

# BTS M.E.M.A

## Maintenance et exploitation des matériels aéronautiques

**Session : 2007**

Epreuve U4 : Mécanique et résistance des matériaux appliquées  
à la technologie des cellules et des systèmes

première partie : Mécanique et résistance des matériaux

Durée : 5 heures

Coefficient 3

Matériels autorisés :

- ✦ Calculatrice réglementaire
- ✦ Matériel habituel du dessinateur
- ✦ Tous documents autorisés

Ce dossier comprend :

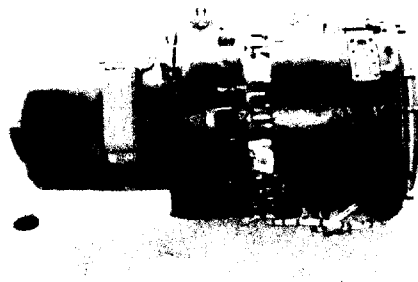
- ✦ Un dossier « Documents techniques »
- ✦ Un dossier « Questionnaire »
- ✦ Un dossier « Documents réponses »

Avant de commencer l'épreuve, les candidats sont invités :

- ✦ A vérifier que le dossier est complet
- ✦ A lire tout le sujet

*Nota : Les candidats sont invités à formuler les hypothèses qu'ils jugeront nécessaires*

**Support d'étude : Le CSD Constant Speed Drive**



# **BTS M.E.M.A**

**Session : 2007**

**Le CSD Constant Speed Drive**

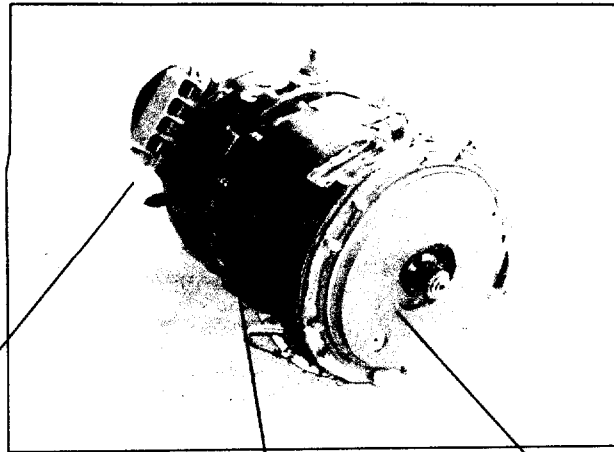
## **DOSSIER TECHNIQUE**

- ✦ Pages 1 à 6 : Présentation du CSD
- ✦ Document 1 : Schéma technologique du CSD complet
- ✦ Document 2 : Schéma technologique du différentiel uniquement
- ✦ Document 3 : Nomenclature des plans
- ✦ Document 4 : Dessin d'ensemble du régulateur à masselottes
- ✦ Document 5 : Dessin de l'ensemble « chemise tournante et masselottes » du régulateur
- ✦ Document 6 : Dessin de définition d'une masselotte
- ✦ Document 7 : Modèle d'étude d'une masselotte
- ✦ Document 8 : Dessin de définition du planétaire 3

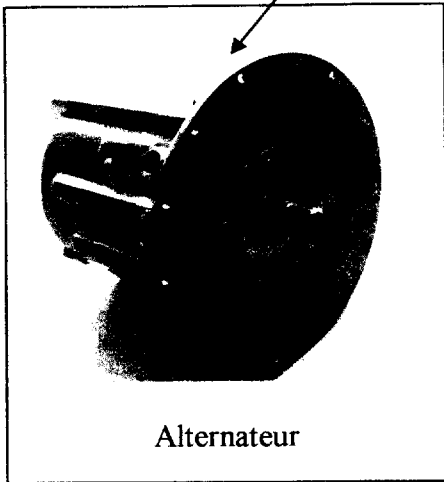
**BTS M.E.M.A**

Session : 2007

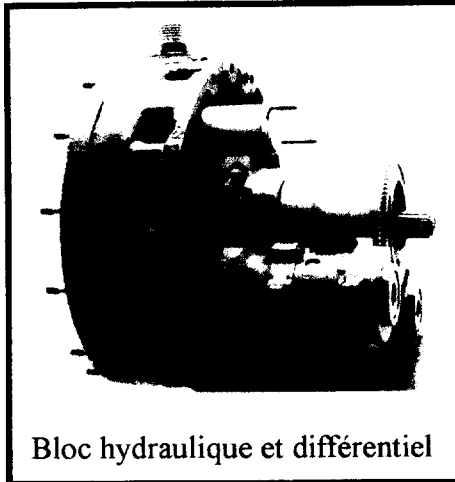
Constant Speed Drive



Zone développée dans ce sujet



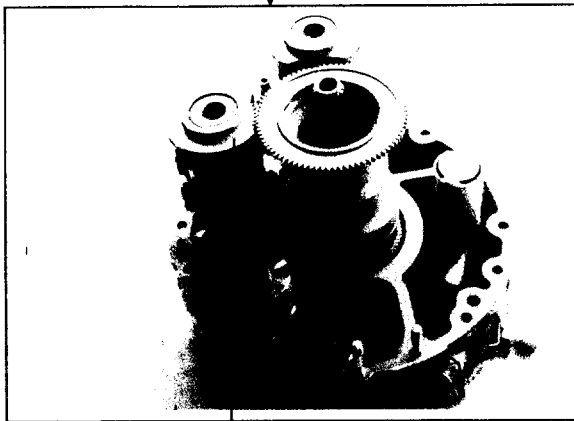
Alternateur



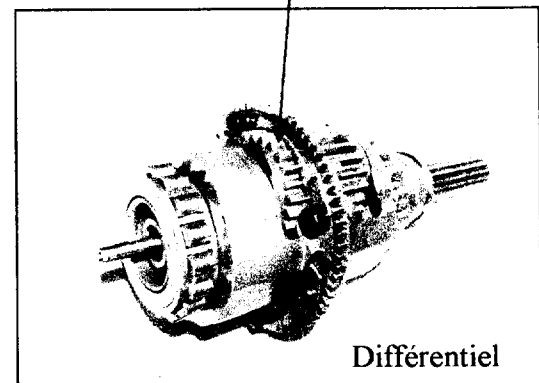
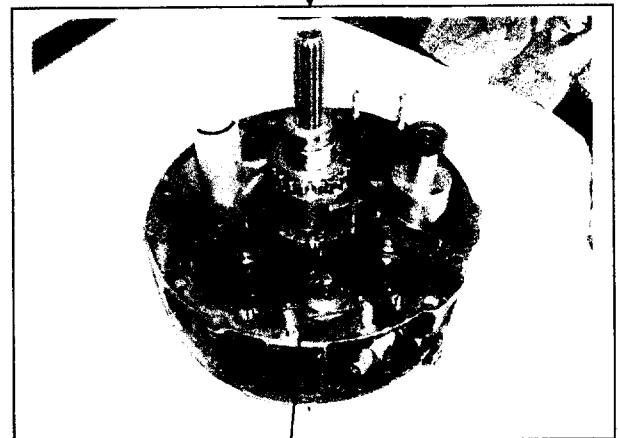
Bloc hydraulique et différentiel



Bloc d'entrée



Moteur et pompe hydraulique



Différentiel

# CSD ENTRAINEMENT A VITESSE CONSTANTE

## 1. Généralités

Sur certains types d'avions, l'énergie électrique de bord est fournie par trois alternateurs triphasés de 40KVA 115/200 Volts à 400 Hertz.

