

# ENSI 93

## Options M, P

### DEMARREUR DE REACTEUR

#### DUREE DE L'EPREUVE

4 heures

#### MATERIEL PARTICULIER

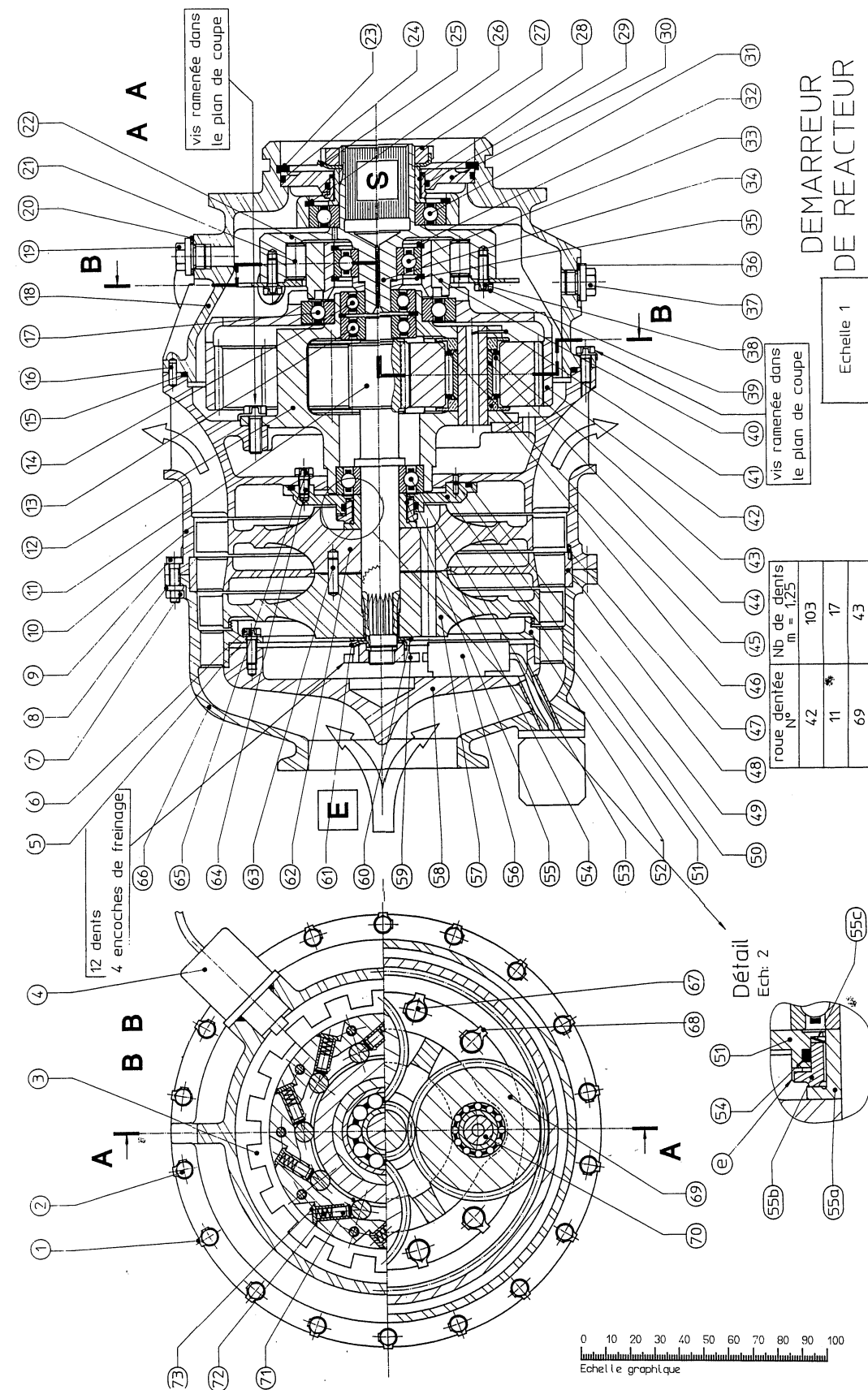
Feuille de papier A3 préimprimée fournie

Planche pour papier A3

#### TYPE DE SUJET

Mécanisme réducteur, suivi d'une roue libre, comportant des montages de roulements et un réducteur non épicycloïde. Ensemble compris entre un turbomoteur et un réacteur d'avion.

