉCHAPPEMENT
Silencieux

COLLECTEUR
Objet de l'étude

Admission

Sortie air libre

Refoulement 1

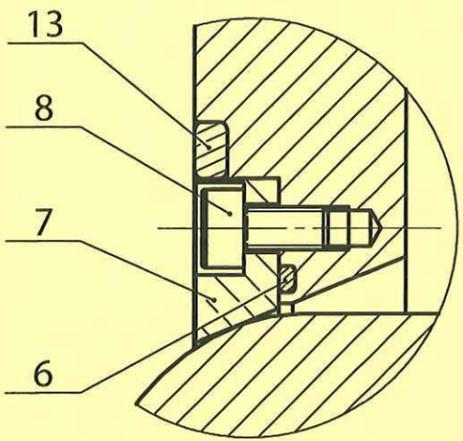
Refoulement 2

DT 1

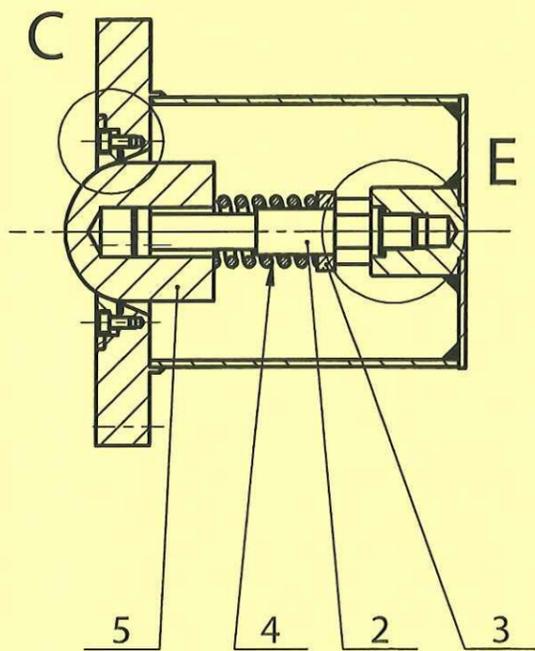
Nomenclature du plan page 4 et de la perspective page 5

14	1	Joint torique spécial 2,7 – Sortie double		
13	1	Joint torique 2,7 * 58 – Sortie simple		
12	2	Clapet – Sortie double		
11	2	Ressort clapet – Sortie double		
10	2	Rondelle tarage ressort – Sortie double		
9	2	Axe guide clapet – Sortie double		
8	12	Vis CHc M3 - 6		ISO 4762
7	3	Siège clapet		
6	3	Joint torique 1,78 * 42		
5	1	Clapet – Sortie simple		
4	1	Ressort clapet – Sortie simple		
3	1	Rondelle tarage ressort – Sortie simple		
2	1	Axe guide clapet – Sortie simple		
1	1	Collecteur	X 5 Cr Ni 18-10	Mécano soudé
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
COLLECTEUR ÉQUIPÉ				

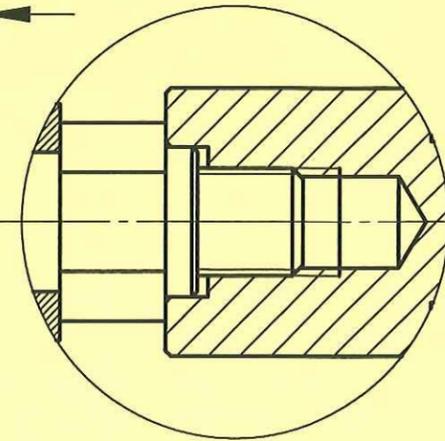
DETAIL C
ECHELLE 2 : 1



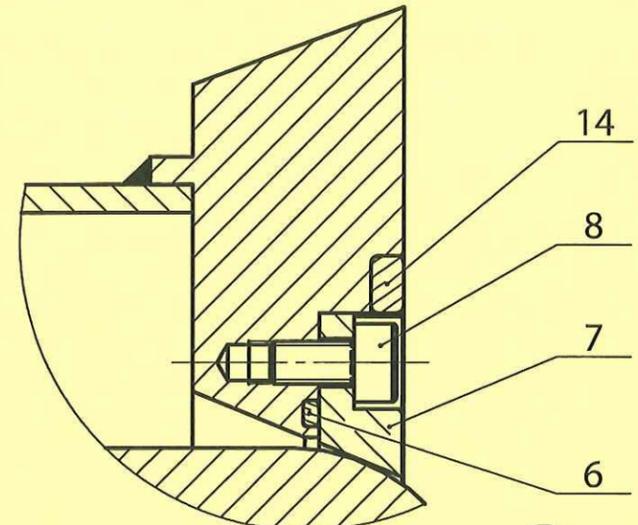
A-A



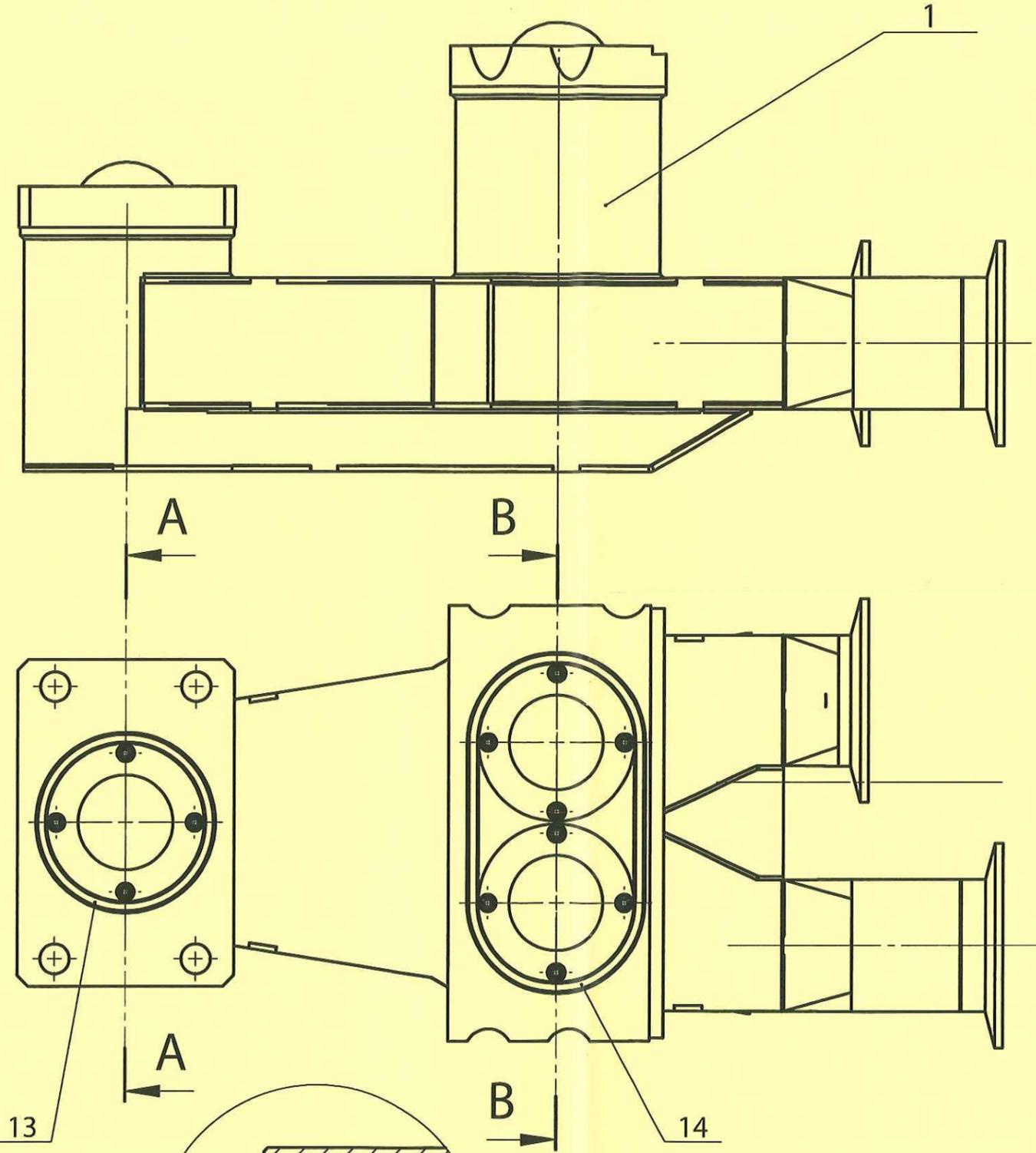
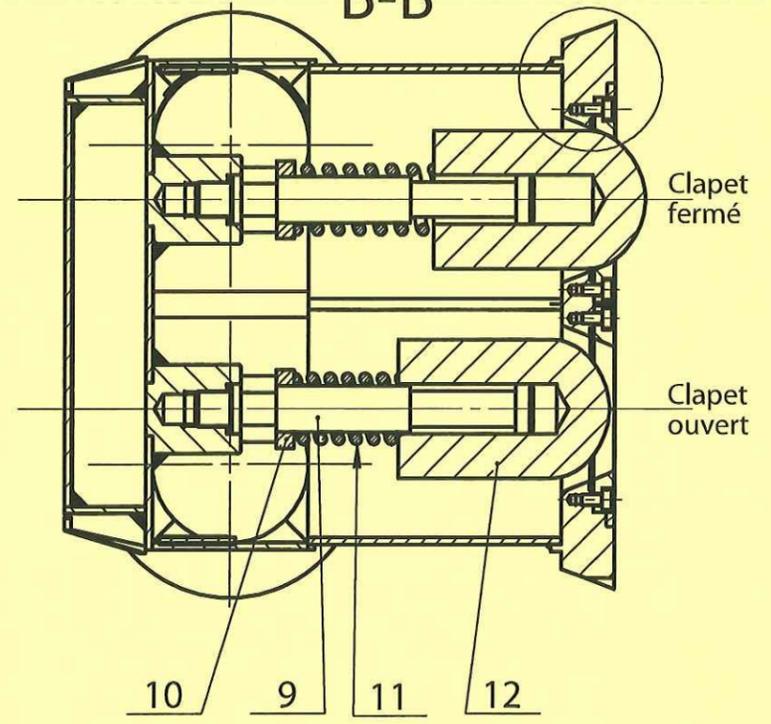
DÉTAIL E
ECHELLE 3 : 2



DETAIL D
ECHELLE 2 : 1



B-B



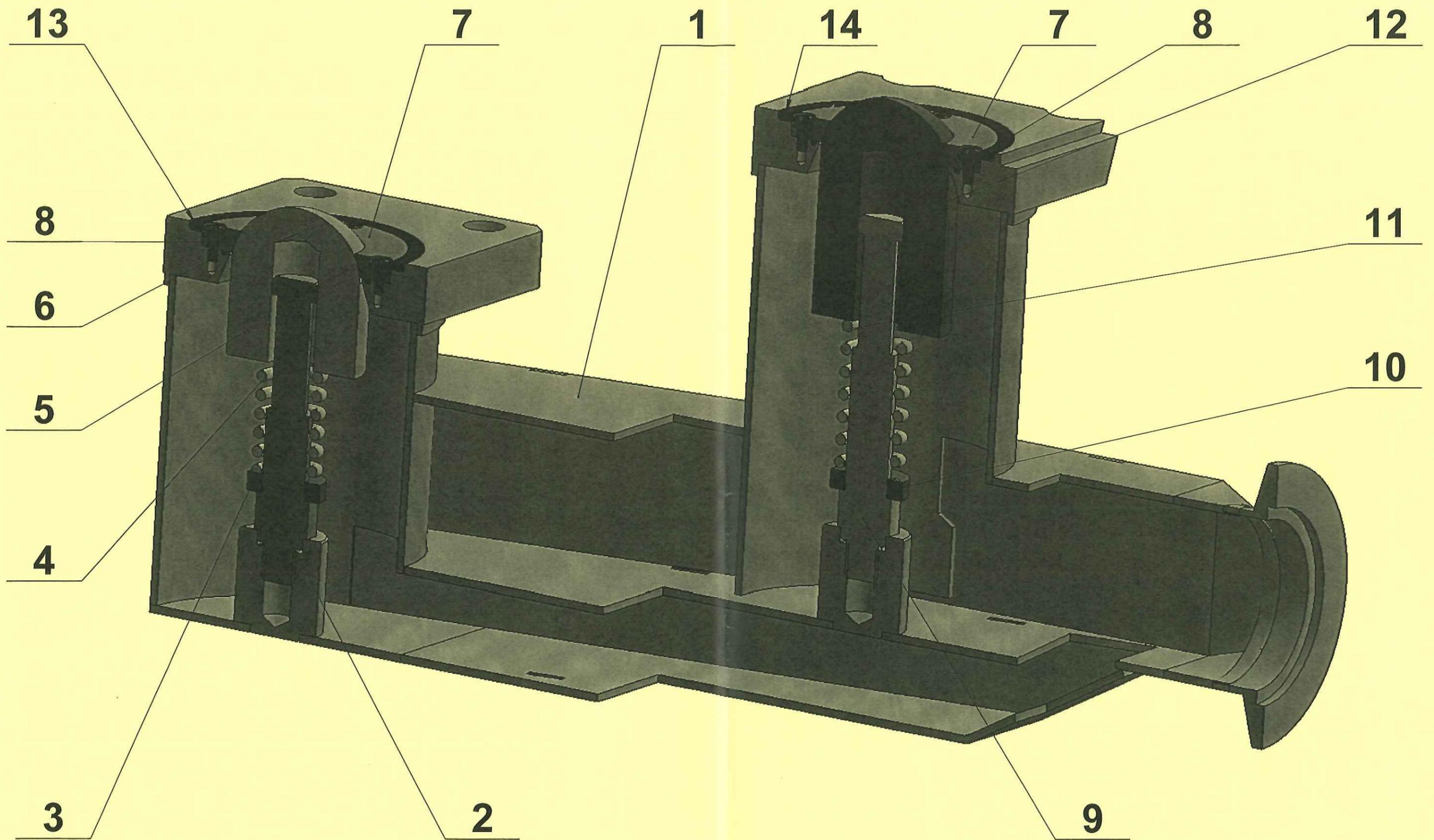
Nomenclature page 3

COLLECTEUR
EQUIPE

DT1 - page 4/8

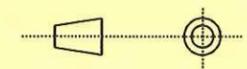
Ech: 1:2

A3



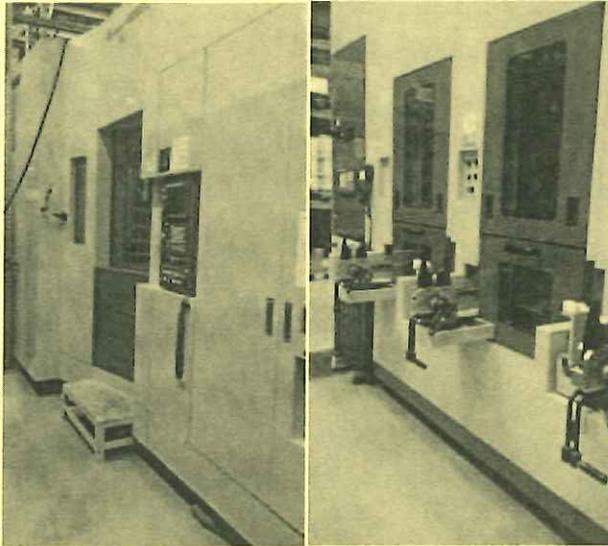
**COLLECTEUR
EQUIPE**

DT1 - page 5/8



A3

FICHE MOYEN DE PRODUCTION



CENTRE D'USINAGE 4 AXES à BROCHE HORIZONTALE KITAMURA HX 800i

CARACTERISTIQUES

Capacité machine :

⚙ Course longitudinale en X	1400 mm
⚙ Course transversale en Y	1250 mm
⚙ Course transversale en Z	1325mm
⚙ Table	800x800

Vitesse d'avance maxi :

⚙ Axe X Z	50 m/min
⚙ Poussée	X1000daN Y500daN

Broche :

⚙ Vitesse de rotation maxi	12000 tr/mn
⚙ Puissance	26kW
⚙ Couple	380 Nm
⚙ Cône de la broche	ISO 50

Volume de travail :

Ø 1500 mm
hauteur 1000mm

Précision :

⚙ Positionnement	+/- 1 µm
⚙ Répétabilité	+/- 2 µm
⚙ Table tourne 90°	0,5 s

Magasin Outils:

⚙ Nombre d'outils	100
⚙ Temps de changement d'outil (à outil)	1,5 s
⚙ Temps de changement d'outil (copeau à copeau)	5,5 s
⚙ Type porte-outil	ISO 50
⚙ Diamètre maxi outil	Ø200 mm

Energies:

⚙ Electrique	400V
⚙ Pneumatique	7bar

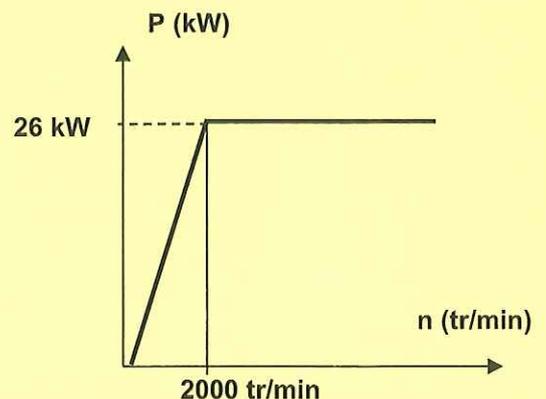
DCN:

⚙ FANUC

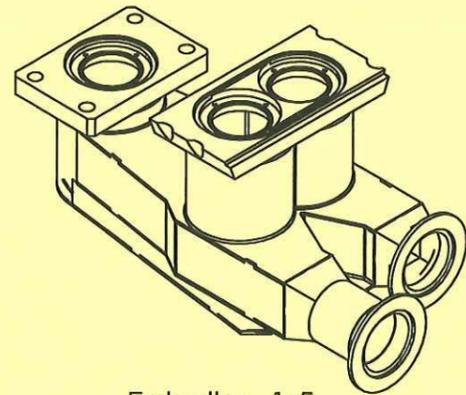
Caractéristiques du cube porte-pièce

Cube porte-pièce flasque
 → longueur 720 mm
 → largeur 720 mm
 → hauteur 805 mm

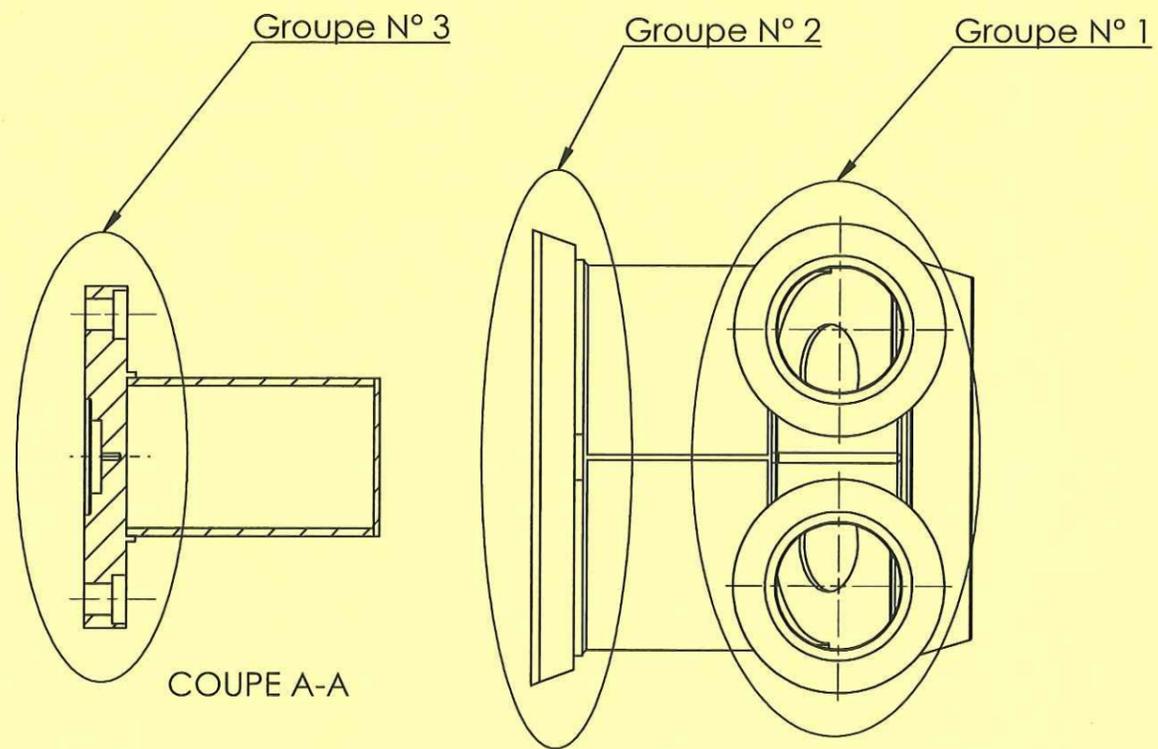
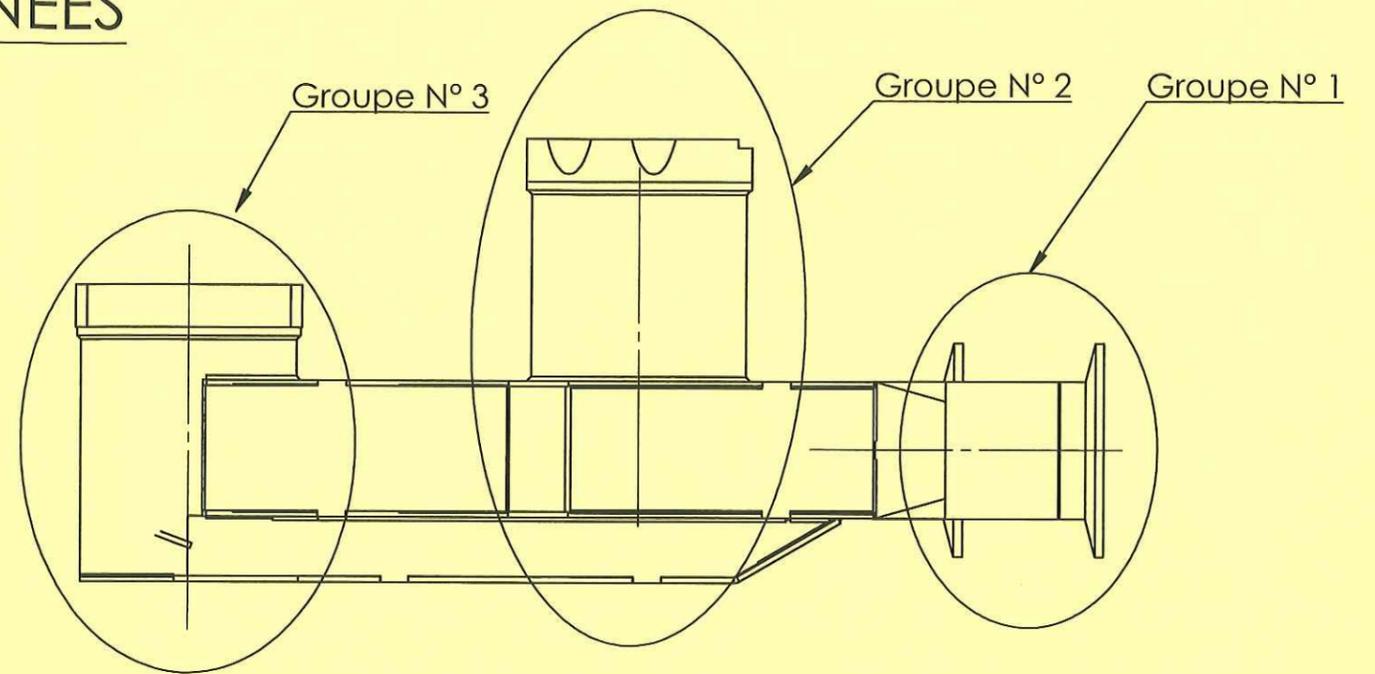
Courbe puissance



