

Le dossier comprend à l'intérieur de cette chemise :

un dossier sujet de 8 pages,

un dossier de documents annexes comprenant :

Document 1 – figures 1 et 2	A4
Document 2 – figures 3 et 4	A4
Document 3 – figures 5 et 6	A4
Document 4 – figures 7, 8 et 9	A4
Document 5 – dessin de définition partiel du boîtier	A3
Document 6 – nomenclature des phases du boîtier	A3
Document 7 – mise au point de la production	A4
Document 8 – pilotage du procédé de production	A4

Document Réponse 1 – dessin non coté d'un satellite	A4
Document Réponse 2 – liaison pièce / porte-pièce	A3
Document Réponse 3 – simulation d'usinage axiale	A3
Document Réponse 4 – cotation de fabrication phase 400	A4
Document Réponse 5 – exercice pédagogique	A4

<p><b><i>Le candidat est invité à formuler toutes les hypothèses et à choisir les données qui lui seraient nécessaires en complément de celles fournies par le sujet.</i></b></p>
---

## Mise en situation

# Pont différentiel d'une transmission de puissance d'un véhicule automobile

## Présentation du produit

Le support technique industriel étudié dans cette épreuve est le pont différentiel équipant plusieurs modèles de la gamme de véhicules à traction avant d'un constructeur automobile français.

L'épreuve comporte deux parties :

### Première partie

- études fonctionnelle, mécanique et technologique du pont différentiel ;
- étude de la fabrication du boîtier du pont différentiel.

Deuxième partie - exercice pédagogique exploitant les études conduites dans la première partie.

En charge nominale, l'entreprise produit plus de 5000 ensembles par jour.



Pont différentiel



Boîtier du pont différentiel

## **Dossier Sujet**

### ***PREMIERE PARTIE***

***Étude de la conception et de la fabrication du produit***  
*(durée : 6 heures)*

### ***DEUXIEME PARTIE***

***Exercice pédagogique***  
*(durée : 2 heures)*

**PREMIERE PARTIE**  
**Étude de la conception et de la fabrication du produit**  
(durée : 6 heures)

**ETUDE DU PONT DIFFERENTIEL**  
**D'UNE TRANSMISSION DE PUISSANCE D'UN VEHICULE AUTOMOBILE**  
**EQUIPE D'UN MOTEUR THERMIQUE A COMBUSTION INTERNE**

**1 - Étude fonctionnelle de la transmission de puissance**

La chaîne d'énergie d'un véhicule automobile équipé d'un moteur thermique à combustion interne est modélisée et décrite sur les figures 1 et 2 du document 1.

Le document 2 fournit la perspective et la vue en coupe de la transmission de puissance équipant plusieurs modèles de la gamme de véhicules à traction avant d'un constructeur automobile français. Les versions concernées sont équipées d'une boîte de vitesse à commande manuelle.

Le diagramme SADT de niveau A-0 (figure 5 du document 3) précise la fonction globale assurée par la transmission de puissance. Les fonctions composantes sont désignées dans le diagramme SADT de niveau A0 (figure 6 du document 3) par **Fonction 1**, **Fonction 2** et **Fonction 3**.

La **Fonction 1** a pour intitulé : « **ACCOUPLER LA TRANSMISSION AU MOTEUR** ».

**Question 1** Proposer un intitulé pour chacune des deux autres fonctions : **Fonction 2** et **Fonction 3**.

**2 - Étude mécanique du pont différentiel**

**2.1 – Étude cinématique préalable**

Sur la figure 9 du document 4, est schématisé un véhicule, dont le châssis est repéré **véh**. Ce véhicule effectue un virage assimilable à une rotation autour de l'axe  $(Q, \vec{y}_g)$  normal au sol considéré plan et horizontal. Le repère  $R_g = (Q, \vec{x}_g, \vec{y}_g, \vec{z}_g)$  est un repère fixe lié au sol. Au contact, supposé ponctuel, entre le sol et chacune des quatre roues (points A, B, C et D), le roulement s'effectue sans glissement.

Données relatives au véhicule :

- Le repère  $R_v = (P, \vec{x}_v, \vec{y}_v, \vec{z}_v)$  est un repère lié au châssis du véhicule tel que :
  - $(P, \vec{x}_v, \vec{y}_v)$  soit un plan longitudinalement médian du châssis ;
  - P soit situé sur l'axe commun de rotation des roues arrière par rapport au châssis.
- $(P, \vec{x}_v, \vec{y}_v)$  est supposé normal au sol, donc  $\vec{y}_v = \vec{y}_g$ .
- $a = 1,35$  m ;  $d = 1,60$  m ; rayon de chaque roue sous charge  $r = 0,2$  m.
- Soit G un point appartenant au châssis tel que  $\vec{PG} = b \cdot \vec{x}_v$ ,  $b = 0,9$  m.

L'étude est conduite à un instant correspondant à la situation représentée sur le schéma :

- $\vec{z}_v = \vec{z}_g$
- $\vec{QP} = -L \cdot \vec{z}_g$ ,  $L$  rayon de la trajectoire circulaire du point P
- L'angle orienté  $\alpha$ .  $\vec{y}_v$  correspond à l'angle de braquage de la roue avant droite,  $\beta$ .  $\vec{y}_v$  celui de la roue avant gauche
- Le véhicule circule en marche avant ( $\vec{V}_{p\text{véh/Rg}} = V_p \cdot \vec{x}_v$ ) à la vitesse  $V_p = 36$  km/heure.

**Question 2** Dans le cas où  $\alpha = \beta = 0$ , donc le cas où  $L$  est infini, calculer la fréquence de rotation  $N_0$  (en tours/minute) des roues par rapport au châssis.

Pour la suite de l'étude on considère que  $L = 3,7$  m

**Question 3** Déterminer (en degrés décimaux) la valeur de  $\alpha$  et de  $\beta$ .

**Question 4** Soit  $\vec{\Omega}_{\text{véh/Rg}} = \omega_v \cdot \vec{y}_g$  la vitesse de rotation du châssis **véh** par rapport au sol. Établir l'expression de  $\omega_v$ . Calculer  $\omega_v$  (en rd/s).

**Question 5** Établir l'expression du vecteur vitesse  $\vec{V}_{G\text{véh/Rg}}$ . Calculer l'intensité de ce vecteur (en km/heure).

**Question 6** Déterminer, en tours/minute, la fréquence de rotation par rapport au châssis :  
 $N_{RAVG}$  de la roue avant gauche,  
 $N_{RAVD}$  de la roue avant droit,  
 $N_{RARG}$  de la roue arrière gauche,  
 $N_{RARD}$  de la roue arrière droit.

## 2.2 – Étude cinématique du pont différentiel

Le véhicule étudié est à traction avant, la transmission de puissance représentée sur le document 2 communique donc la puissance motrice aux roues avant. La figure 7 du document 4 fournit le repérage et les caractéristiques des principaux éléments constitutifs du pont différentiel de cette transmission. Le mouvement de rotation de la roue gauche par rapport au châssis est identique à celui de l'arbre de roue gauche **8** par rapport au carter **0**, de même, le mouvement de rotation de la roue droite par rapport au châssis est identique à celui de l'arbre de roue droite **9** par rapport au carter **0**. Des cannelures lient en rotation les planétaires **4** et **5** avec respectivement les arbres de roue **8** et **9**. Les satellites **2** et **3** sont glissants sur l'axe qui les traverse. La figure 8 du document 4 donne le schéma cinématique minimal du pont différentiel.

Le carter **0** de la transmission de puissance est en liaison encastrement avec le châssis **véh**. Le repère  $R_0 = (O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$  est un repère lié au carter **0**, tel que  $(O, \vec{z}_0)$  soit confondu avec l'axe de rotation des arbres de roue **8** et **9** par rapport au carter **0** et que  $\vec{z}_0 = \vec{z}_v$ .

Le repère  $R_1 = (O, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$  est un repère lié au boîtier **1**, tel que  $(O, \vec{z}_1)$  soit confondu avec l'axe de rotation du boîtier **1** par rapport au carter **0** ( $\vec{z}_1 = \vec{z}_0$ ) et que  $(O, \vec{y}_1)$  soit confondu avec l'axe de rotation des satellites **2** et **3** par rapport au boîtier **1**.

On pose :

$$\begin{aligned}\vec{\Omega}_{4/0} &= \omega_{4/0} \cdot \vec{z}_0 & \vec{\Omega}_{5/0} &= \omega_{5/0} \cdot \vec{z}_0 & \vec{\Omega}_{6/0} &= \omega_{6/0} \cdot \vec{z}_0 & \vec{\Omega}_{1/0} &= \omega_{1/0} \cdot \vec{z}_0 \\ \vec{\Omega}_{2/1} &= \omega_{2/1} \cdot \vec{y}_1 & \vec{\Omega}_{3/1} &= \omega_{3/1} \cdot \vec{y}_1 & \vec{\Omega}_{4/1} &= \omega_{4/1} \cdot \vec{z}_1 & \vec{\Omega}_{5/1} &= \omega_{5/1} \cdot \vec{z}_1\end{aligned}$$

**Question 7** Reproduire et compléter le tableau ci-dessous sur votre copie.

	$\omega_{1/0}$	$\omega_{6/0}$	$\omega_{2/1}$	$\omega_{3/1}$	$\omega_{4/1}$	$\omega_{5/1}$
Relation en fonction de $\omega_{4/0}$ , $\omega_{5/0}$ et des nombres de dents $z_i$ ( $i \in [2,7]$ )						
Valeur (en tours/minute) dans le cas où le véhicule circule à $V_p = 36$ km/heure en ligne droite						
Valeur (en tours/minute) dans le cas où le véhicule circule à $V_p = 36$ km/heure avec une trajectoire circulaire du point P de rayon $L = 3,7$ m						

### 3 – Étude technologique du pont différentiel

**Question 8** En vous référant aux résultats de la question 7 et aux conditions générales de fonctionnement d'un pont différentiel, justifier les choix technologiques opérés par le constructeur en ce qui concerne les différents guidages en rotation au sein du pont différentiel étudié (figure 7 du document 4).

**Question 9** Sur le document-réponse 1, est donné le dessin non coté d'un satellite (2 et 3 sont identiques).

Sur ce dessin :

- faire apparaître en couleur différenciée, les surfaces qui participent au guidage en rotation du satellite ;
- porter, sans chiffrer les tolérances, les spécifications dimensionnelles et géométriques nécessaires au bon fonctionnement de ce guidage.