CONNAISSANCES REQUISES	Temps conseillé	Chapitres programme	Livres de référence
<b>1. ANALYSE</b>			
1. 1 a à i : Questions sur la nature, le rôle et détails d'éléments mécaniques simples, sur les joints d'étanchéité et la lubrification.		10	18
1. 1 j : Questions sur les matériaux constitutants.		15	15
1. 1 k et l : Liaisons cinématiques entre pièces.		14	4
1. 1 m : Etude mécanique et technologique de la roue libre.			
1. 1 n : Utilisation de l'ensemble	2 h	10-11-13	19
1. 2 Schématisation cinématique	15 mn	7-12	4
1. 3 Cotation fonctionnelle, tracé de chaînes	30 mn	6-14	15
<b>2. GRAPHIQUE</b>			
2. 1 Vues géométrales, Cotation de définition	1 h	1-6	18
2. 2 Croquis à main levée, cotation complète de définition.	15 mn	5-6	20



## DEMARREUR DE REACTEUR

## DESCRIPTION

Le turbomoteur de démarrage a été conçu pour permettre la mise en route des réacteurs des avions, à partir du poste de pilotage, sans que soit nécessaire l'utilisation de dispositifs d'assistance au sol.

Il est essentiellement constitué : (figure 1)

- d'une turbine à gaz, appelée générateur de gaz, équipée d'un moteur électrique de lancement,
- d'une turbine de puissance et d'un réducteur de vitesse appelés démarreur,
- des accessoires nécessaires à sa mise en oeuvre et à son contrôle.

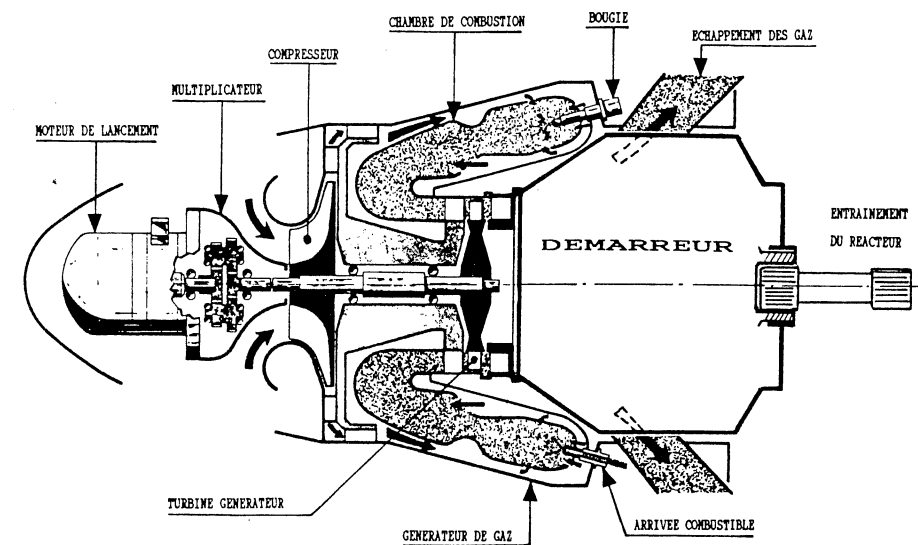


figure 1

Il permet d'amener le réacteur à une vitesse telle que l'allumage soit possible, puis d'accompagner la mise en route jusqu'à une vitesse correspondant à un couple moteur sensiblement supérieur aux couples résistants.

Lorsque le réacteur atteint sa vitesse d'autonomie, l'alimentation en combustible est coupée et le démarreur se trouve automatiquement désaccouplé du réacteur.

Le DEMARREUR, objet de l'étude, est représenté en plan d'ensemble à l'échelle 1:1. Il est essentiellement composé d'une turbine à grande vitesse à deux roues (57) et (62) alimentée en E par les gaz fournis par la turbine du générateur de gaz, d'un ensemble réducteur et d'une roue libre à galets débrayable automatiquement qui entraîne l'arbre de réacteur en S.

## TRAVAIL DEMANDE

Ce travail sera entièrement exécuté sur la feuille proposée, en papier à dessin blanc de format A3 grand axe horizontal.

Toutes les cotes seront relevées sur le sujet.