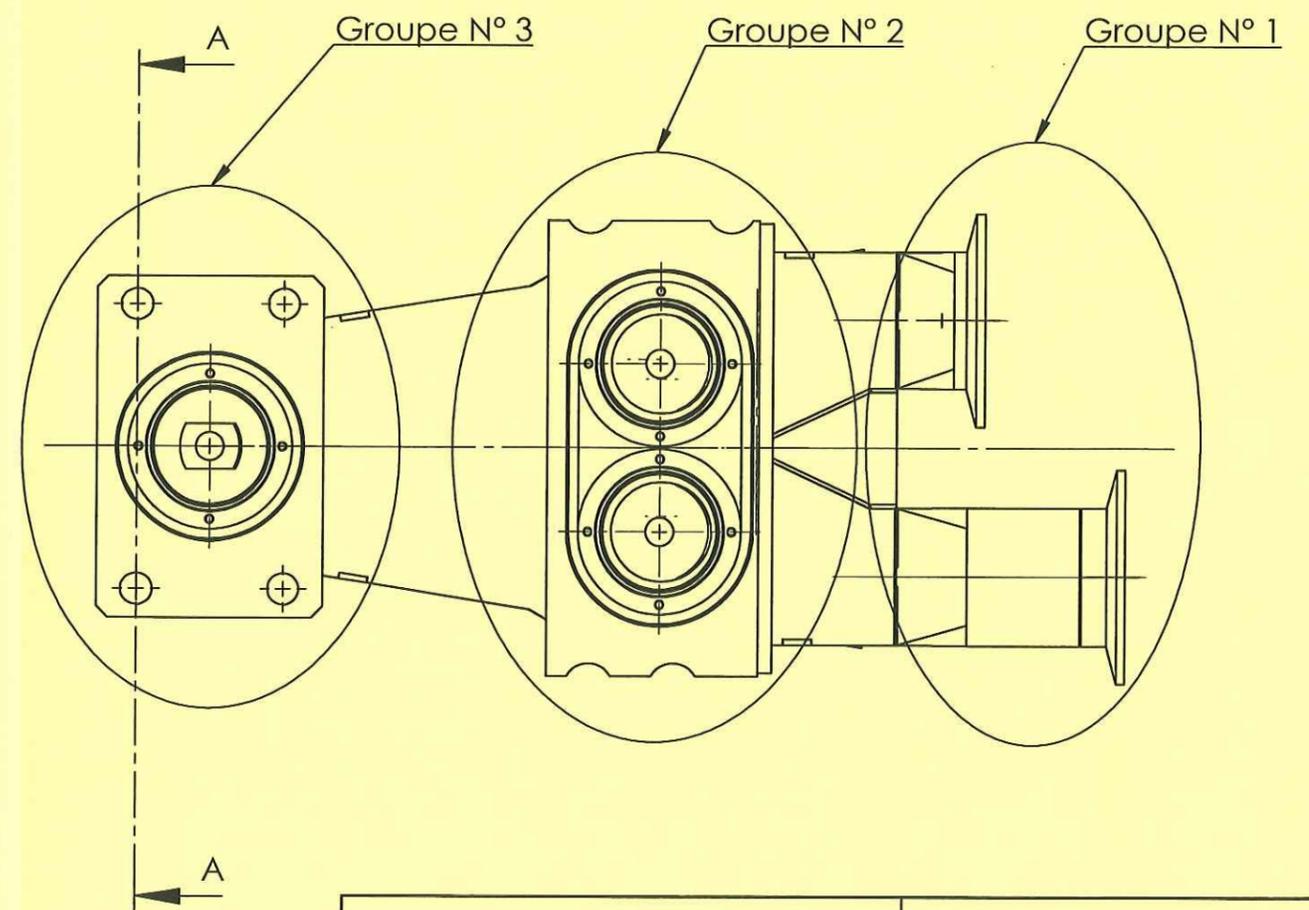
REPERAGE DES GROUPES DE SURFACES USINEES



Echelle: 1:5



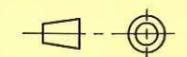
COUPE A-A



COLLECTEUR

MECANO-SOUDE

DT4 - page 8/8



Ech: 2:5

A3

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

INDUSTRIALISATION DES PRODUITS MÉCANIQUES

E4 : ÉTUDE DE PRÉINDUSTRIALISATION

SESSION 2017

DOSSIER SUJET

Sommaire:

Structure du sujet : Page 2/18

Présentation du contexte de l'étude : Pages 3/18 à 5/18

Partie 1 - Étude de la relation "produit - procédé - processus prévisionnel" : Pages 6/18 à 11/18

Partie 2 - Spécification technique : Pages 12/18 à 18/18

Synthèse des résultats : Page 18/18

Organisation des documents associés au dossier sujet :

- un **Dossier technique (DT)** contenant des documents spécifiques au support de l'étude.
- un **Dossier ressources (DRS)** regroupant des documents extraits de catalogues fournisseurs, des dossiers de machines et autres...
- un **Dossier réponses (DR)** à compléter et à rendre en fin d'épreuve inséré dans une feuille de copie EN.

STRUCTURE DU SUJET

Le sujet va aborder douze problématiques indépendantes. Il est cependant vivement conseillé de suivre la chronologie du sujet afin de mieux appréhender la démarche suivie. Les durées indiquées sont à titre indicatif.

Prise de connaissance du sujet	30 min
--------------------------------	--------

PARTIE 1 :

ÉTUDE DE LA RELATION « PRODUIT – PROCÉDÉ – PROCESSUS PRÉVISIONNEL »

Problématique 1	Proposer un graphe d'assemblage	30 min
Problématique 2	Étudier la relation produit – procédé – matériau	30 min
Problématique 3	Étudier la faisabilité d'un procédé d'obtention de brut	30 min
Problématique 4	Choisir un procédé en fonction de critères économiques	20 min
Problématique 5	Définir un processus prévisionnel de fabrication	30 min
Problématique 6	Remettre en cause éventuellement une forme	30 min

PARTIE 2 :

SPÉCIFICATION TECHNIQUE

Problématique 7	Décoder une spécification géométrique	20 min
Problématique 8	Définir un outil de coupe	30 min
Problématique 9	Étudier et valider une mise en position	20 min
Problématique 10	Vérifier une déformation	20 min
Problématique 11	Calculer l'effort de serrage et proposer un outillage pour assurer le bridage	20 min
Problématique 12	Définir un complément au système de maintien en position	30 min

SYNTHÈSE des différents résultats	20 min
-----------------------------------	--------

PRÉSENTATION DU CONTEXTE DE L'ÉTUDE

1 – Présentation de l'entreprise :

La société ADIXEN VACUUM est spécialisée dans les technologies du vide.

Le vide se dit d'un milieu dans lequel la pression est beaucoup plus faible que la pression atmosphérique.

ADIXEN développe et produit des pompes à vide.

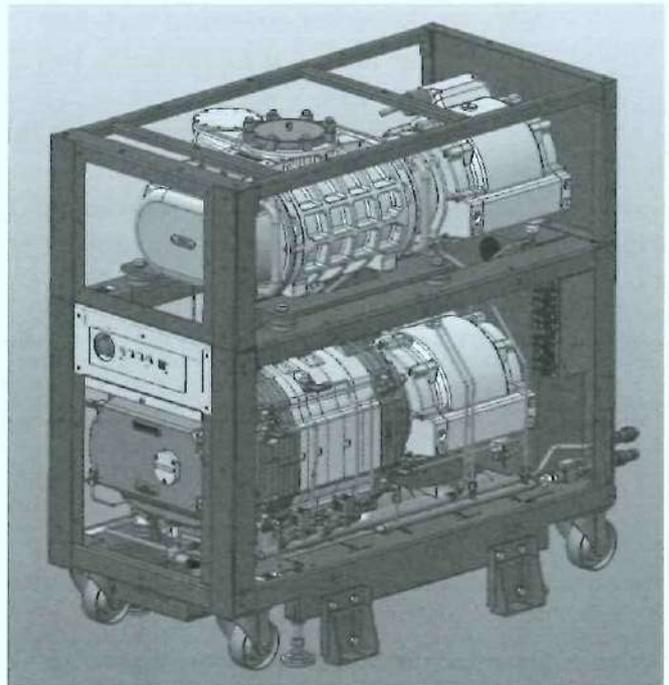
Les clients des systèmes de pompage sont donc surtout les industries de l'électronique mais aussi de l'optique, de la chimie, du biomédical, de la pharmaceutique et maintenant de l'automobile.

2 – Le produit support de l'étude :

La pompe présentée ci-contre sera le support de notre étude. C'est une nouvelle pompe à vide de type ROOTS BF600 qui permet de faire un vide primaire de l'ordre de 10^{-3} bars (10^{-4} MPa).

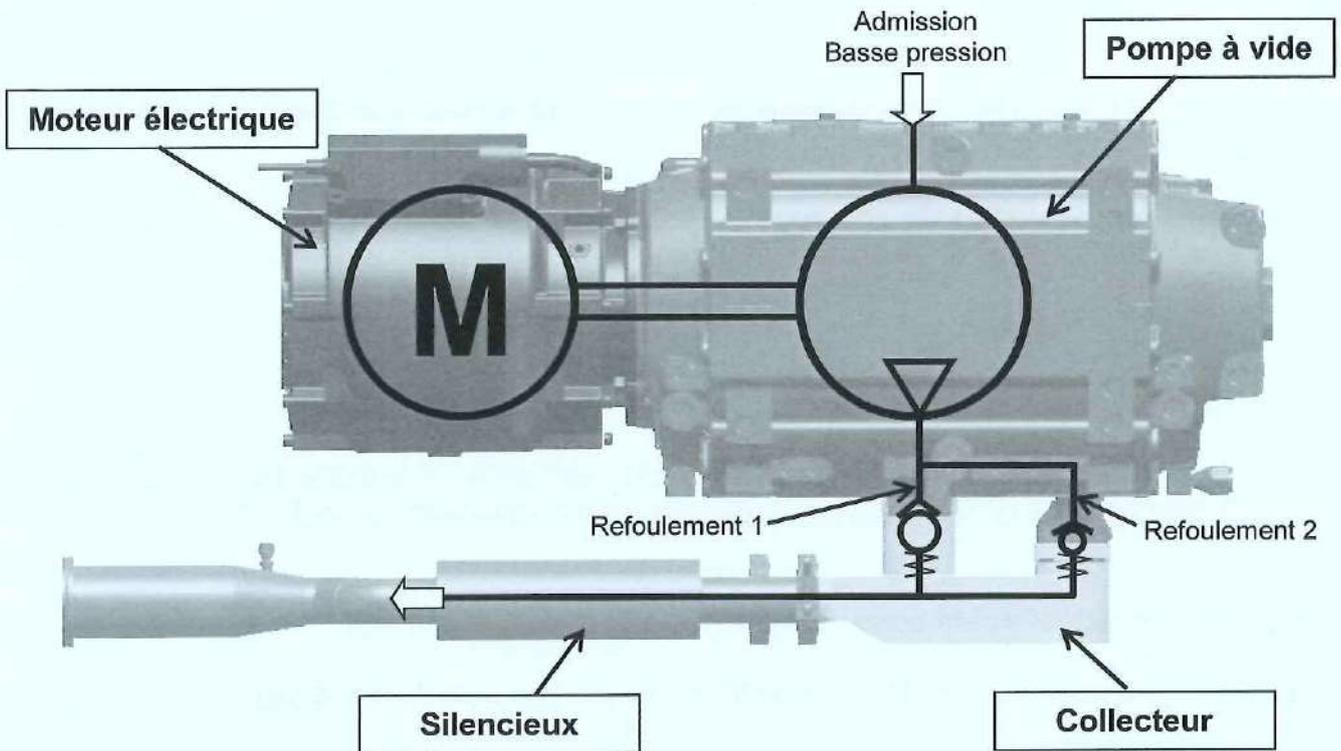
Le produit est actuellement conçu, réalisé, testé et assemblé sur site.

La production prévue est de **400 ensembles** par an renouvelable sur **5 ans**.



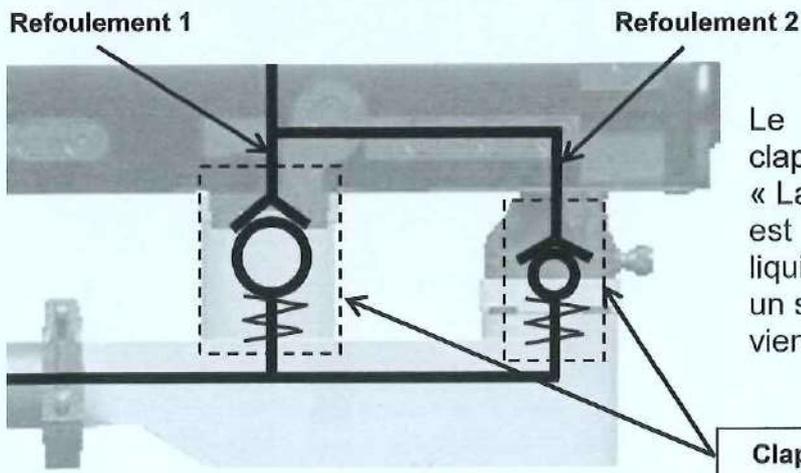
3 – Explication du fonctionnement (voir également DT1 page 2) :

Schéma du groupe



L'ensemble est composé principalement de 4 éléments :

- le moteur électrique qui, par sa fonction de transformation d'énergie électrique en énergie mécanique de rotation, va permettre le fonctionnement de la pompe à vide,
- la pompe à vide qui va aspirer le gaz à expulser via son admission pour ensuite le refouler. Le refoulement se fera par :
 - les « REFOULEMENTS 1 et 2 » en début d'aspiration (gros débit) (voir DT1 page 2),
 - le « REFOULEMENT 2 » en fin d'aspiration (très faible débit) (voir DT1 page 2),
- le collecteur (OBJET DE NOTRE ETUDE) qui fera la liaison entre les 2 orifices de refoulement de la pompe à vide et l'échappement (silencieux),



Le collecteur est équipé de deux clapets anti-retour.

« La fonction d'un clapet anti retour est de permettre le passage d'un liquide, d'un gaz, d'air comprimé dans un sens et de bloquer le flux si celui-ci vient à s'inverser. »

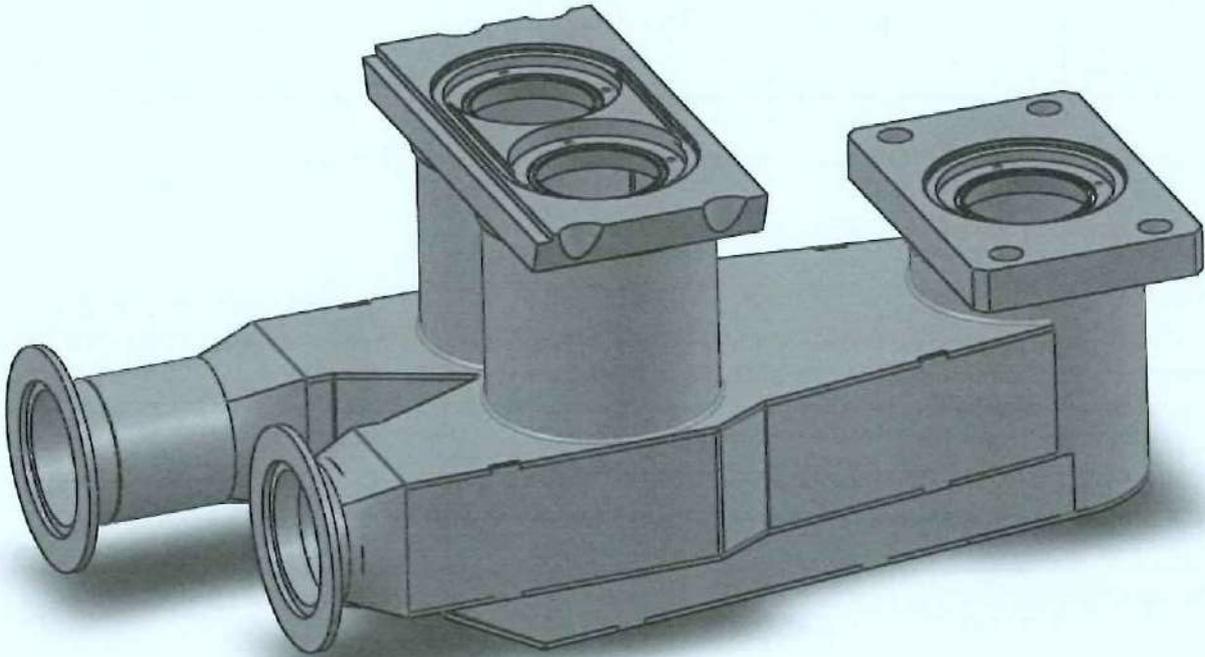
- le silencieux qui permettra le rejet du gaz à expulser vers l'extérieur.

4 – Le contexte de l'étude :

La demande industrielle, au niveau des différentes pompes fabriquées et assemblées sur le site de production, est telle qu'il faut prévoir le processus d'usinage de certaines pièces de façon à générer des gains de temps qui permettront de dégager de la charge au niveau de certaines cellules d'usinage.

Un groupe de travail est ainsi constitué.

L'attention de ce groupe se porte plus particulièrement sur une des pièces de la pompe : **le collecteur nu** (non équipé) **ci-dessous**.



Données actuelles concernant le collecteur objet de l'étude :

- Le brut du collecteur est actuellement obtenu en mécano-soudé.
- La matière est un acier inoxydable **X 5 Cr Ni 18-10**.
- La masse actuelle du collecteur est de l'ordre de **5 kg**.
- Température maximale d'utilisation de **220°C**.
- La cellule d'usinage qui assure la reprise des surfaces fonctionnelles est composée de 3 centres d'usinage 4 axes à broche horizontale KITAMURA 800 Hi (voir **DT3 page 7**).