Ces alternateurs sont entraînés par les réacteurs à travers des transmissions hydrauliques à vitesse constante, permettant leur couplage en parallèle.

L'entraînement à vitesse constante maintient impérativement l'alternateur à une vitesse de 6000 tr/min plus ou moins une petite tolérance (plus ou moins 40 tr/min)

Ce dispositif permet donc d'ajuster la fréquence (tr/min) sur l'arbre de l'alternateur, et ce, quelque soit la fréquence de l'arbre accouplé au réacteur.

Chaque alternateur est supporté et entraîné à régime constant par un dispositif à rapport de transmission variable, qui prend son mouvement sur le boîtier des accessoires du réacteur.

Cet équipement, ou entraînement à différentiel, est fixé sur le réacteur par un collier à montage rapide.

Le poids d'un CSD est d'environ 35 kg.

On se propose d'étudier ce dispositif !

## 2. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Voir le document 1

Trois cas peuvent se présenter :

- ✦ **Sous vitesse** : exemple  $N_{6/0} = 4300$  tr/min: le régulateur incline le plateau de pompe. Le débit de la pompe fait tourner le moteur relié à l'arbre 4 qui entraîne 3 à une vitesse de  $N_{3/0} = 2747$  tr/min afin d'ajuster la fréquence de l'alternateur à 6000 tr/min.
- ✦ **Vitesse nominale** :  $N_{6/0} = 6000$  tr/min le régulateur de vitesse commande le plateau de pompe. Le débit de la pompe fait tourner le moteur relié à l'arbre 4 qui entraîne 3 à une vitesse de  $N_{3/0} = 5712$  tr/min afin d'ajuster la fréquence de l'alternateur à 6000 tr/min.
- ✦ **Sur vitesse** :  $N_{6/0} = 8600$  tr/min le régulateur de vitesse commande le plateau de pompe. Le débit de la pompe fait tourner le moteur relié à l'arbre 4 qui entraîne 3 à une vitesse de  $N_{3/0} = 10974$  tr/min afin d'ajuster la fréquence de l'alternateur à 6000 tr/min.

## 3. Constitution de ce CSD

C'est un ensemble moteur - pompe hydraulique à débit variable, contrôlé par un régulateur centrifuge asservi aux circuits de régulation de vitesse et de charge active de l'alternateur.

L'ensemble comprend trois parties principales :

- ✦ **Un boîtier de débrayage ou encore de décrabotage** : il est placé à l'entrée. Il permet en cas d'avarie mécanique du CSD (ou de l'alternateur) d'être séparé de la transmission de puissance.
- ✦ **Une transmission hydraulique** : elle comprend principalement un système moteur pompe et un différentiel. On distingue aussi deux pompes, l'une de mise en pression, l'autre de récupération aspirant l'huile dans un puisard. Cette huile est ensuite refroidie dans un radiateur (extérieur à la transmission) et stockée dans un réservoir.
- ✦ **Des éléments de contrôle et de commande** : au panneau mécanicien on distingue généralement
  - un voyant de baisse de pression d'huile (en série avec le manostat)

- MEMRMAT1
- un indicateur de température d'huile (en relation avec les deux sondes de température)
  - une commande électrique de décrabotage (en série avec le solénoïde)
  - quelque fois un potentiomètre permettant d'ajuster la fréquence : ceci est réalisé par action magnétique sur les masselottes du régulateur de vitesse

*Dans ce sujet, nous n'étudierons pas le bloc hydraulique « pompe moteur ».*

### **3.1. Le bloc hydraulique**

Chaque entraînement se compose essentiellement de deux blocs hydrauliques, type pompe à barillet, et un différentiel qui ajuste la fréquence de rotation pour l'alternateur.

Les blocs hydrauliques sont physiquement semblables, mais l'un à un plateau à inclinaison variable (pompe) tandis que l'autre à un plateau fixe (moteur), donc un déplacement par tour fixe. Les blocs hydrauliques tournent indépendamment l'un de l'autre et sont placés de chaque côté d'une glace de distribution.

La pompe a un rapport de vitesse angulaire fixe comparé à la vitesse d'entrée de la transmission. L'angle du plateau mobile peut varier continuellement.

Le déplacement de la pompe varie lui aussi continuellement entre débit nul et débit maxi.

Le moteur est entraîné par l'huile refoulée par la pompe. Le moteur peut donc tourner à toutes les vitesses comprises entre zéro et un maximum.

La pression de l'huile entre les deux blocs hydrauliques est proportionnelle au couple à transmettre à l'alternateur.

Aux basses vitesses d'entrée, la pompe travaille pour alimenter le moteur, qui ajuste des tours par l'intermédiaire du différentiel. Quand la vitesse d'entrée est juste celle nécessaire, le couple est transmis directement par le différentiel. Le plateau de pompe est légèrement décalé du zéro pour compenser les fuites internes.