## **ETUDE DE LA FABRICATION DU BOITIER DU PONT DIFFERENTIEL**

Le boîtier repéré 1 sur la figure 7 du document 4 est décrit sur le dessin de définition partiel du document 5. Son matériau est désigné par EN – GJS 600-3

### **4 – Etude de la gamme d'usinage du boîtier du pont différentiel**

**Question 10** *Rappeler la désignation du matériau.*

**Question 11** *Compte tenu de la description de la nomenclature des phases fournie par le document 6, proposer et décrire sur le document-réponse 2, pour chaque phase, les liaisons entre la pièce et le porte pièce en utilisant la symbolisation technologique de la représentation normalisée NF 04-013.*

#### **4.1 – Analyse de la gamme et simulation d'usinage axiale**

**Question 12** *Sur le document-réponse 3, mettre en place la simulation d'usinage axiale, après avoir énoncé les hypothèses de retranscription des différentes spécifications du dessin de définition afin de les traduire en unidirectionnel.*

Pour cela :

- Respecter la numérotation des surfaces à leurs différents états intermédiaires telle qu'elle est proposée sur le document-réponse 3.
- Suivre le protocole graphique proposé sur le document-réponse 3, pour viser les surfaces actives dans chaque phase.
- Respecter le protocole d'écriture :
  - Une cote de définition fonctionnelle entre deux surfaces i et j sera notée  $C_{ij}$
  - Une cote de fabrication entre deux surfaces m et n sera notée  $C_{f_{mn}}$
  - L'intervalle de tolérance sur une cote  $C_{kl}$  sera noté  $ITC_{kl}$

**Question 13** *En déduire qualitativement les cotes de fabrication à créer pour respecter les différentes spécifications de définition de la pièce. Calculer un intervalle de tolérance pour chacune de ces cotes de fabrication visant, dans un premier temps, à respecter toutes les spécifications fonctionnelles du dessin de définition.*

**Question 14** *Au travers de cette analyse, justifier le palpage de la face M' (face demie-finie de M en phase 200) lors de la mise en position dans la phase 500.*

**Question 15** *Mettre en évidence les différences de surépaisseurs de rectification entre les surfaces 1-1' et 6-6'.*

#### **4.2 – Étude de l'opération de taraudage de la phase 300**

Lors de cette phase, sont réalisés les 8 taraudages M10x1.00 qui assureront le serrage du boîtier avec la couronne de sortie de la boîte de vitesses.

**Question 16** Parmi les procédés de taraudage suivants :

taraudage machine rigide,  
fraise à fileter,  
et taraudage par refoulement,

choisir, en expliquant pourquoi, les procédés de taraudage qui conviennent pour la réalisation des taraudages M10x1.00 dans le contexte de la phase 300. Décrire les procédés choisis (outillage, accessoires...), et dresser la liste des avantages et inconvénients permettant de faire un choix.

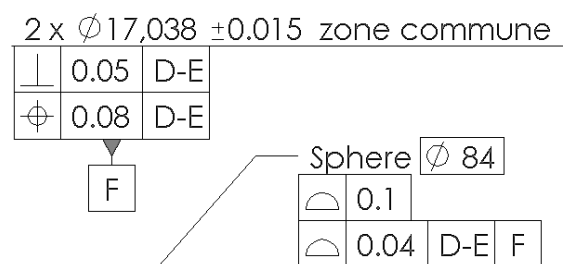
**Question 17** Décrire, parmi les procédés choisis pour effectuer un taraudage, les trajectoires d'usinage et énumérer les paramètres qui interviennent dans l'expression de leur temps de cycle.

#### 4.3 – Étude de la phase de tournage-alésage 400

Sur le tour vertical, est effectuée en contournage la sphère intérieure  $\Phi 84$ . La réalisation des portées  $\Phi 17,038$  est obtenue avec une barre à grain montée sur une broche auxiliaire. La pièce est indexée pour la première portée, puis subit une rotation de  $180^\circ$  pour la seconde portée.

**Question 18** En se limitant à la réalisation des surfaces fonctionnelles les plus importantes (c'est à dire la sphère et les deux portées 17,038), lister les spécifications dimensionnelles et géométriques du dessin de définition partiel qui sont impactées par les choix de la gamme d'usinage. Compte tenu des surfaces de mise en position, proposer sur le document-réponse 4, une cotation de fabrication dimensionnelle et géométrique relative à la phase 400 de tournage-alésage (aucun calcul de tolérance n'est demandé).

Concernant ces surfaces fonctionnelles, lors de la mise au point de la phase, il est décidé de procéder à des mesures de pièces en fin de fabrication et en particulier de vérifier les spécifications suivantes :



**Question 19** Donner la signification de ces spécifications au sens de la norme.

**Question 20** Lister et classer les facteurs qui interviennent en phase 400 et qui sont susceptibles de générer des défauts de fabrication lors de la réalisation de la sphère et des 2 portées de 17,038. Ne pas prendre en compte les facteurs exceptionnels du type : dégradation machine, panne, bris d'outil, .... Il est recommandé de faire des graphiques explicatifs.

En observant la mise en position de la pièce, on constate que la pièce est posée sur des Vés de  $120^\circ$ , au niveau des portées demi-fines de A et B. Ces portées, à ce stade de la fabrication, ont été réalisées en phase 100 et 200 avec pour cotes de fabrication  $\Phi 38,45 \pm 0,05$ .



**Question 21** Dans le but de minimiser l'incidence de ces dimensions fabriquées sur la localisation de l'axe des  $2 \times \Phi 17,038 \pm 0,015$  en zone commune, proposer une orientation des deux Vés à  $120^\circ$  de mise en position sur les deux portées demi-finies A et B. Calculer le défaut dans le cas de l'orientation la plus défavorable.

#### 4.4 – Étude de la phase de rectification cylindrique 500

**Question 22** Sachant que les deux secteurs coniques aux extrémités latérales des portées intérieures E et D sont utilisées pour la mise en position de la pièce, proposer une cotation dimensionnelle et géométrique de ces deux surfaces auxiliaires de reprise.

**Question 23** Un « stop cote » est utilisé pour l'obtention des diamètres A et B. Décrire ce dispositif et son mode de fonctionnement.

#### 4.5 – Étude de la phase de rodage 600

**Question 24** Décrire la technique du rodage utilisée pour cette dernière phase.

### 5 – Maîtrise statistique des procédés

#### 5.1 – Mise au point de la production

Il s'agit du suivi de la caractéristique  $100,05 \pm 0,05$  qui caractérise la distance entre les deux faces d'appui des roulements obtenue lors de la phase 500 de rectification cylindrique. Cette spécification relie des plans qui sont effectués dans la même phase avec des meules différentes sur des coulisseaux différents.

**Question 25** Proposer un moyen de mesure permettant de vérifier cette caractéristique dans l'environnement de production de la pièce.  
Après avoir brièvement rappelé ses principales sources d'erreurs, fixer l'ordre de grandeur de l'incertitude du moyen de mesure, pour qu'il soit apte à surveiller la spécification  $100,05 \pm 0,05$ .

Lors de la qualification de la machine et des méthodes d'usinage, on a effectué un relevé de mesures sur 30 pièces usinées consécutivement, dans un laps de temps court, sans réglage ni intervention de l'opérateur. Les dimensions obtenues sont données sur le document 7. L'ordre chronologique des pièces est respectée par la numérotation.

Nota : le nombre de 30 est faible, mais il a été choisi dans le cadre de l'épreuve pour faciliter la saisie des données et diminuer les lourdeurs de calcul.

**Question 26** A partir de ce relevé :

- dessiner l'évolution chronologique des dimensions mesurées,
- calculer le coefficient d'aptitude de la machine (Cam) en énonçant éventuellement des hypothèses,
- conclure sur cette valeur,
- proposer une règle de pilotage de la rectifieuse visant à améliorer son coefficient d'aptitude,
- proposer une méthode pour identifier de quel coulisseau peut provenir la perte de capacité,
- proposer un nouvel objectif probable pour cet indicateur Cam.

## 5.2 – Suivi de production

Les règles de pilotage ayant été validées et mises en application, la production est en cours. On procède toutes les deux heures à un prélèvement de 5 pièces usinées consécutivement sans réglage, sans changement de lot de pièces, ni intervention d'opérateur. Sur le document 8 est joint un relevé de 10 échantillons, avec par échantillon  $i$ , sa moyenne  $m_i$ , son étendue  $R_i$  et son écart type estimateur ( $s_i$ ).

**Question 27** *Utiliser les informations de ce relevé pour les inscrire sur une carte de contrôle de type Shewhart.*

*Sans les calculer, énumérer en expliquant pourquoi les données qui interviennent dans la définition des lignes de contrôle et de surveillance d'une carte de contrôle.*

*Lister au moins trois règles de base d'utilisation de ces cartes de contrôle en expliquant pourquoi.*

**Question 28** *Citer, en les illustrant par des exemples, les risques  $\alpha$  et  $\beta$  associés à l'utilisation de ce type de carte.*

**Question 29** *A partir de ce relevé de production, calculer le coefficient d'aptitude du processus  $C_p$  et son indice de performance  $C_{pk}$ .*

**Question 30** *Après avoir graphiquement défini la fonction « perte » énoncée par Taguchi, proposer un indicateur global de capabilité nommé  $C_{pm}$  qui tient compte à la fois de la dispersion et du centrage du procédé.*

**Question 31** *Retrouver à partir des seuls éléments de cette carte un ordre de grandeur du coefficient d'aptitude de la machine  $C_m$ . En déduire le taux de maîtrise du procédé.*

Un audit dans l'entreprise au bout d'une année de production, constate que l'entreprise effectue à présent un prélèvement d'une pièce toutes les 200 pièces.

Les règles de décision sont les suivantes :

- Si la mesure de la pièce se trouve dans une tranche centrale autour de la cote moyenne, poursuivre la production,
- Si la mesure de la pièce se trouve au delà d'une limite de surveillance, prélever trois pièces consécutives, si une des trois pièces est non conforme alors agir comme ci dessous (point suivant).
- Si la mesure de la pièce est non conforme, stopper la production et intervenir sur le procédé.

**Question 32** *Etablir une analyse critique de cette stratégie de surveillance du procédé.*

## **DEUXIEME PARTIE**

### **Exercice pédagogique**

*(durée : 2 heures)*

Cette partie permet d'évaluer les capacités des candidats à utiliser le support proposé (le boîtier du pont différentiel) pour élaborer un exercice d'évaluation des connaissances et méthodes acquises par les étudiants.

#### **Le thème**

#### **LA COTATION DE FABRICATION**

En s'appuyant sur des éléments du dossier de fabrication du boîtier du pont différentiel, étudié en première partie, élaborer un exercice d'évaluation des connaissances et méthodes acquises dans le domaine de la cotation de fabrication.

Cet exercice s'adresse à des étudiants d'une section de technicien supérieur Productique Mécanique de lycée ou d'un département Génie Mécanique Productique d'Institut Universitaire de Technologie.

Cet exercice d'évaluation concernera :

- l'étude et la mise en place des cotes fabriquées,
- le calcul des cotes fabriquées et, éventuellement, des cotes de brut,
- la vérification des avant-projets de fabrication par une méthodologie basée sur l'exploitation de l'aptitude des moyens de production.