Donnée concernant le contexte de production :

La production prévue est de **400 ensembles** par an renouvelable sur **5 ans**.

PARTIE 1
ÉTUDE DE LA RELATION « PRODUIT – PROCÉDÉ – PROCESSUS PRÉVISIONNEL »

Problématique 1 : Proposer un graphe d'assemblage

Le groupe de travail, afin d'appréhender les différents paramètres intervenant dans la résolution globale du problème, désire faire une étude fonctionnelle du collecteur.



- Pour répondre à cette problématique vous disposez :
- des documents techniques **DT1 pages 3, 4 & 5 et DT2**,
 - du document réponse **DR1**.

Schéma de montage du collecteur équipé (voir DT1 pages 3, 4 et 5).

Sur le document réponse DR1

Question 1.1 : Compléter le graphe d'assemblage des différentes pièces équipant le collecteur avant son montage sur l'ensemble pompe. On limitera au maximum les opérations donc la manipulation des outils. Par exemple, on montera les 12 vis (repère 8) dans une même étape.

Problématique 2 : Étudier la relation produit – procédé – matériau

Le groupe de travail envisage, afin de réduire le coût du collecteur fini, de réfléchir sur le choix d'un nouveau procédé d'obtention du brut et d'un nouveau matériau.



- Pour répondre à cette problématique vous disposez :
- du document technique **DT2**,
 - des documents ressources **DRS1 (1/3, 2/3 et 3/3)**,
 - des documents réponses **DR2 (DR2-1, DR2-2 et DR2-3)**.

Sur le document réponse DR2-1

Caractéristiques et propriétés du matériau actuel :

Question 2.1 : Le matériau actuel est un acier inoxydable **X 5 Cr Ni 18-10**. Préciser sa composition.

Question 2.2 : Indiquer la nécessité du faible pourcentage de carbone dans l'obtention du collecteur (voir DRS1 (1/3)).

Question 2.3 : Quelle est la résistance minimale à la rupture par extension de ce matériau (voir DRS1 (1/3)) ?

Question 2.4 : Quelle est la température maximale à laquelle le matériau du collecteur peut être soumis (voir page 5/18) ?

Sur le document réponse DR2-2

Recherche de nouveaux matériaux et procédés :

Le matériau du collecteur devra avoir une résistance à la rupture par extension ≥ 500 MPa.

Question 2.5 : À l'aide du graphique matière 1 « *Résistance à la rupture par extension / Température maximale d'utilisation* » (voir DRS1 (2/3)), indiquer par une croix dans le tableau, les matériaux compatibles avec l'exigence de résistance minimale à la rupture par extension et avec l'exigence de température d'utilisation.

En synthèse indiquer, dans la dernière colonne, les matériaux compatibles avec ces deux critères.

Question 2.6 : À l'aide du graphique procédé « *Taille de la série / Coût relatif de l'outillage* » (voir DRS1 (2/3)), indiquer les procédés compatibles avec l'exigence de taille de série. On rappelle que la série est envisagée sur **5 ans**. Tenir compte du nombre total de pièces réalisées en 5 ans.

Indiquer dans ce même tableau les procédés compatibles avec le coût relatif **faible** de l'outillage pour réaliser le collecteur (formes générales et dimensions).

En synthèse indiquer, dans la dernière colonne, les procédés compatibles avec ces deux critères.

Sur le document réponse DR2-3

La société ADIXEN s'oriente pour l'obtention du nouveau brut vers un procédé de moulage en sable.

Question 2.7 : Ce choix de procédé d'obtention du brut fait par la société Adixen vous paraît-il approprié ? Justifier.

La société ADIXEN choisit comme nouveau matériau une fonte **EN-GJS 500-7** de caractéristiques.f

EN	Norme européenne
GJS	Fonte à graphite sphéroïdal
500	Résistance minimale à la rupture par extension de 500 MPa
7	Pourcentage de l'allongement après rupture : 7%

Question 2.8 : À l'aide du graphique matière 2 « *Coulabilité / Prix matière* », en tenant compte de votre réponse à la question 2.5 (voir DRS1 (3/3)), indiquer si ce choix de matériau est approprié. Justifier.

Problématique 3 : Étudier la faisabilité d'un procédé d'obtention de brut

Processus prévisionnel d'obtention du collecteur fini :

- **Moulage en sable** pour obtention du brut.
- Usinage des surfaces fonctionnelles.

L'obtention du brut par un procédé de moulage en sable nécessite une étude rapide de faisabilité.



Pour répondre à cette problématique vous disposez :

- du document ressource **DRS2 (1/1)**,
- des documents réponses **DR3-1** et **DR3-2**,
- du document technique **DT4 page 8**.

Données :

- Surépaisseurs sur les surfaces usinées de **3 mm**.
- Dépouilles de **3°**.
- Raccords extérieurs de rayon **5 mm**.

Sur le document réponse DR3-1

Question 3.1 : Repérer les deux châssis, les noyaux intérieur et extérieur, le(s) chenal(aux) de coulée, les événements, la masselotte.

Question 3.2 : Justifier la présence d'un noyau intérieur et d'un noyau extérieur.

Sur le document réponse DR3-2

Question 3.3 : Désigner et repérer par une flèche le plan de joint.

Question 3.4 : Mettre en place sur toutes les vues, en vert, les surépaisseurs d'usinage.

Question 3.5 : Mettre en place sur toutes les vues, en bleu, les dépouilles et congés nécessaires à l'extraction du modèle.

Problématique 4 : Choisir un procédé en fonction de critères économiques

Afin d'affiner le choix définitif du procédé de réalisation du collecteur, le groupe de travail compare les deux procédés (DRS 3).

- Procédé actuel **P1** : Brut en mécano-soudé puis reprise des surfaces fonctionnelles en usinage.
- Procédé envisagé **P2** : Brut obtenu en moulage en sable puis reprise des surfaces fonctionnelles en usinage



Pour répondre à cette problématique vous disposez :
- du document ressource **DRS3 (1/1)**,
- des documents réponses **DR4-1** et **DR4-2**.

Sur le document réponse DR4-1

Question 4.1 : Compléter le tableau des données.

Question 4.2 : Pour chaque procédé, écrire les équations donnant le coût de revient $C_{P1} = f(n)$ et $C_{P2} = g(n)$. La variable n représente le nombre de pièces réalisées.

Question 4.3 : Sur le graphe, tracer les deux courbes $C_{P1} = f(n)$ et $C_{P2} = g(n)$.

Sur le document réponse DR4-2

Question 4.4 : Sur le graphe délimiter par deux flèches horizontales, les zones de rentabilité **Zone P1** et **Zone P2** de chaque procédé. En déduire, par la méthode de votre choix (graphique ou par calcul), le seuil de retour sur investissement.

Question 4.5 : Le nombre de pièces par série étant connu, le groupe de travail peut-il à ce stade entériner le choix du deuxième procédé ? Justifier.

Problématique 5 : Définir un processus prévisionnel de fabrication

Le groupe de travail envisage de réfléchir sur le choix d'un nouveau processus d'usinage, afin de réduire le nombre de machines susceptibles de fabriquer la pièce et d'avoir une gestion des flux de pièces la plus simple possible.

L'objectif est donc de **minimiser le nombre de posages** de la pièce pour obtenir d'une part un **niveau de qualité maîtrisé** et d'autre part un **flux de production simplifié** dans l'atelier.

L'obtention du processus d'usinage nécessite une étude rapide de faisabilité.



- Pour répondre à cette problématique vous disposez :
- des documents techniques **DT2 page 6** et **DT4 page 8**,
 - des documents ressources **DRS4 (1/3, 2/3 et 3/3)**,
 - des documents réponses **DR5-1** et **DR5-2**.

Données :

- Différentes structures de machine-outil de fraisage.

Sur le document réponse DR5-1

Question 5.1 : Définir les différentes directions principales d'usinage de la pièce.
Sur la vue en perspective du collecteur, noter par **Wi** chacune des directions principales d'usinage, **i** étant le numéro de cette direction (1, 2, 3,).

Question 5.2 : Proposer différents processus d'usinage soit avec une fraiseuse 3 axes à broche verticale (FR3A BV) ou bien d'une fraiseuse 4 axes à broche horizontale (FR4A BH). Pour cela définir :

- le nombre de posages par procédé,
- l'ordonnancement des différents processus pour chaque procédé et par procédé, quels sont les groupes de surfaces usinées associées à chacune des directions principales.

Question 5.3 : Choisir le processus le mieux adapté aux objectifs cités ci-dessus.

Sur le document réponse DR5-2

Question 5.4 : Elaborer l'avant-projet d'étude de fabrication pour le processus avec la fraiseuse 4 axes à broche horizontale (FR4A BH).

En vous aidant des **références partielles du document DT2 page 6** et du **DRS4 (3/3)**, placer sur les silhouettes de la pièce :

- la mise en position isostatique de la pièce (première partie de la norme),
- la désignation des groupes de surfaces réalisés dans chaque position de palette,
- la cotation minimale de fabrication suivant l'axe z.

Problématique 6 : Remettre en cause éventuellement une forme

L'usinage des lamages Ø17 de la coupe A-A, du document DT2 page 6, présente-t-il des difficultés ?

Le groupe de travail envisage, afin de réduire le coût du collecteur fini, de réfléchir sur le choix d'un outil et son processus ou de modifier les formes de la pièce dans le but de simplifier la fabrication, par des outils standards, des lamages Ø17 du collecteur.

L'obtention des modifications de formes puis l'usinage par un outil ou un nouveau processus nécessite une étude rapide de faisabilité.



Pour répondre à cette problématique vous disposez :

- des documents techniques **DT2 page 6**,
- des documents ressources **DRS5 (1/2 et 2/2)**,
- des documents réponses **DR6-1 et DR6-2**.

Données :

- Extrait de catalogue outil de lamage et fraise 3T (fraise à Té).
- Pièce mise et maintenue en position d'usinage sur le porte-pièce.

Sur le document réponse DR6-1

Question 6.1 : Donner la désignation de l'outil en tirant permettant de réaliser les lamages (voir DRS5 1/2 et 2/2).

Question 6.2 : À partir de l'outil proposé et du sens de déplacement imposé, représenter sur les deux vues la modification des formes des 4 lamages qui deviennent alors des épaulements usinés par contournage extérieur du groupe n°3.

Sur les documents réponses DR6-2

Question 6.3 : Faire le choix entre un outil à lamer en tirant ou une fraise à Té (qui nécessite une modification de forme du collecteur) sachant que le coût de chaque outil est identique (voir DRS5 2/2). Justifier votre choix par un calcul de temps d'usinage. Donner le type d'outil retenu.

PARTIE 2 SPÉCIFICATION TECHNIQUE

Problématique 7 : Décoder une spécification géométrique

Le groupe de travail envisage, afin de réduire le coût du collecteur fini, de réfléchir sur le choix d'un nouveau procédé de vérification permettant de réaliser un autocontrôle sur le poste.

Le décodage des spécifications nécessite une analyse détaillée des différentes surfaces géométriques concernées ainsi que les zones de tolérance.



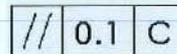
Pour répondre à cette problématique vous disposez :
- du document réponse **DR7**.

Donnée :

- Dessin de définition DT2.

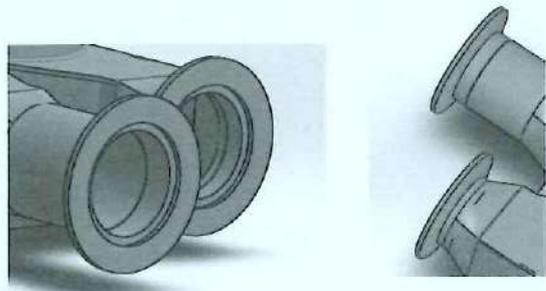
Sur le document réponse DR7

Question 7.1 : Décoder la spécification géométrique suivante :



Problématique 8 : Définir un outil de coupe. Quelle devra être la forme et la matière de l'outil permettant d'usiner les collerettes du côté échappement du collecteur ?

Le groupe de travail envisage, afin de réduire le coût du collecteur fini, de réfléchir sur le choix d'un outil combiné qui permettra d'usiner en une seule fois le côté conique (15°, voir DT2 page 6 coupe B-B) de chacune des collerettes par interpolation circulaire du côté échappement du collecteur.



L'obtention de l'usinage des collerettes nécessite de définir les formes et les dimensions d'un outil spécifique.



Pour répondre à cette problématique vous disposez :

- des documents techniques **DT2 page 6**,
- du document ressource **DRS6 (1/1)**,
- des documents réponses **DR8-1** et **DR8-2**.

Données :

- Surépaisseurs d'usinages de 3 mm.
- Dépouilles de 3°.

Sur le document réponse DR8-1

Question 8.1 : Proposer une schématisation de l'outil en position d'usinage permettant d'usiner les deux collerettes (l'une après l'autre). Vous placerez l'outil de telle façon qu'il soit dans la position la plus contraignante.

Question 8.2 : Définir la forme et les dimensions de cet outil (voir DT2 page 6 – coupe B-B et vue de dessus).

Sur le document réponse DR8-2

Pour la matière de l'outil spécifique, le groupe d'experts a retenu deux matières : Acier Rapide Supérieur (ARS) et carbure de tungstène (CW).

Question 8.3 : Pour chaque matériau, calculer la flèche au bout de l'outil lors de l'usinage sachant (voir DRS6 (1/1)) :

- que l'effort de coupe est défini à **600N**,
- que le moment quadratique I sera pris dans le DRS6 (1/1), on prendra un **diamètre d'outil $d = 14$ mm** et une longueur $l = 65$ mm,
- que la flèche et module d'élasticité longitudinal **E** sont donnés dans le tableau du DRS6 (1/1).

Question 8.4 : Sur quelle cote va agir la déformation de l'outil précédent ?

Problématique 9 : Étudier et valider une mise en position.

Quel est l'effort de bridage minimal à assurer afin de maintenir le collecteur sur ses appuis ?

Avant de valider le posage pièce, le groupe de travail décide de faire une évaluation de l'effort minimal de bridage permettant de maintenir le collecteur sur ses appuis durant la phase d'usinage la plus contraignante ; celle d'usinage des deux collerettes.

Le document ressource **DRS7 (2/2)** vous précise les points caractéristiques des différentes actions mécaniques extérieures qui interviennent dans l'équilibre du collecteur.



Pour répondre à cette problématique vous disposez :

- des documents ressources **DRS7 (1/2 et 2/2)**,
- du document réponse **DR9**.

Hypothèses d'étude de l'équilibre du collecteur :

- La position de l'outil est considérée comme étant la plus impactante.
- Les points O, A, B, C, D, E sont les points caractéristiques des liaisons participant à la mise en position.
- Le point M est le point caractéristique de l'action de bridage.
- Le point G est le point caractéristique de l'action de la terre sur le collecteur.

Un logiciel de mécanique a permis de déterminer, en fonction d'un effort de bridage (en M) variable, les coordonnées sur Z des résultantes des actions mécaniques en O, A, B (voir DRS7 2/2).

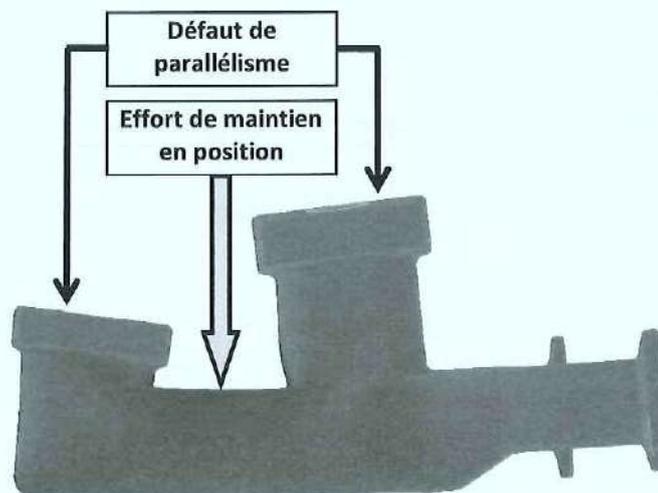
Sur le document réponse DR9

Question 9.1 : Quelle devra être la valeur minimale de l'effort de bridage pour assurer le maintien du collecteur sur les appuis O, A et B ? Justifier.

Problématique 10 : Vérifier une déformation.

Le parallélisme entre les deux surfaces planes, de mise en position du collecteur sur le corps de la pompe à vide, pourra-t-il être obtenu ?

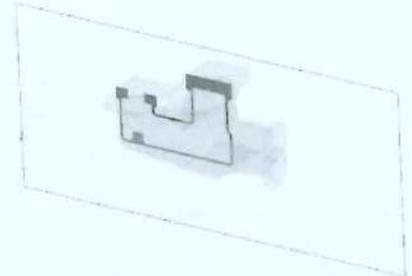
Le groupe de travail veut évaluer la faisabilité d'obtention de ce parallélisme au regard de la déformation du collecteur avant usinage, déformation due à l'effort qu'exerce le système de maintien en position.





Pour répondre à cette problématique vous disposez :

- du document ressource **DRS8 (1/1)**,
- du document réponse **DR10**.



Hypothèses :

- Une étude a été réalisée à l'aide d'un logiciel de calcul par éléments finis. Il montre que la pièce « ne vrille pas » ; cela va permettre une étude dans le plan médian du collecteur.
- L'étude se résumera (voir DRS8 (1/1)) à l'étude du défaut de parallélisme entre les droites (AB) et (CD).

Sur le document réponse DR10

Question 10.1 : Après calcul des angles **a** et **b** (arrondir les valeurs à 10^{-4} ° près), déterminer la valeur **DEF** du défaut théorique de parallélisme.

Question 10.2 : Quelle conclusion peut tirer le groupe de travail au regard de la tolérance imposée par le cahier des charges ?

Problématique 11 : Calculer l'effort de serrage et proposer un outillage pour assurer le bridage. Comment assurer l'effort de bridage afin de maintenir le collecteur sur ses appuis ?

Le maintien ayant été validé, le groupe de travail décide de définir une procédure qui assurera le bon effort de maintien en position du collecteur sur le posage pièce par l'intermédiaire de la bride.

La résolution de cette problématique passe par :

- l'étude de l'équilibre de la bride.
- l'évaluation du couple de serrage à prévoir au niveau de l'écrou.
- le choix d'un outillage approprié.



Pour répondre à cette problématique vous disposez :

- des documents ressources **DRS9 (1/2 et 2/2)**,
- des documents réponses **DR11-1 et DR11-2**.

ÉTUDE DE L'ÉQUILIBRE DE LA BRIDE

Hypothèses :

- L'étude sera réalisée dans le plan de symétrie de la bride (0, YZ).
- Le problème sera considéré comme plan (0, YZ).
- Toutes les liaisons seront considérées comme parfaites.
- Les poids des différentes pièces seront négligés.

Écriture d'une action mécanique modélisée sous la forme d'une force :

$$\text{ex : } \overline{P}_{\overline{S}/\text{BRIDE}} = \begin{vmatrix} Y_p \\ Z_p \end{vmatrix} \text{ avec}$$

- $P \rightarrow$ point caractéristique de la force,
- $\overline{S} \rightarrow$ pièce du milieu extérieur agissant sur la bride.

Données :

- L'effort qu'exerce l'axe 5 du palonnier 3 sur la bride 2 aura comme intensité **4500 N**

Sur le document réponse DR11-1

Question 11.1 : Isolement de la bride 2 (voir DRS9 (1/2)). Compléter le tableau des actions mécaniques extérieures agissant sur la bride. Mettre un ? dans toute case ne pouvant être renseignée.

Question 11.2 : Étude de l'équilibre de la bride 2. En appliquant le principe fondamental de la statique en O, déterminer la force que devra indirectement exercer l'écrou 9 sur la bride 2.

Une courbe permet de connaître le couple de serrage à exercer sur l'écrou 9 en fonction de l'effort que celui-ci exerce sur la bride 2 par l'intermédiaire des rondelles 1 et 8.

La courbe tient compte :

- du diamètre nominal de l'assemblage fileté : M16
- des coefficients de frottements vis - l'écrou et rondelle concave – bride
- de l'ampleur de la surface d'appui rondelle concave – bride

Sur le document réponse DR11-2

Pour la suite on prendra comme intensité de l'action exercée par l'écrou 9 → **2180 N**.
Pour des questions de sécurité cette valeur majore de 30% la valeur calculée au 11.2.

Question 11.3 : Rechercher le couple de serrage à exercer sur l'écrou (voir DRS9 (2/2)).

Question 11.4 : Proposer, par sa référence, l'outillage le plus approprié qui permettra d'assurer le couple de serrage. Justifier.

Problématique 12 : Définir un complément au système de maintien en position

Le groupe de travail envisage, afin d'éviter tout problème de vibration lors de l'usinage des collerettes, de réfléchir sur le choix d'un bridage complémentaire du côté des sorties d'échappement et **en opposition aux supports réglables à bille oscillante (voir DR12)**.

La modification partielle du porte-pièce va nécessiter une étude de faisabilité.



Pour répondre à cette problématique vous disposez :

- du document technique **DT2 page 6**,
- du document réponse **DR12**.