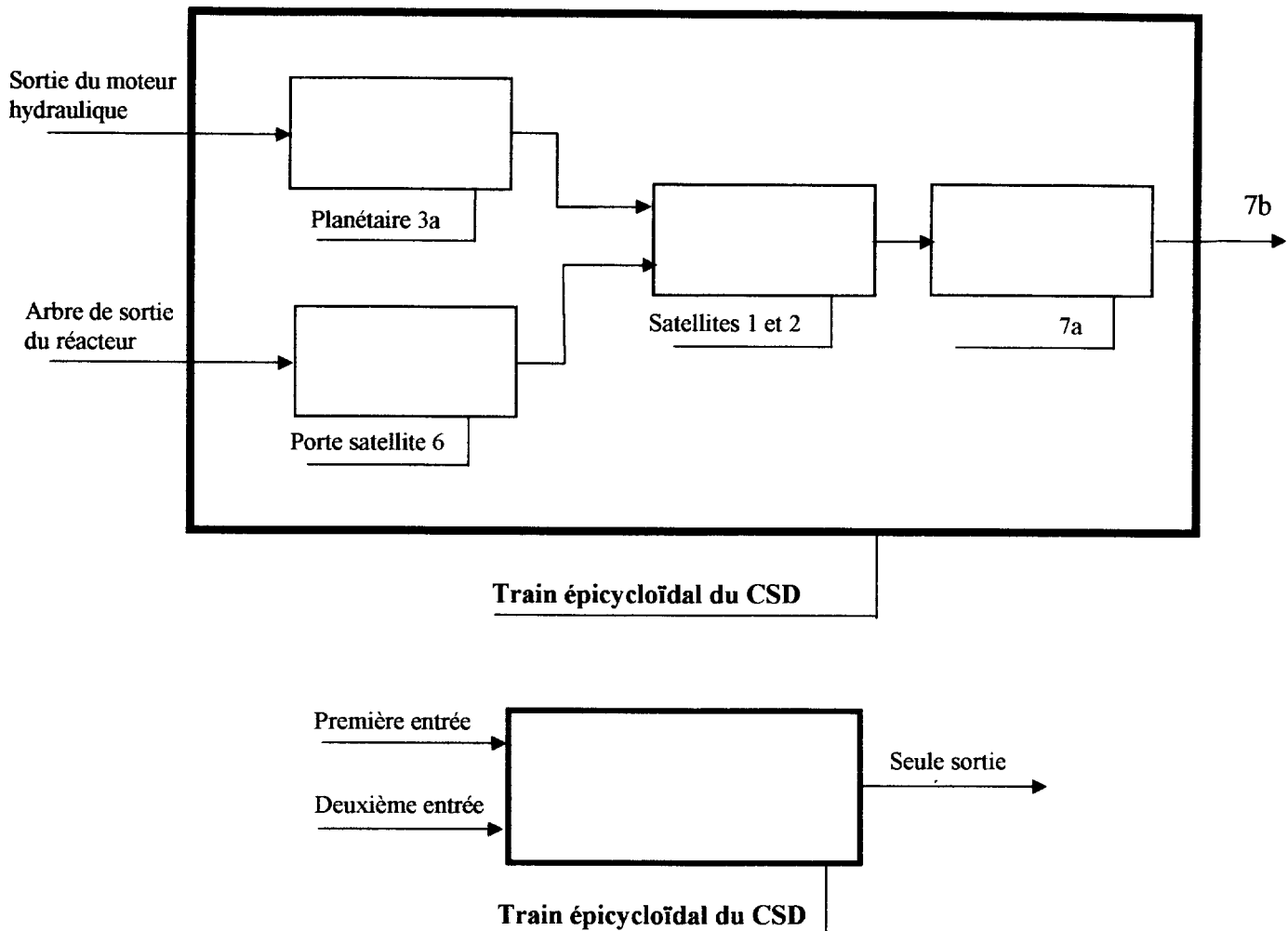
Aux vitesses d'entrée supérieures à la normale nécessaire, le plateau mobile s'incline de manière à ajuster la fréquence de l'alternateur.

*Cette partie ne sera pas étudiée dans ce sujet ! Elle est juste précisée pour avoir une vue d'ensemble sur le CSD.*

### 3.2. Le différentiel (étudié en partie A)

voir également Documents 1 et 2

## Synoptique du train épicycloïdal



Dans ce différentiel, les satellites (repères 1 et 2) sont au centre et les planétaires (repères 3 et 7) à l'extérieur.

Les satellites tournent autour de leur axe propre et tournent aussi autour de l'axe du porte-satellites repéré 6.

Le porte-satellites est entraîné par la couronne (Z3a) et par l'arbre de sortie du réacteur.

La pompe est entraînée par le pignon Z6, puis transmet la puissance au pignon moteur Z4.

Le moteur transmet ensuite la puissance par l'engrenage Z4 - Z3b.

Le planétaire de sortie (7) est couplé avec l'arbre d'entraînement de l'alternateur.

La vitesse du planétaire de sortie est maintenue constante en « ajustant » des tours à la vitesse des satellites, en contrôlant la vitesse de rotation du planétaire d'entrée. Le régulateur de vitesse et les pompes sont entraînés indépendamment en sortie du différentiel.

Le différentiel est composé :

- ✦ d'un arbre porte-satellites repéré 6
- ✦ deux satellites repérés 1 et 2
- ✦ deux planétaires (entrée repéré 3 et sortie repéré 7).

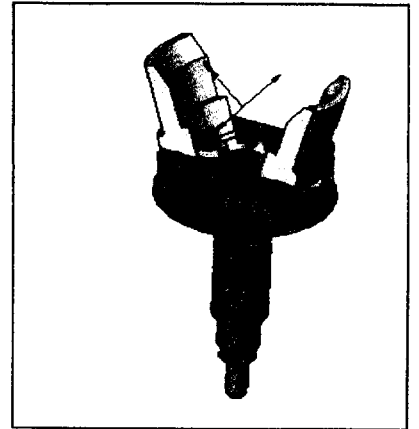
### 3.3. Le régulateur à masselottes (étudié en partie B)

voir également Documents 4 et 5

La puissance principale est transmise directement à la sortie par l'intermédiaire du dispositif de débrayage et du différentiel. Il faut donc compenser les fluctuations de vitesse du réacteur.

Pour cela un régulateur de vitesse détermine la correction à apporter. Il commande un vérin auxiliaire (cylindre de contrôle) en liaison avec le plateau d'une pompe hydraulique.

Cette pompe a une capacité variable suivant l'inclinaison du plateau. Elle délivre son débit à un moteur hydraulique qui se chargera de l'appoint de vitesse.



Il se compose de trois parties principales

#### ★ Mécanique :

Elle comprend l'arbre d'entraînement considéré comme une chemise tournante (20) dans laquelle peut se déplacer un tiroir (19) commandé par des masselottes en "ALNICO"(22), sous l'action de la force centrifuge.

Un ressort (16) antagoniste est réglé pour maintenir une fréquence constante à la sortie de l'alternateur. Lors de la maintenance du CSD, il est possible d'intervenir manuellement sur un système de réglage « roue 12 et vis sans fin » afin d'ajuster l'effort sur le ressort 16 qui positionne les masselottes.

Si l'alternateur tourne à une vitesse supérieure à 6000 tr/min, les masselottes sont écartées par l'action de la force centrifuge. Le tiroir dirige la pression du circuit dans la chambre côté ressort du piston de commande du plateau de pompe. La chambre opposée se vidange par l'intermédiaire du régulateur de vitesse par un drain vers le carter.

Le débit de la pompe est ajusté, la fréquence de l'arbre de sortie du moteur hydraulique repéré 4 est également ajustée afin d'assurer  $N_{\text{alternateur}}=6000$  tr/min.

Le phénomène inverse peut se produire.

Si la vitesse de l'alternateur est à une vitesse inférieure à 6000 tr/min, les masselottes sont rapprochées, et le tiroir descend. La pression du circuit est dirigée dans la chambre côté opposé au ressort du piston de commande du plateau de pompe.

Le débit de la pompe est de nouveau ajusté, la fréquence de l'arbre de sortie du moteur hydraulique repéré 4 est également réajustée afin d'assurer  $N_{\text{alternateur}}=6000$  tr/min

*En conclusion le régulateur de vitesse ne modifie la position du tiroir que s'il y a variation de vitesse de l'alternateur.*

- ★ Electromagnétique on effectue un réglage précis de la vitesse de rotation par une intervention électromagnétique sur les masselottes ; c'est pourquoi ces masselottes sont des aimants permanents.

Suivant le sens du courant continu dans la bobine on crée des faces Nord ou Sud ce qui écarte ou rapproche les masselottes de la bobine simulant ainsi une survitesse ou une sous-vitesse (la fréquence alternateur est modifiée d'autant).

Ce courant continu est élaboré par le "contrôleur de charge" lui-même commandé par le potentiomètre « fréquence ».