#### **Travail demandé**

**Question 33** *Définir la succession des séquences d'enseignement (cours, travaux dirigés, et travaux pratiques) qui permettent de préparer l'étudiant à cet exercice (prérequis de l'exercice).*

**Question 34** *Rédiger le texte complet de l'exercice qui sera remis aux étudiants.*

**Question 35** *Rédiger le corrigé détaillé de l'exercice tel que vous le donnerez aux étudiants.*

**Question 36** *Établir une grille d'aide à l'évaluation de la valeur des copies.*

Nota : Le document-réponse 5 peut être éventuellement utilisé.

## Dossier documents annexes

<u>Intitulé</u>	<u>format</u>
Document 1 – figures 1 et 2	A4
Document 2 – figures 3 et 4	A4
Document 3 – figures 5 et 6	A4
Document 4 – figures 7, 8 et 9	A4
Document 5 – dessin de définition partiel du boîtier	A3
Document 6 – nomenclature des phases du boîtier	A3
Document 7 – mise au point de la production	A4
Document 8 – pilotage du procédé de production	A4
Document Réponse 1 – dessin non coté d'un satellite	A4
Document Réponse 2 – liaison pièce / porte-pièce	A3
Document Réponse 3 – simulation d'usinage axiale	A3
Document Réponse 4 – cotation de fabrication phase 400	A4
Document Réponse 5 – exercice pédagogique	A4

