

5/84

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

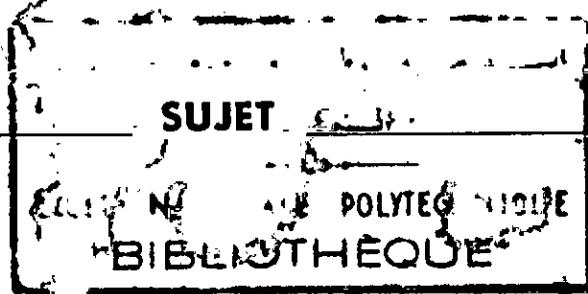
وزارة التعليم والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : DE MECANIQUE

Alex

PROJET DE FIN D'ETUDES



ETUDE ET CONCEPTION D'UN BRAS ARTICULE
POUR LE CHARGEMENT ET DECHARGEMENT
D'UNE PERCEUSE

24 PLANS

Proposé par : CEN

Etudié par : ARROUM YAZID

Dirigé par :
M^r KSIAZEK

M^r CHETTOUH.
.C.D.T.A.



PROMOTION : JUIN 1984

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : DE MECANIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

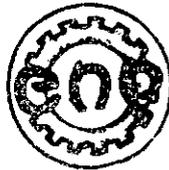
SUJET

ETUDE ET CONCEPTION D'UN BRAS ARTICULE
POUR LE CHARGEMENT ET DECHARGEMENT
D'UNE PERCEUSE

Proposé par : C E N

Etudié par : ARROUM YAZID

Dirigé par :
M^r K SIAZEK



PROMOTION : JUIN 1984

Nom et prénom : ARROUM Yazid

Département : Génie-Mécanique

Promoteur : KSIASZEK

Résumé : Ce rapport rassemble l'étude et la conception d'un manipulateur à logique séquentielle possédant 3 degrés de liberté.

Ce manipulateur servira au chargement et au déchargement d'une machine outil à table horizontale ou dans une fonction de "Pick and Place" et a une capacité de charge de 7 kg.

Summary : This report presents the design of three degrees of freedom, sequential logic manipulator.

This manipulator with a 7 kg of loading capacity will be used for loading and unloading a horizontal table of a tool machine or as "Pick and Place" function advice.

ملخص :
يجمع هذا التقرير دراسة وابتكار ذراع تزويد ذي برمجة
تتابعية يمتلك ثلاث درجات للحرية.
ويستعمل ذراع التزويد هذا في تزويد وتفريغ آلة آدوية
ذات طاولة أفقية، أو في عملية أخذ ووضع القطع، وتبلغ طاقة
تحمّل هذا الذراع 7 كغ.

-- IT) E D I C A C E S --

Je dédie à mes parents , à mes soeurs et mon
frère , à toute ma famille , à tous mes amis
ce modeste mémoire .

--- IT I E M E R C I E M E N T S ---

Je tiens à remercier Monsieur KSIAZEK pour son aide précieuse et son soutien constant .

Je remercie également Monsieur R.OUIGUINI , Monsieur A.GASMI , Mr M.CHETTOUH pour l'intérêt , l'aide et la disponibilité qu'ils ont manifesté .

Je tiens également à remercier le sympathique personnel du C.D.T.A. en particulier Ami Said , HALIMI et BELLOUZ .

--- T A B L E D E S M A T I E R E S ---

CHAPITRE I : Introduction

- Généralités sur les Robots .
- Présentation du Sujet .

CHAPITRE II : Présentation de la Méthode de Résolution

CHAPITRE III: Détermination du Schéma Cinématique .

CHAPITRE IV: Choix des Solutions Mécaniques

CHAPITRE V : Choix du Système de Préhension

CHAPITRE VI : Calcul du Bras

- Caractéristiques des Organes Moteurs .
- Calcul Statique du Bras .
- Détermination des Vitesses et Accélérations Maximales .
- Calcul Dynamique .

CHAPITRE VII : Présentation du Bras .

VIII - C O N C L U S I O N

I- I N T R O D U C T I O N

I-1. Généralités sur les Robots .

A notre époque où la qualité de la vie devient une préoccupation importante, l'automatisation est un moyen d'améliorer les conditions de travail, voir de remédier au manque de main-d'oeuvre que l'on ressent dans certains secteurs lorsqu'il s'agit de recruter du personnel pour l'exécution de tâches pénibles et/ou répétitives.

L'automatisation apparaît aussi comme un moyen d'améliorer la productivité et de rester compétitif dans un contexte de crise économique marqué .

Mais si l'automatisation n'est pas une nouveauté son développement actuel est symbolisé par une machine nouvelle "Le Robot " qui a quitté son statut d'objet de fiction pour devenir une réalité industrielle .

Le robot est né de la rencontre de connaissances anciennes :celles de la mécanique en particulier la technologie des machines outils, et de techniques récentes : celles de l'électronique .

Le robot n'existe et ne se développe que grâce au progrès fantastique de l'électronique ,des calculateurs et des techniques numériques .Il est né d'un besoin : celui d'automatiser les manipulations avec des moyens suffisamment souples et universels.Mais comme toute innovation ,son introduction n'est ni évidente ni immédiate .

Les facteurs qui ont limité l'introduction des robots sont les suivants :

- Le manque de connaissances des robots de la part des utilisateurs .
- Les solutions robots non compétitives vis à vis d'autres méthodes d'automatisation .
- Les réticences de la part des **décideurs** vis à vis de l'introduction du robot .

- Les problèmes liés aux limites de la technologie disponible ou aux délais de mise en oeuvre .

On en déduit que le robot n'est pas encore une machine familière et qu'il existe une ambiguïté sur la technologie et en particulier sur la définition de "robot". Il est donc nécessaire de procéder à une classification basée essentiellement sur la technologie de commande . Cela donne à peu près la classification suivante :

1- Manipulateur Manuel :

C'est un manipulateur directement manoeuvré par l'homme

2- Robot à Séquence Fixe

Manipulateur à commande séquentielle dans lequel la séquence pré-définie ne peut être reprogrammée facilement (Ex : canne mécanique) .

3- Robot à Séquence Programmable

Manipulateur à commande séquentielle dans lequel la séquence pré-définie peut être reprogrammée (Ex: par réglage mécanique en fin de course) .

- Ex : - Bras de Chargement de Machine .
 - Dispositif de Retournement de Pièce.
 - Machine à Peindre .

Appartiennent à cette classe un grand nombre de manipulateurs couramment utilisés dans nos usines .

4- Robot à Apprentissage .

Manipulateur qui peut être programmé par enregistrement de mouvements commandés manuellement et capable de répéter ensuite cet apprentissage , restituer les trajectoires enregistrées .

- ex : Robots de soudure, de peinture , de manutention.

5- Robot Intelligent .

Machine qui, programmée comme un robot à apprentissage est

capable d'adapter son apprentissage en vue d'une situation réelle qui n'est pas strictement identique et dont les variations sont appréhendées par des capteurs appartenant au robot .

Ex: Machine capable de travailler sur une pièce non précisément localisée ,capable de saisir des composants grâce à la reconnaissance de forme .

Les critères de choix entre les différentes catégories de matériel sont essentiellement :

- La monotonie de la manipulation ou la répétitivité du geste .
- La fréquence de modification du geste .
- La facilité de pré-définir de façon abstraite le geste .

Mais dans tous les cas ,la robotisation est une décision typique d'investissement qui consiste à choisir entre plusieurs solutions en comparant leur échéancier de revenus .

La décision de remplacer la main d'oeuvre directe ou un système automatique rigide par un système robotisé correspond à une économie importante de temps productif .Il s'agit donc d'évaluer les différentes alternatives en établissant pour chacune un bilan des coûts et avantages sans oublier que cette décision a des incidences non chiffrables sur l'organisation du travail, sur le contenu, sur l'engagement des machines ,sur la quantité et la qualité des produits .Enfin d'un point de vue plus général sur l'autonomie ,la maîtrise et la souplesse d'un appareil de production .Cette approche nécessite une étude technique économique et sociale de postes de travail avant et après robotisation.