Cette partie ne sera pas étudiée

★ Réglage manuel

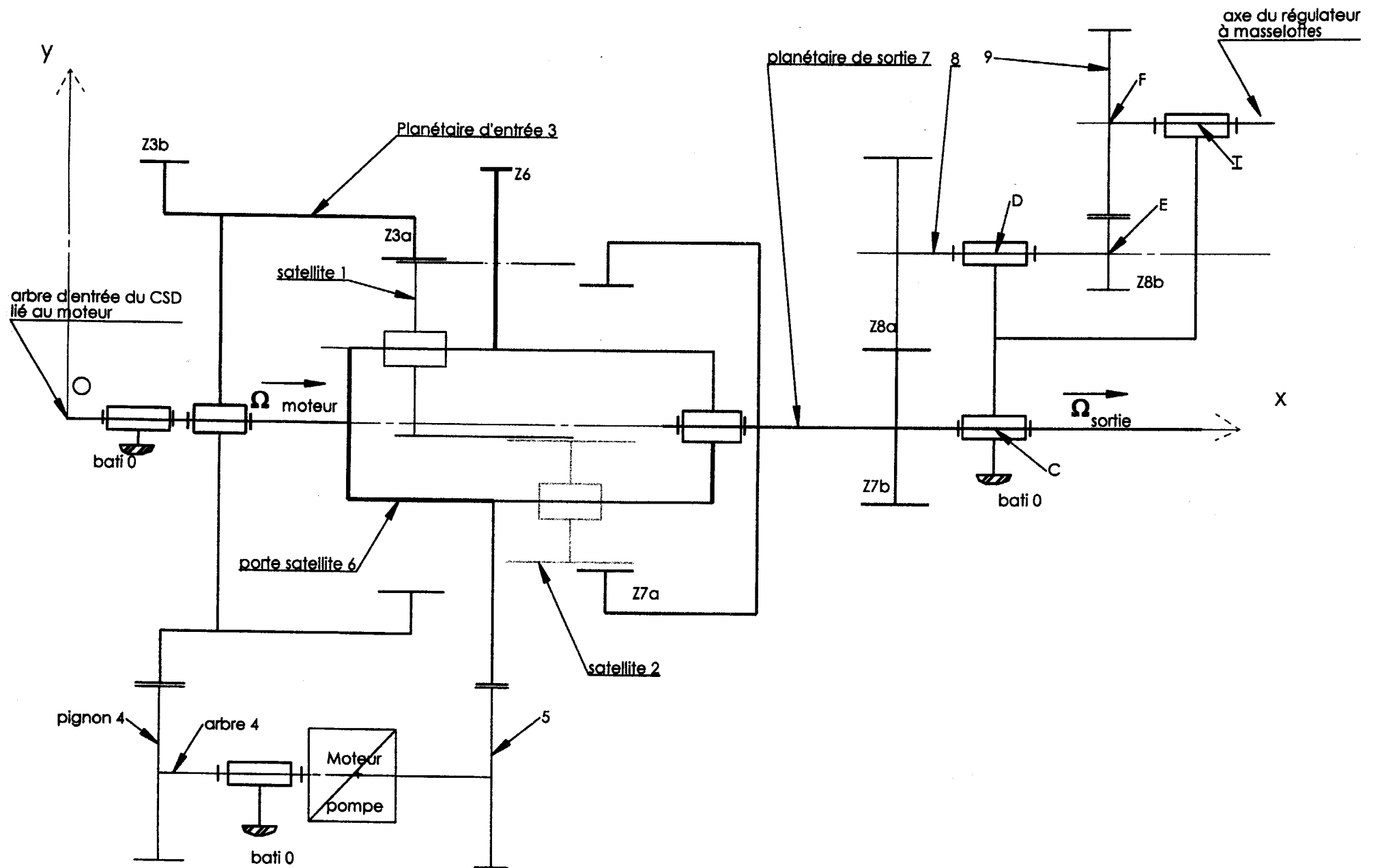
Lors des grandes visites, l'agent de maintenance peut agir sur un système d'engrenage pour ajuster la tension dans le ressort de rappel 16.

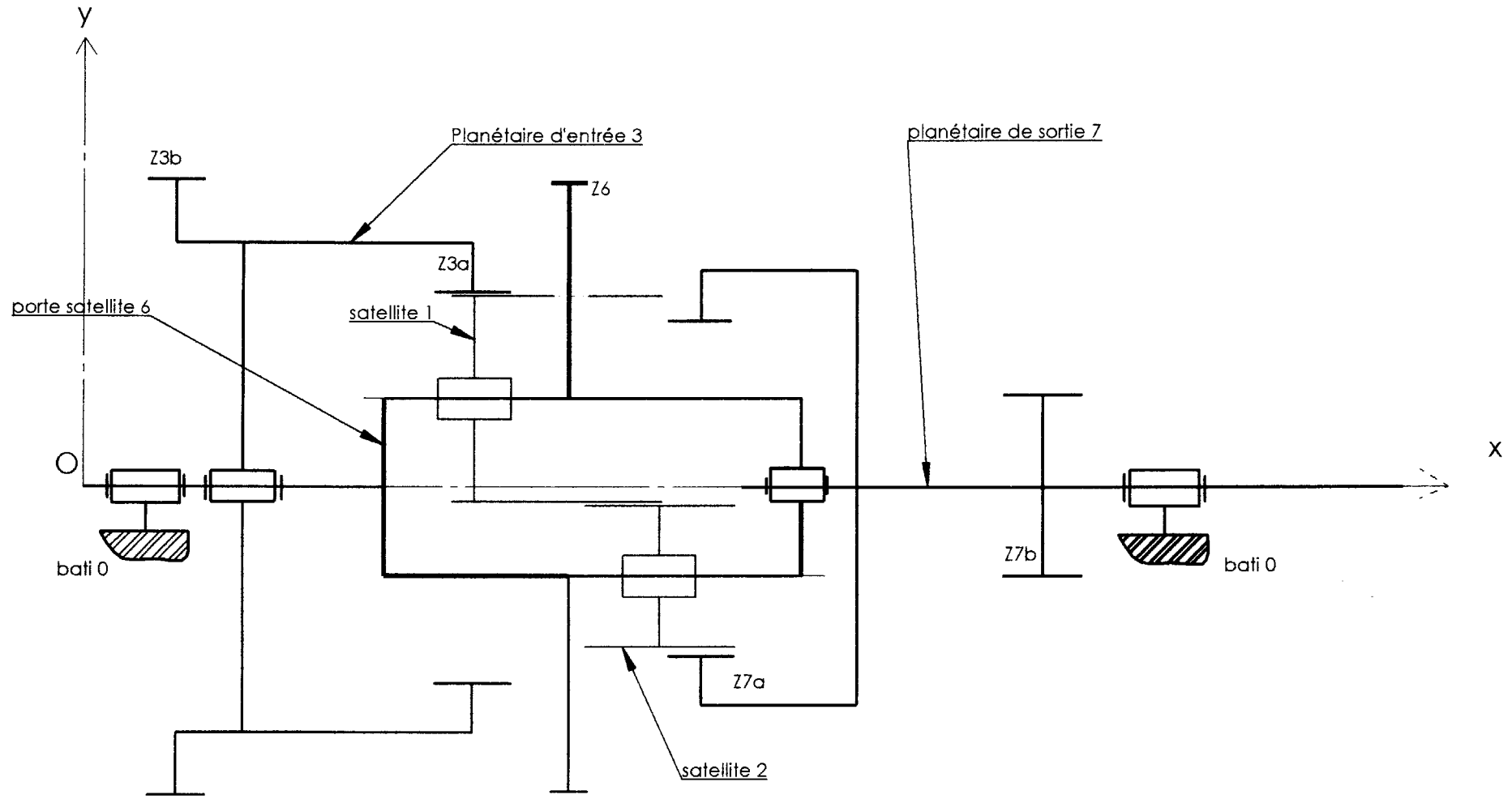
Pour cela il agit sur une vis sans fin (non représentée) en contact avec le pignon 12, ce qui modifiera la tension du ressort 16 en contact avec la tige creuse 19, elle-même en contact avec les masselottes.