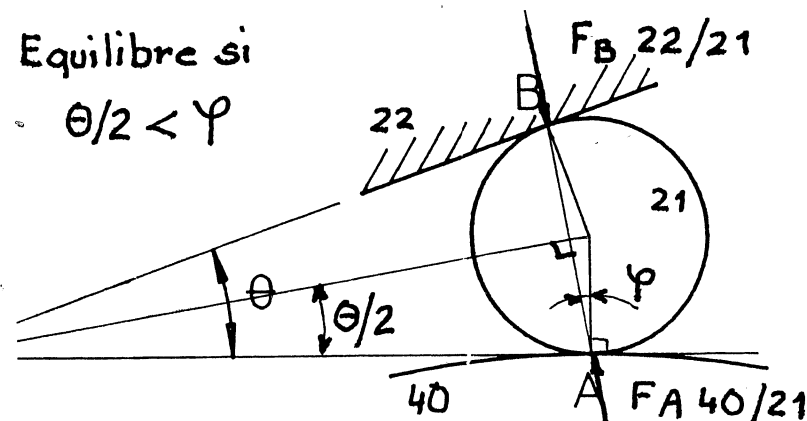
## 1 ETUDE TECHNOLOGIQUE ET FONCTIONNELLE

## 1-1 Répondre aux questions suivantes (cadre 1.1)

Répondre à l'ENCRE et en écriture courante de la manière la plus concise possible, dans l'espace prévu à cet effet, en mettant en relief les mots CLES, les termes techniques adaptés et en désignant les pièces par leur repère figurant sur le plan d'ensemble.

- Désignation normalisée et rôle de la pièce (67).
- Que représente la pièce (68) ; quelle est sa fonction et comment celle-ci est-elle réalisée ?
- Que représente la pièce (63) et quelle est sa fonction ?
- Que représente la pièce (60) et quelle est sa fonction ?
- Que représente la pièce (61) : quelle est sa fonction et comment celle-ci est-elle réalisée ?
- Que représente la pièce (41) et quel est son rôle ? Comment est assurée sa stabilité ?
- Comment est assurée la lubrification du système d'engrenages ? Rôles respectifs des pièces (19) et (37) ?
- Que représente la pièce (49), quelle est sa fonction ? En quelle matière est-elle réalisée ?
- Quelle est la fonction du dispositif (55) dont le détail est représenté à l'échelle 2 ? Comment est-elle réalisée ? Rôle des pièces (54) et (55 c). Rôle de l'encoche(e) sur la pièce (51).
- Quels types de matériaux doit-on respectivement choisir pour les pièces (10), (11), (46) ?
- Quelle est la nature de la liaison entre la pièce (22) et l'ensemble des pièces liées au carter ? Quels sont les deux roulements qui la réalisent ? Comment est effectué l'arrêt axial ?
- Quelle est la nature de la liaison entre (42) et (40) et comment est-elle réalisée ?
- Le mécanisme comprend une roue libre.
  - Quel est son rôle ?
  - Identifier les pièces principales qui la constituent ?

m3) En se situant pendant la phase d'entraînement du réacteur, mettre en place sur la figure les actions de contact sur le galet (toutes les autres forces étant négligées). Sachant que le coefficient de frottement entre les différentes pièces  $f = \tan \varphi$ , écrire la condition qui assure que tout glissement est impossible.