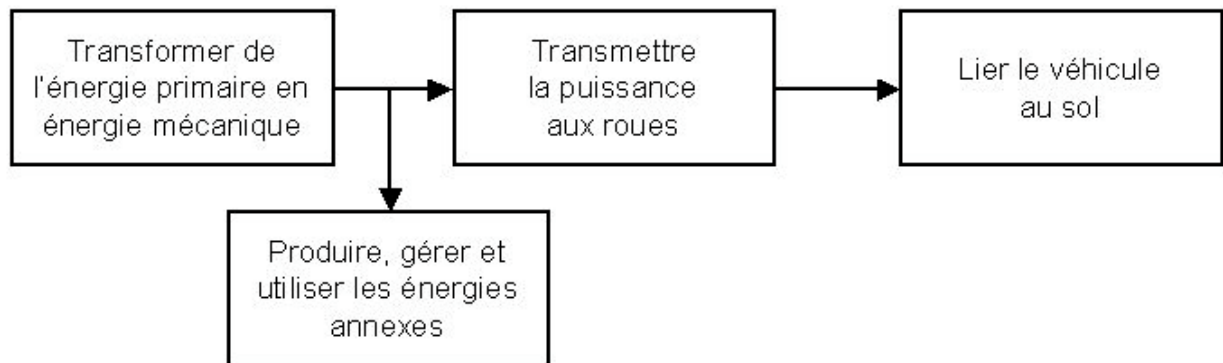


Figure 1

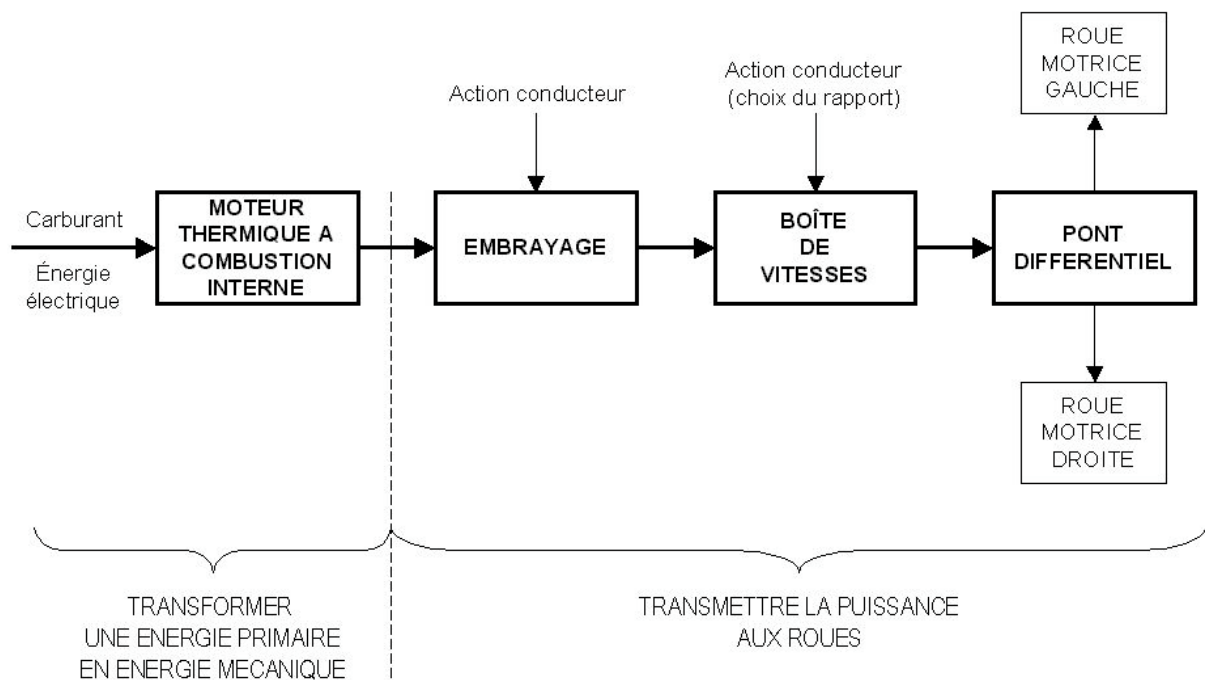


Figure 2

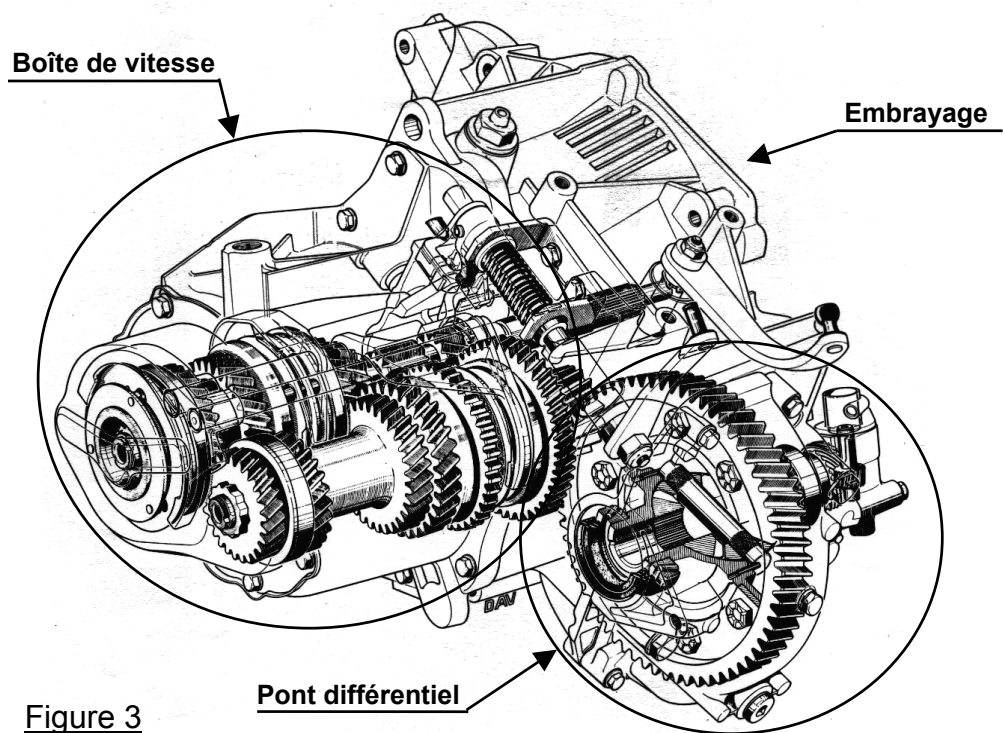


Figure 3

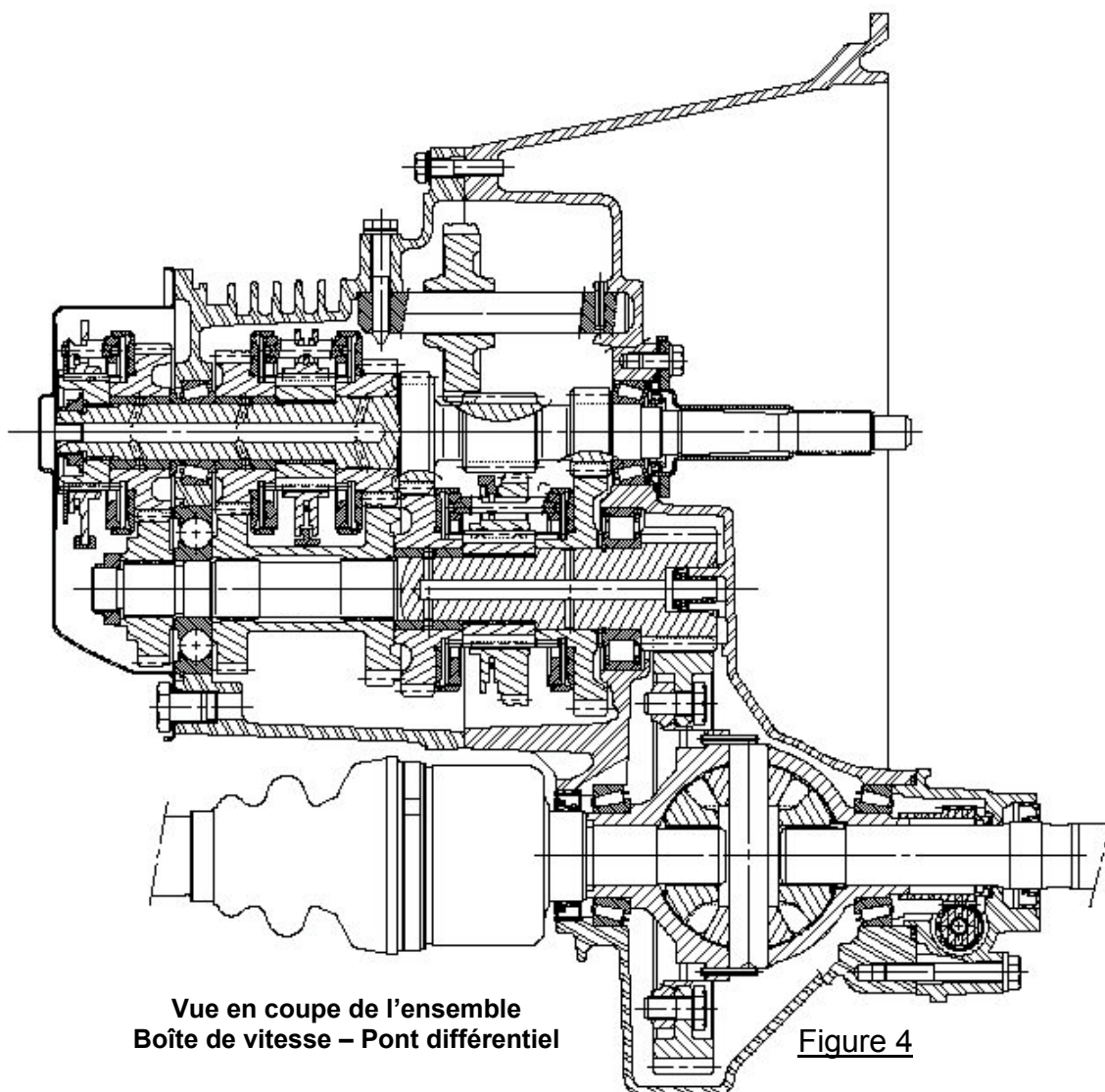


Figure 4

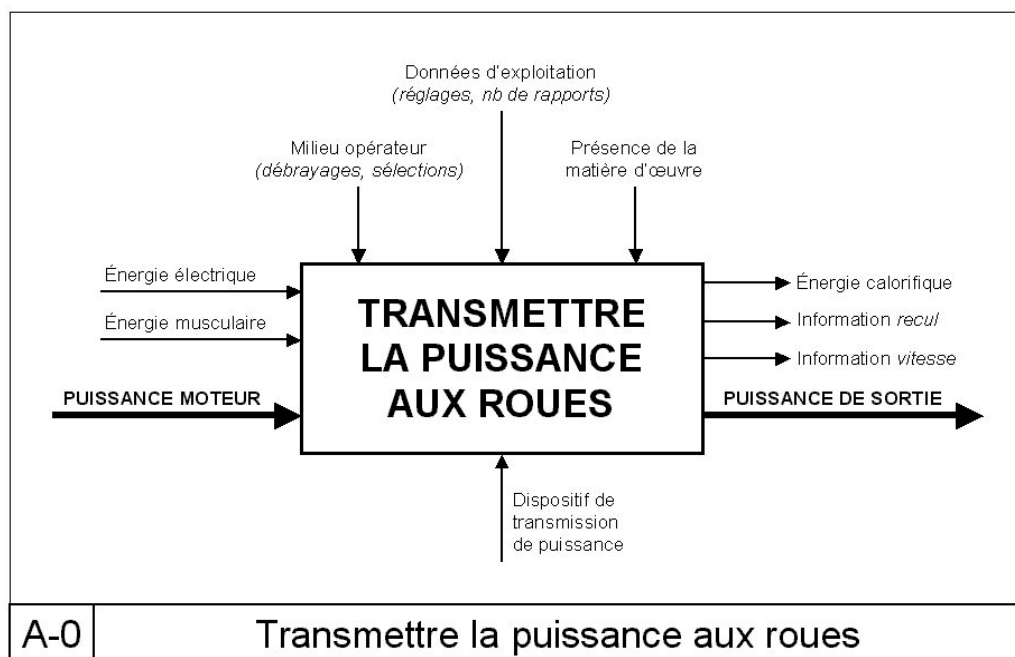


Figure 5

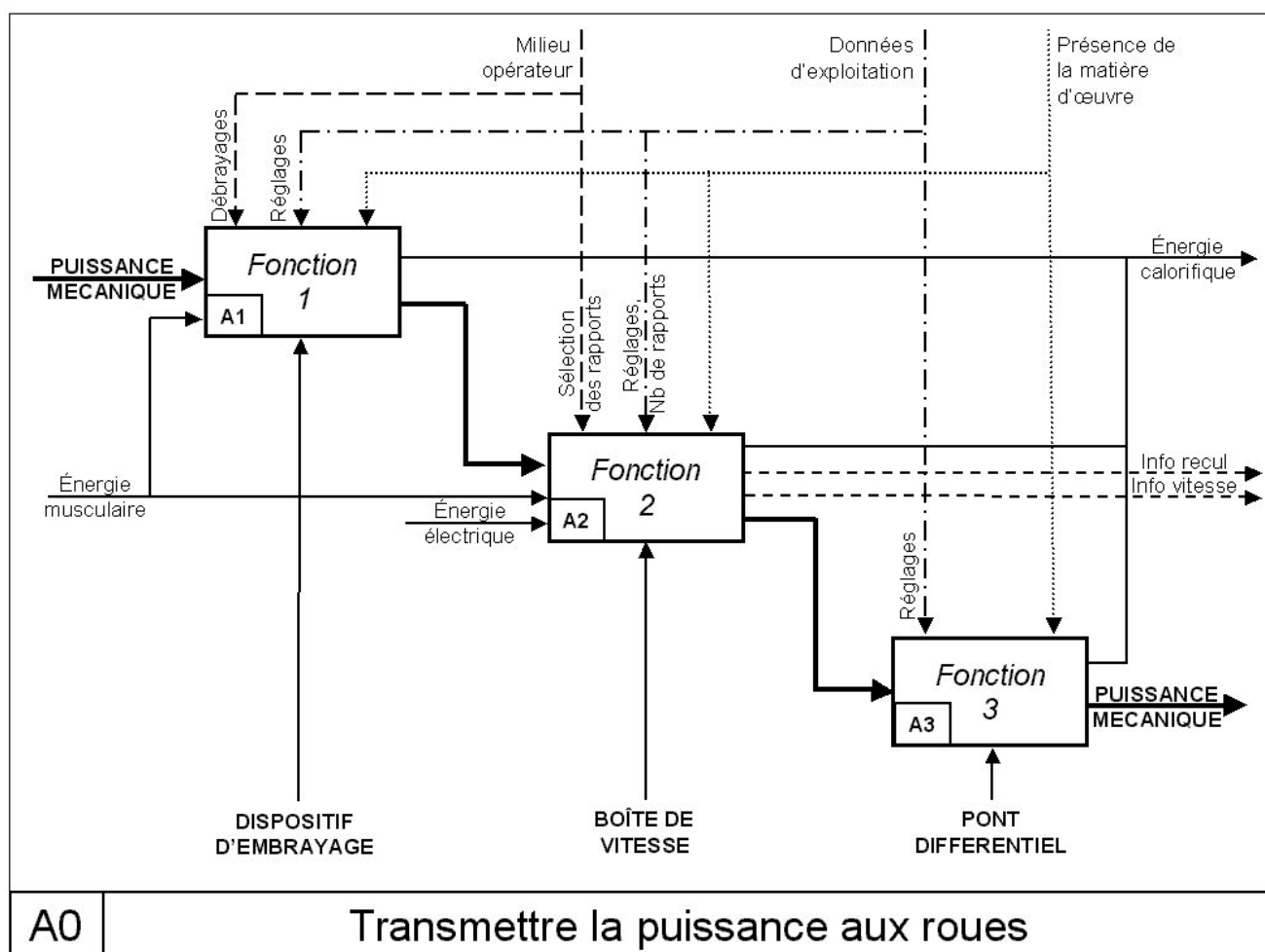


Figure 6



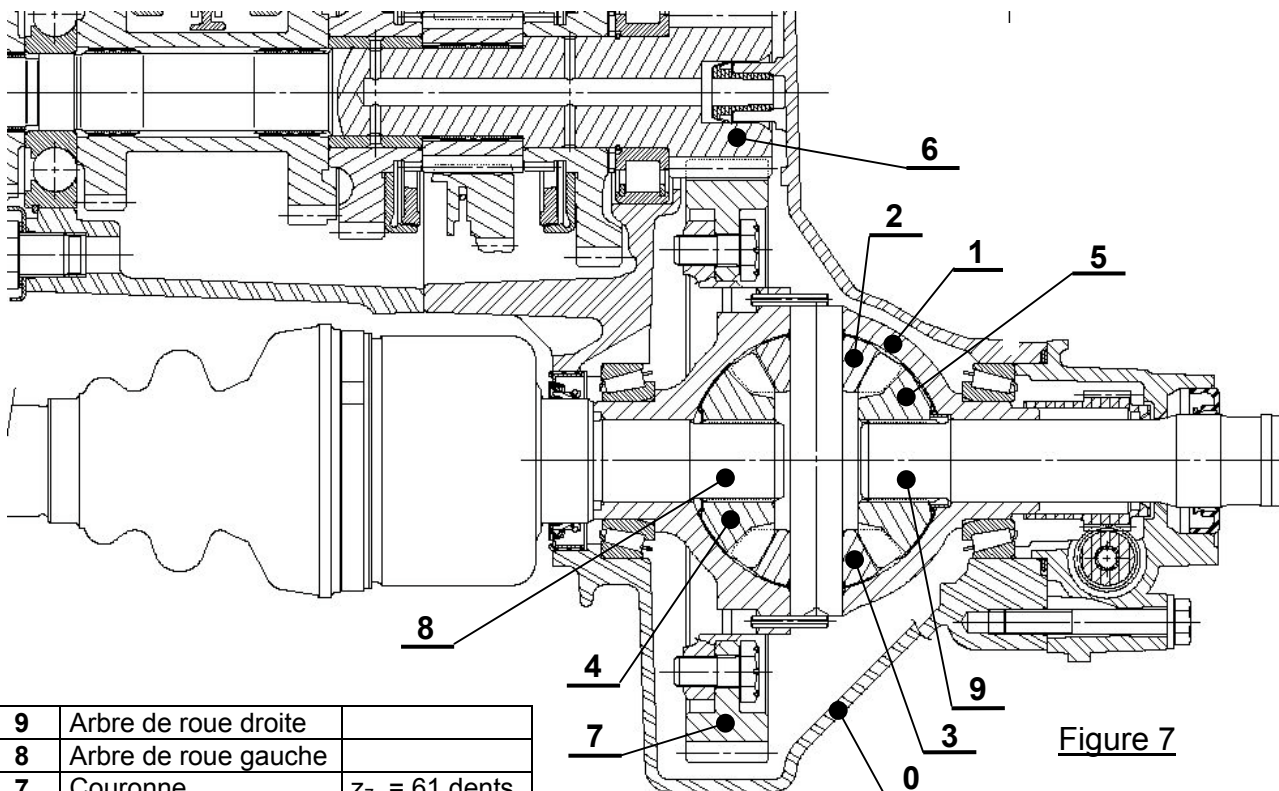


Figure 7

9	Arbre de roue droite	
8	Arbre de roue gauche	
7	Couronne	$z_7 = 61$ dents
6	Arbre secondaire	$z_6 = 17$ dents
5	Planétaire	$z_5 = 14$ dents
4	Planétaire	$z_4 = 14$ dents
3	Satellite	$z_3 = 10$ dents
2	Satellite	$z_2 = 10$ dents
1	Boîtier	
0	Carter	
Rep.	Désignation	Observations