Mais une fois la décision de robotiser prise et une fois que le type de robot est retenu ,reste à choisir le plus adapté parmi ceux existants sur le marché international .Pour faciliter ce choix,on définit un certain nombre de critères énumérés ci-dessous .

Critères de Choix pour l'Acquisition d'un Robot.

Les critères qui déterminent le choix d'un robot sont de différentes natures ce qui conduit à les classer en 3 catégories distinctes :

A- Performance Matériel :

Regroupe tous les éléments importants concernant le manipulateur proprement dit : course ,charges transportées ,vitesse qui caractérisent en quelque sorte les performances physiques.

B- Performance Commandée :

Regroupe tous les éléments concernant son armoire de commande et les caractéristiques de ses moyens de programmation et constitue les performances intellectuelles du "robot " .

C- Performance Vendeur :

Ce groupe est composé de notions moins techniques et plus commerciales. La renommée du constructeur ,son implantation commerciale, la qualité de son service après-vente .

1.2 - Présentation du Sujet

Le sujet étudié a été proposé par le C.E.N. (Commissariat aux Energies Nouvelles) ou plus précisément par le Laboratoire de robotique du C.E.N. .

Les gens de ce laboratoire ,désiraient avoir les plans et détails mécaniques d'un bras, afin de le réaliser dans leurs ateliers, et de concevoir sa commande .C'est ainsi que nous fût confié son étude et sa conception. Le bras devait satisfaire aux conditions suivantes :

- Servir à alimenter une perceuse de leur atelier,
- Tenir des pièces de formes parallélépipédiques dont aucune côte n'est supérieure à 12 cm.
- Soulever des charges d'environ 10 Kg.

Le choix de l'énergie motrice fût fixé par le type de commande , et les délais d'acquisition de matériels importés.La commande est à logique séquentielle c'est à dire en tout ou rien, ce qui fait que le choix s'oriente directement vers le pneumatique ou l'hydraulique .Etant donnée la disponibilité de l'air comprimé dans l'atelier et l'inutilité de pressions élevées l'énergie motrice sera l'air comprimé .

L'atelier est alimenté par de l'air sous une pression de 8 bars mais à cause des fluctuations dans tous les calculs on la supposera égale à 6 bars .

Le cahier des charges et les conditions d'utilisation ont l'air très mal définis ,c'est parce que les utilisations désiraient avoir un bras très mobile c'est à dire qu'il peut s'adapter à plusieurs situations différentes .C'est pour cela que le bras réalisé peut travailler dans 2 positions (longue,courte) et est muni de dispositif de réglage pour toutes les courses .

II- Présentation de la Méthode de Résolution du Problème.

Les problèmes rencontrés dans ce projet sont les mêmes que ceux qui se posent lors de l'étude et de la conception d'une machine ou d'un produit. La méthode de travail n'est pas toujours évidente à cause de la dépendance de plusieurs facteurs . Chaque paramètre n'est entièrement défini que si tous les autres le sont.

Le départ se fait lorsque le cahier des charges est entièrement défini ; le travail a été fait dans l'ordre suivant :

- Choix du Nombre et du Type de Degrés de Liberté.

Ce choix est fait après avoir défini les schémas de tous les types de bras qui avec un minimum de degré de liberté peuvent remplir la tâche demandée .

Les longueurs de course ou les valeurs des angles de rotations nécessaires pour accomplir la tâche sont faciles à déterminer pour chaque type de structure . Puis après avoir comparé tous les types de bras, je choisis celui qui nécessite le plus petit nombre de degré de liberté du corps et de la pince .

Le deuxième critère sera :

Le bras devra avoir la plus petite course de translation et les plus petits angles de rotation .

Le troisième critère sera :

La facilité de réaliser l'un ou l'autre degré de liberté c'est à dire donner la préférence à une liberté du corps plutôt qu'à une liberté de la pince car plus facile à réaliser et n'implique pas un poids superflu au bout de la pince et une alimentation en air comprimé dans des endroits difficiles à atteindre .

Donc à la fin de cette étude, le schéma de principe du bras est entièrement défini .

Il reste à choisir les solutions mécaniques pour l'obtention de telles rotation ou telle translation.

- Choix des Solutions Mécaniques

Le degré de liberté sera :

Soit :

- Une Rotation
- Une Translation

Et suivant son emplacement ,on dresse une liste de solutions possibles mais qui ne sont sûrement pas celles de toutes les solutions existantes .

Comme le bras est alimenté par de l'air comprimé, la solution pour la translation est directe .Ce sera le verin pneumatique . Mais pour la rotation, la solution n'est pas aussi évidente .Les solutions sont multiples donc j'en énumère quelques unes .

Ensuite le choix est porté sur la solution qui présente les caractéristiques suivantes :

- réalisable, simple ,peu coûteuse .
- système de montage et de démontage simple .
- Peu encombrant .
- D'un poids minimum si la pièce est en mouvement.
- Développer un couple ou une force suffisante de valeur constante sans pour autant atteindre des dimensions prohibitives .
- Réglage possible de la course par des dispositifs mécaniques .
- Sera muni d'un dispositif de freinage en fin de course pour éviter les chocs .

-Choix du Système de Préhension .

Le corps est entièrement défini. Il reste à concevoir une pince qui puisse prendre des pièces de dimensions assez grandes (13 cm) et d'un poids de 10 Kg. Donc la force développée par la pince doit suffire pour serrer la pièce et lui faire vaincre la pesanteur et la force d'inertie .

Là également on définit plusieurs types de pinces et fixer directement le choix sur une pince à deux doigts avec une ouverture angulaire ou parallèle .Je cite ci-dessous les principaux critères de choix entre ces différentes pinces :

- 1- Une ouverture suffisante pour saisir les pièces
- 2- Un effort de serrage suffisant .

- 3- Ne pas surcharger le bras (faible dimension et alliage léger).
- 4- Ne doit pas nécessiter plus d'un degré de liberté pour pouvoir assurer sa fonction.
- 5- Doit pouvoir saisir des pièces de formes variées.
- 6- Doit pouvoir rester sur la pièce même quand celle-ci est serrée par l'étau .
- 7- Doit pouvoir facilement se dégager facilement de l'étau mais pas en hauteur à cause de la proximité de l'outil .

Dimensionnement des Organes Moteurs

Il n'est pas possible de dimensionner les organes moteurs sans connaître les masses et les dimensions de tous les autres organes .IL n'est possible de faire ce calcul qu'en donnant une masse approximative aux éléments fixés sur le bras ,puis de dimensionner les vérins .Ensuite ,il faudra vérifier les pièces compte tenu des efforts appliqués dessus,déterminer leurs masses exactes pour pouvoir enfin redimensionner les vérins.D'où l'obtention de nouvelles valeurs des efforts et revérification des pièces.

Vérification Statique des Organes des Bras .

Là également,je donne directement les dimensions des pièces constitutives du bras .Les efforts développés par les organes moteurs étant connu donc on peut vérifier par un calcul de résistance des matériaux ,le bon choix des dimensions des pièces .Mais ce calcul est fait dans le cas statique c'est à dire quand le bras n'est pas en mouvement at dans la position la plus dangereuse c'est à dire quand le bras est dans un cas de charge extrême.

Evaluation des Accélérations et Vitesses Maximales et Seconde Vérification du bras .

Les dimensions et masses de toutes les pièces étant connues ,les efforts développés par les vérins étant également connus ,je détermine les accélérations et vitesses maximales que peuvent atteindre les vérins en considérant le cas, de charge le plus défavorable .

A l'aide de ces valeurs, je peux évaluer les forces et les moments d'inertie dues aux vitesses et aux accélérations. Et, à partir de là, je refais le calcul de résistance des matériaux en tenant compte de ces efforts supplémentaires. Une fois ce calcul fait, le bras est entièrement vérifié.

Ensuite, je calcule les accélérations et vitesses maximales que l'on peut atteindre suivant le cas de charge (à vide charge maximale) et en fonction des positions dans lesquelles sont effectués les mouvements. Puis, j'effectue les calculs de flèche, détermine la précision du bras toujours en fonction des caractéristiques du bras (précision, guidage, charge ...).