N°	Cadre 1. 1.	Réponses
a	Vis H, M5-15 ; assure la liaison encastrement de 12 sur 10	
b	Plaquette arrêtoir ; freinage de la vis 67 ; plicage contre une face de la vis et contre la pièce 12	
c	Ergot de cisaillement ; assure la liaison en rotation des pièces 57 et 62	
d	Rondelle Belleville (ressort) ; transmet élastiquement l'effort de serrage de 59 et permet la dilatation différentielle des roues 57- 62 et de l'arbre 11.	
e	Rondelle arrêtoir ; freinage de l'écrou 59 sur 11 ; une languette est repliée dans une encoche de 59, une autre est engagée dans la rainure de 11.	
f	Goupille cylindrique (LGC ? Mécanindus ?) ; empêche la translation et la rotation de 70 dans 12. Le bout de la goupille est replié après montage, dans l'alésage de 70.	
g	Lubrification par bain d'huile et projection. Le niveau est sûrement à 15 mm au dessus du fond. Les pignons 69 assure la dispersion. Le bouchon 19 permet le remplissage et 37 la vidange.	
h	C'est un joint torique, d'étanchéité statique, en élastomère (Téflon ?)	
i	Ce dispositif sert à l'étanchéité dynamique gaz chauds / huile de lubrification. L'étanchéité est réalisée par contact de deux couronnes planes rodées, serrées par la rondelle belleville 55c. 55b est immobilisé en rotation par une languette introduite dans l'encoche "e" de 51. Son mouvement de translation dans 51 est étanché par le joint torique 54.	
j	10 est une pièce en matériau moulable (formes complexes) , résistant aux fortes températures de la turbine, fluant peu (centrifugation à forte température) . A priori un acier spécial. 11 est un arbre de transmission comportant une denture. Résiste au contact des dentures à une forte contrainte superficielle et dans sa masse à une contrainte importante. A priori acier mi-dur (Ni-Cr) avec traitement thermique et éventuellement cémentation sur denture. 46 est une rondelle de frottement soumise à de faibles contraintes. Un bronze de décolletage semble suffisant.	
k	La liaison 22-18 est un pivot. Elle est réalisée par deux roulements rigides à une rangée de billes 14 et 30. L'arrêt axial vers la droite est réalisé par un circlips 26 et à gauche par un autre 45.	
l	La liaison 42-40 est un encastrement réalisé par un pivot grâce aux roulements et leurs arrêts axiaux ; auquel s'ajoute un appui plan (plan parallèle à l'axe de rotation) grâce à une rainure de 42 dans laquelle s'ajustent des formes complémentaires de 40 (joint tournevis) .	
m1	Le rôle de la roue libre est de solidariser en rotation l'arbre du réacteur à la sortie du réducteur lorsque la vitesse du réducteur est supérieure à celle du réacteur.	
m2	pièce 40 : cylindre lié à 42, sortie du réducteur. pièce 22 : comportant 10 encoches excentrées, liée au réacteur. pièces 21 : 10 galets enrayeurs se bloquant ou non entre les précédentes. pièces 71 : pousseurs de galets les forçant dans leur position de blocage. pièces 72 : ressorts de poussée de 71. Effort juste suffisant. pièces 73 : pièces d'appui de 72 et de guidage de 71. Forcées dans 22.	
m3	En isolant un galet 71 : celui-ci est bloqué (équilibre stable) si les forces $F_{A40/21}$ et $F_{B22/21}$ sont opposables. Les forces sont alors dirigées suivant AB. Ces deux forces ne peuvent être inclinées sur la normale au contact d'un angle supérieure à l'angle de frottement $\varphi$ . L'examen de la figure permet d'écrire $\theta/2 < \varphi$ si la condition est remplie.	

m4) Quel est le rôle du système composé des pièces (71), (72), (73) ?

m5) Quand le réacteur fonctionne (en régime établi) et que le turbomoteur de démarrage est arrêté, on souhaite que tout contact soit supprimé au niveau de la roue libre. Comment cela est-il réalisé ? Croquis d'un galet dans cette position.

n) Le système comprend deux capteurs de vitesse (4) et (56). Quelles indications donnent-ils respectivement et pourquoi sont-ils nécessaires tous les deux ?

### 1-2 Etablir le schéma cinématique de cet ensemble (cadre 1.2)

Bien mettre en évidence les liaisons et les mouvements relatifs entre les différents groupes de pièces. On attachera de l'importance à la qualité du schéma.

Calculer le rapport de transmission  $K = \frac{N_{22}}{N_{57}}$  ; indiquer si la turbine du démarreur et le réacteur tournent dans le même sens ou en sens contraire (pendant la période de lancement).

1-3 Tracer sur le schéma (cadre 1.3), les chaînes de cotes fonctionnelles relatives aux jeux : a) entre (53) et (12), b) entre (62) et (10), c) entre (51) et (53) et d) entre (55b) et (51).

On désignera chaque cote composante par la lettre du jeu correspondant affectée de l'indice de la pièce à laquelle appartient la cote (Exemple :  $a_{12}$ ).

Préciser les fonctions assurées par a, b, c, d.

On considérera que le roulement (53) est sans jeu interne et que pour la cotation il se comporte comme une pièce d'épaisseur constante. Sur le dessin d'ensemble, le jeu "c" n'apparaît pas, car on souhaite un guidage de l'arbre de turbine qui tourne à très grande vitesse avec un minimum de jeu axial. Comment peut-on supprimer le jeu "c" sans risquer d'introduire des efforts axiaux anormaux ?