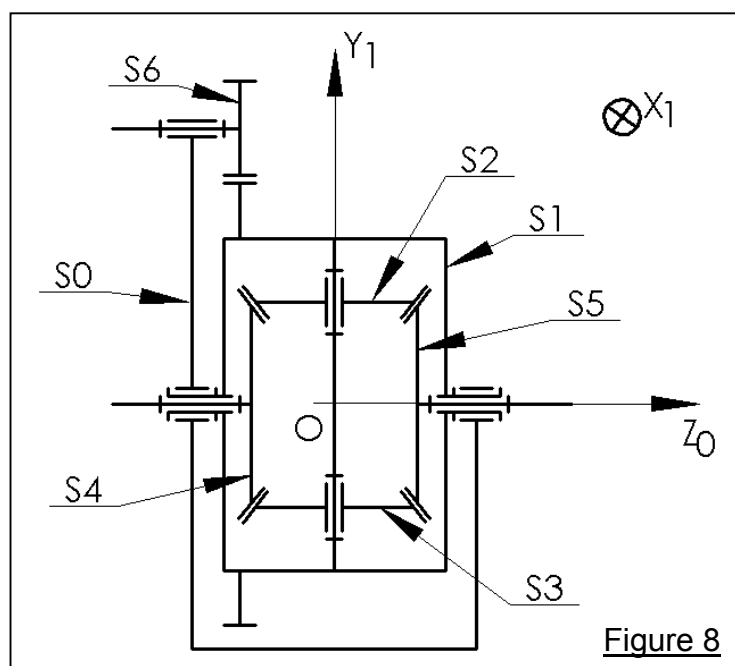


Figure 8

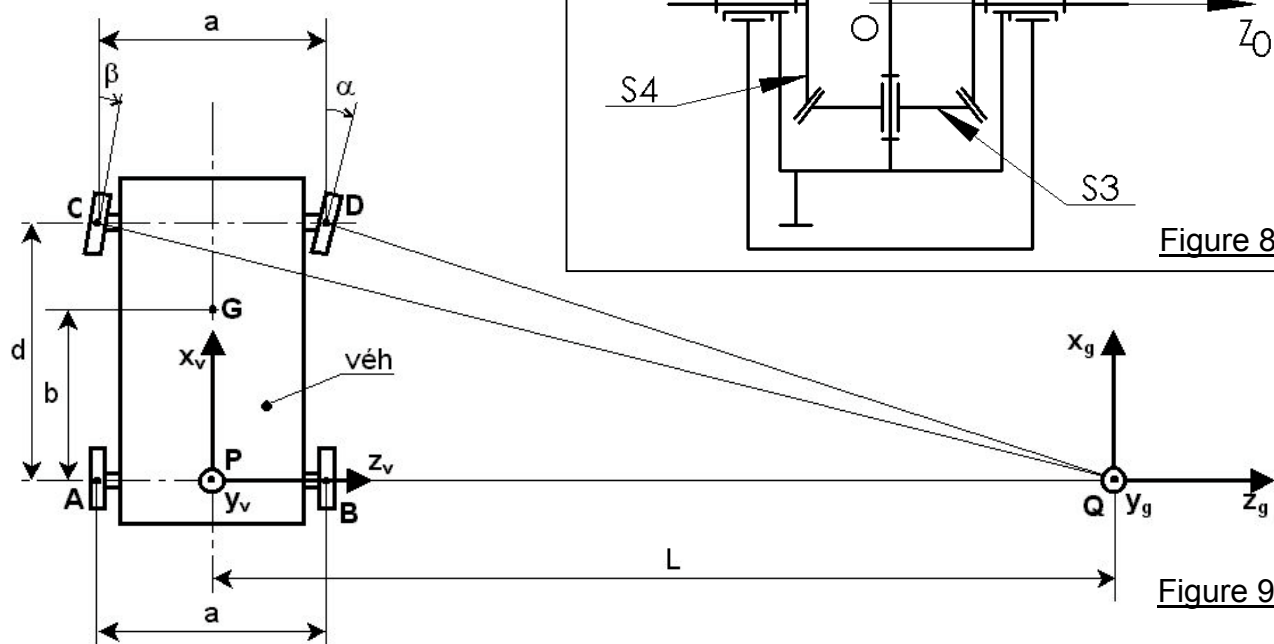
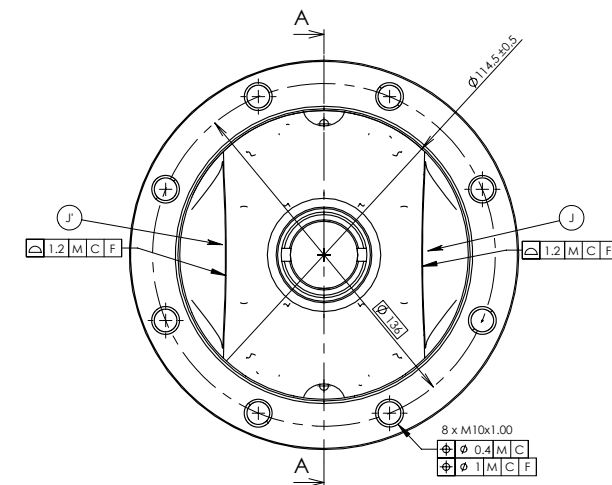
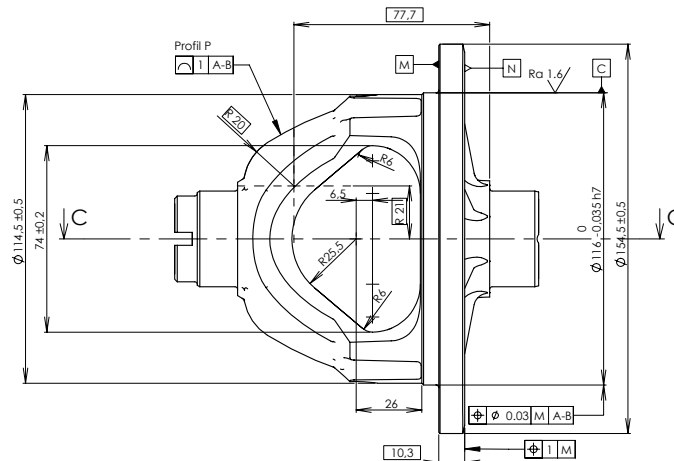
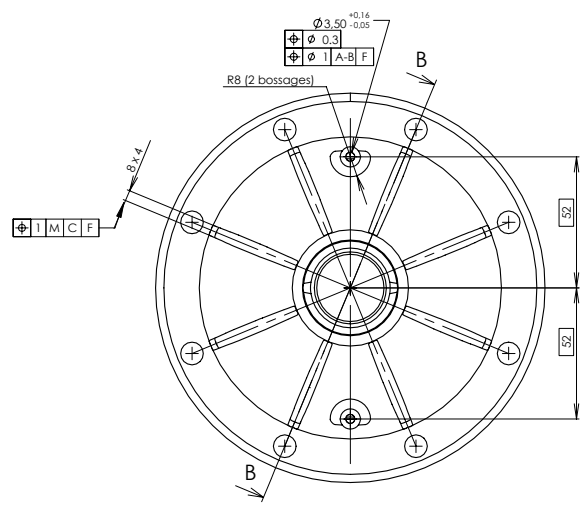
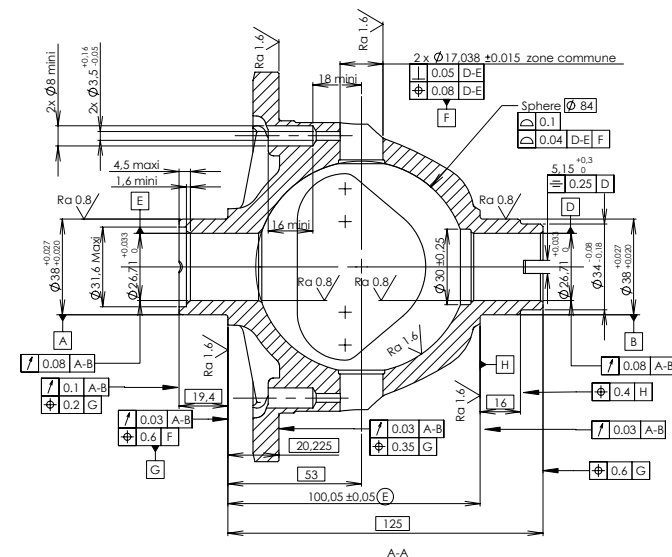
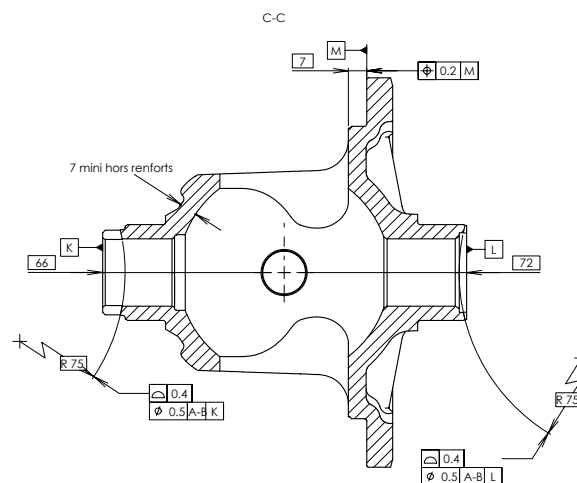
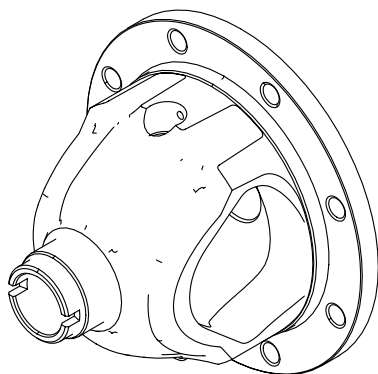
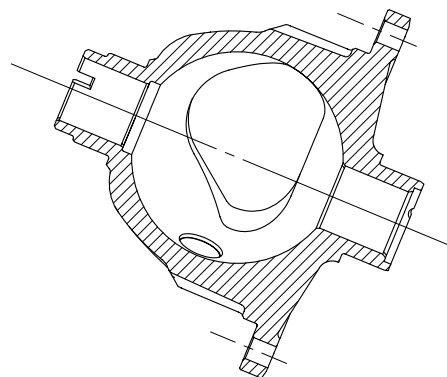


Figure 9





B-B



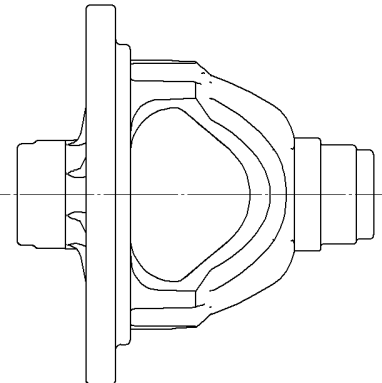
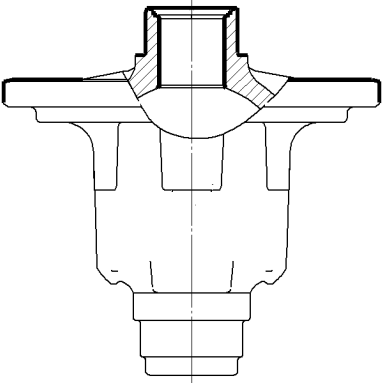
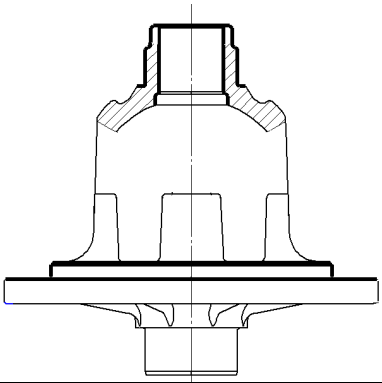
Tolérancement suivant ISO 8015  
Tolérances générales ISO 2768 - mk