Présentation du Bras .

Une fois que tous les calculs sont déterminés, il ne reste plus qu'à présenter le bras et expliquer son fonctionnement, l'utilité de telle ou telle pièce, les réglages possibles ainsi que les tableaux d'utilisation du bras suivant la charge et le mode de travail.

Je présenterai les possibilités d'utilisation de ce bras (espace de travail, capacité de charge, vitesse de manutention, précision, notice d'entretien, conseils d'utilisation ect ...).

III- Détermination du Schéma Cinématique .

Comme cela a été dit dans le chapitre II ,pour pouvoir déterminer ce schéma cinématique du bras ,il faut dresser la liste de tous les bras pouvant effectuer la tâche fixée .

Un robot a besoin de 3 degrés de liberté pour déplacer un objet d'un point à un autre de l'espace et de 3 autres degrés de liberté en bout de pince pour pouvoir l'orienter dans l'espace .

Donc je représente tous les schémas cinématiques des chargeurs possédant 2 et 3 degrés de liberté pour la phase de transport, soit en translation, soit en rotation.

La représentation est faite dans l'ordre suivant :

- a- 2 translations Fig 1 a
- b- 2 rotations Fig 1 b
- c- 1 rotation + 1 translation Fig 1c, 2c , 3c .
- d- 3 translations Fig 1 d
- e- 3 rotations Fig 1 e
- f- 1 rotation + 2 translations Fig.1f, 2f, 3f, 4f, 5f, 6f, 7f, 8f, 9f .
- g- 2 rotations + 1 translation Fig.1g, 2g, 3g, 4g, 5g, 6g .

Actuellement, les robots industriels ne sont pas aussi versatiles et polyvalents que la théorie le suggère .Le choix, le nombre et l'emplacement relatifs des axes de mouvement et des articulations du manipulateur dépendent étroitement de la nature des tâches qui doivent être exécutées ,selon que le poste de travail est orienté vers la manutention ou la manipulation de pièces, en alimentation de machines par exemple ou des travaux de manipulation d'outils du style peinture ou soudure en continu ,on trouve sur le marché des gammes de produits caractéristiques de l'application .

Dans chaque gamme, on peut alors distinguer les robots selon leur architecture, leur précision, leur prix est

Bien que leur nombre de degré de liberté les rende aptes à d'autres utilisations, on peut classer les robots en fonction de leur domaine privilégié d'application . Comme dans ce cas, le bras doit être utilisé pour le chargement et le déchargement de machines -outils .Je serai obligé de rejeter des manipulateurs à

caractéristiques séduisantes (grand volume d'action nécessitant des articulations peu encombrantes ...) mais plus adaptés à la manipulation de pièces plutôt qu'au chargement de machines .La figure (III 1) représente la perceuse que le bras doit alimenter et la figure (III 2) représente la table vue de dessus .

Le cadre extérieur en pointillés représente les limites de déplacement de la table en X et en Y .Donc le bras ne peut être installé qu'à l'extérieur de ce cadre ,dans la position B ou dans la position C et pas ailleurs car le côté droit est occupé par le pupitre de commande et le devant doit être libre pour ne pas gêner une éventuelle intervention de l'homme .

Je définis les premiers critères de sélection qui élimineront les bras non adéquats .

1- Vu la proximité de l'outil, la pièce doit arriver dans l'étau horizontalement et surtout pas verticalement même pour le dégagement .

2- Pendant l'usinage , le bras doit pouvoir attendre dans une position à l'extérieur de la surface de mouvement de la table.

3- Le chargeur doit pouvoir aller chercher les pièces brutes à l'endroit où elles sont stockées.

4- Déposer la pièce dans l'étau (se débarrasser de la pièce en la laissant dans l'étau).

5- Stocker la pièce usinée dans un autre endroit .Je note D₁ (défaut 1) pour dire que tel bras ne satisfait pas au critère 1 .

Tous les bras portent un numéro qui coïncide avec celui de la figure sur laquelle ils sont représentés.Voici ci-dessous un tableau rattachant chaque type de bras à son type de défaut.

Donc je rejette tous les bras figurant sur le tableau (III 3) . Il est alors 6 schémas cinématiques de bras qui peuvent réellement assurer la tâche fixée ,donc une nouvelle sélection permettra de conserver le plus adapté au chargement et au déchargement sans pour autant nécessiter plusieurs autres degrés de liberté.Ces six bras sont ceux qui sont représentés sur les figures 2f, 4f, 7f, 9f, 2g .

Il ne faut pas oublier que les vérins sont alimentés en air comprimé ,donc que la commande sera en tout ou rien .Et comme les vérins n'ont pas forcément la même course,il est pratiquement impossible d'obtenir un déplacement linéaire à l'aide de 2 rotations ou au contraire une rotation à l'aide de 2 translations. Je cite c-dessous les qualités et défauts des 6 bras pour le travail qui leur est demandé .

Figure 1c :

Ce bras peut être placé dans la position B ou C (voir figure II²) . Pour que la pièce puisse être posée correctement il est nécessaire d'avoir une rotation de la pince (et qui n'est pas facile à obtenir) en plus des 2 rotations du bras .Et il faut aussi une combinaison des 2 rotations pour obtenir un déplacement linéaire ce qu'il n'est pas possible de réaliser ,donc ce bras est à rejeter .

Figure 2f :

Ce bras peut être placé dans la position B ou C (voir figure II³) .Il n'exige pas d'autre liberté de la pince,ni de combinaison de mouvement et une course du vérin de translation horizontale de 300 mm suffit pour atteindre l'étai solution à retenir .

Figure 4f :

Ce bras peut être placé dans la position B ou C (voir figure III²) .Il n'exige pas d'autre liberté de la pince ni de combinaison de mouvement et une course du vérin de translation horizontale de 300 mm suffit pour atteindre l'étai .Mais le bras est gênant dans ses mouvements .

Figure 7f :

Ce bras ne peut être placé que dans la position C .Il n'exige pas d'autre liberté de la pince mais la course du vérin de translation horizontale doit être supérieure à 300 mm pour que le bras puisse atteindre l'usinage dans une position non gênante .

Le bras est à rejeter .

Figure 9f :

Ce bras ne peut être placé que dans la position B .Il

n'exige pas, d'autre liberté de la pince mais la course du vérin de translation horizontale doit être au moins égale à 600 mm pour atteindre sa position d'attente .

Le bras est gênant dans ses mouvements. Solution à rejeter.

Figure 2g :

Le bras peut être installé dans la position B ou C .Pour que la pièce puisse être posée correctement ,il est nécessaire d'avoir une rotation de la pince .Pour rentrer dans l'étau horizontalement,il faut combiner la rotation de la pince ,la rotation et la translation du bras afin d'obtenir une trajectoire rectiligne de la pince ce qui n'est pas possible .

Donc la pince est à rejeter .

Enfin,cette deuxième sélection permet de dire que c'est le bras de la figure 2f qui correspond le mieux à la tâche demandée .Il possède 3.degrés de liberté 1 en rotation autour de l'axe vertical et 2 en translation,la première verticale et la seconde horizontale .

Je peux fixer les courbes et angles de rotation nécessaires :

- Une course de translation horizontale de 300 mm .
- Une course de translation verticale de 200 mm.
- Une rotation autour de l'axe vertical de 90° .

Donc le schéma cinématique du bras est défini .