Données :

- Afin de limiter l'impact sur la mise en position actuelle on place sous chacune des sorties d'échappement un support réglable à bille oscillante.

Le support réglable à bille oscillante est schématisé sur le document réponse DR12.



- La conception et la réalisation du bridage complémentaire seront sous traitées. Dans le but de proposer au sous-traitant un cahier des charges précis, le groupe de travail veut proposer le schéma cinématique de la solution. C'est l'objet de cette étude.

Sur le document réponse DR12

Question 12.1 : Sur la vue principale, définir sous forme d'un schéma cinématique minimal, le bridage complémentaire. On prendra soin de différencier les différents groupes cinématiques par des couleurs.

Question 12.2 : Sur la vue de profil, définir par un rectangle en traits mixtes de couleur rouge, la zone où le bridage peut être implanté.

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

Le groupe de travail envisage de faire une synthèse des différents résultats.

Sur le document réponse DR13

Question 13.1 : Compléter le tableau de synthèse des différents résultats.

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

INDUSTRIALISATION DES PRODUITS MÉCANIQUES

E4 : ÉTUDE DE PRÉINDUSTRIALISATION

SESSION 2017

DOSSIER RESSOURCES

Contenu du dossier :

DRS	Intitulé	Page(s)
DRS 1	Relation Produit Procédé Matériau	Pages 2 à 4
DRS 2	Vocabulaire et exemples de fonderie	Page 5
DRS 3	Données économiques – Conception brut	Page 6
DRS 4	Symbolisation isostatique et références partielles	Pages 7 à 9
DRS 5	Caractéristiques outils de lamage	Pages 10 à 11
DRS 6	Formulaire de flexion simple	Page 12
DRS 7	Mise en position du collecteur - Données	Pages 13 à 14
DRS 8	Déformation du collecteur – Données	Page 15
DRS 9	Bridage collecteur sur porte-pièce - Données	Pages 16 à 17

Relation Produit Procédé Matériau : DRS1 (1/3)

Aciers fortement alliés – Caractéristiques mécaniques

	R mini (MPa)	Re mini (MPa)
X 4 Cr Mo S 18	400	275
X 2 Cr Ni 19-11	460	175
X 5 Cr Ni 18-10	510	195
X 5 Cr Ni Mo 17-12	510	205
X 6 Cr Ni Ti 18-10	490	195
X 6 Cr Ni Mo Ti 17-12	540	215

R mini → résistance minimale à la rupture par extension.

Re mini → limite élastique minimale.

Soudabilité des aciers

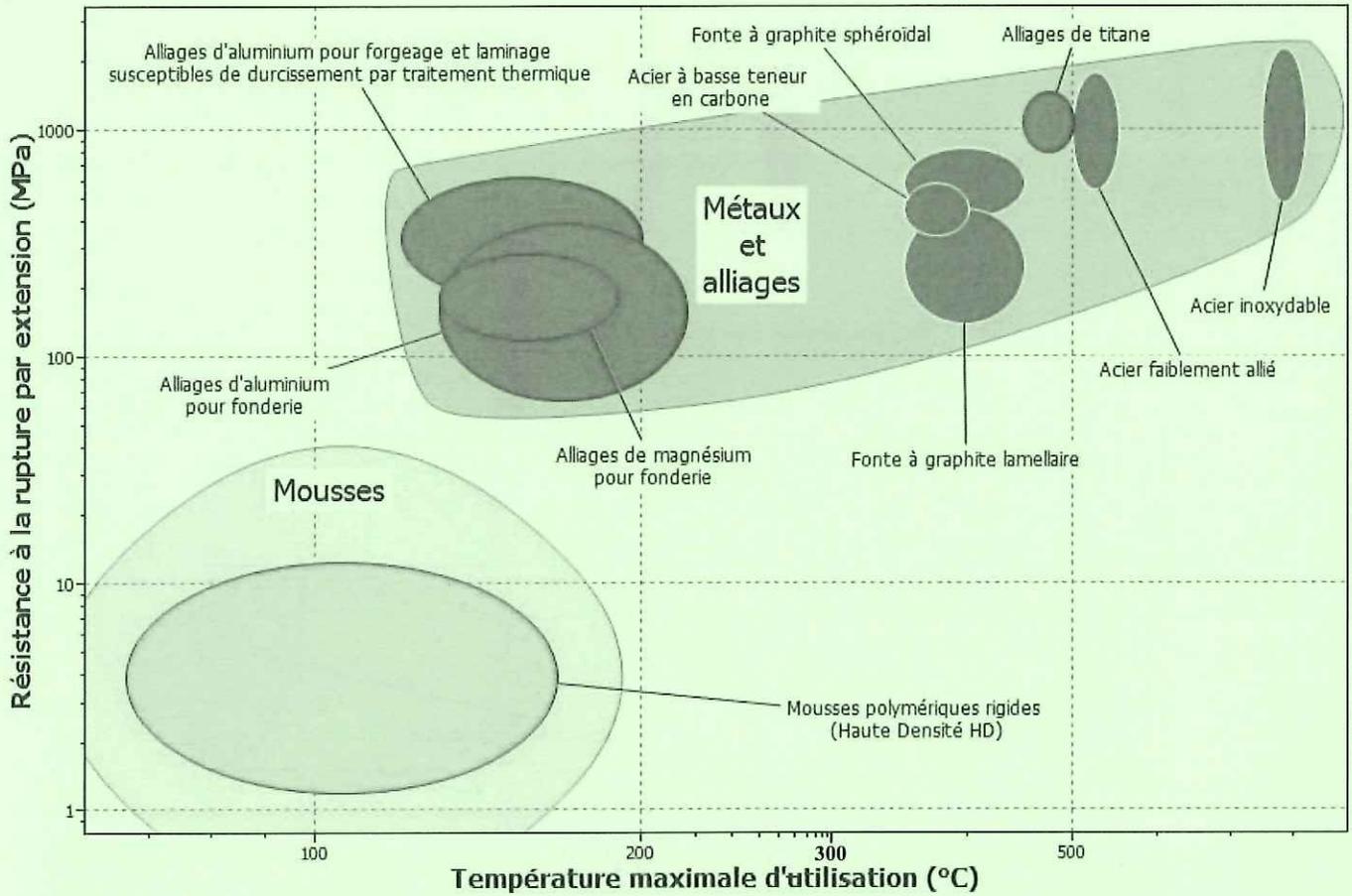
Les **aciers au chrome** sont ferritiques et magnétiques à l'état adouci. Certains se comportent comme des aciers spéciaux auto-trempants, d'autres ne se trempent que partiellement ou pas du tout. Les **aciers au nickel-chrome** sont en **général austénitiques**.

La propriété de la couche d'oxyde ne doit pas faire oublier que le chrome est oxydable et donc de la nécessité de protéger le bain de fusion de l'action de l'oxygène par une atmosphère inerte qui peut être selon le cas, de l'argon ou de l'hélium ou de l'azote voire le vide, dans des procédés de soudage sans laitier comme le TIG, le MIG, le plasma, le laser, le faisceau d'électron...

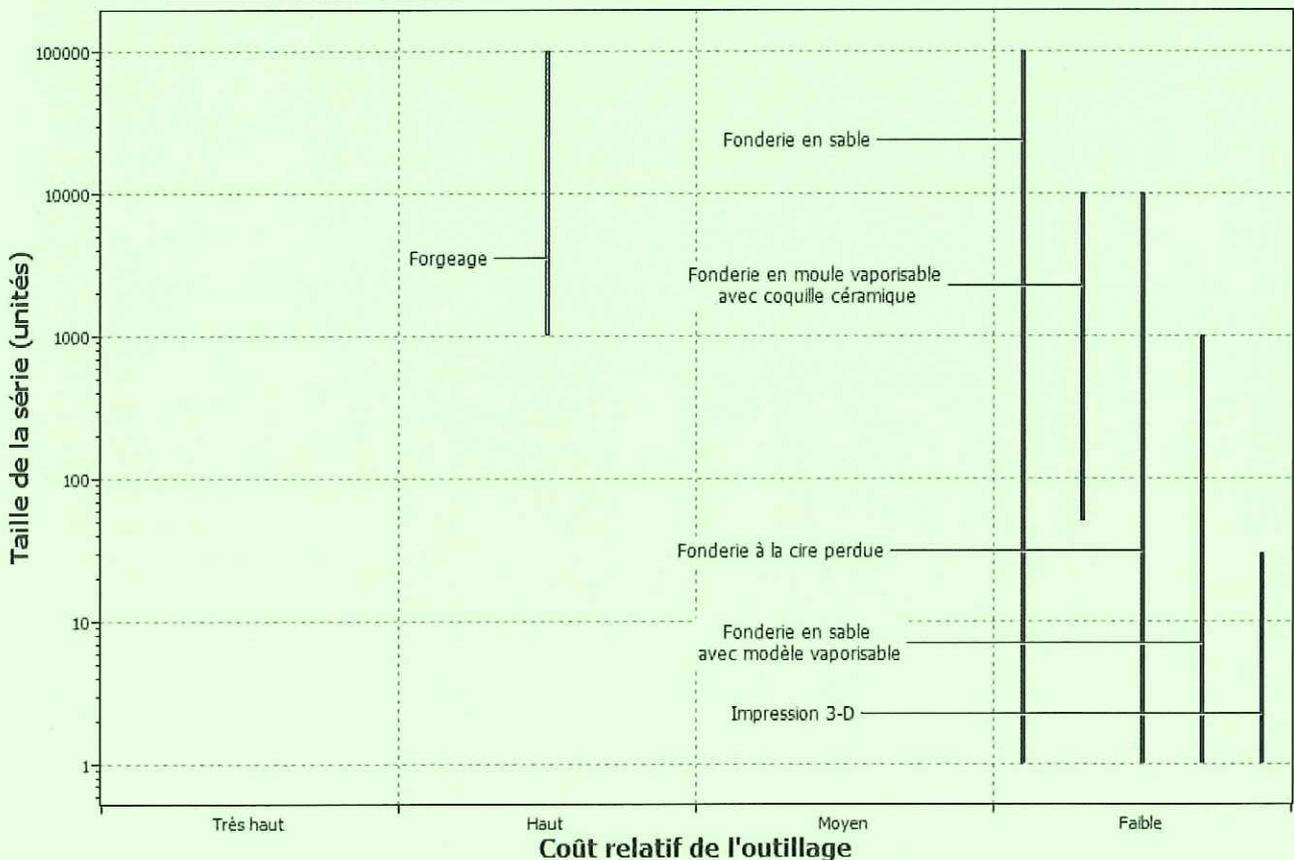
- **Les aciers martensitiques**, en raison de leur haute teneur en carbone, se prêtent mal au soudage homogène (*problème de rupture fragile en 1^{re} passe*) et de fissuration à froid par conjugaison des trois facteurs : présence de structures fragiles, effet de l'hydrogène et apparition de contraintes); à chaque fois que possible préconiser le soudage hétérogène avec produit d'apport austénitique.
- **Les aciers ferritiques** tendent à devenir fragiles lorsqu'ils sont soudés en homogène et devraient être immédiatement suivi d'un traitement d'hypertrempe (*remise en solution des carbures et des composés intermétalliques*), ce qui n'est pas toujours réalisable. Lorsque rien ne s'y oppose (problème de corrosion galvanique par exemple) ou qu'il n'y a pas de contre-indication avec la destination de l'équipement fabriqué, il est préconisé de souder en hétérogène avec un produit d'apport austénitique en utilisant de faibles énergies de soudage pour éviter la formation de zones à gros grains fragiles à basse température.
- **Les aciers austénitiques sont les plus aptes au soudage**. Le métal d'apport et les paramètres de soudage doivent être choisis avec soin afin que le joint soudé conserve les propriétés chimiques et mécaniques de l'acier de base.

Relation Produit Procédé Matériau : DRS1 (2/3)

Graphique matière 1 : Résistance à la rupture par extension / Température maximale d'utilisation

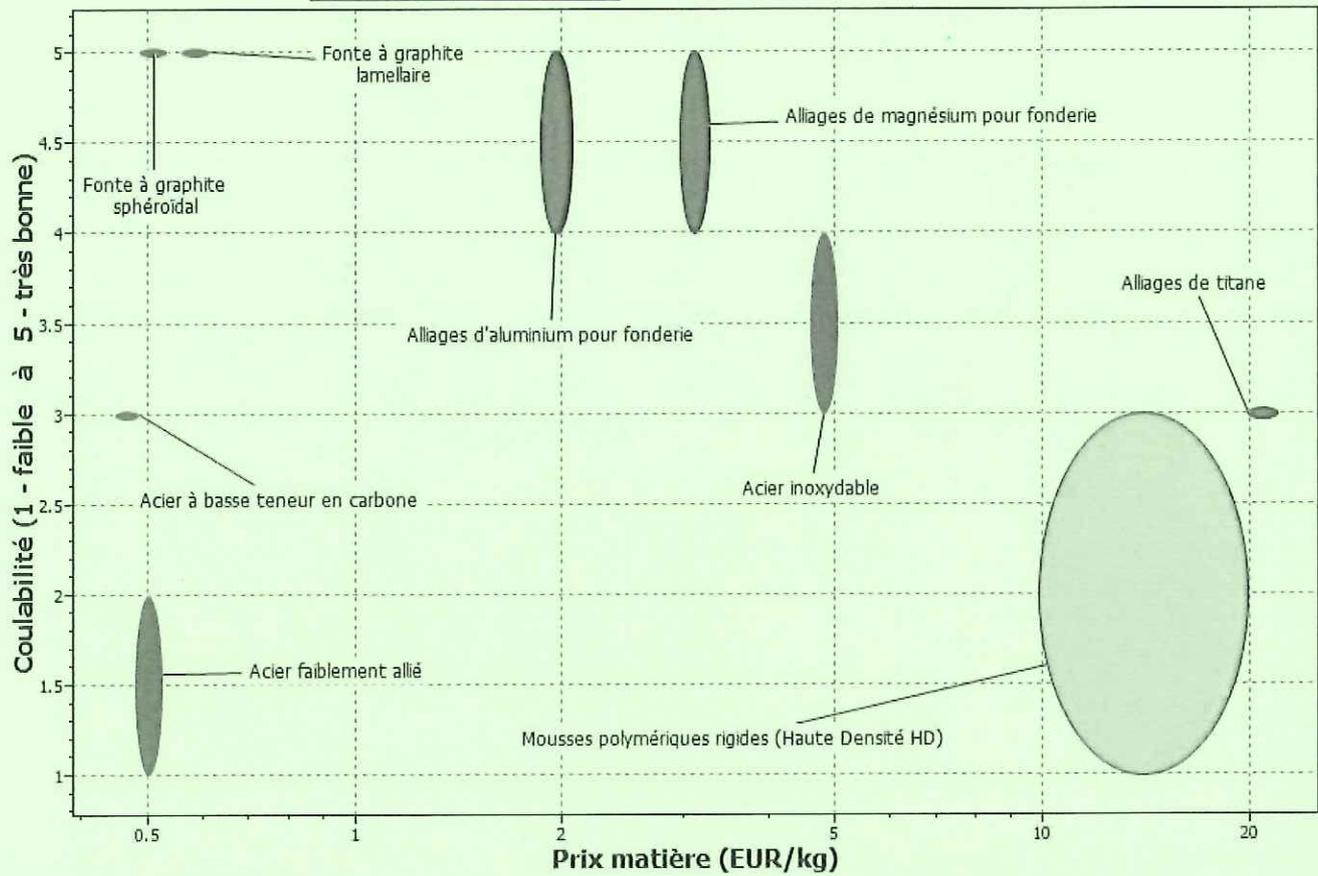


Graphique procédé : Taille de la série / Coût relatif de l'outillage



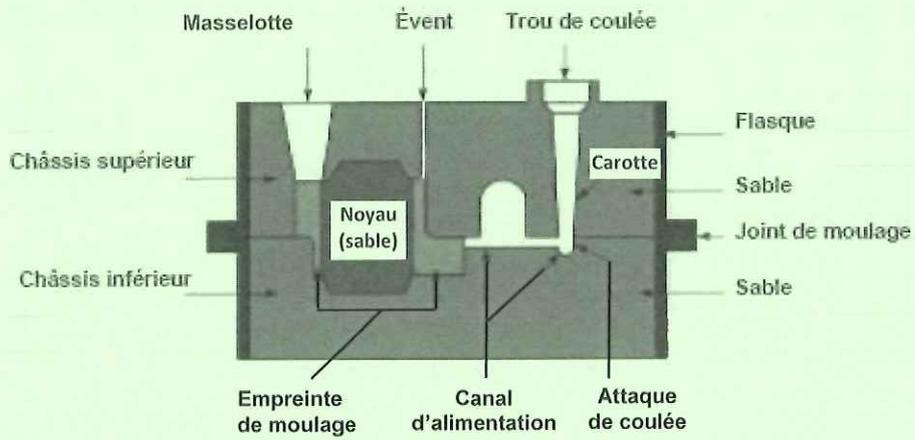
Relation Produit Procédé Matériau : DRS1 (3/3)

Graphique matière 2 : Coulabilité / Prix matière

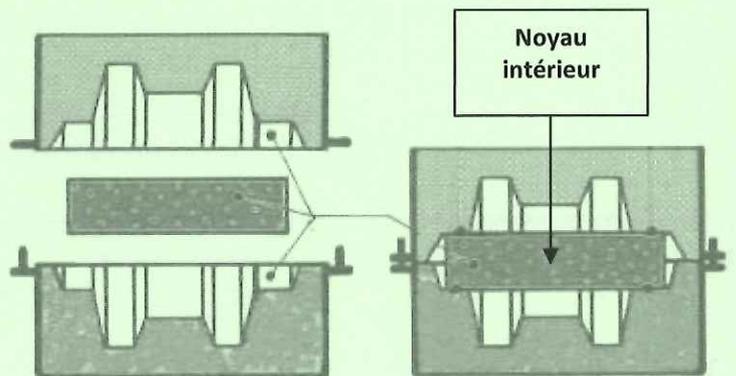


Fonderie au sable

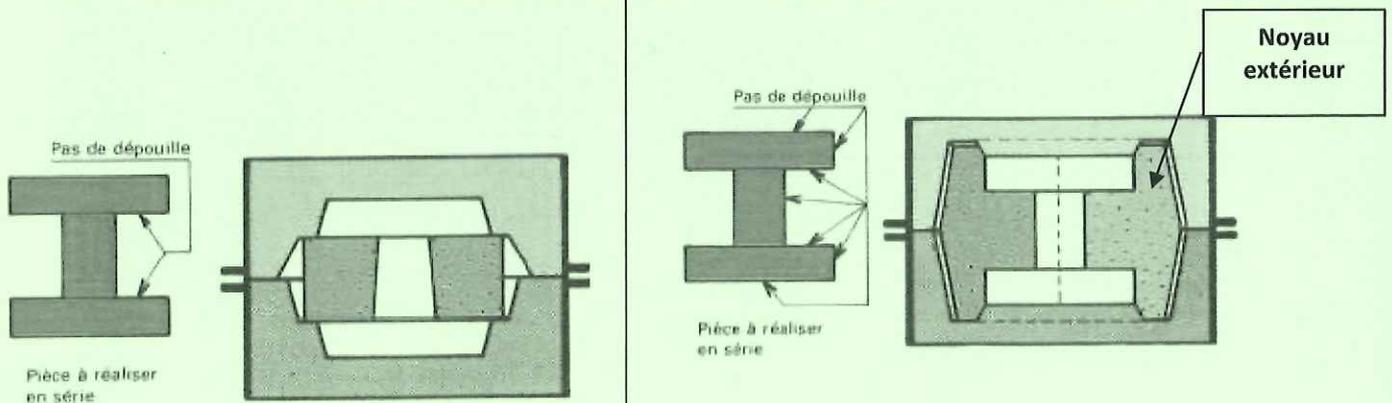
Vocabulaire utilisé en Fonderie au sable



Exemple de pièce moulée au sable avec noyau intérieur



Exemple de pièce moulée au sable avec noyau extérieur



Données économiques – Conception brut : DRS3 (1/1)

Procédé de réalisation du collecteur

Procédé actuel P1 : Brut en mécano-soudé puis reprise des surfaces fonctionnelles en usinage.

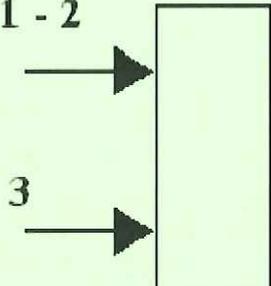
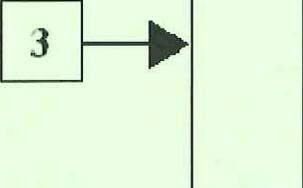
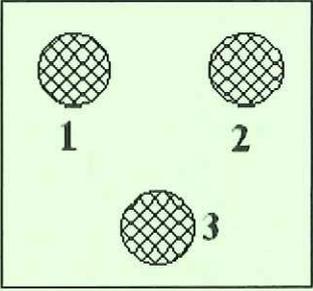
Réalisation du brut en mécano-soudé	En interne. Matériau : acier inoxydable 304 [X 5 Cr Ni 18-10] Masse du collecteur brut \approx 5 kg Coût matière par pièce : 25 € Coût outillage et équipement pour soudage : 400 € Coût opération de soudage par pièce : 1200 €.
Usinage des surfaces fonctionnelles	En interne. Coût usinage par pièce : 200 €.