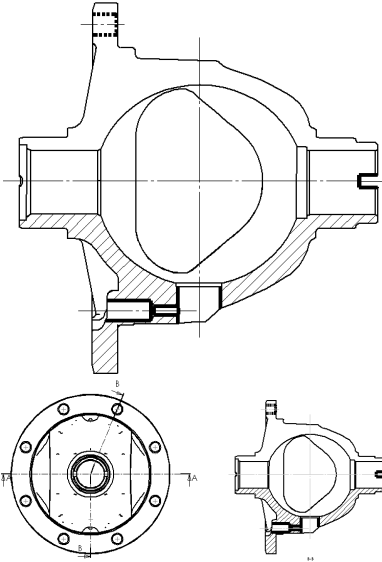
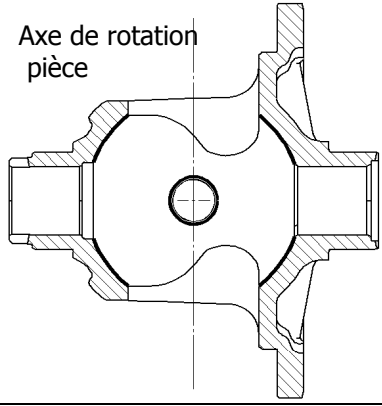
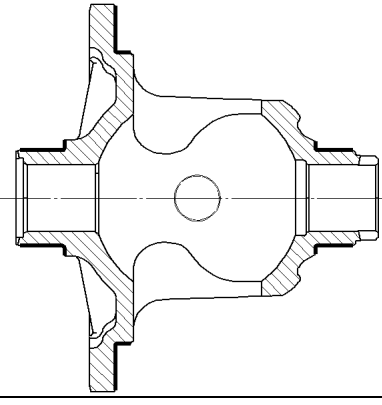
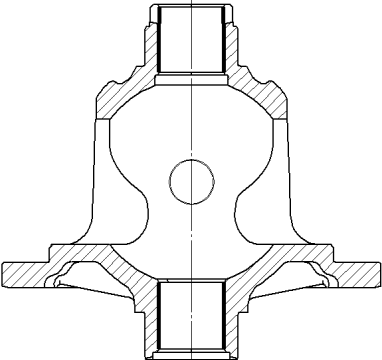
Agrégation Interne Génie Mécanique  
Document 5 Pont différentiel

MATIERE : Boîtier ( $\varnothing 84$ )  
EN GJS-600-3

Session 2005

NOMENCLATURE DES PHASES DU BOITIER

N° de la phase	Descriptif graphique	Moyen de production
<b>Phase 000</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Obtention du brut</li></ul>		Moulage au sable
<b>Phase 100</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Tournage ébauche et 1/2 finition intérieure et extérieure de la partie coté boîte</li></ul> <p><u>Mise en position :</u> Double serrage bilatéral concentrique sur la portée brute <math>\Phi 114.5</math> et la portée brute de B, appui sur le plan brut de M.</p>		Tour Bi-Broches à axe vertical <i>Nord Productique</i>
<b>Phase 200</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Tournage ébauche et 1/2 finition intérieure et extérieure de la partie coté tachymètre</li></ul> <p><u>Mise en position :</u> Serrage à trois mors concentriques sur la portée circulaire préalablement usinée <math>\Phi 154.5</math> et appui sur le plan demi-fini de N (opposé au plan M).</p>		Tour Bi-Broches à axe vertical <i>Nord Productique</i>

<b>Phase 300</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Perçages -Taraudage des 8 x M10</li><li>Perçage des trous de goupilles</li><li>Perçage ébauche des deux alésages de <math>\phi 17.038</math></li><li>Fraisage de la rainure de 5.15</li></ul> <p><u>Mise en position :</u> Appui sur le plan demi-fini de M, centrage par deux galets à <math>80^\circ</math> sur la portée C et liaison axile sur une des deux joues J ou J' (la pièce est encore symétrique).</p>		Centre d'usinage 4 axes <i>Urane 20</i>
<b>Phase 400</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Usinage de sphère intérieure,</li><li>Finition des portées de <math>\phi 17.038</math></li></ul> <p><u>Mise en position :</u> Appui sur Vé à <math>120^\circ</math> des portées demi-finies A et B, appui sur le plan N et liaison axile sur une des deux joues J ou J'.</p>		Tour vertical avec indexage de broche et outils tournants <i>TV30 Sculfort</i>
<b>Phase 500</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Rectification des portées extérieures de roulements et faces</li></ul> <p><u>Mise en position :</u> Prise entre pointes dont une fixe, dans les secteurs coniques aux extrémités latérales des portées intérieures E et D, positionnement axial par palpé de M', entraînement en rotation par la rainure de largeur 5.15.</p>		Rectifieuse cylindrique <i>Tachella</i>
<b>Phase 600</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Rodage des portées intérieures</li></ul> <p><u>Mise en position :</u> Appui sur N et centrage fixe sur A.</p>		Rodeuse <i>Citroën</i>

# MISE AU POINT DE LA PRODUCTION

Relevé de 30 pièces usinées consécutivement, dans un laps de temps court, sans réglage ni intervention de l'opérateur.

Spécification  $100,05 \pm 0.05$

N° Pièce	mesures
1	100,021
2	100,022
3	100,044
4	100,037
5	100,013
6	100,015
7	100,021
8	100,038
9	100,033
10	100,035
11	100,053
12	100,028
13	100,053
14	100,027
15	100,033
16	100,059
17	100,047
18	100,060
19	100,052
20	100,047
21	100,065
22	100,065
23	100,047
24	100,061
25	100,072
26	100,086
27	100,068
28	100,075
29	100,071
30	100,073

**DOCUMENT 7**

# PILOTAGE DU PROCEDE DE PRODUCTION

## Conditions de l'échantillonnage :

On procède toutes les 2heures à un prélèvement de 5 pièces usinées consécutivement, sans réglage, sans changement de lot de pièces, ni intervention d'opérateur.

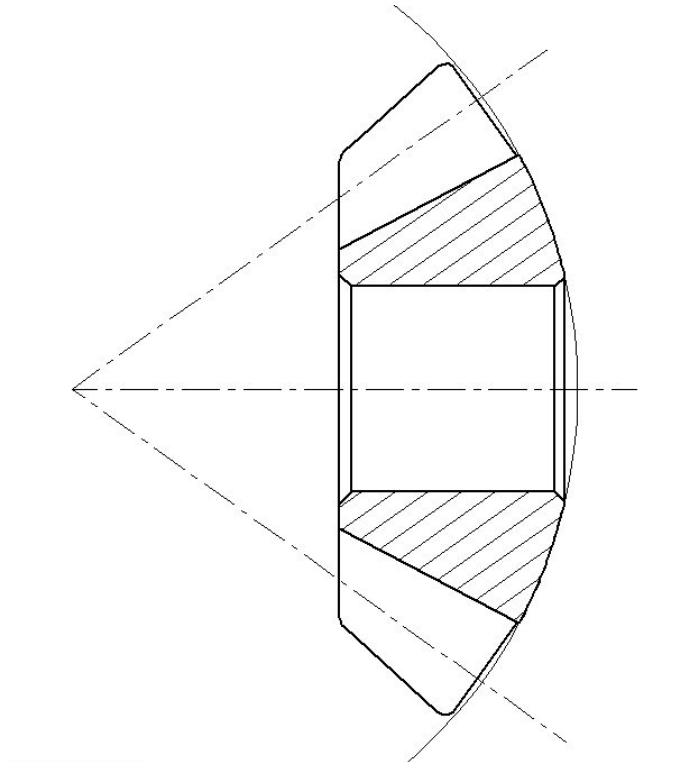
Relevé de 10 échantillons, avec par échantillon  $i$ , sa moyenne  $m_i$ , son écart type estimateur  $s_i$  et son étendue  $R_i$ .

Spécification  $100,05 \pm 0.05$

N° pièce	<i>Ech. 1</i>	<i>Ech. 2</i>	<i>Ech. 3</i>	<i>Ech. 4</i>	<i>Ech. 5</i>	<i>Ech. 6</i>	<i>Ech. 7</i>	<i>Ech. 8</i>	<i>Ech. 9</i>	<i>Ech. 10</i>
1	100.058	100.043	100.031	100.039	100.035	100.056	100.066	100.049	100.052	100.034
2	100.062	100.044	100.055	100.058	100.053	100.061	100.061	100.048	100.056	100.034
3	100.068	100.035	100.062	100.048	100.058	100.077	100.056	100.053	100.060	100.055
4	100.059	100.031	100.054	100.050	100.048	100.055	100.046	100.038	100.056	100.057
5	100.036	100.049	100.031	100.064	100.051	100.072	100.053	100.039	100.064	100.050
$m_i$	100.056	100.040	100.047	100.052	100.049	100.064	100.056	100.045	100.058	100.046
$s_i$	0.012	0.007	0.015	0.010	0.009	0.010	0.008	0.007	0.005	0.011
$r_i$	0.031	0.018	0.032	0.025	0.023	0.022	0.020	0.015	0.012	0.023