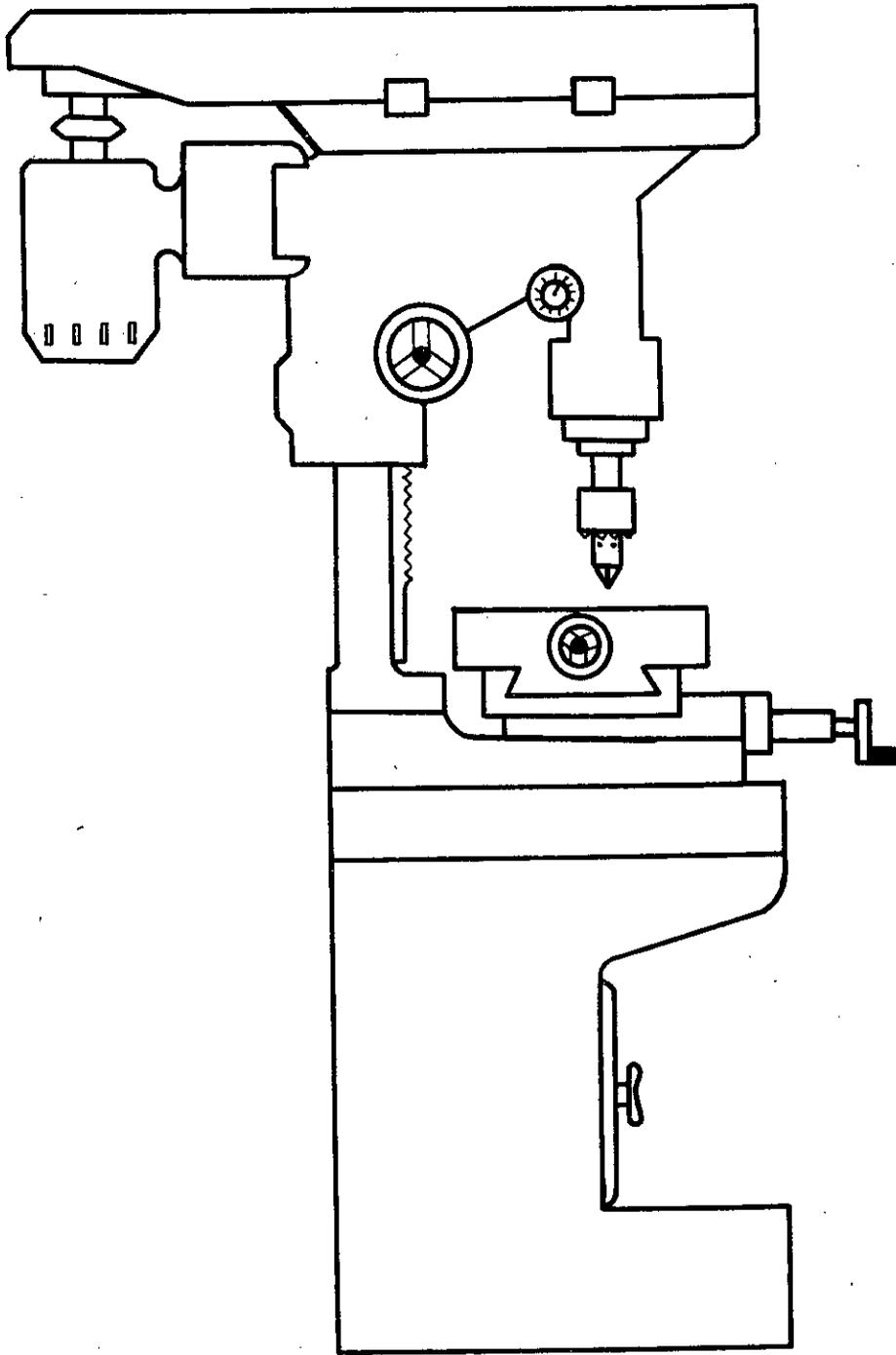


FIG III 1

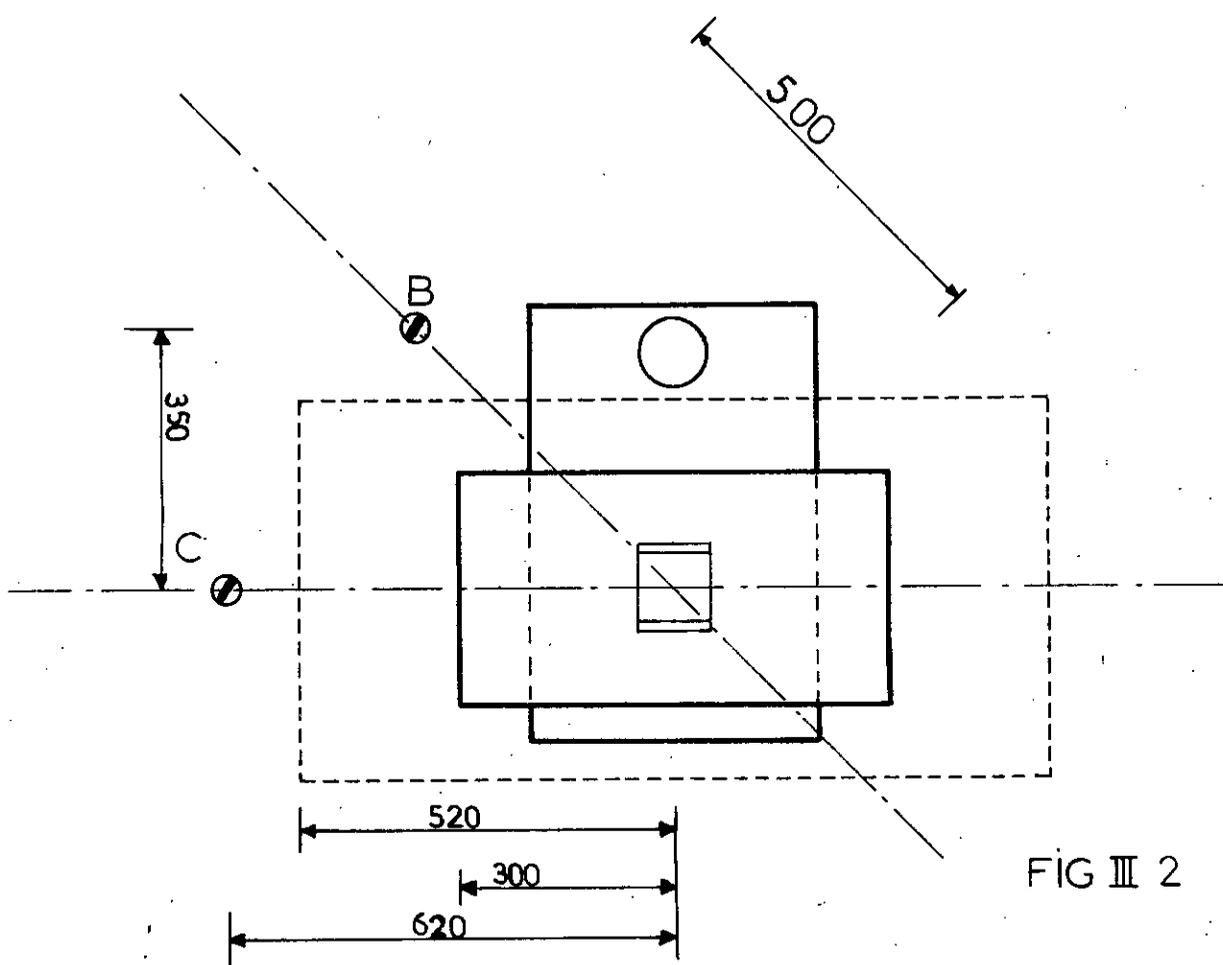


FIG III 2

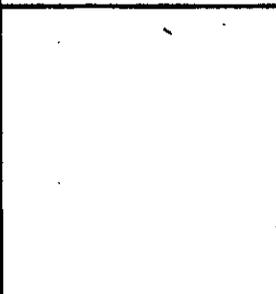
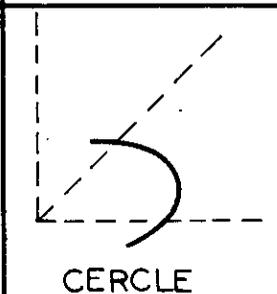
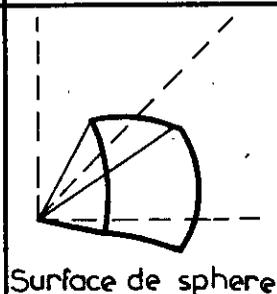
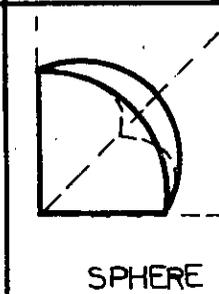
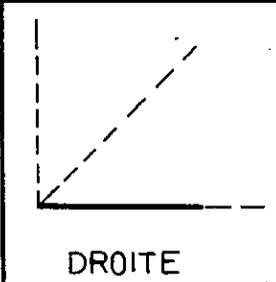
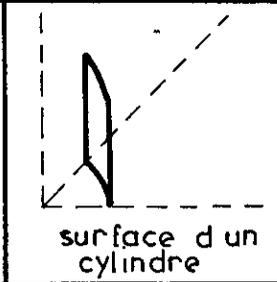
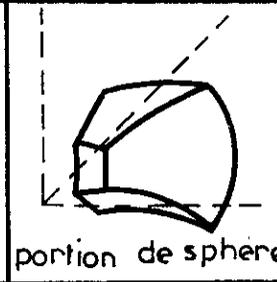
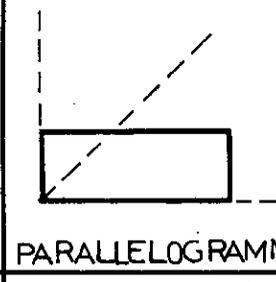
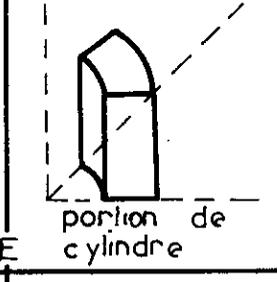
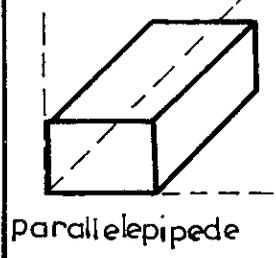
emplacements du bras (B.C)

D1	-2b-	-3g-4g-6g-
D2	-3c-	-5g-
D3	-1a-1b-2c-3c-1d-5f-6f-8f-	
D4	-2b-1c- 1f-3f-5f-1g-3g-4g-6g-	
D5	-2c-3c-1d-5f-6f-8f-5g-	

caractéristiques des manipulateurs

FIG III 3

La Figure suivante montre, dans les cas les plus simples, les domaines d'action d'un Robot en Fonction de la nature et du nombre de ses degrés de libertés .