De ce fait l'inclinaison initiale des masselottes peut être ajustée à la demande

*On se propose d'étudier ce réglage en troisième partie C !*



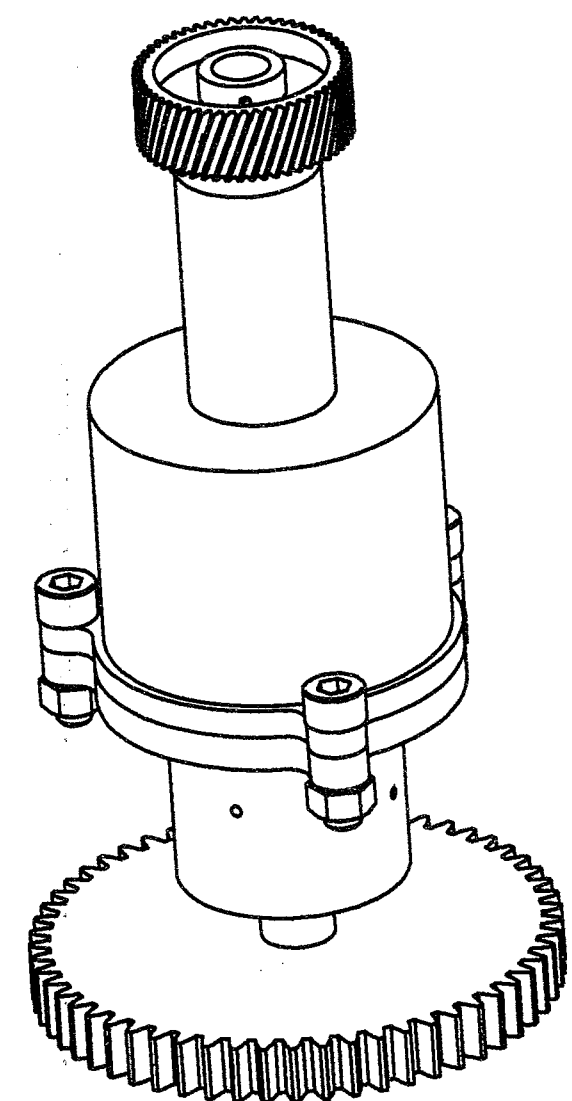
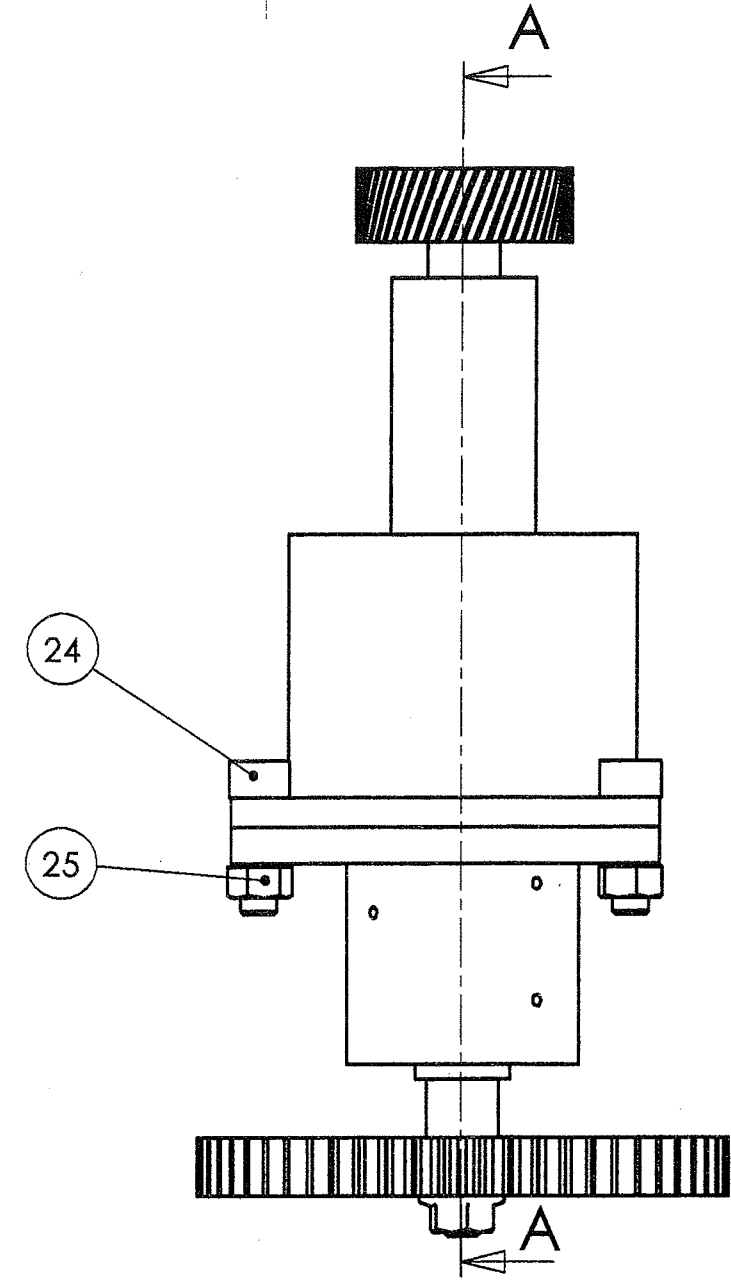
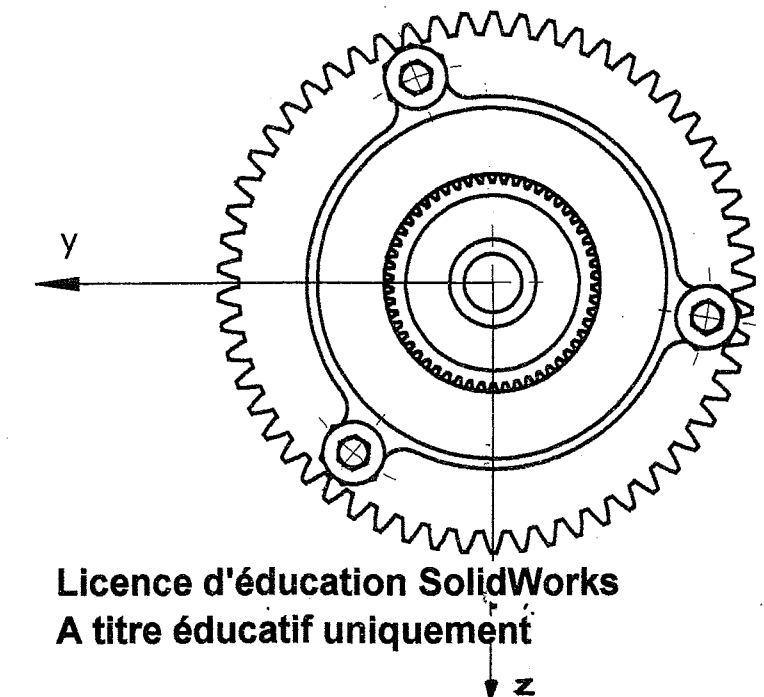
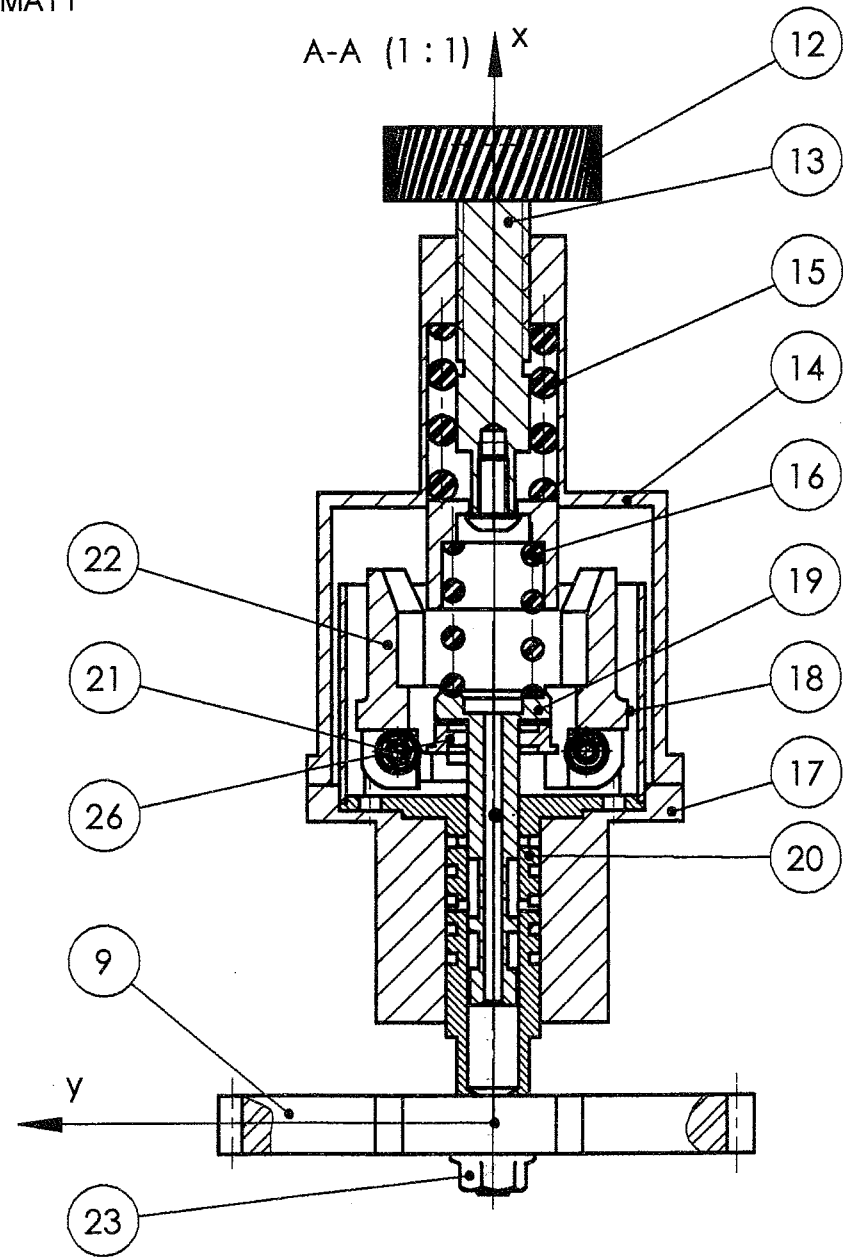