Journal de bord : Rien à signaler

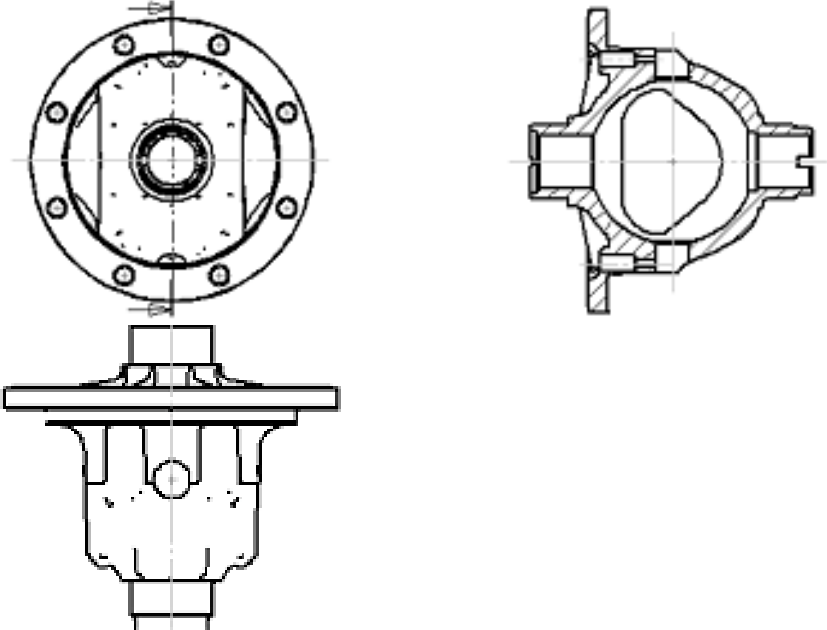
**DOCUMENT 8**



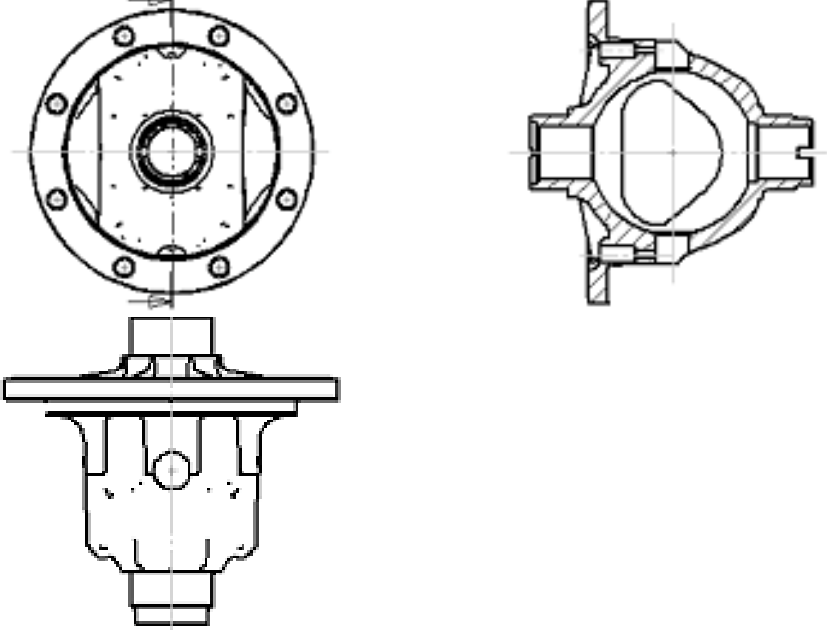
**DOCUMENT-REPONSE 1**

LIAISONS PIECE / PORTE-PIECE  
QUESTION 11

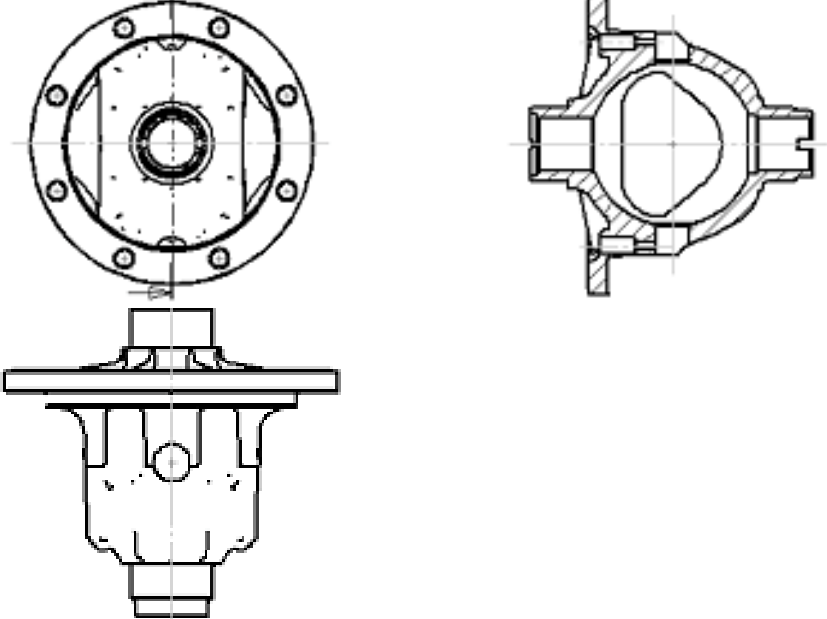
Phase 100



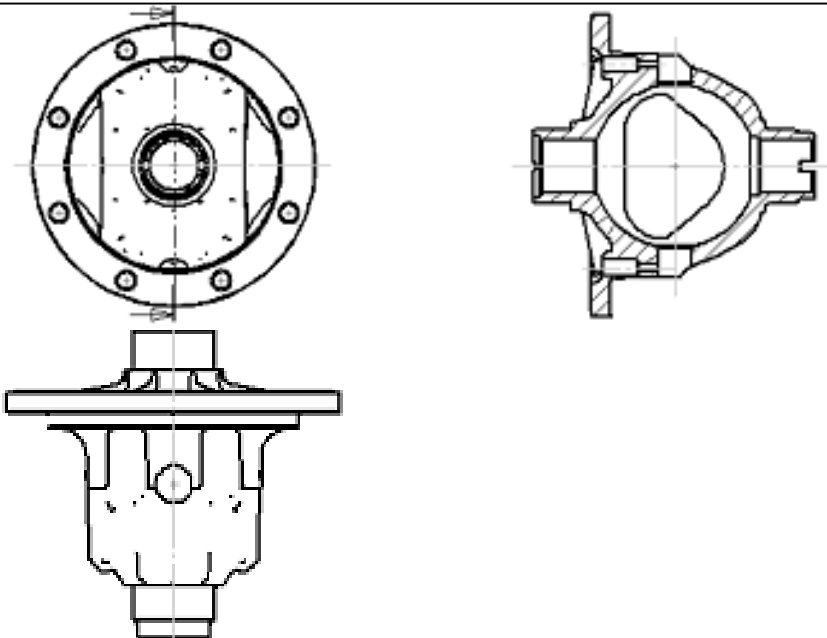
Phase 200



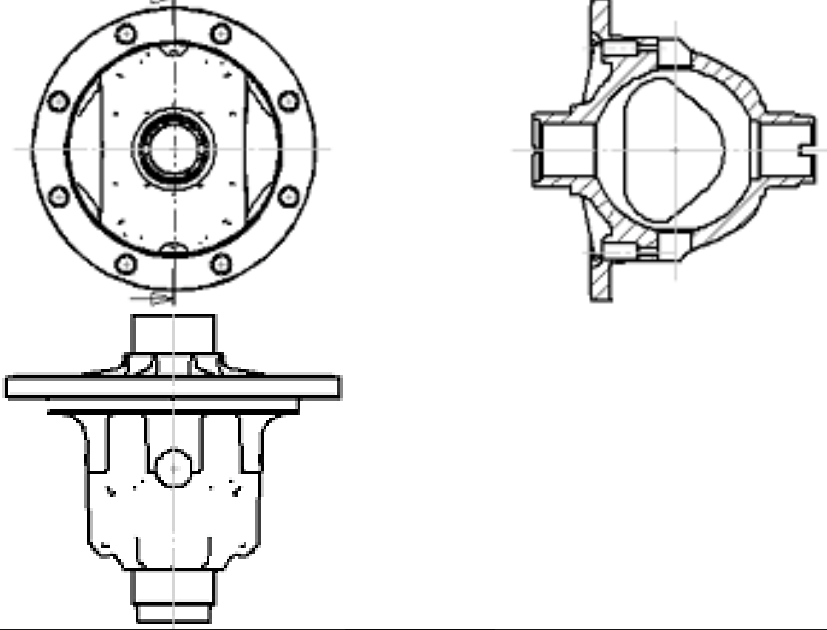
Phase 300



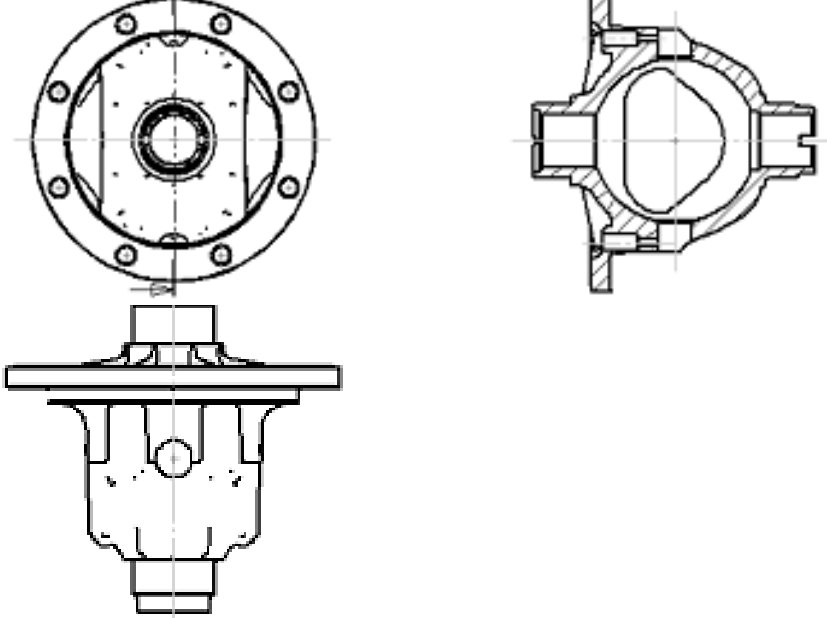
Phase 400



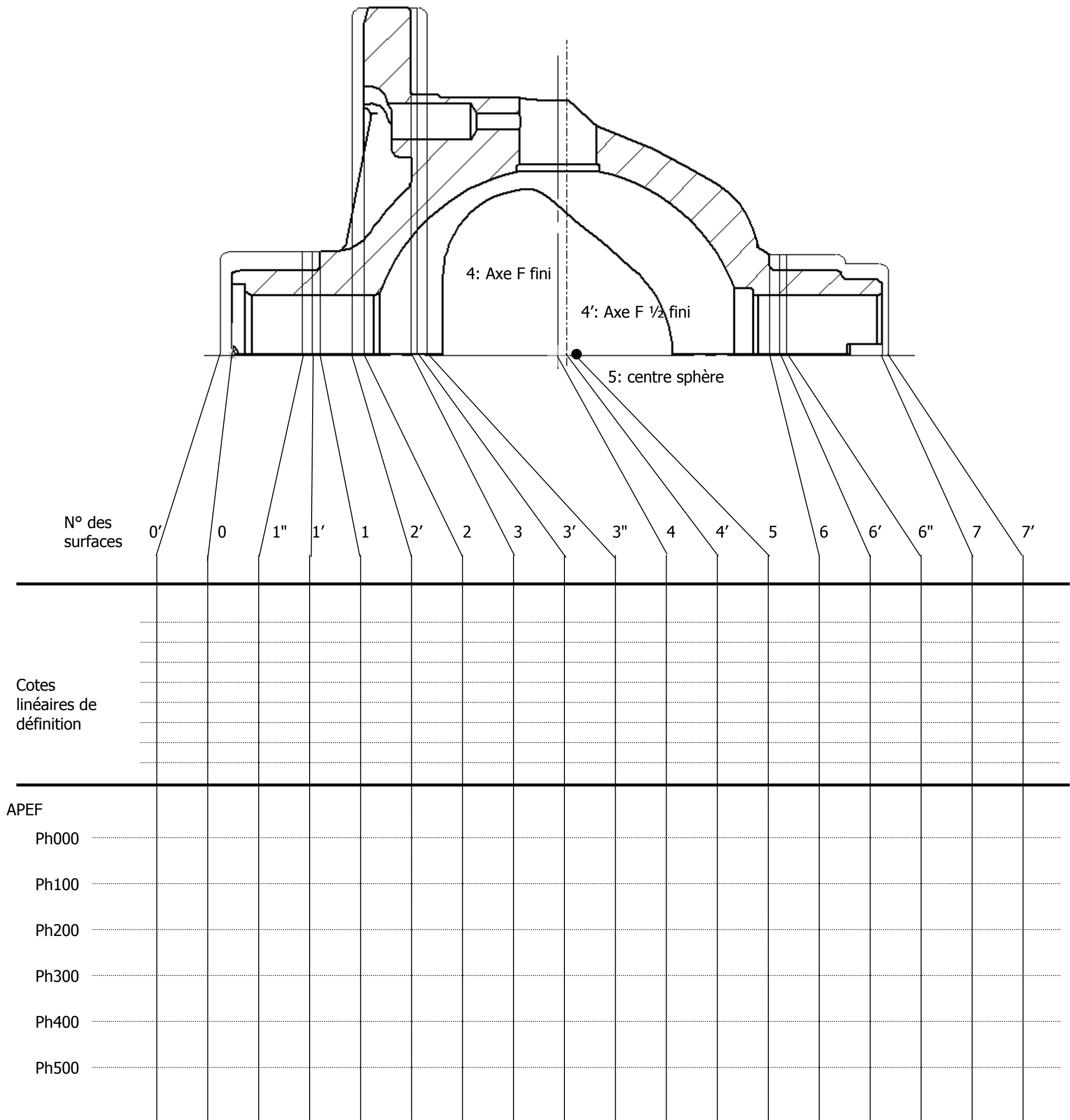
Phase 500



Phase 600

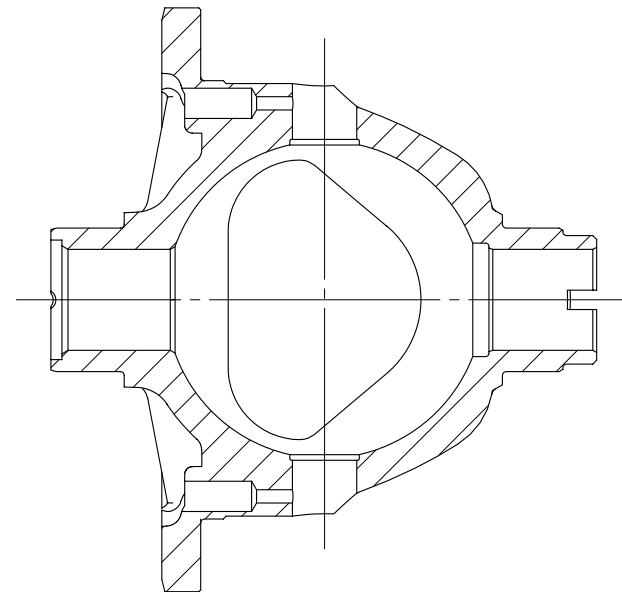
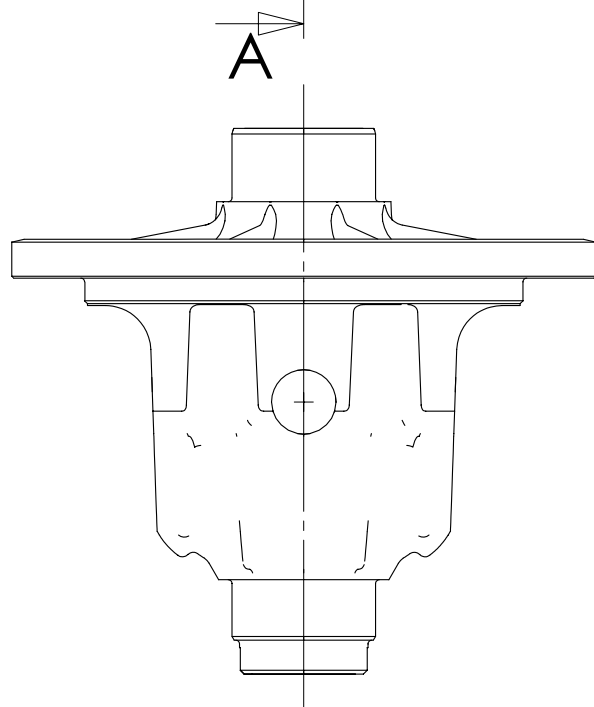