## METHODE DE TRAVAIL CONSEILLÉE

### NOTE SUR LE SCHÉMA

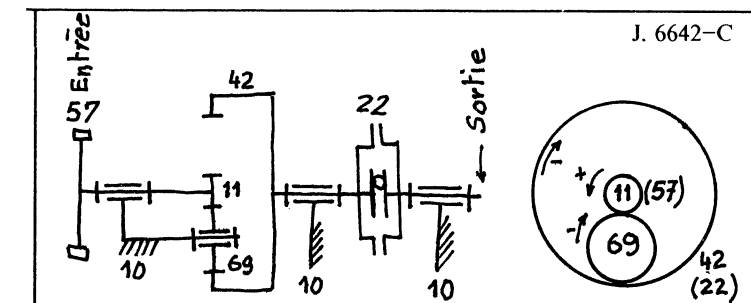
L'ensemble du pignon et des roues ne forment pas un système épicycloïde.  
Les roues 69 sont de simples intermédiaires. Leur nombre de dents est indifférent.  
Le bloc marqué 22 sur le schéma est la roue libre.  
Le simple examen de la figure montre que la roue 42 tourne en sens inverse du pignon 11.

### NOTE SUR LA COTATION FONCTIONNELLE

La pièce 51 ne peut porter à la fois sur la pièce 10 et le roulement 53.  
Dans la cotation proposée, le contact est supposé établi entre 51 et 10 directement. Le roulement 53 a donc un jeu c.  
Un certain nombre de dimensions se retrouvent dans les différentes chaînes.  
Exemples :  $d_{12} = b_{12} = -c_{12}$  ;  $a_{53} = d_{53} = b_{53} = -c_{53}$ ...  
Les chaînes ne sont donc pas indépendantes.  
En cas de calcul il faudrait donc hiérarchiser les jeux a, b, c et d, et reporter dans les chaînes les résultats obtenus dans les calculs effectués dans les chaînes prioritaires.

Si on désire annuler le jeu c, 51 doit porter sur 10, mais sans porter sur 12. Le jeu a doit être maintenu. Le jeu c va se retrouver entre 51 et 10, donc entre les vecteurs  $c_{51}$  et  $c_{10}$ .  
Les vis 64 doivent être serrées modérément pour ne pas déformer la pièce 51. Un freinage absolu est alors indispensable.

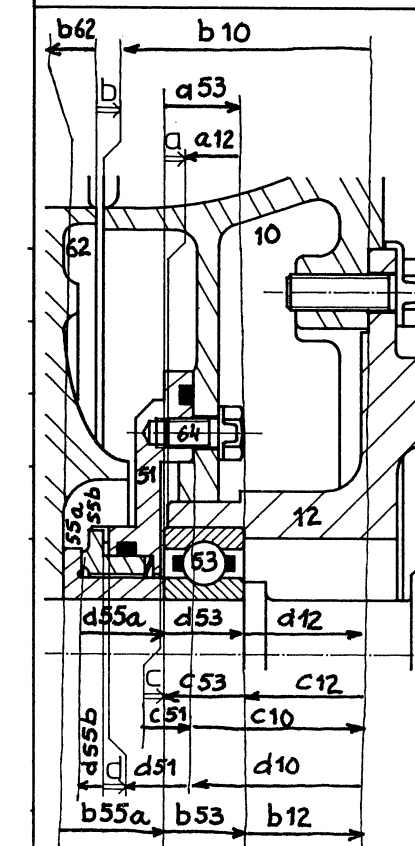
m4	Le système assure le contact initial des deux pièces avec le galet.
m5	Les galets sont entraînés en rotation très rapide avec 22. Ils sont centrifugés vers la pièce 22 en agissant sur le léger ressort 72 calculé pour se comprimer sous l'effet de la composante de la force centrifuge.
n	Le capteur 56 fournit la vitesse de rotation de l'arbre moteur du démarreur. Le capteur 4 fournit la vitesse de rotation du réacteur. Durant le démarrage, ces vitesses sont dans le rapport $d_{11}/d_{42}$ . Le moteur de lancement et le générateur de gaz étant coupés, la vitesse de démarreur doit passer à 0, le réacteur affiche sa vitesse de régime.



$$K = \frac{N_{22}}{N_{57}} = \frac{-Z_{11} (Z_{11}=17)}{Z_{42} (Z_{42}=103)} = -0,165$$

sens : inverse

Cadre 1.2



- a: Le roulement 53 dépasse de 12
- b: La roue 62 ne frotte pas sur 10
- c: 51 ne serre pas le roulement 53
- d: 55b est libre axialement dans l'ensemble.

suppression du jeu c:

- 53 est serré entre 51 et 12.
- 51 ne porte pas sur 10
- Vis 64 serrées modérément puis freinées

Cadre 1.3

## 2 TRAVAIL GRAPHIQUE

2-1 Dessiner à l'échelle 1:1, aux instruments, au crayon, le support (12) seul : (cadre 2.1) aucune partie cachée ne sera représentée.