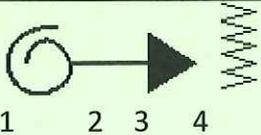
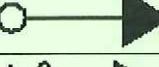
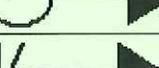
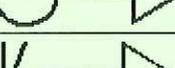
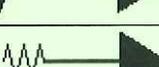
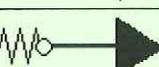
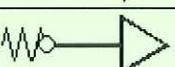
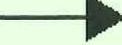
Procédé envisagé P2 : Brut obtenu en moulage en sable puis reprise des surfaces fonctionnelles en usinage.

Réalisation du brut par moulage en sable.	Sous-traité. Matériau : Fonte EN – GJS 500 – 7 Masse du collecteur brut \approx 8 kg Coût matière par pièce : 5 € Coût plaque modèle + boîte à noyaux : 12000 € Coût parachèvement par pièce : 400 €.
Usinage des surfaces fonctionnelles	En interne. Coût usinage par pièce : 200 €

Symbolisation isostatique : DRS4 (1/3)

Symbolisation de la mise en position isostatique des pièces mécaniques

1ère partie de la norme (NF E 04-013)		
Elle concerne les symboles de base utilisés dans la définition d'une mise en position géométrique d'une pièce. Elle ne permet pas de connaître les technologies utilisées pour la mise en position. Elle s'applique lors de la réalisation d'APEF.		
Symboles de base		
		
Exemples :		
Symbolisations frontales équivalentes		Symbolisation projetée
Représentation normale	Représentation simplifiée	
1 - 2 		

2ème partie de la norme (NF E 04-013)		
Elle concerne les symboles utilisés sur les contrats de phase pour représenter les éléments d'appui et de maintien des pièces au cours de l'usinage. Chaque symbole se construit à l'aide de quatre éléments.		
Composition des symboles :		
	1 - Type de technologie 2 - Nature de la surface de la pièce 3 - Fonction de l'élément technologique 4 - Nature du contact avec la pièce	
1 - Type de technologie		
Appui fixe		
Centrage fixe		
Système à serrage		
Système à serrage concentrique		
Système à réglage irréversible		
Système de soutien irréversible		
Centrage réversible		
2 - Nature de la surface de la pièce		
Surface usinée (1 trait)		
Surface brute (2 traits)		

Symbolisation isostatique : DRS4 (2/3)

Symbolisation de la mise en position isostatique des pièces mécaniques

3 - Fonction de l'élément technologique				
Fonction			Symbolisation frontale	Symbolisation projetée
MIP	Mise en position rigoureuse	Appui		
	Centrage	Centreur complet		
		Centreur dégagé (locating)		
MAP	Immobilisation de la pièce	Serrage		
4 - Nature du contact avec la pièce				
Contact ponctuel	Touche plate	Contact strié	Pointe fixe	Pointe tournante
Touche dégagée	Cuvette	Vé	Palonnier	Orienteur

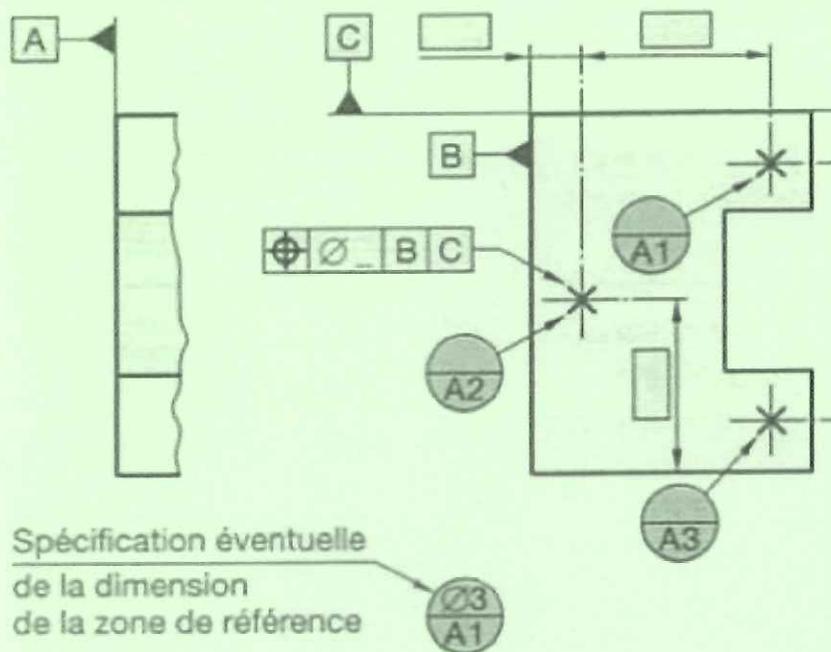
Références partielles

CAS PARTICULIER : références partielles

Pour certaines applications, il est nécessaire de repérer certains points qui définissent géométriquement la surface de référence. On utilise à cet effet la symbolisation suivant figure 4.

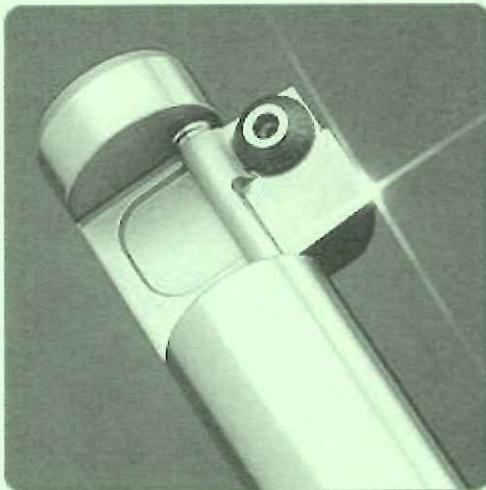
La position des références partielles doit être cotée.

4 Références partielles

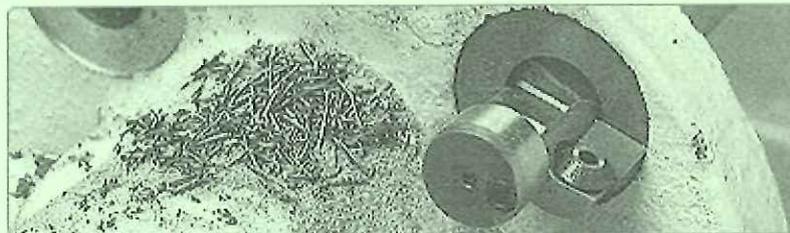


Caractéristiques outils de lamage : DRS5 (1/2)

Outils de lamage



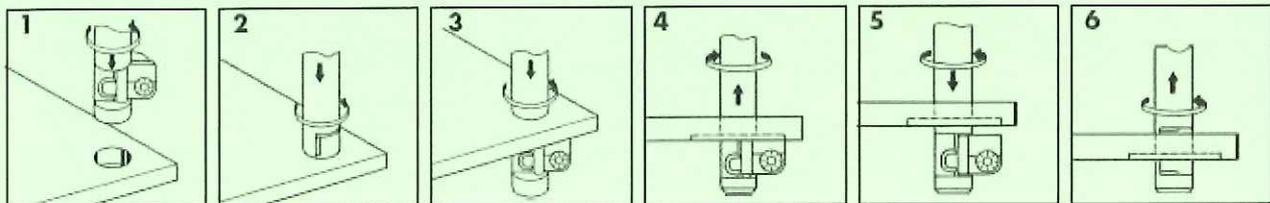
- Utilisables pour lamer / chanfreiner en tirant et/ou en poussant;
- L'ailette coupante de l'outil se referme automatiquement lorsque l'on inverse le sens de rotation ce qui lui permet de passer au travers des trous à lamer;
- Disponibles pour des \varnothing de trous de 4,5 mm -> 76,2 mm et pour des \varnothing de lamage de 8 mm jusqu'à 156 mm;
- Outils disponibles avec arrosage centralisé;
- Gain de temps de 60 à 70 % par rapport aux méthodes conventionnelles.



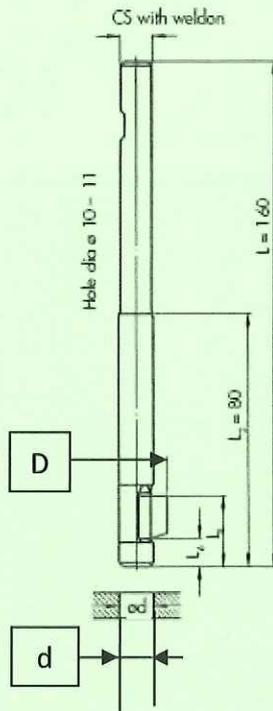
Ordinary back spotfacing (90°)



Front / Back chamfering



Caractéristiques outils de lamage : DRS5 (2/2)



d	D	Référence
10	15,5	90-10/15,5-CS10
	17	90-10/17-CS10
	17,5	90-10/17,5-CS10
	18	90-10/18-CS10
	19	90-10/19-CS10
	19,6	90-10/19,6-CS10
10,5	16	90-10,5/16-CS10
	17,5	90-10,5/17,5-CS10
	18	90-10,5/18-CS10
	18,5	90-10,5/18,5-CS10
	19,5	90-10,5/19,5-CS10
	20	90-10,5/20-CS10
	20,5	90-10,5/20,5-CS10
	21,1	90-10,5/21,1-CS10
11	16,5	90-11/16,5-CS10
	18	90-11/18-CS10
	18,5	90-11/18,5-CS10
	19	90-11/19-CS10
	20	90-11/20-CS10
	20,5	90-11/20,5-CS10
	21	90-11/21-CS10
	22,6	90-11/22,6-CS10

Fraises 3 tailles (Fraise à Té)

APPLICATION

Pour application :
Acier fortement allié < 130 kg
Inox 304L - 316L
Titane et alliages
Fonte FT, FGS
Aluminium
Alliage alu silicium

For use :
high alloyed steel < 1300 N/mm²
Stainless steel 304L - 316L
Titanium and titanium alloys
Cast iron, malleable cast iron
Aluminium
Aluminium with silicium



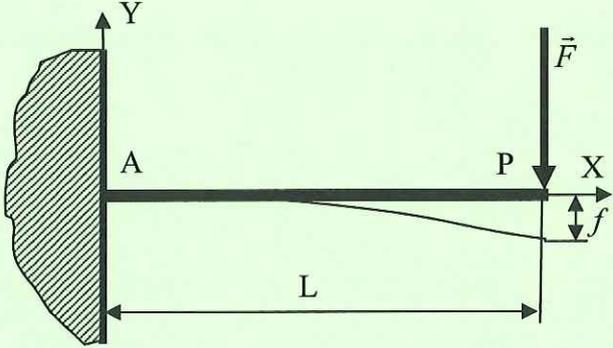
Diamètre de fraise	Épaisseur L	Longueur totale	Diamètre queue	Nombre de dents
16,5	5	56	10	6
22,5	5	63	10	8
25,5	6	63	10	10
28,5	10	71	12	12
32,5	10	71	12	12
50,5	12	80	12	12
50,5	12	80	14	14

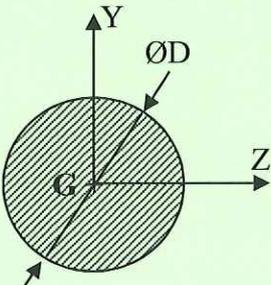
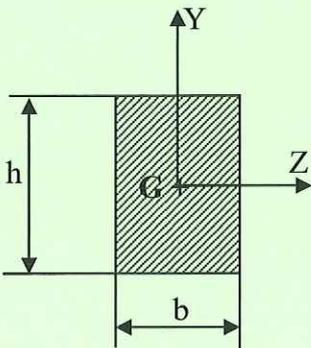
Type fraise	n en tr/min	f en mm/tr	Longueur usinée (Lu) en mm
Fraise à Té	165	0,4	2 x 100
Fraise à lamer en tirant	250	0,15	4 x 20

Calcul du temps d'usinage : $T_u = Lu / n \times f$ avec **Lu** = longueur d'usinage en mm

Formulaire de flexion simple : DRS6 (1/1)

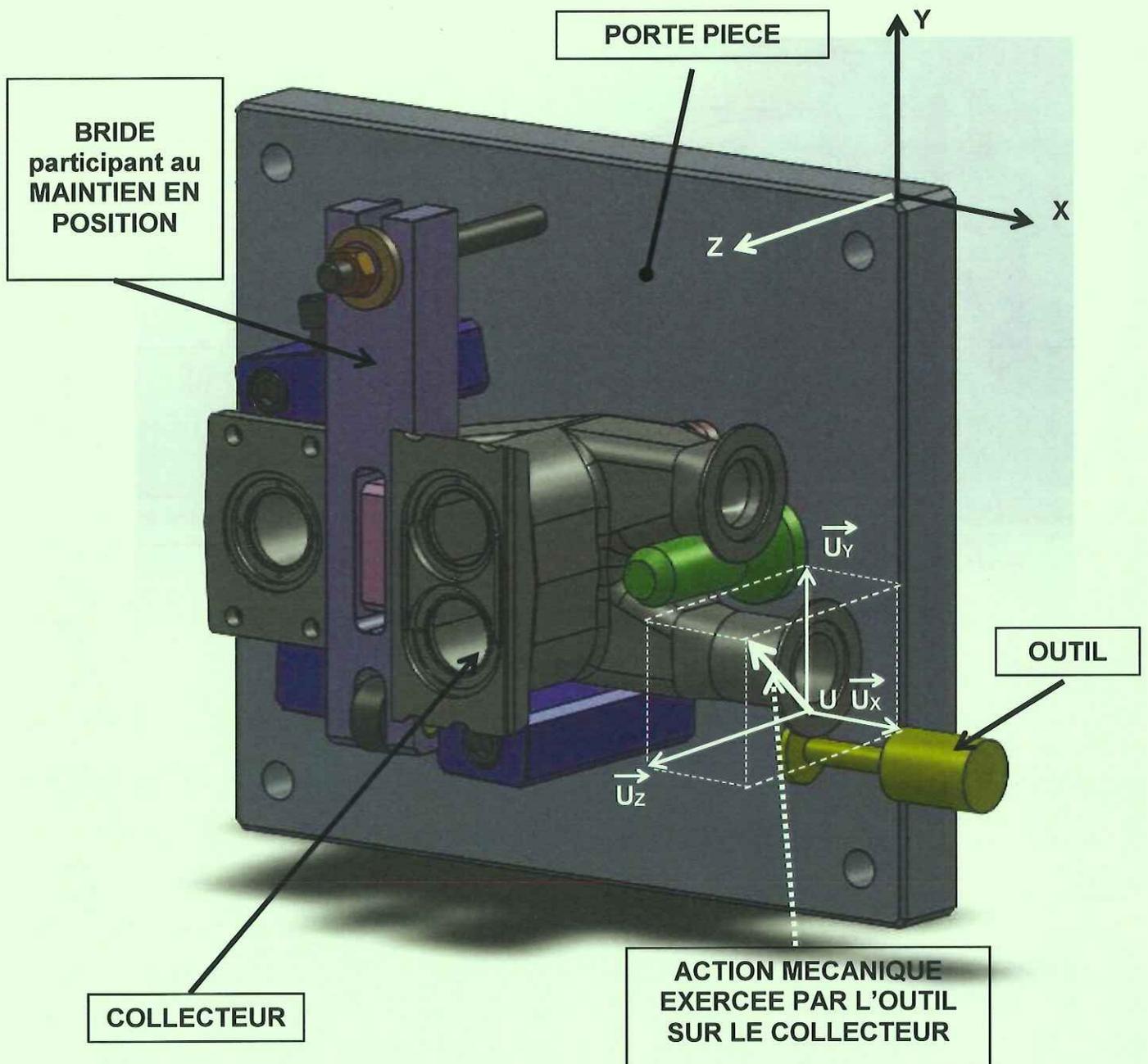
Formulaire de poutres sollicitées en flexion simple

Sollicitation en flexion simple	Flèches
	$f = \frac{F L^3}{3 E I_{GZ}}$

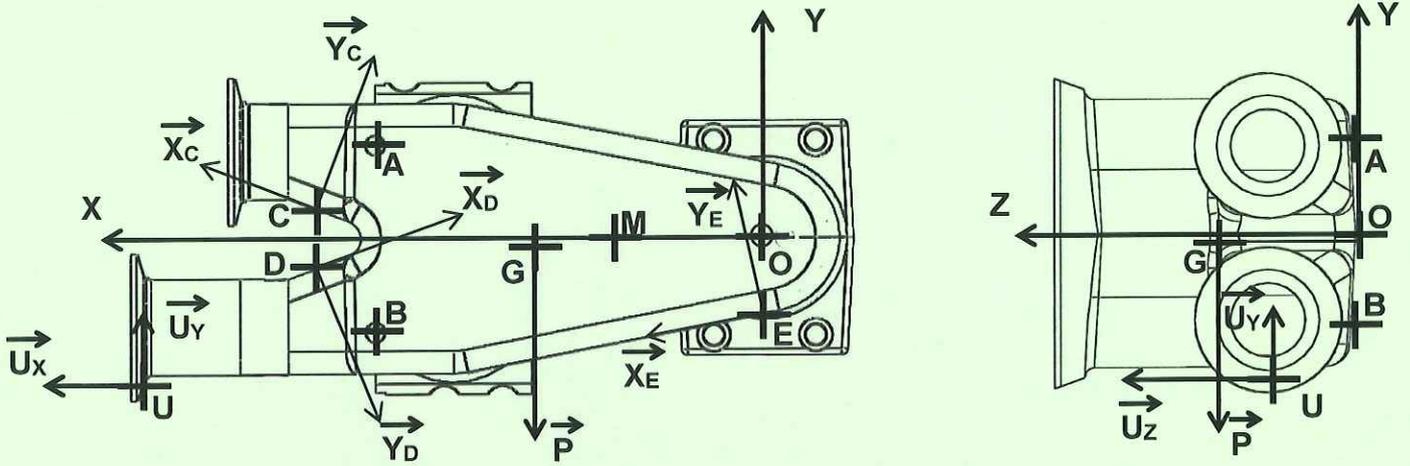
Moment quadratique	
	
$I_{GZ} = \frac{\pi D^4}{64}$	$I_{GZ} = \frac{b h^3}{12}$

Module d'élasticité longitudinal (de Young) E en MPa	
Acier Rapide ARS	Carbure tungstène CW
220 x 10 ³	600 x 10 ³

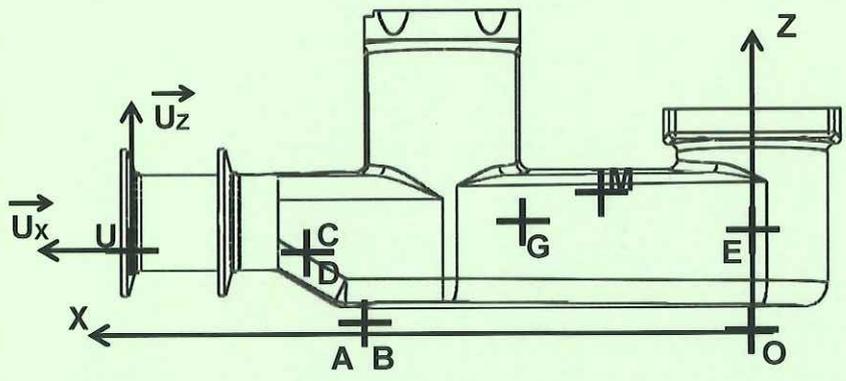
Mise en position du collecteur – Données : DRS 7 (1/2)
Mise en situation