## MEMRMAT1

Numéro de pièce	Nombre	Désignation	Remarque
1	1	Satellite	Z1 = 23
2	1	Satellite	Z2 = 21
3	1	Planétaire d'entrée	Z3a = 46 Z3b = 81
4	1	Pignon de sortie de moteur hydraulique	Z4 = 45
5	1	Pignon d'entrée de la pompe hydraulique	Z5 = 55
6	1	Porte satellite	Z6 = 71
7	1	Planétaire de sortie	Z7a = 42 Z7b = 55
8	1	arbre intermédiaire	Z8a = 56 Z8b = 16
9	1	pignon de régulateur à masselottes	Z9 = 57
10	1	Roulement à rouleaux A:	
11	1	Roulement à rouleaux B:	
12	1	Pignon de réglage	Z12 = 54, mn=1, Béta = 4°
13	1	Vis de réglage	M10 * 1,5
14	1	Corps supérieur	
15	1	Ressort secondaire	
16	1	Ressort principal	
17	1	Corps inférieur	
18	1	Carter du régulateur	
19	1	Tige creuse	
20	1	Chemise tournante	
21	2	axe de masselottes	
22	2	masselottes	Matière ALNICO
23	1	Ecrou H-M5	
24	3	Vis d'assemblage CHC M5-35	
25	3	Ecrou H-M5	
26	1	Butée à billes	

MEMRMAT1



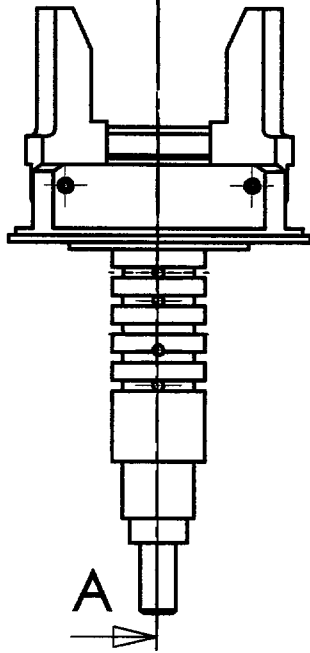
Licence d'éducation SolidWorks  
A titre éducatif uniquement

Echelle 1:2	Régulateur à masselottes	D-S
	BTS MEMA SESSION 2007	
Format : A3 H		Document 4