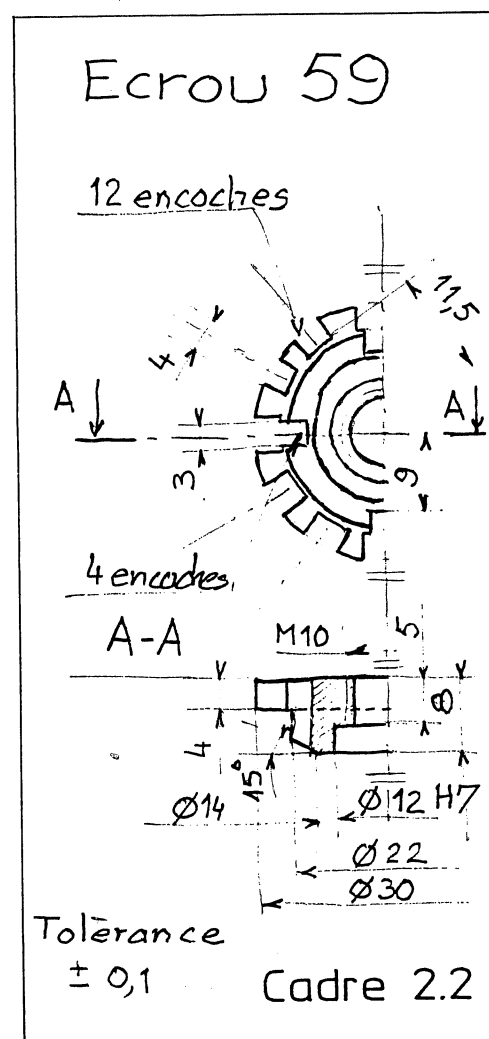
- Vue de face coupe A.A (axe horizontal)
- 1/2 vue de droite  
vue extérieure (au dessus de l'axe)  
coupe B.B (en dessous de l'axe)
- 1/2 vue de gauche

Placer sur ce dessin les cotes suivantes avec leurs tolérances :

- la cote de  $\varnothing 42$  définissant le centrage de (12) sur (10),
- les quatre cotes définissant la position du pignon (69) par rapport à (12) : centrage de (70), position relative des axes (R,  $\alpha$ ), position axiale.

2-2 Croquis au crayon, à main levée, de l'écrou (60) - Echelle approximative 1 (cadre 2.2)

- Vues au choix
- Cotation fonctionnelle de définition complète.



## COMPLEMENTS

## ECROU 59

L'écrou est défini par sa coupe A-A et l'indication "12 dents, 4 encoches".

Il est "à priori" de révolution.

Son alésage est un centrage sur l'arbre, donc H7.

Sur la coupe A-A, il apparaît que la largeur de l'encoche de freinage est un peu moins grande que celle formant les dents.

Les dents peuvent être créées par des découpes rectangulaires. Si on admet que les pleins et les creux sont sensiblement égaux, sur la circonférence de 94 mm on obtient une largeur d'environ 4 mm.

A part le centrage, les dimensions sont très peu précises et peuvent s'accommoder d'une indication de tolérance générale.

Deux vues sont suffisantes pour définir sur l'une les surfaces de révolution, et sur l'autre les encoches.

## SUPPORT 12

Le support est de révolution sauf :

- les bossages d'appui des pièces 46,
- les ouvertures pour passage des roues 69.
- les trous pour goupilles 41.

Les vis 67 interfèrent avec les roues 69. Elles doivent donc se trouver en dehors de leur circonférence, donc être au nombre de 3 fois 2.

L'intérieur de la pièce comporte un cylindre creux terminé par deux quarts de tore. Ces quarts donnent des intersections avec les ouvertures pour les roues 69 qui sont des cylindres creux.