		DEGRES DE LIBERTE EN ROTATION			
		0	1	2	3
DEGRES DE LIBERTE EN TRANSLATION	0		 CERCLE	 Surface de sphere	 SPHERE
	1	 DROITE	 surface d un cylindre	 portion de sphere	
	2	 PARALLELOGRAMME	 portion de cylindre		
	3	 parallelepède			

a - 2 translations.

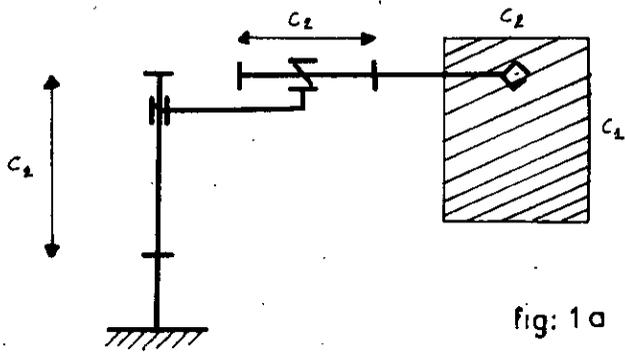


fig: 1 a

b - 2 rotations.

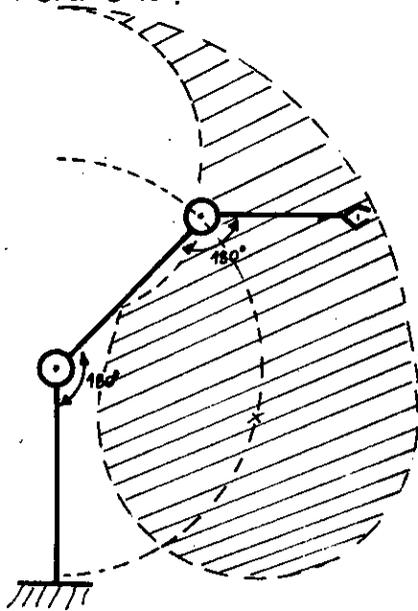


fig:1b

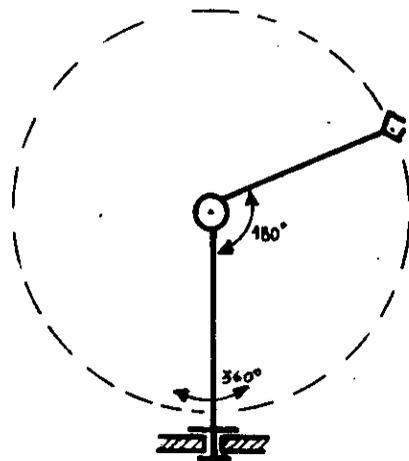


fig:2b

c - 1 rotation + 1 translation.

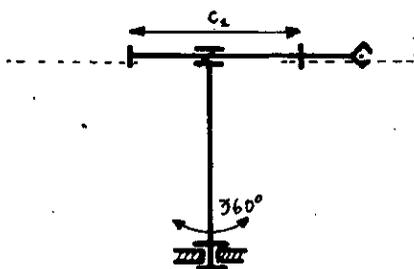


fig:1c

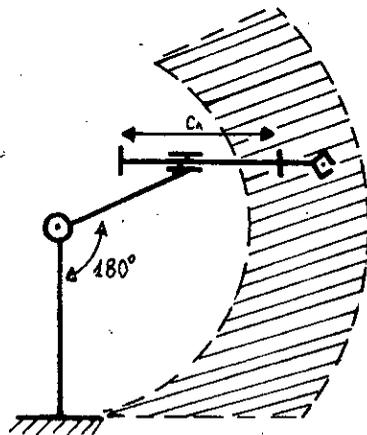


fig:2c

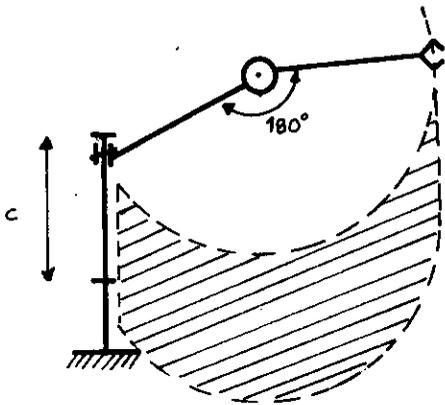


fig:3c

d- 3 translations.

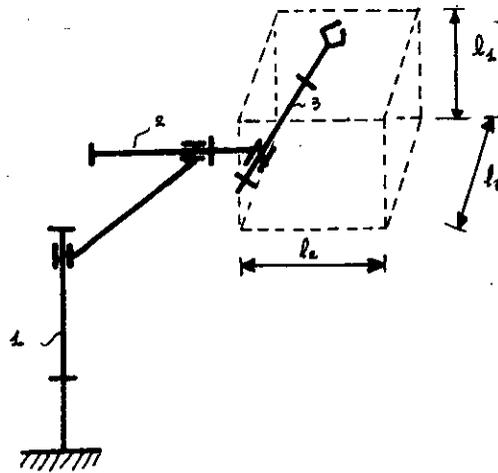
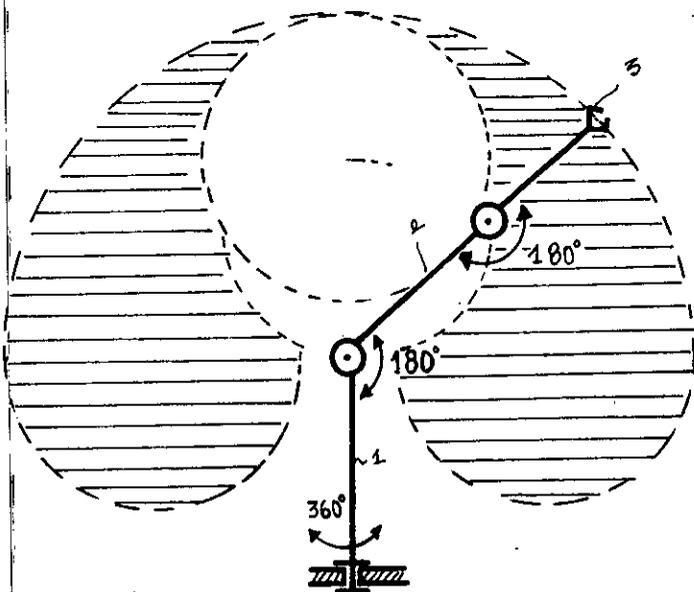