MEMRMAT1

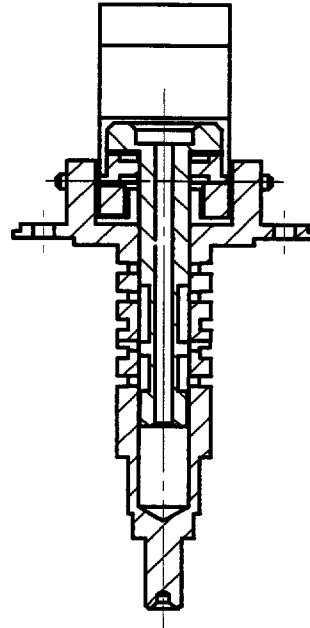
A

A



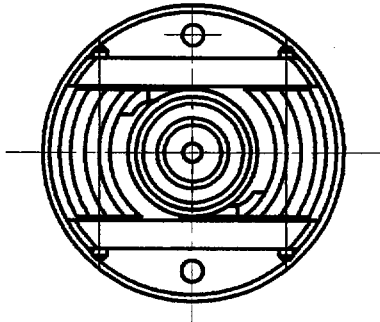
B

A-A (1:1)

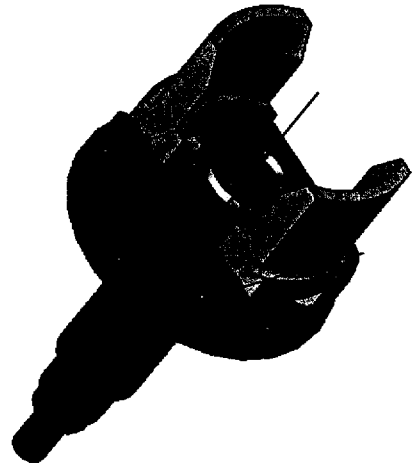


C

A



D



E

Echelle 1:2

chemise tournante et masselottes

D-S

F

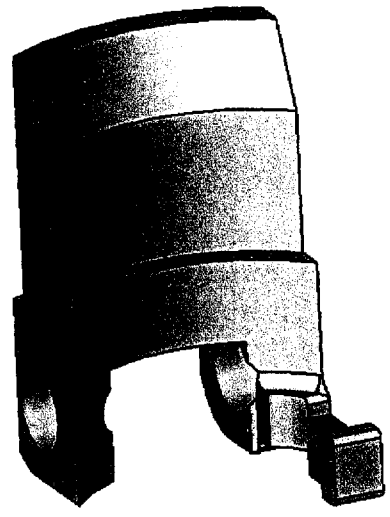
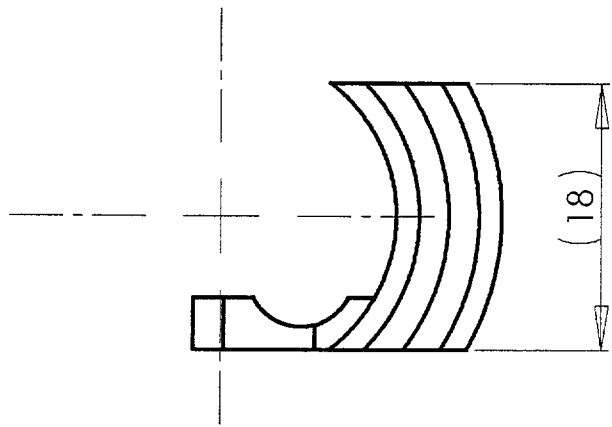
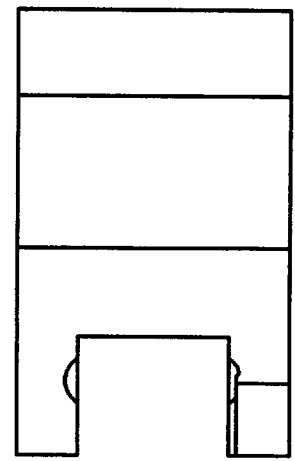
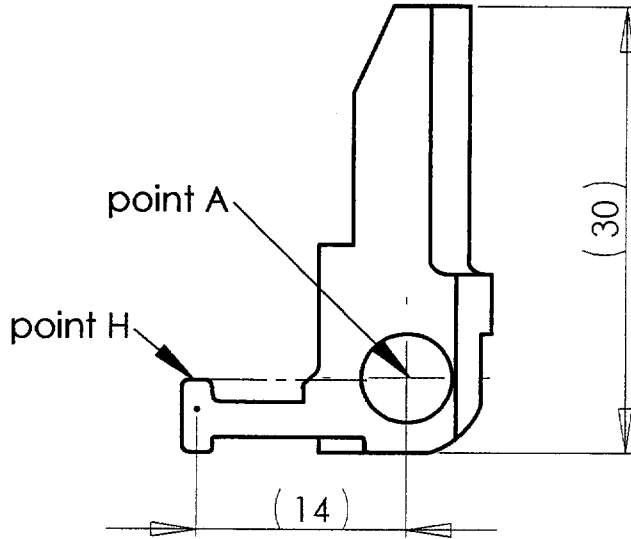
Licence d'éducation SolidWorks  
 A titre éducatif uniquement  
 Format A4

Le :

Document 5

MEMRMAT1

A  
B  
C  
D  
E



Echelle 2:1

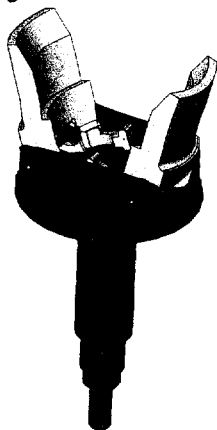
masselottes

S.D

Licence d'éducation SolidWorks  
A titre éducatif uniquement

Document 6

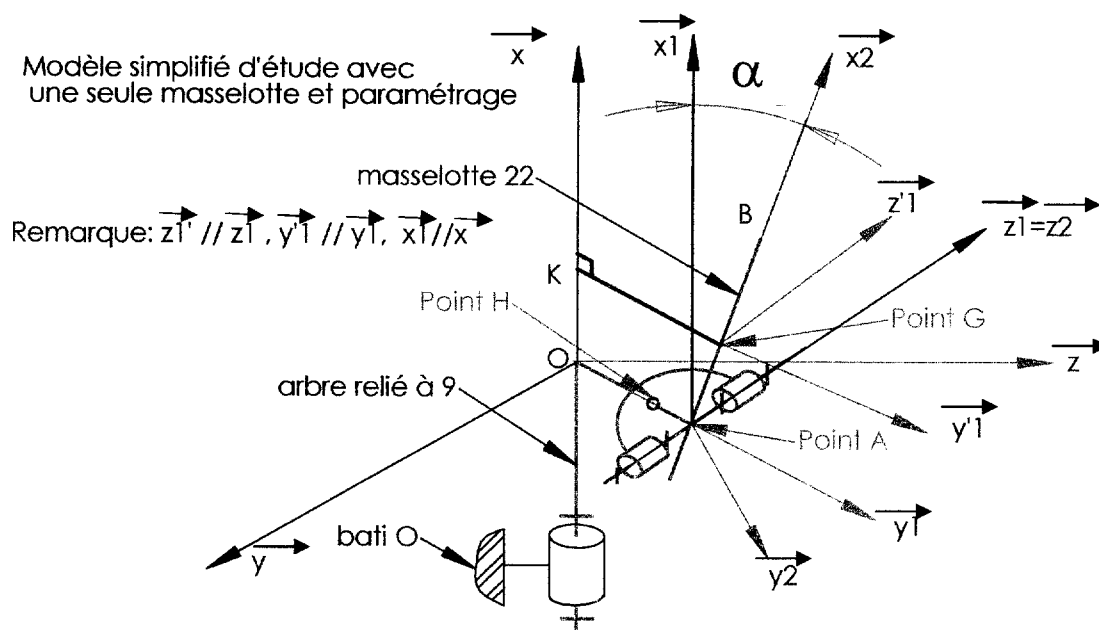
Modèle réel de l'assemblage des masselottes et de la chemise tournante