Mise en position du collecteur – Données : DRS 7 (2/2)
Collecteur isolé



Plan non à l'échelle

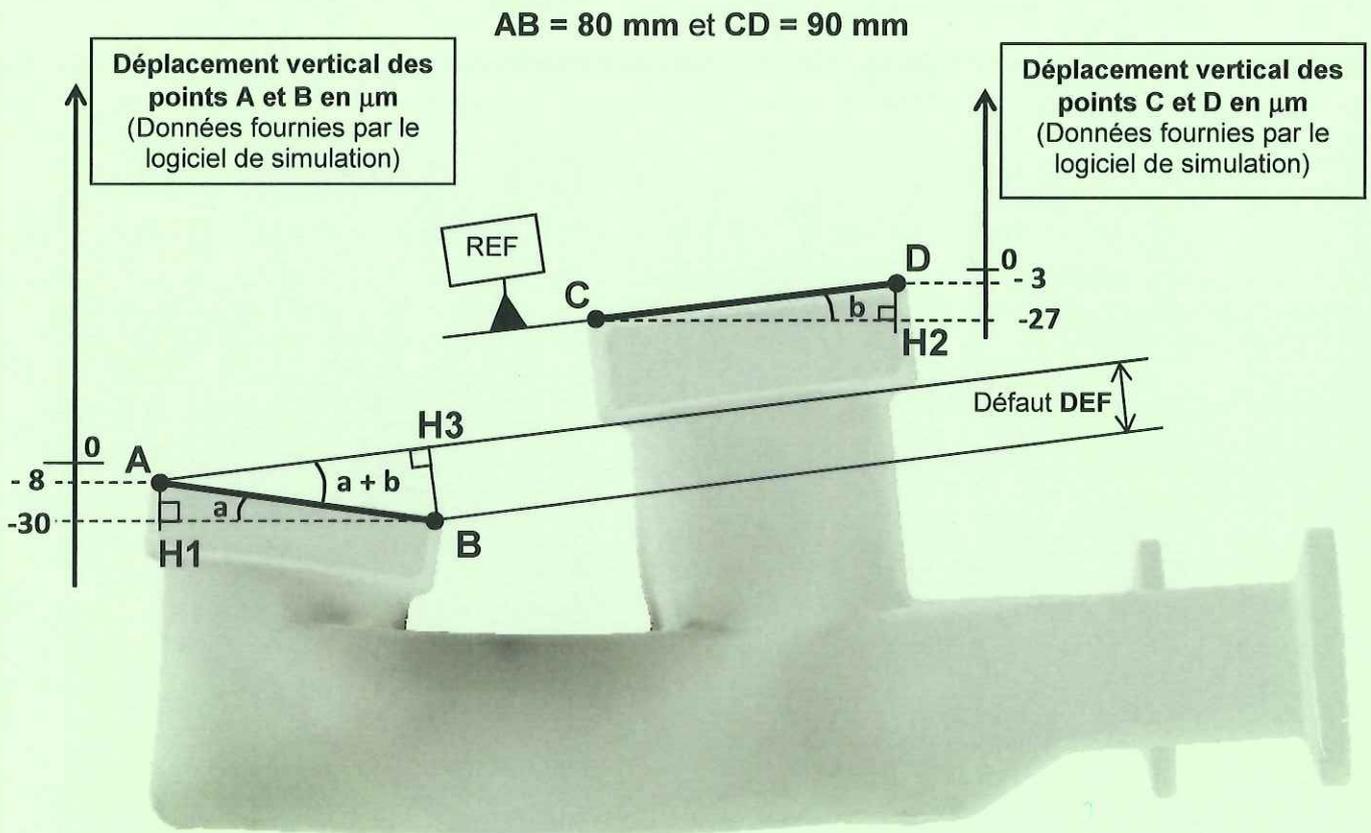


Résultats de l'étude de l'équilibre du collecteur



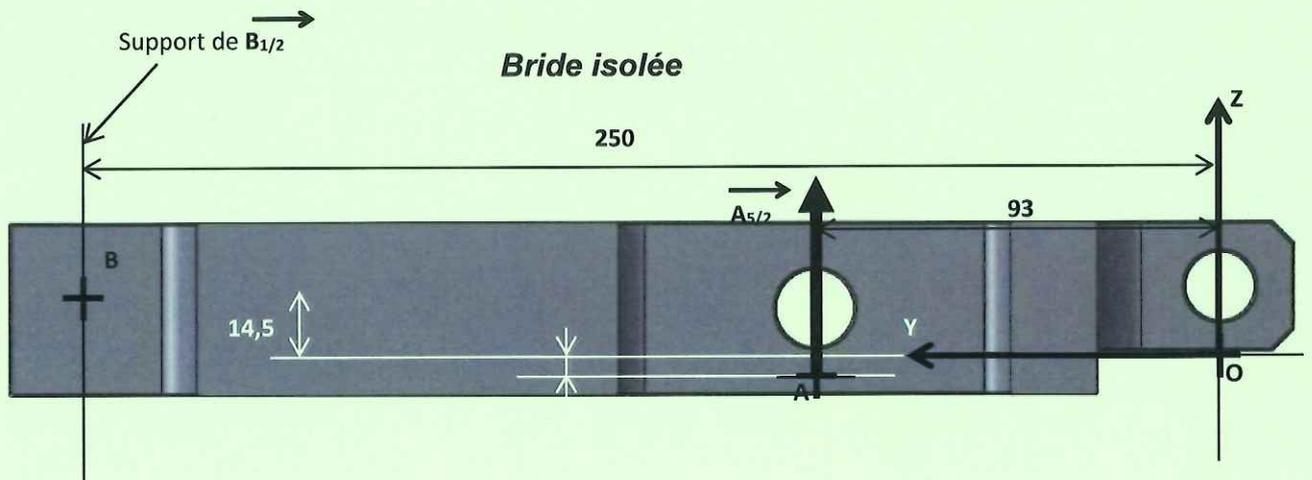
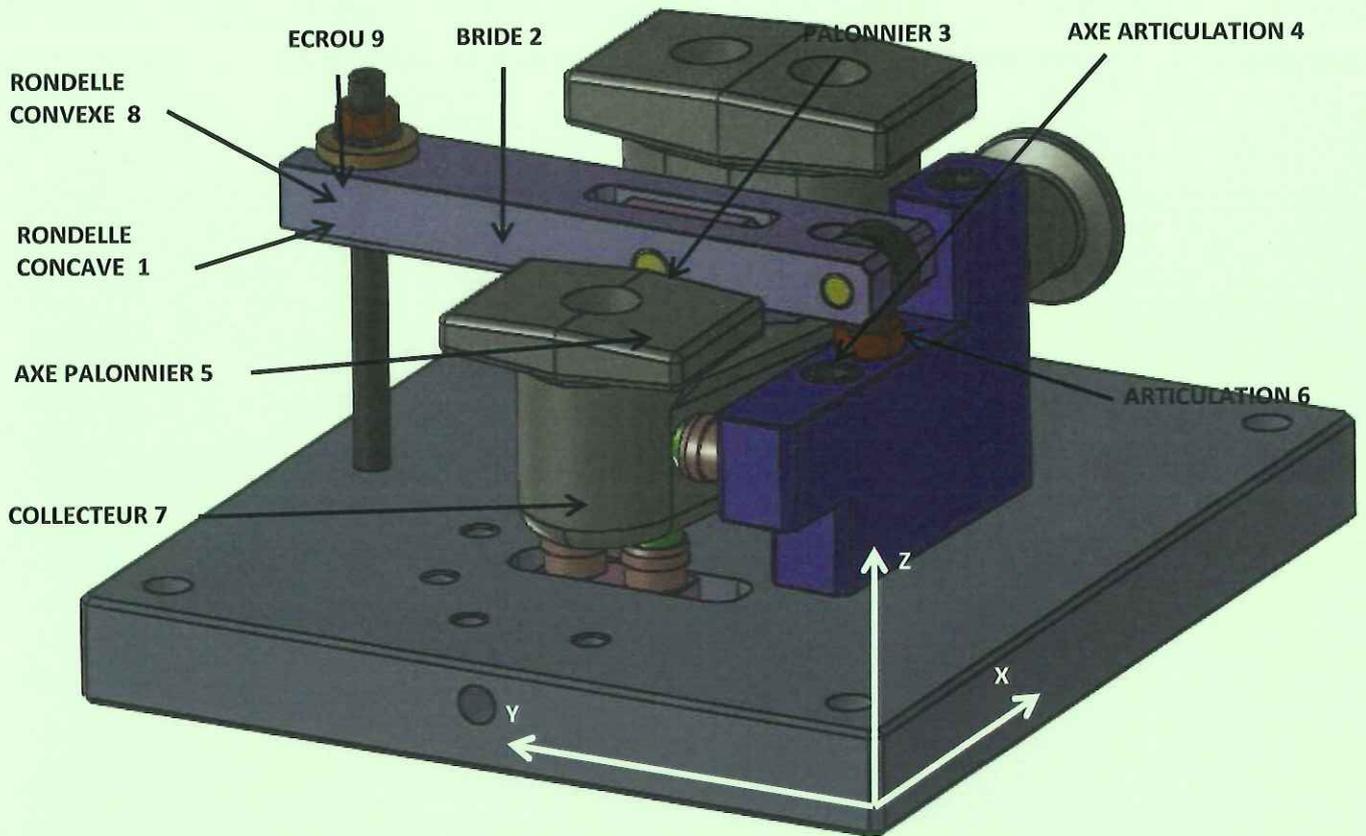
Déformation du collecteur – Données : DRS8 (1/1)

Étude de la déformation du collecteur

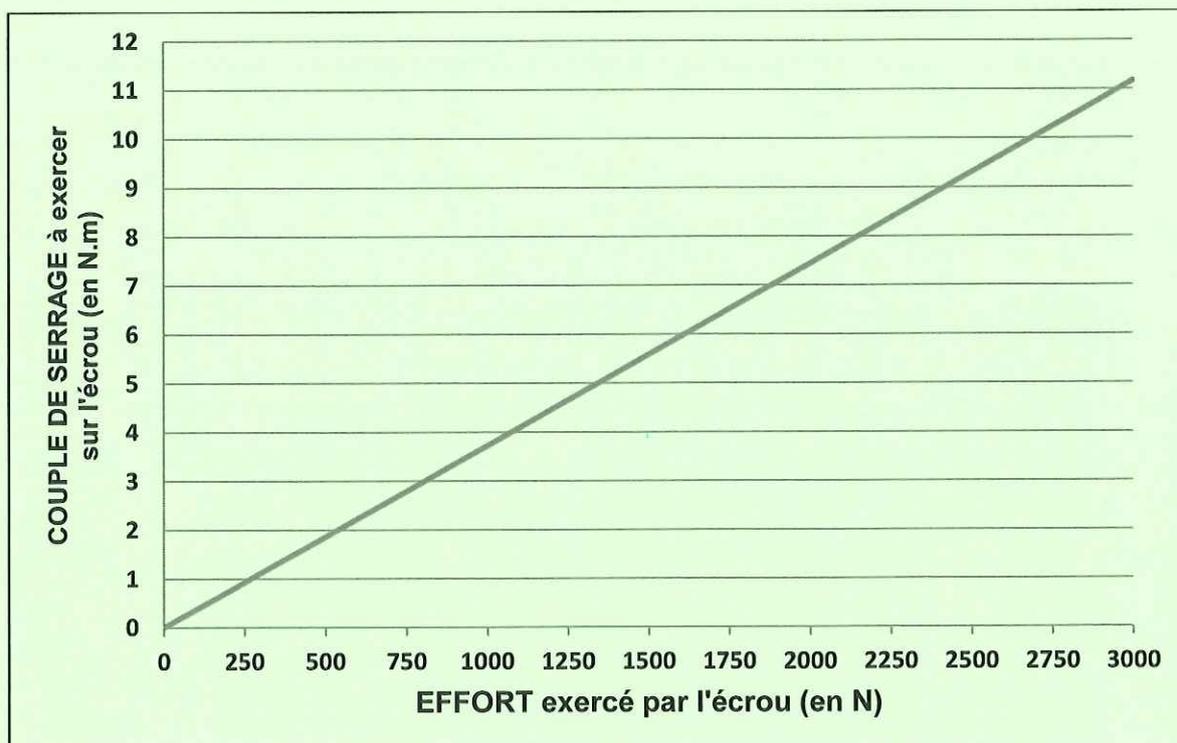


Bridage collecteur sur porte-pièce – Données : DRS9 (1/2)

Mise en situation

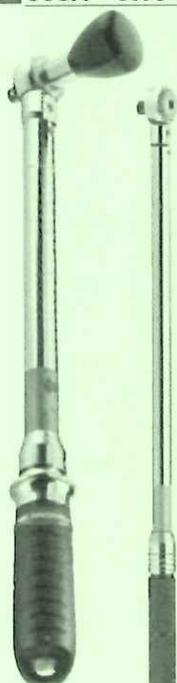


Courbe : Couple de serrage / Effort presseur



Clé dynamométrique – Référence et caractéristiques

306A - Clés à déclenchement avec cliquet amovible



NF EN ISO 6789, ISO 6789, DIN EN ISO 6789

- Précision sortie usine : $\pm 2\%$ sauf :
 - R.306-25D - K306-600D - K306-1000D ($\pm 4\%$).
 - R.304DA ($\pm 6\%$).
- Endurance du mécanisme : 50 000 cycles (clés jusqu'à 200 N.m).
- Utilisation possible avec accessoires :
 - Attachement : 9 x 12 ou 14 x 18 mm.
 - Diamètre : 30 mm.
- Clés monosens utilisables en desserrage par retournement des embouts.
- Clés numérotées livrées avec certificat d'étalonnage ISO 6789.
- Livrées en boîte plastique avec cliquet et poignée pivot (sauf Réf R.306A25 - R.301A - K.306A600 - K.306A1000).

Mod	Capacité [N.m]	Attachement	Graduation [N.m]	L [mm]	Clé	Cliquets	Poignée	Boîte	$\Delta\Delta$ [kg]
R.301A	1 - 5	9 x 12	0,05	185	R.304DA	R.372		BP102	0,290
R.306A25	5 - 25	9 x 12	0,10	271	R.306-25D	R.372		BPD1	0,450
J.306A50	10 - 50	9 x 12	1,00	357	J.306-50D	J.372	S.305P	BPD2	0,930
J.306A100	20 - 100	9 x 12	1,00	437	S.306-100D	J.372	S.305P	BPD2	1,050
S.306A100	20 - 100	9 x 12	1,00	437	S.306-100D	S.372	S.305P	BPD2	1,050
S.306A200	40 - 200	14 x 18	1,00	515	S.306-200D	S.382	S.305P	BPD3	1,260
S.306A350	70 - 350	14 x 18	2,00	725	S.306-350D	S.382	S.305P	BPD3	1,790
K.306A600	120 - 600	14 x 18	2,00	990	K.306-600D	K.382		BPD600	5,160
K.306A1000	200 - 1000	\emptyset 30 mm	4,00	1280	K.306-1000D	K.151A		BPD1000	5,900

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

INDUSTRIALISATION DES PRODUITS MÉCANIQUES

E4 : ÉTUDE DE PRÉINDUSTRIALISATION

SESSION 2017

DOSSIER RÉPONSES

Contenu du dossier :

DR	Intitulé	Page(s)
DR 1	Graphe d'assemblage	Page 2 (format A3)
DR 2	Relation Produit – Procédé - Matériau	Pages 3 à 5
DR 3	Faisabilité moulage	Pages 6 à 7
DR 4	Rentabilité moulage	Pages 8 à 9
DR 5	Choix d'un processus prévisionnel	Pages 10 à 11 (format A3)
DR 6	Modification de forme	Pages 12 à 13
DR 7	Interprétation des spécifications	Page 14
DR 8	Définition d'un outil de coupe	Pages 15 à 16
DR 9	Validation d'une mise en position	Pages 17
DR 10	Vérification d'une déformation	Page 18
DR 11	Calcul d'une bride	Pages 19 à 20
DR 12	Schématisation d'un bridage	Page 21
DR 13	SYNTHÈSE	Page 22

Problématique 1 : Proposer un graphe d'assemblage

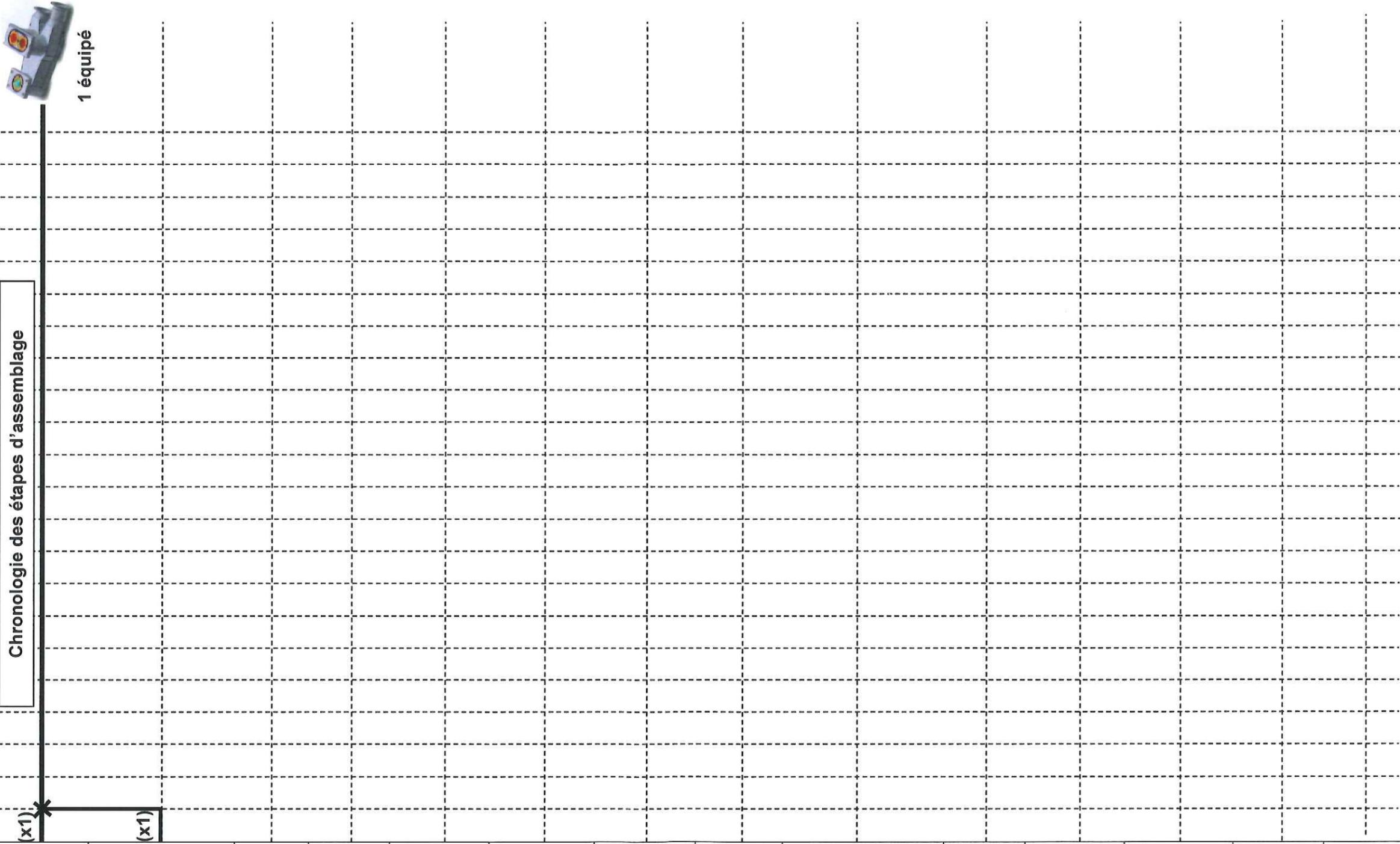
Question 1.1 : Compléter le graphe d'assemblage des différentes pièces équipant le collecteur, avant son montage sur l'ensemble pompe.

Rep	Nbr	Pièces
1	1	
2	1	
3	1	
4	1	
5	1	
6	3	
7	3	
8	12	
9	2	
10	2	
11	2	
12	2	
13	1	
14	1	

On précisera par (x n) le nombre n de composants identiques montés à chaque étape,

par une croix x l'assemblage de 2 composants.

Chronologie des étapes d'assemblage



Problématique 2 : Étudier la relation produit – procédé – matériau

Question 2.1 : Le matériau actuel est un acier inoxydable **X 5 Cr Ni 18-10**. Préciser sa composition.

X	
5	
Cr	
Ni	
18	
10	

Question 2.2 : Indiquer la nécessité du faible pourcentage de carbone dans l'obtention du collecteur (voir DRS1 (1/3)).

Question 2.3 : Quelle est la résistance minimale à la rupture par extension de ce matériau (voir DRS1 (1/3)) ?

Question 2.4 : Quelle est la température maximale à laquelle le matériau du collecteur peut être soumis (voir dossier sujet page 5/18) ?

DR 2-2

Question 2.5 : À l'aide du graphique matière 1 « Résistance à la rupture par extension / Température maximale d'utilisation » (voir DRS1 (2/3)), indiquer par une croix dans le tableau, les matériaux compatibles avec l'exigence de résistance minimale à la rupture par extension et avec l'exigence de température d'utilisation. En synthèse indiquer, dans la dernière colonne, les matériaux compatibles avec ces deux critères.

	Critères		Matériaux compatibles avec les deux critères.
	Résistance à la rupture par extension	Température maximale d'utilisation	
Acier à basse teneur en carbone			
Acier faiblement allié			
Acier inoxydable			
Alliage d'aluminium pour fonderie			
Alliage de d'aluminium pour forgeage et laminage susceptibles de durcissement par traitement thermique			
Alliage de magnésium pour fonderie			
Alliages de titane			
Fonte à graphite lamellaire			
Fonte à graphite sphéroïdal			
Mousses polymériques rigides (haute densité HD)			

DR 2-3

Question 2.6 : À l'aide du graphique procédé « Taille de la série / Coût relatif de l'outillage » (voir DRS1 (2/3)), indiquer les procédés compatibles avec l'exigence de taille de série. On rappelle que la série est envisagée sur 5 ans. Indiquer dans ce même tableau les procédés compatibles avec le coût relatif faible de l'outillage pour réaliser le collecteur (formes générales et dimensions). En synthèse indiquer, dans la dernière colonne, les procédés compatibles avec ces deux critères.