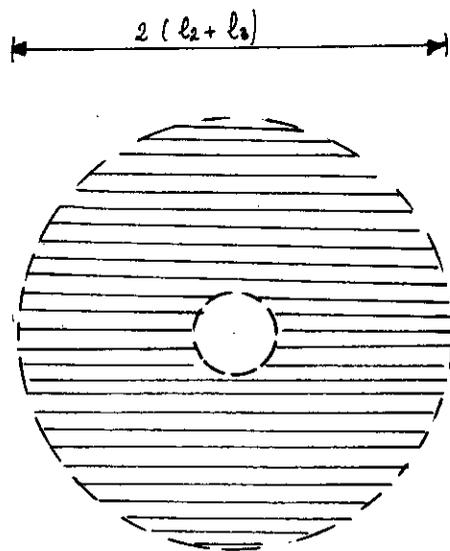
fig:1 d

e- 3 rotations.



face .

fig:1e



dessus .

f-1rotation + 2 translations:

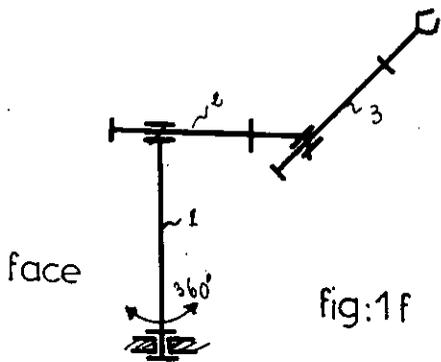
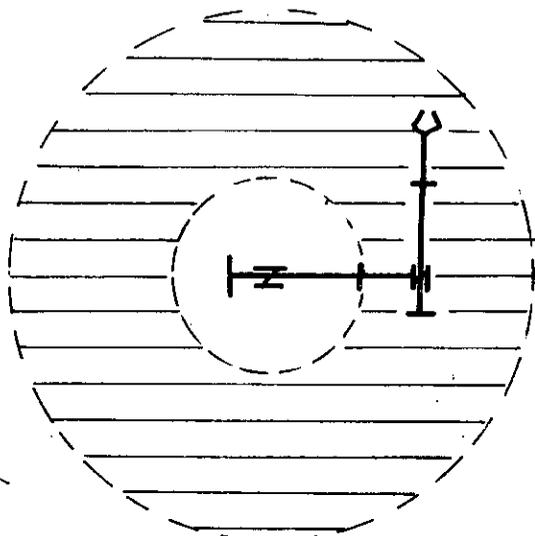


fig:1f



dessus.

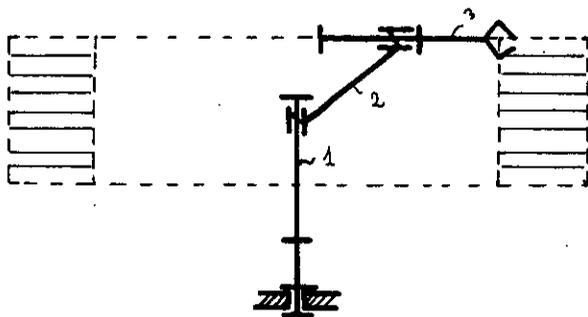


fig:2f

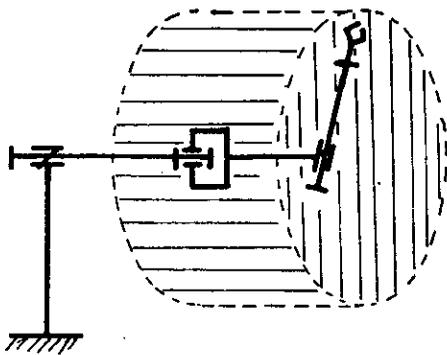
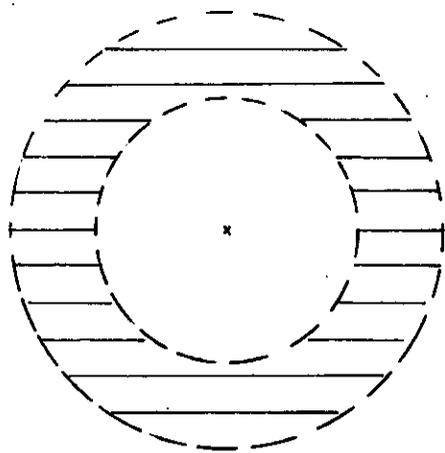
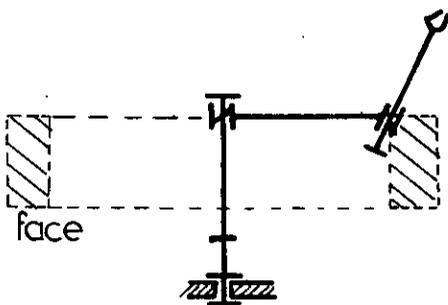
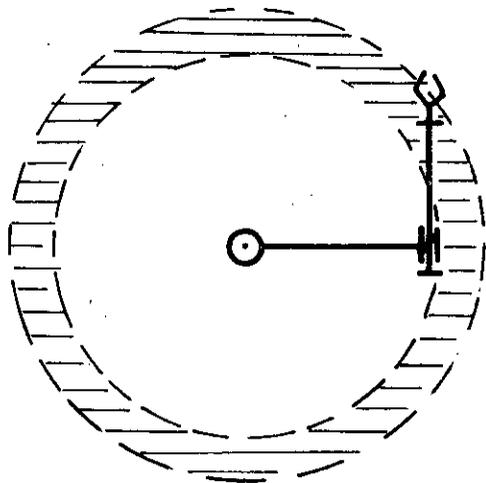


fig:3f



dessus

fig:4f



face

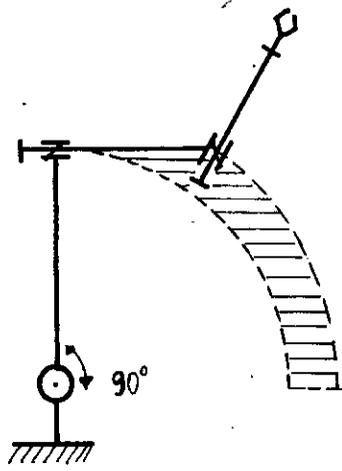
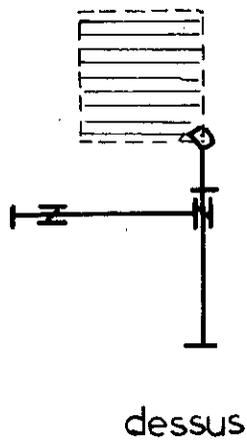