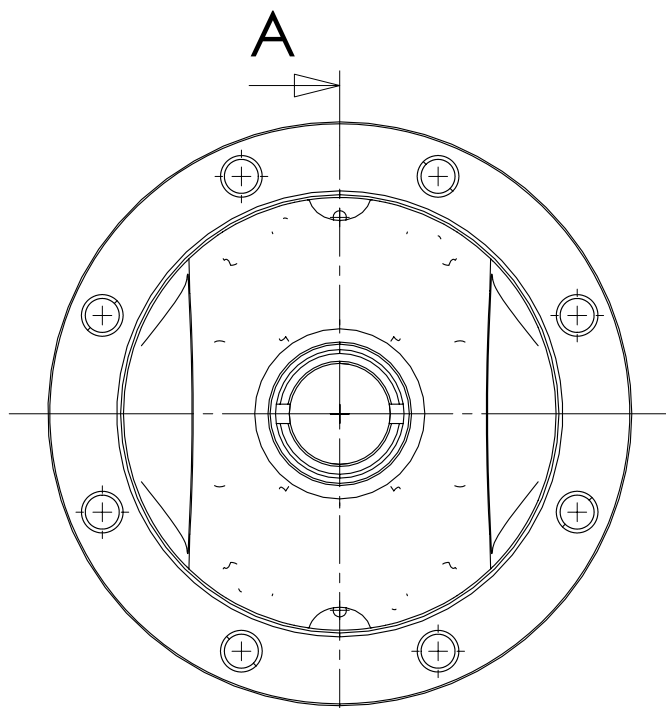


SIMULATION D'USINAGE AXIALE



Protocole graphique : A l'intersection d'une verticale concernant une surface et d'une horizontale concernant une phase:

- Mettre ▲ pour une surface de mise en position
- Mettre ● pour une surface usinée

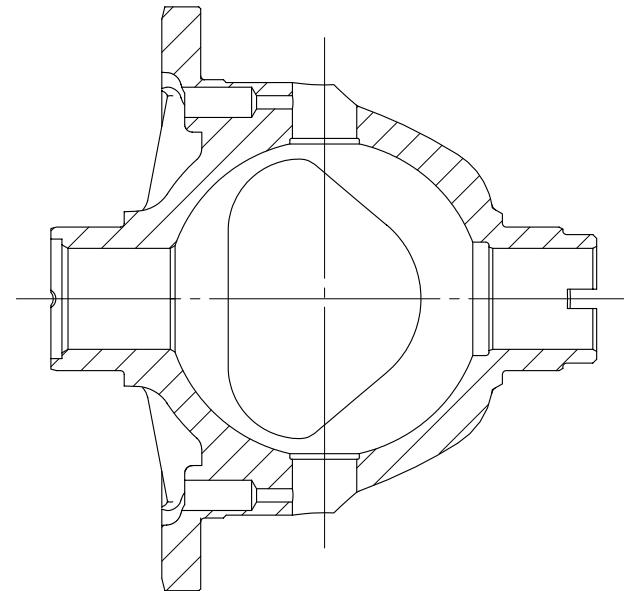
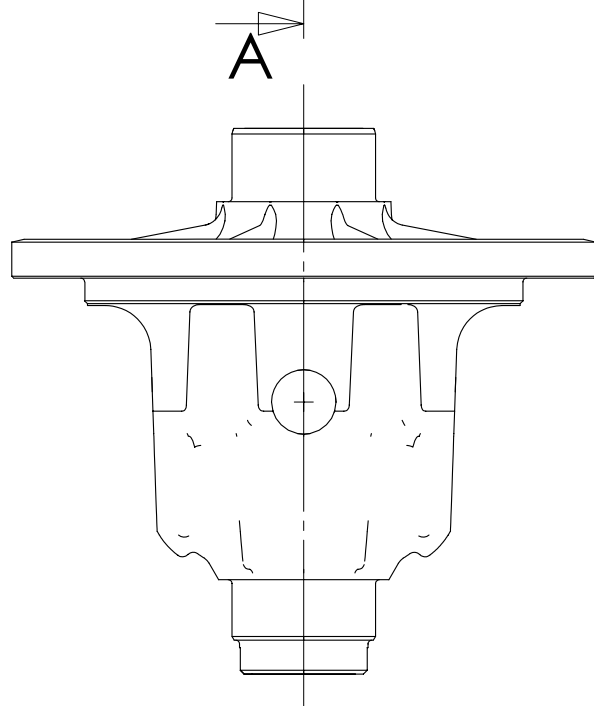
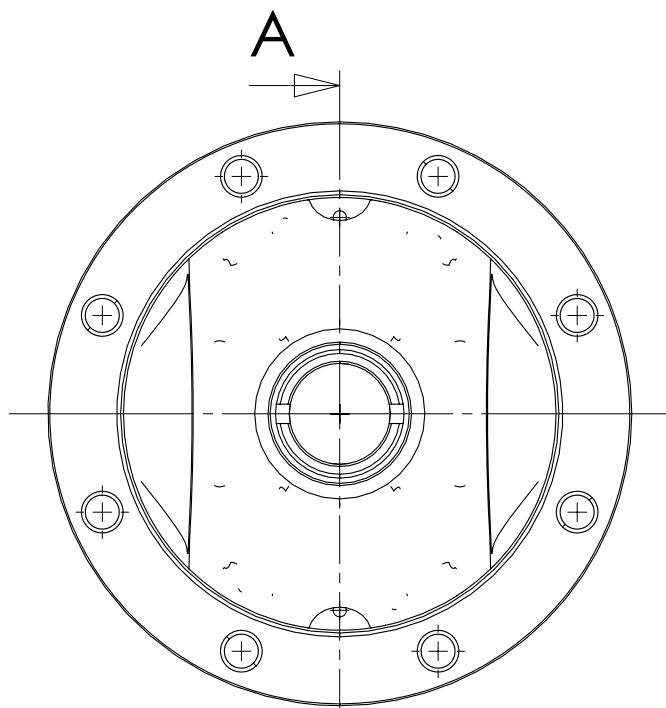


A-A

**COTATION DE FABRICATION PHASE 400**

**DOCUMENT REPONSE 4**





A-A

**EXERCICE PEDAGOGIQUE**  
**DOCUMENT REPONSE 5**