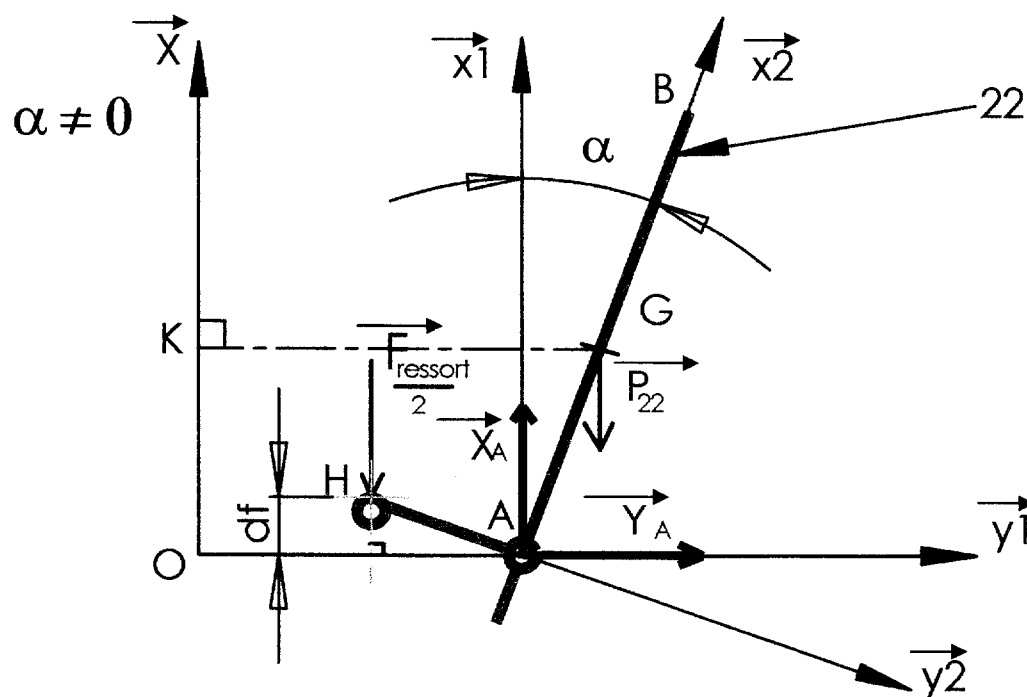
$$HA = \lambda = 14 \text{ mm}$$

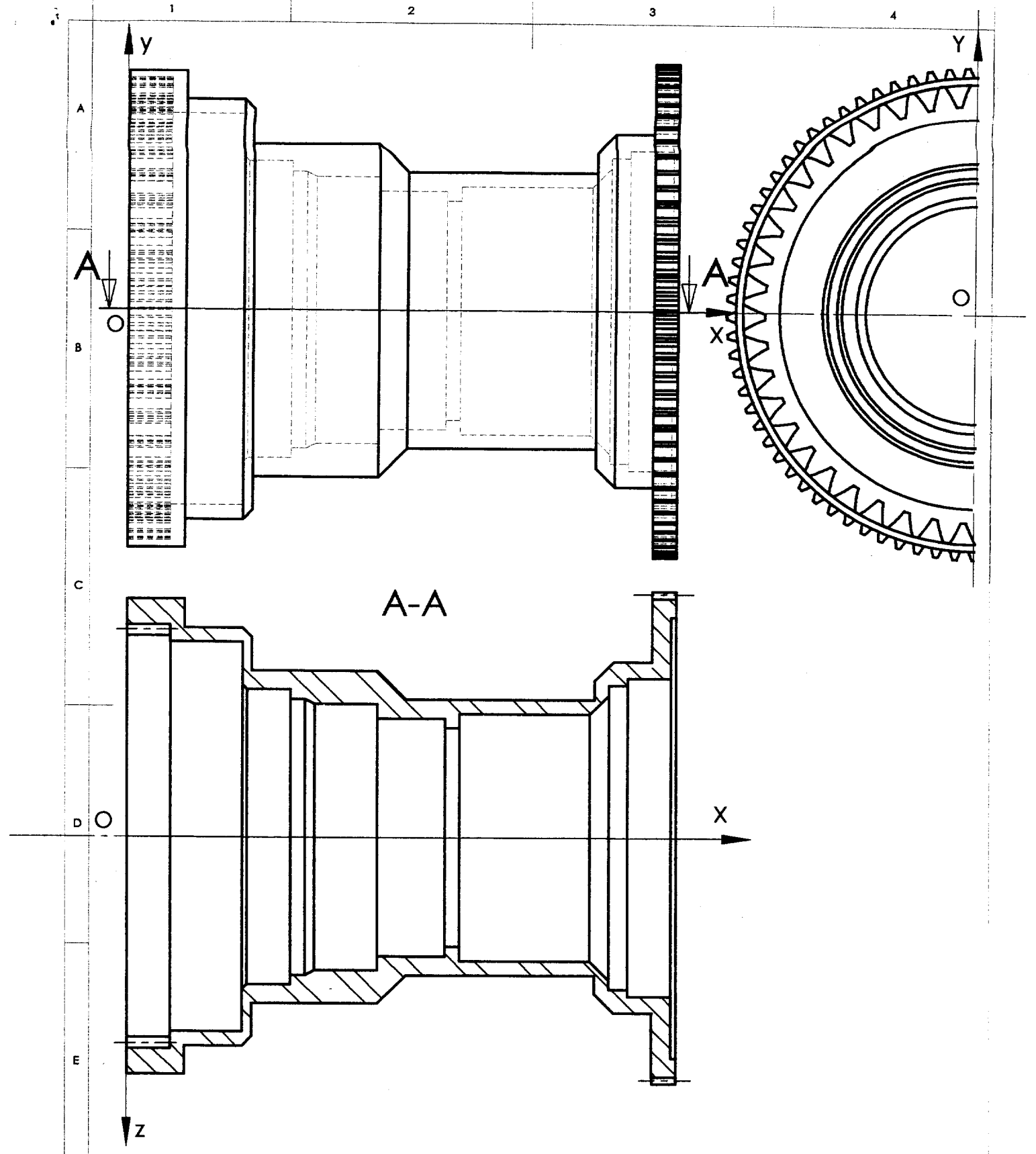
$$\overline{OA} = a \cdot \vec{y}_1 \text{ et } \overline{AB} = l \cdot \vec{x}_2 \text{ et } G : \text{milieu de } AB.$$

$$l = 30 \text{ mm}, a = 13 \text{ mm}$$



Position quelconque d'une masselotte





Echelle 1:1

planétaire 3 du CSD

DS

Le :

Licence d'éducation SolidWorks  
A titre éducatif uniquement  
Format A4

Document 8

MEMRMAT1