fig: 5 f



dessus

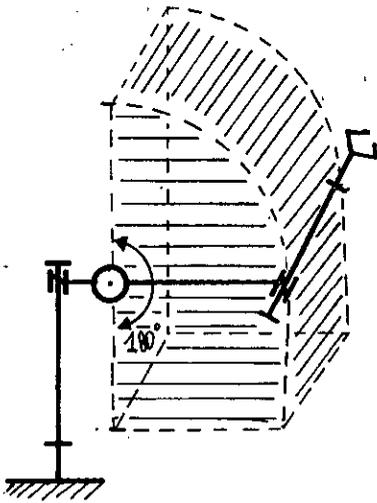


fig: 6 f

fig: 7 f

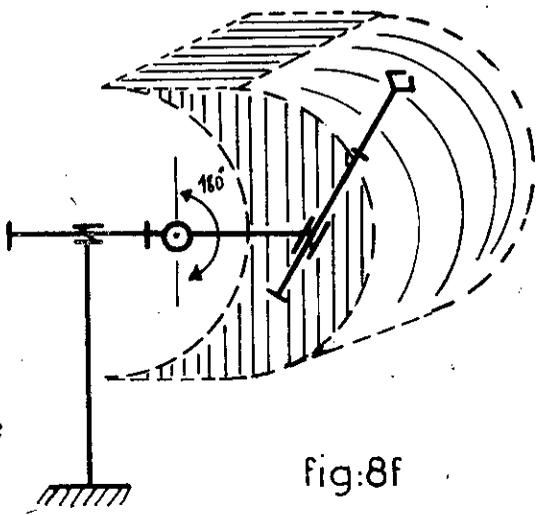
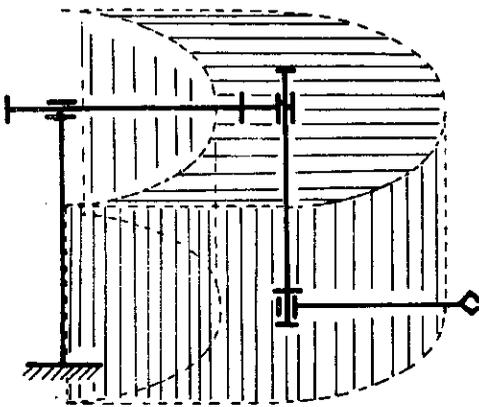


fig: 8 f

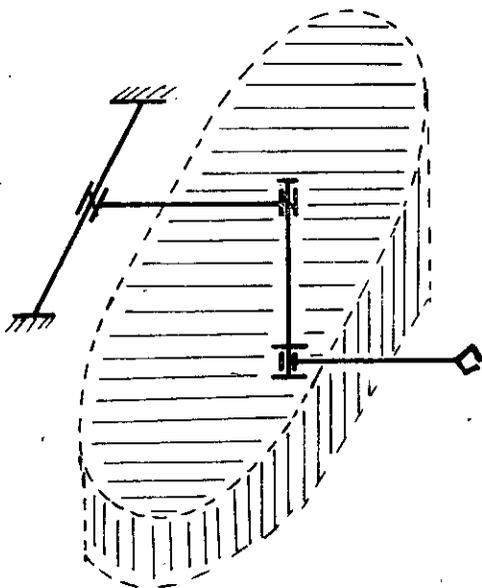


fig: 9 f

g- 2 rotations +1translation

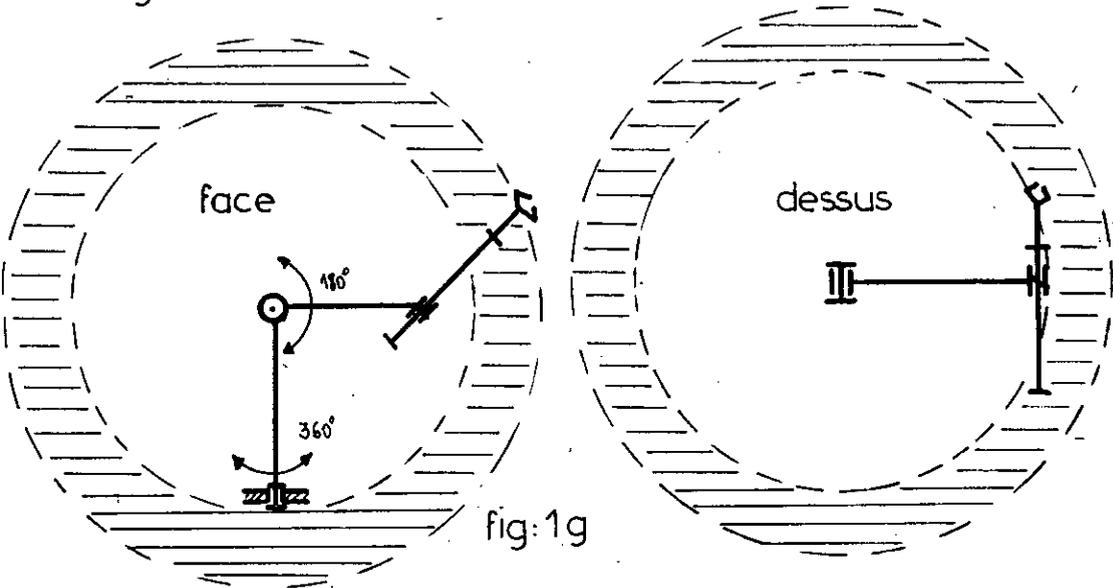


fig:1g

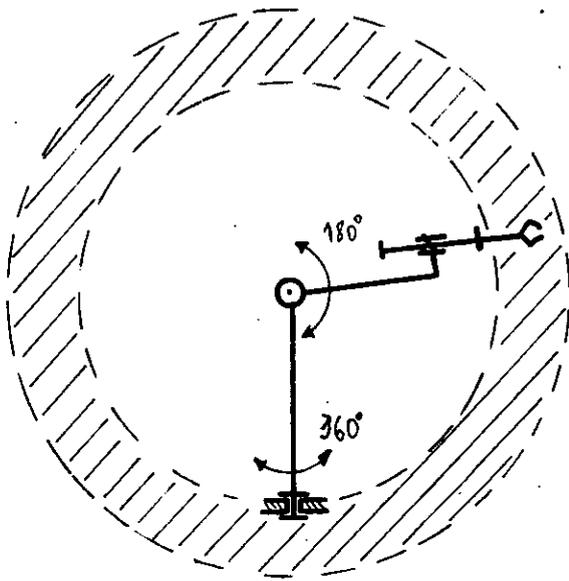


fig: 2 g

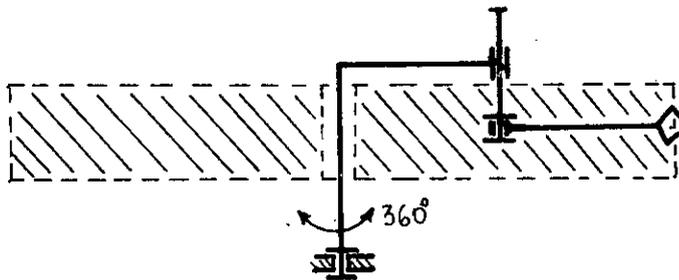


fig:3 g

fig: 4g

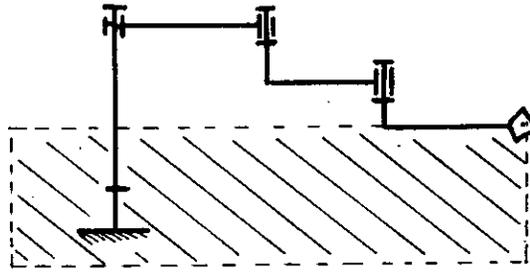


fig: 5g

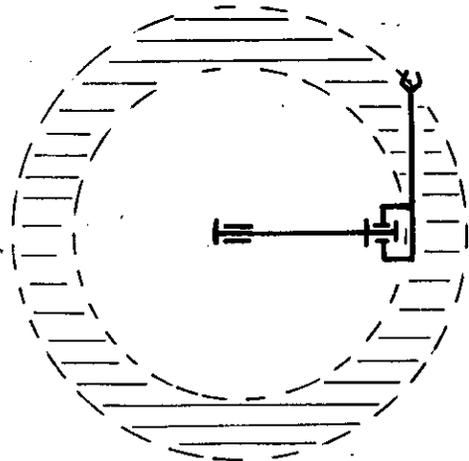
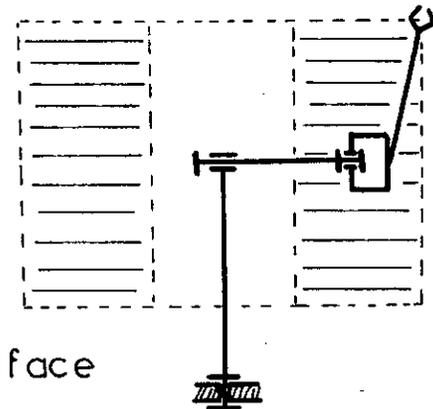
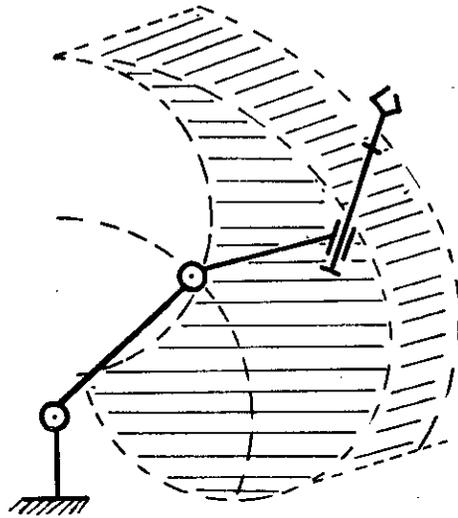


fig: 6g

IV - Choix des Solutions MécaniquesA - Les Translations :1 - Choix de l'Elément Moteur