	Critères		Procédés compatibles avec les deux critères.
	Taille de la série	Coût relatif faible de l'outillage (formes générales et dimensions)	
Fonderie en sable			
Fonderie en moule vaporisable avec coquille céramique			
Fonderie à la cire perdue			
Fonderie en sable avec modèle vaporisable			
Forgeage			
Impression 3D			

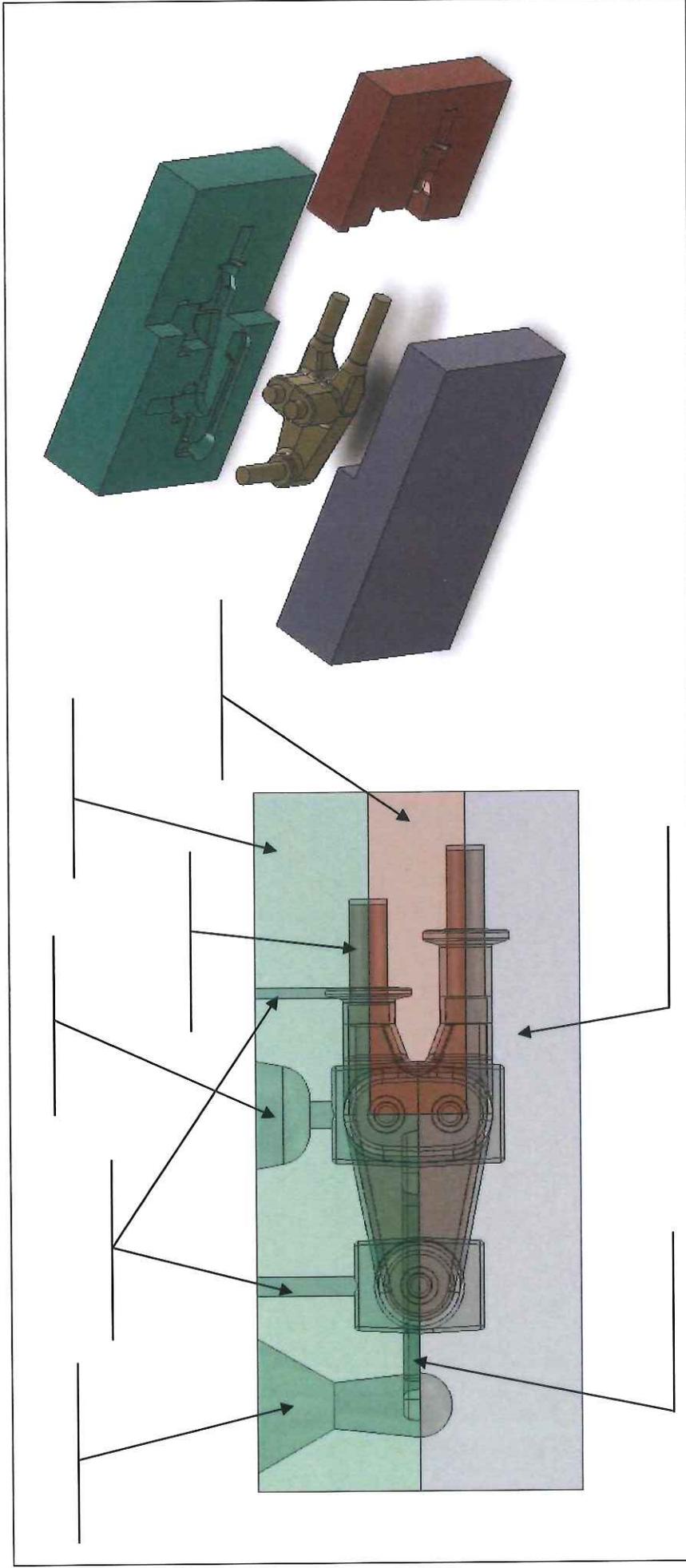
Question 2.7 : Ce choix de procédé d'obtention du brut fait par la société Adixen vous paraît-il approprié ? Justifier.

Question 2.8 : À l'aide du graphique matière 2 « Coulabilité / Prix matière », en tenant compte de votre réponse à la question 2.5 (voir DRS1 (3/3)), indiquer si ce choix de matériau est approprié. Justifier.

DR3-1

Problématique 3 : Étudier la faisabilité d'un procédé d'obtention de brut

Question 3.1 : Repérer les deux châssis, les noyaux intérieur et extérieur, le(s) chenal(aux) de coulée, les événements, la masselotte.



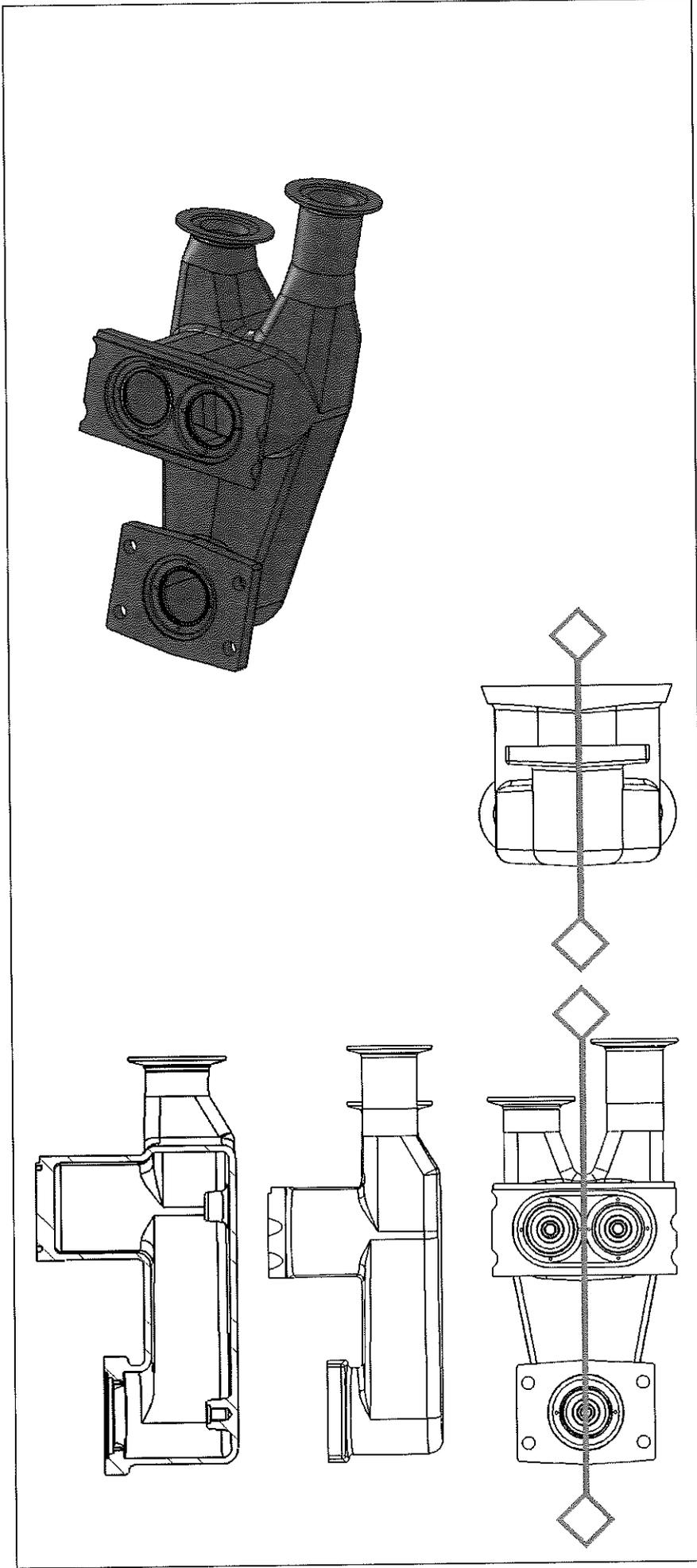
Question 3.2 : Justifier la présence d'un noyau intérieur et d'un noyau extérieur.

DR 3-2

Question 3.3 : Désigner et repérer par une flèche le plan de joint.

Question 3.4 : Mettre en place sur toutes les vues, en vert, les surépaisseurs d'usinage.

Question 3.5 : Mettre en place sur toutes les vues, en bleu, les dépouilles et congés nécessaires à l'extraction du modèle.



DR 4-1

Problématique 4 : Choisir un procédé en fonction de critères économiques

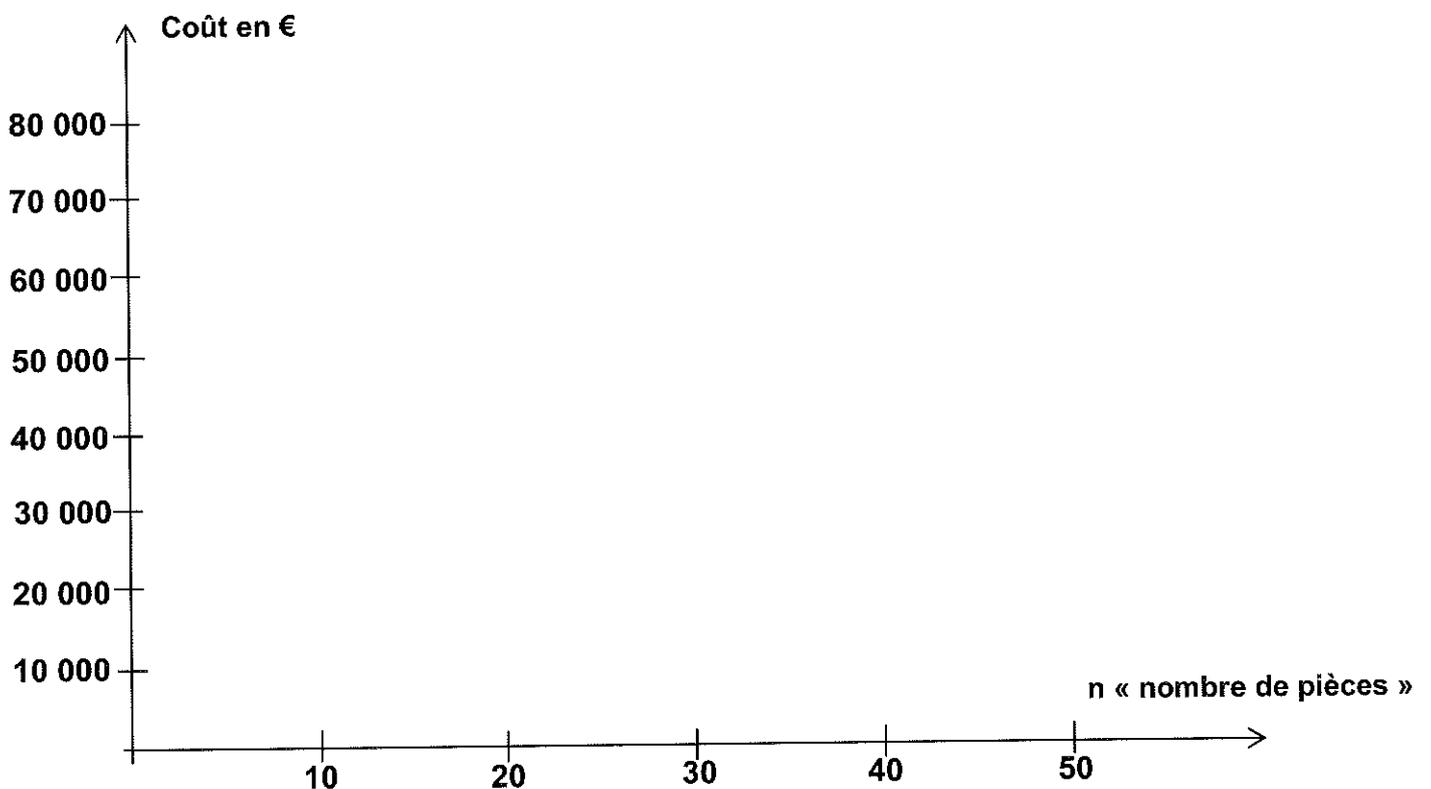
Question 4.1 : Compléter le tableau des données.

	Coût outillage	Coût pièce (hors outillage)
Processus actuel P1		
Processus envisagé P2		

Question 4.2 : Pour chaque procédé, écrire les équations donnant le coût de revient $C_{P1} = f(n)$ et $C_{P2} = g(n)$. La variable n représente le nombre de pièces réalisées.

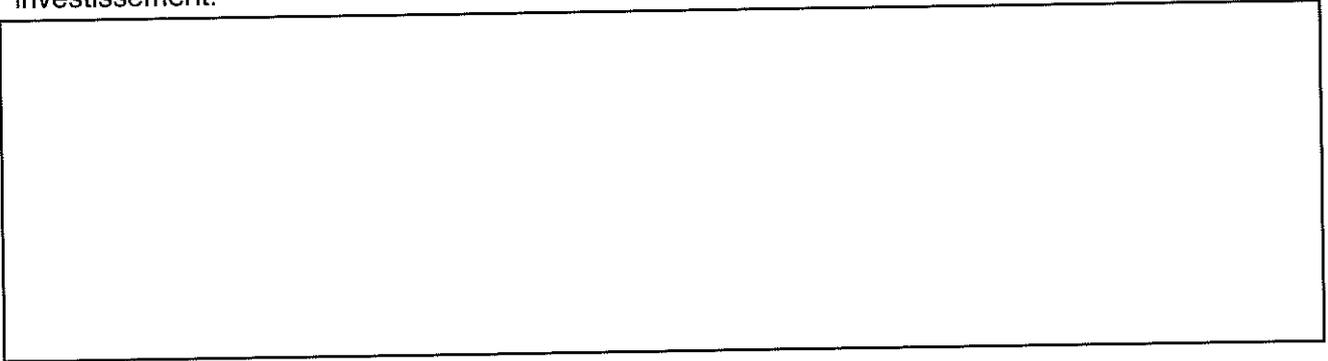
Processus actuel P1	
Processus envisagé P2	

Question 4.3 : Sur le graphe, tracer les deux courbes $C_{P1} = f(n)$ et $C_{P2} = g(n)$.

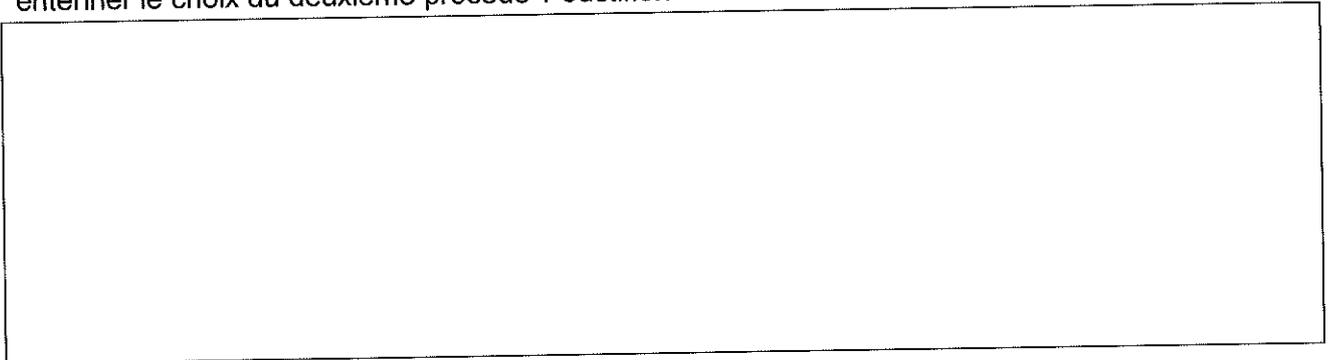


DR 4-2

Question 4.4 : Sur le graphe, délimiter les zones de rentabilité **Zone P1** et **Zone P2** de chaque procédé. En déduire, par la méthode de votre choix (graphique ou par calcul), le seuil de retour sur investissement.



Question 4.5 : Le nombre de pièces par série étant connu, le groupe de travail peut-il à ce stade entériner le choix du deuxième procédé ? Justifier.

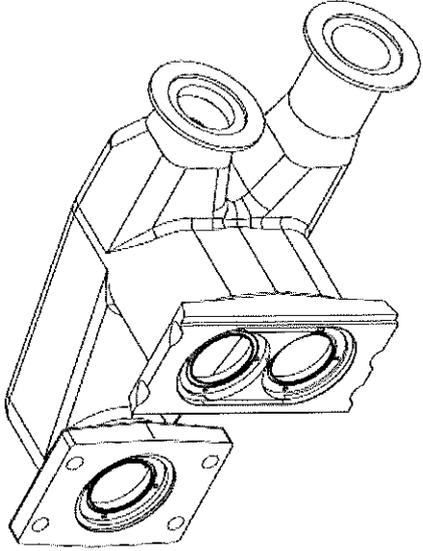


DR 5-1

Problématique 5 : Définir le processus prévisionnel de fabrication

Question 5.1 : Définir les différentes directions principales d'usinage de la pièce. Sur la vue en perspective du collecteur, noter par **WI** chacune des directions principales d'usinage, **I** étant le numéro de cette direction (1, 2, 3,)

Dessiner les différentes directions principales d'usinage



Question 5.2 : Proposer différents processus d'usinage soit avec une fraiseuse 3 axes à broche verticale (FR3A BV) ou bien d'une fraiseuse 4 axes à broche horizontale (FR4A BH).

Ordonnancement des Phases					
Type MOCN	Nb posages	Phase 10	Phase 20	Phase 30	Phase 40
FR3A BV					
FR4A BH					

Question 5.3 : Choisir le processus le mieux adapté aux objectifs cités ci-dessus.

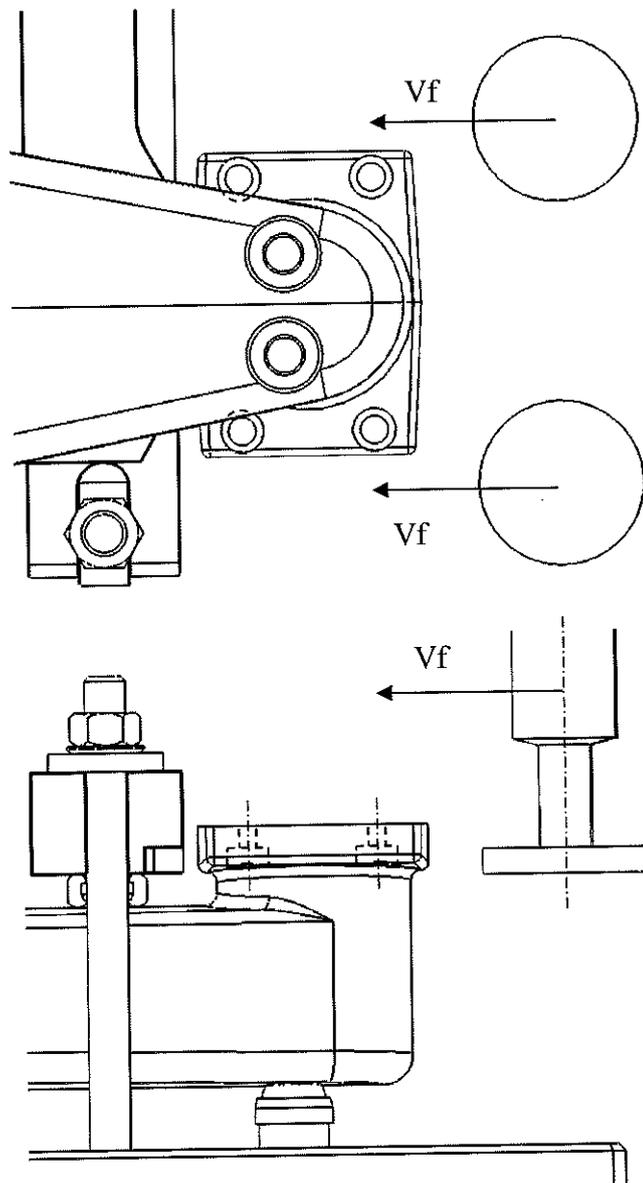
Question 5.4 : Élaborer l'avant-projet d'étude de fabrication pour le processus avec la fraiseuse 4 axes à broche horizontale (FR4A BH).

AVANT PROJET D'ÉTUDE DE FABRICATION		Ensemble	
		Élément	
		Matière	
Date	Nom	Programme de fabrication	
N° de Ph	Désignation	Machines et outillages	Schéma de Phase
			<p>The technical drawing consists of two views of a mechanical part. The top view is a cross-section showing a cylindrical base with a central hole, a flange, and a vertical cylindrical section. The bottom view is a perspective view showing the part's geometry, including a chamfered edge with a 15° angle, a diameter of 7.5, and a total height of 9.0. Coordinate axes X, Y, and Z are shown for both views.</p>

Problématique 6 : Remettre en cause éventuellement une forme.

Question 6.1 : Donner la désignation de l'outil permettant de réaliser les lamages (voir DRS5 1/2 et 2/2).

Question 6.2 : En considérant l'utilisation d'une fraise 3 tailles (fraise à Té, DRS5 2/2) et du sens de déplacement imposé sur le document DR 6-1, représenter sur les deux vues la modification des formes des 4 lamages qui deviennent alors des épaulements usinés par contournage extérieur du groupe n°3.



DR 6-2

Question 6.3 : Faire le choix entre un outil à lamer en tirant ou une fraise à Té (qui nécessite une modification de forme du collecteur) sachant que le coût de chaque outil est identique. Justifier votre choix par un calcul de temps d'usinage. Donner le type d'outil retenu.

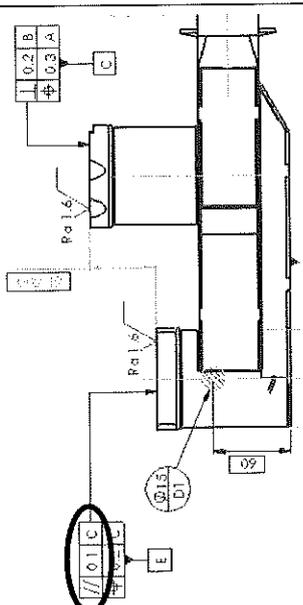
Type fraise	n en tr/min	f en mm/tr	Lg usinée en mm	Taux horaire en €/min	Calcul temps usinage en min
Fraise à Té		0.4	2 x 100	2	
Fraise à lamer en tirant		0,15	4 x 20	2	

Choix de l'outil :

Problématique 7 : Décoder une spécification géométrique

// 0.1 C

Question 7.1 : Décodage de la spécification géométrique

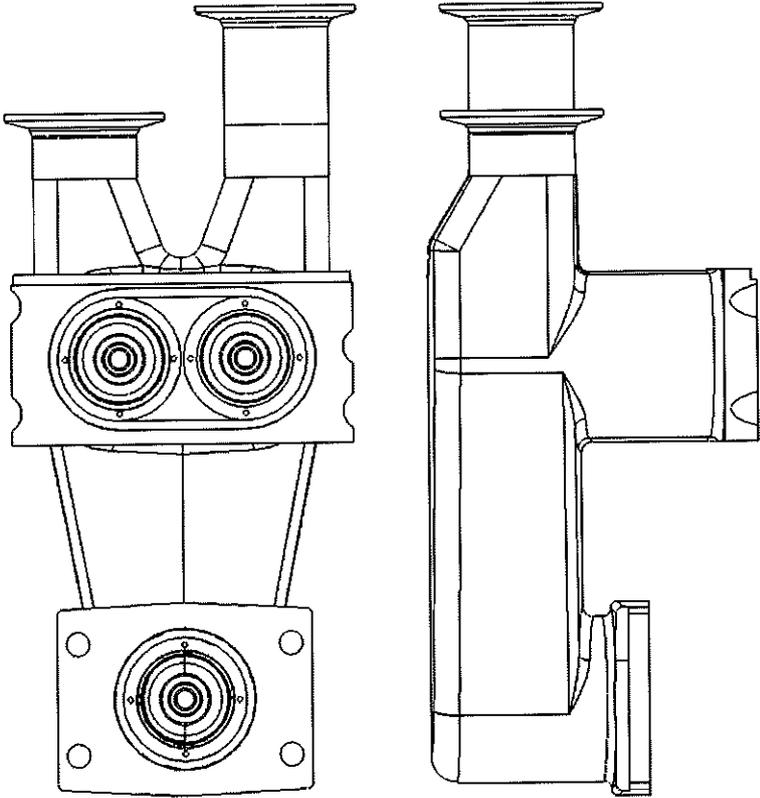
TOLERANCEMENT NORMALISE		Analyse d'une spécification par zone de tolérance			
Symbole de la spécification: Nom de la spécification:		5 Eléments non idéaux extraits du « Skin Modèle »	6 Eléments idéaux		
Type de spécification	<input type="checkbox"/> Forme <input type="checkbox"/> Orientation <input type="checkbox"/> Position <input type="checkbox"/> Battement	Elément(s) tolérancé(s) Unique Groupe	Elément(s) de référence Unique Multiple	Référence(s) spécifiée(s) Simple Commune Système	Zone de tolérance Simple Composée Contraintes orientation et position par rapport à la référence spécifiée
Extrait du dessin de définition : 					
<p>Condition de conformité : L'élément tolérancé doit se situer tout entier dans la zone de tolérance</p>					

DR 8-1

Problématique 8 : Définir un outil de coupe

Question 8.1 : Proposer une schématisation de l'outil en position d'usinage permettant d'usiner les deux collerettes (l'une après l'autre). Vous placerez l'outil de telle façon qu'il soit dans la position la plus contraignante.

Question 8.2 : Définir la forme et les dimensions de cet outil (voir DT2 page 6 – coupe B-B et vue de dessus).

<p>Dessiner la partie active de l'outil coupant ainsi que la queue d'attache de celui-ci :</p>	<p>Forme et dimensions de l'outil.</p>
	

DR 8-2

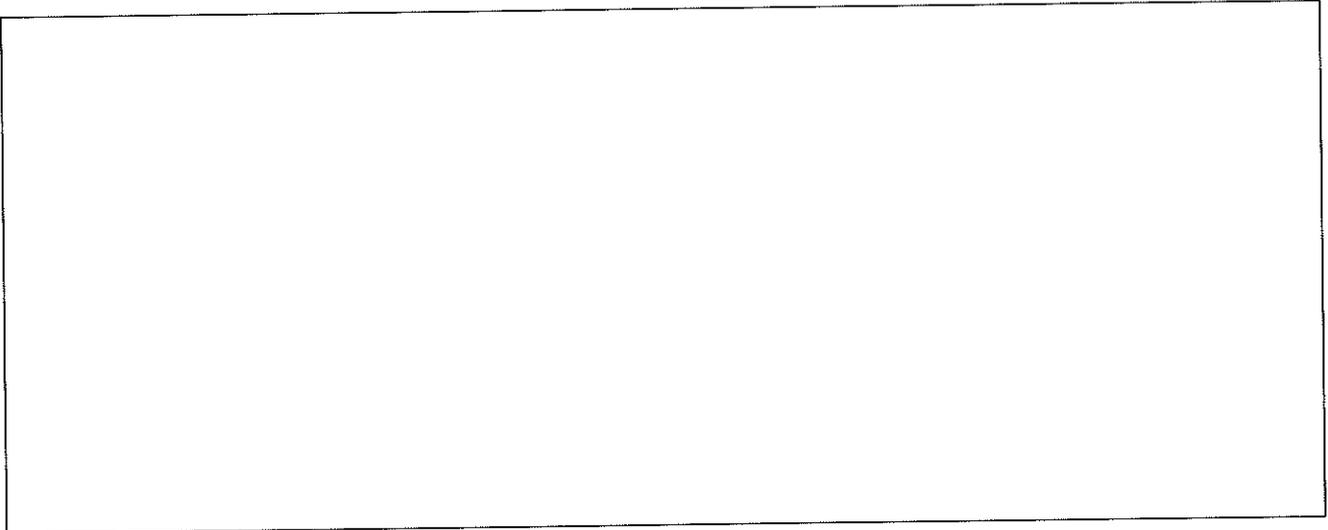
Question 8.3 : Pour chaque matériau, calculer la flèche au bout de l'outil lors de l'usinage.

Question 8.4 : Sur quelle cote va agir la déformation de l'outil précédent ?

Problématique 9 : Étudier et valider une mise en position.

Quel est l'effort de bridage minimal à assurer afin de maintenir le collecteur sur ses appuis ?

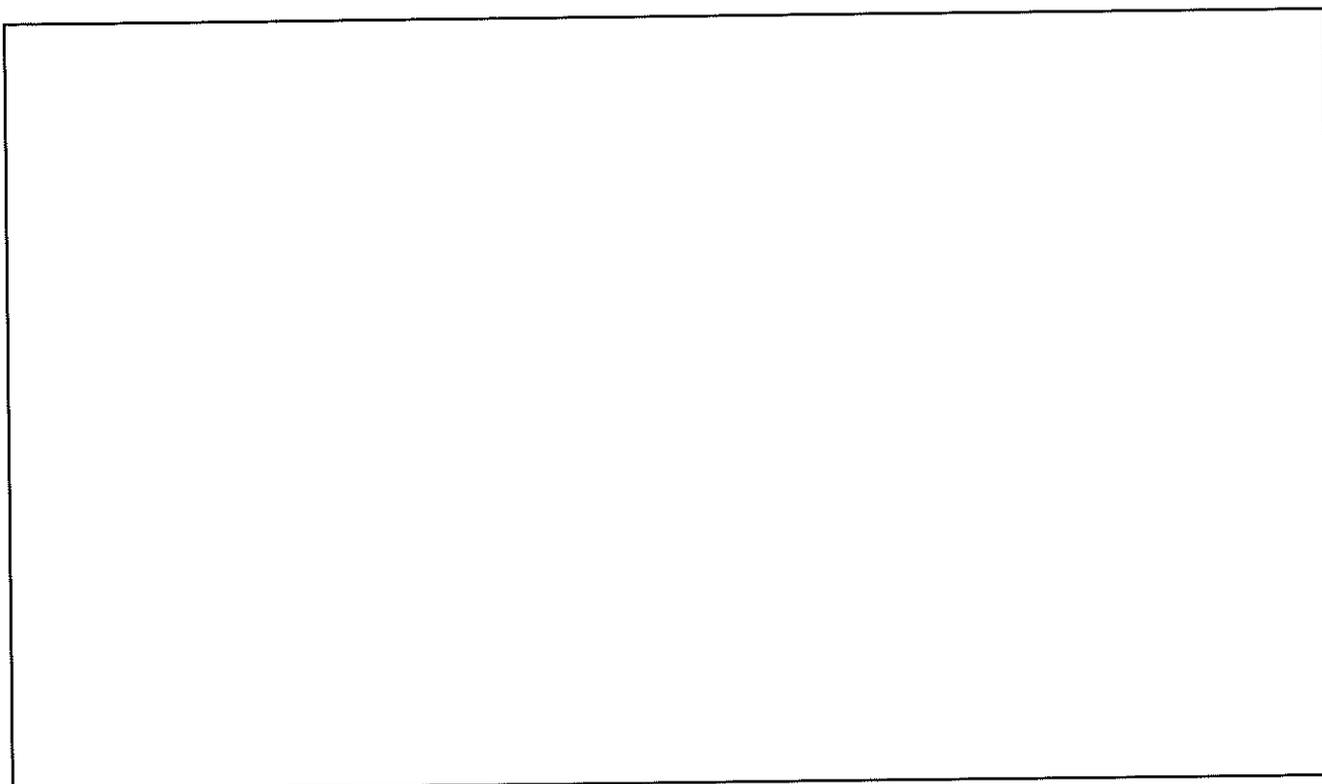
Question 9.1 : Quelle devra être la valeur minimale de l'effort de bridage pour assurer le maintien du collecteur sur les appuis O, A et B ? Justifier.



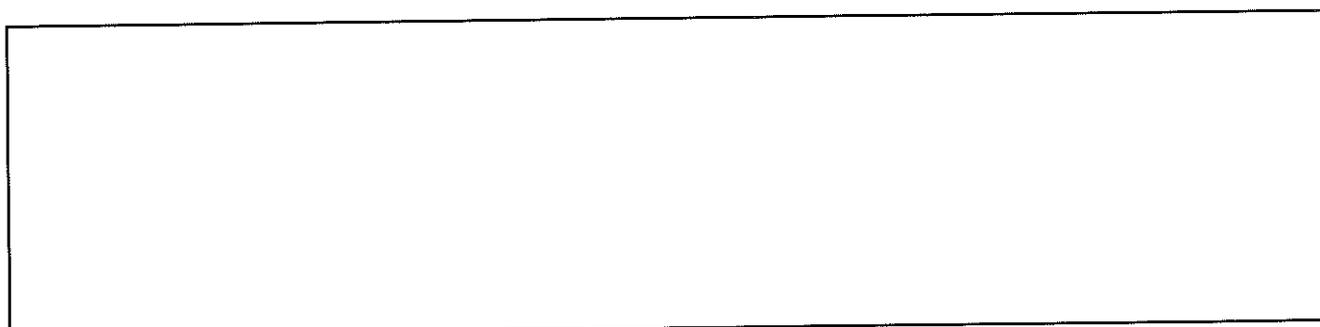
Problématique 10 : Vérifier une déformation.

Le parallélisme entre les deux surfaces planes, de mise en position du collecteur sur le corps de la pompe à vide, pourra-t-il être obtenu ?

Question 10.1 : Après calcul des angles **a** et **b** (arrondir les valeurs à 10^{-4} degrés près), déterminer la valeur **DEF** du défaut théorique de parallélisme.



Question 10.2 : Quelle conclusion peut tirer le groupe de travail au regard de la tolérance imposée par le cahier des charges ?



Problématique 11 : Calculer l'effort de serrage et proposer un outillage pour assurer le bridage

Question 11.1 : Isolement de la bride 2 (voir DRS9 (1/2)). Compléter le tableau des actions mécaniques extérieures agissant sur la bride. Mettre un ? dans toute case ne pouvant être renseignée.

Isolement de la bride 2 - Bilan des actions mécaniques extérieures.

Point	Actions	Direction	Sens	Intensité en N	Modélisation dans le repère (0, Y, Z)
A	$\overline{A}_{5/2}$	Z	Z ↑	4500	$\overline{A}_{5/2} = \begin{vmatrix} 0 \\ 4500 \end{vmatrix}$
B	$\overline{B}_{1/2}$				

Question 11.2 : Étude de l'équilibre de la bride 2. En appliquant le principe fondamental de la statique en O, déterminer la force que devra indirectement exercer l'écrou 9 sur la bride 2. Précision des résultats : 2 chiffres significatifs.

DR11-2

Question 11.3 : Rechercher le couple de serrage à exercer sur l'écrou (voir DRS9 (2/2)).

Question 11.4 : Proposer, par sa référence, l'outillage le plus approprié qui permettra d'assurer le couple de serrage. Justifier.

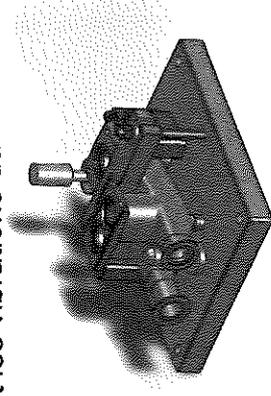
DR12

Problématique 12 : Définir un complément au système de maintien en position.

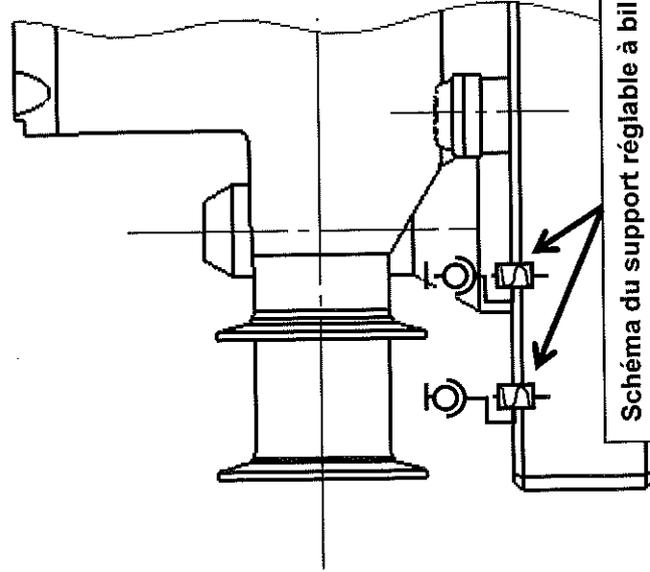
Quel complément au système de maintien en position actuel peut-on proposer afin de limiter les déformations et les vibrations du collecteur lors de l'usinage des collerettes ?

Sur la vue principale, définir sous forme d'un schéma cinématique minimal, le bridage complémentaire. On prendra soin de différencier les différents groupes cinématiques par des couleurs.

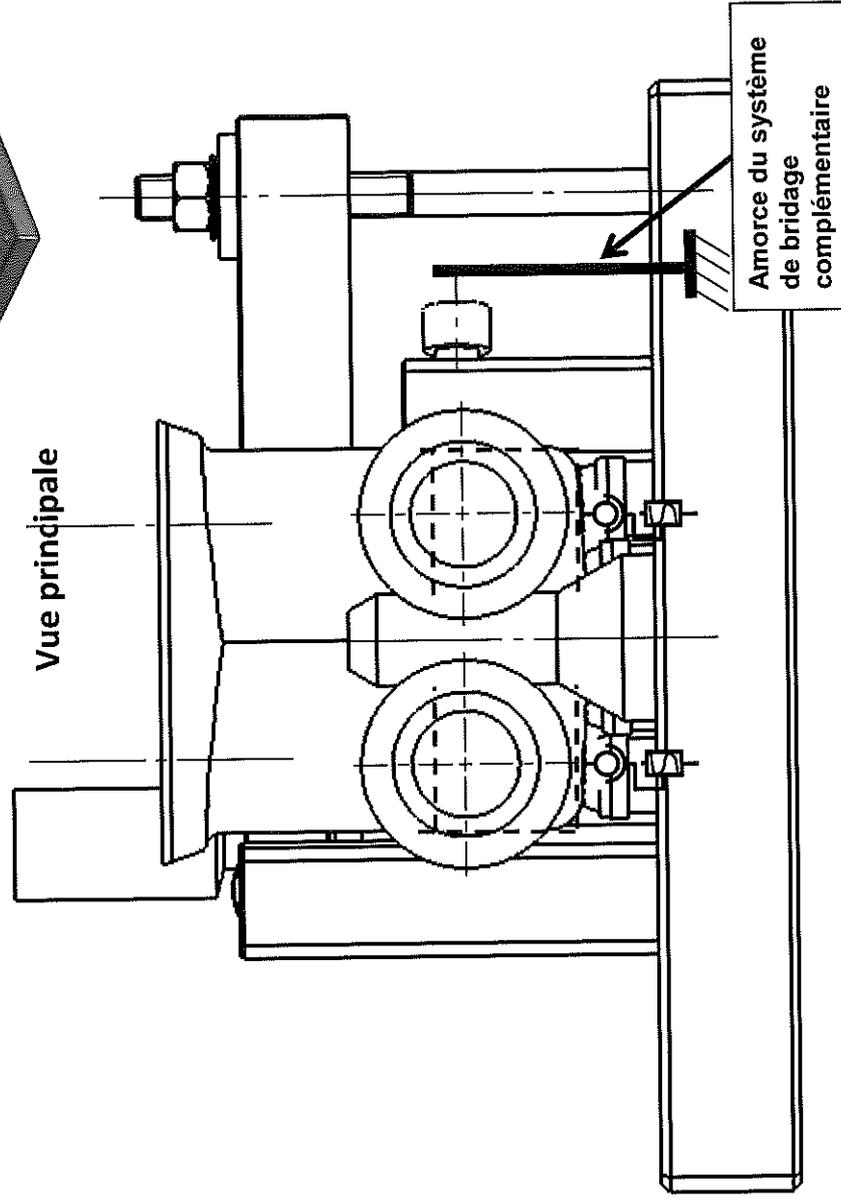
Question 12.1 : Sur la vue de profil, définir par un rectangle en traits mixtes de couleur rouge, la zone où le bridage



Vue de profil



Vue principale



SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

Question 13.1 : Compléter le tableau de synthèse des différents résultats.

Données initiales concernant le collecteur objet de l'étude :

- Le brut du collecteur est actuellement obtenu en mécano-soudé.
- La matière est un acier inoxydable **X 5 Cr Ni 18-10**.
- La masse actuelle du collecteur est de l'ordre de **5 kg**.
- La température maximale d'utilisation est de **220 °C**.
- La cellule d'usinage qui assure la reprise des surfaces fonctionnelles est composée de 3 centres d'usinage 4 axes à broche horizontale KITAMURA 800 Hi et d'un FASTEM automatisé de stockage et chargement déchargement de 60 palettes.

Donnée concernant le contexte de production :

La production prévue est de **400 ensembles** par an renouvelable sur **5 ans**.

Problématiques posées	Conclusions du groupe de travail	
	OUI ou NON	Commentaires - Justifications
Peut-on envisager un changement de matériau ?		
Peut-on envisager un procédé d'obtention du brut plus rentable ?		
L'usinage du collecteur peut-il se faire en un seul posage ?		
Le maintien en position du collecteur sur ses appuis peut-il être assuré ?		
Le maintien en position ne va-t-il pas être préjudiciable à la tolérance de parallélisme ?		
L'effort principal de bridage peut-il se faire de manière aléatoire ?		
La mise en place d'un bridage complémentaire, afin de limiter les déformations et les vibrations, est-il possible ?		