Comme cela a été dit auparavant la solution pour obtenir une translation est le vérin pneumatique étant donné que le fluide moteur est l'air comprimé .Il existe 2 types de vérin: Le vérin à simple effet et le vérin à double effet .

1.1. Le Vérin à Simple Effet (Fig.)

Dans le vérin à simple effet l'admission du fluide sous pression, s'opère par un orifice principal situé :

-Côté opposé à la tige ,alors le vérin agit en poussant c'est le cas le plus fréquent .

-Côté tige : le vérin agit en tirant sur la tige c'est le cas le moins fréquent car l'on dispose d'une surface de poussée plus petite .

Le retour s'effectue soit par action extérieure sur la tige , soit par ressort intérieur .Dans le dernier cas,à cause de la déformation limitée du ressort,la course du vérin ne peut guère dépasser la valeur du diamètre .

Je ne retiens pas la solution du vérin à simple effet bien que demandant une commande plus simple (1 seul orifice d'admission du fluide) pour la raison suivante :

On obtiendrait un retour dont on ne peut connaître la loi et en plus qui serait variable dans le temps (à cause de la fatigue des ressorts) .

* Pour la translation verticale,le retour ne peut être obtenu par ressort à cause de l'effort nécessaire pour comprimer le ressort surtout en fin de course , ce qui pourrait provoquer un arrêt du vérin avant qu'il n'arrive en butée .Il reste à obtenir un retour par action de la masse déplacée verticalement sur la tige . Là ,également,comme la masse portée en bout de pince varie entre 0 et 14 Kg ,la loi du déplacement retour est inconnue et difficile à cerner .

* Le vérin de serrage de la pince : Là ,églement, le vérin à simple effet n'est pas très adapté car la pince doit pouvoir tenir des pièces en ouverture et en fermeture .Un ressort ne peut à la fois concilier les impératifs qui sont :

- Facile à déformer .
- Avoir une déformation importante .
- Et en retour développer un effort suffisant pour ramener le piston et serrer des pièces en ouverture de la pince .

Donc on en conclut que le vérin à simple effet ne convient pas du tout à l'application désirée .

1.2. Vérin à Double Effet: (Fig 11)

Donc le vérin utilisé sera le vérin pneumatique à double effet .Il s'agit tout simplement d'un vérin dont la course de retour est commandée par fluide .Le vérin étant à simple tige , l'effort disponible au retour est sensiblement plus faible qu'à l'aller (à cause de la section plus faible):la course de travail est donc la course en poussant.Dans ce cas l'étanchéité piston cylindre doit être valable dans les deux sens .

La pression étant fixée,l'effort développé ne dépend que de la section du vérin et des frottements entre le piston et les parois du cylindre .Les chocs sont à craindre en fin de course entre le piston et le fond du cylindre ce qui entrainerait une usure rapide et des effets désagréables sur le reste de la structure .C'est pour celà que tous les vérins utilisés sont équipés d'un dispositif de ralentissement excepté le verin de serrage car ayant une course très réduite .Le ralentissement est obtenu par le fluide lui même .Il est permis par la forme particulière du piston .L'échappement se fait par l'orifice (1) pendant toute la course et en fin de course le piston empêche l'échappement par l'orifice(1) et alors ,il se fait par un autre orifice plus petit(2) et qui en plus peut être étranglé à l'aide d'une vis (3). Ce qui crée un échappement forcé qui se fait de manière plus lente .

La distance de freinage est égale à 3cm et est la même pour tous les vérins de translation .

Donc la translation verticale et la translation horizontale , sont obtenues à l'aide de vérins pneumatiques dont les courses sont respectivement égales à 200mm et à 300 mm et équipées d'un freinage sur une distance de 3cm en chaque fin et début de course .

2 - Choix de l'Emplacement du Vérin de Translation

2.1. Translation Horizontale :

Le bras horizontal (Fig. V 4) est un cylindre creux (1) supporté par 2 coussinets en bronze (5,6) assurant un guidage. En translation, la course du bras peut être réglée en sortie et en rentrée à l'aide des butées 4 et 7 . Le bras supporte à son extrémité la pince (8) et il est lié en 2 avec le vérin de translation horizontale (3) .

2.2. Translation Verticale :

Le bras horizontal repose sur la plate forme du cylindre 2 (Fig .) .Le cylindre 2 coulisse sur le cylindre 5 .Le guidage est obtenu par contact entre la surface intérieure du cylindre 2 sur la surface extérieure du cylindre 5 par l'intermédiaire de 2 bagues en bronze 3 et 4 liées respectivement aux cylindres 5 et 2. Le bras se déplace dans le sens vertical par l'intermédiaire du vérin 6 qui est monté dans le cylindre 5 par action sur le fond du cylindre 2 .Une butée peut être placée entre les bagues 3 et 4 pour pouvoir régler la course du cylindre 2 dans le sens de la montée .Une autre butée peut être placée sur le cylindre 5 pour régler la course dans le sens de la descente .

B - La Rotation .

1 - Choix de l'Elément Moteur .

Pour obtenir une rotation avec de l'air comprimé , nous n'avons que 2 solutions :

-Transformer le déplacement linéaire du vérin en une rotation .

-Utiliser un vérin rotatif (ou vérin à palette) .

On ne peut transformer une translation en rotation que par l'intermédiaire d'un système bielle-manivelle (Fig. V 7) ou par un système pignon-crémaillère (Fig. V 6) .

On ne peut comparer les différentes solutions qu'en faisant une évaluation approximative des forces, couples et dimensions nécessaires.

* Un vérin rotatif dont les dimensions de la palette sont: $\ell=4\text{cm}$, $L = 6\text{ cm}$ et dont la distance entre l'axe de rotation et le centre de la palette est $d= 3,5\text{ cm}$ développe un couple avec une pression d'alimentation en air comprimé égale à $p=6\text{ barres}$.

$$M_{vr} = L \times \ell \times p \times g \times \frac{(\ell+d)}{200}$$

$$M_{v.r} = 4.8 \times 4 \times 6 \times 9,81 \times \frac{(4 + 3,8)}{200}$$

$$M_{v.r} = 44.074\text{ N.m}$$

* Un système roue-crémaillère qui doit fournir un couple égal à celui du vérin rotatif aura les dimensions suivantes :

-Si la crémaillère est mise en mouvement à l'aide d'un vérin pneumatique dont le diamètre intérieur vaut $D=3\text{cm}$, alors la force du vérin vaut :

$$F = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot P \cdot g \quad \begin{array}{l} P = \text{Pression d'alimentation du vérin} \\ P = 6\text{ barres} \end{array}$$

$$F = \frac{\pi}{4} \times 3^2 \times 6 \times 9,81 = 415,633\text{ N}$$

Pour obtenir un couple égal à celui du vérin rotatif, la roue doit avoir les dimensions suivantes :

$$\begin{aligned} M_{vr} = M = F \times r &\Rightarrow r = \frac{M}{F} \\ &= \frac{49,44}{415,633} \end{aligned}$$

$$r = 0,119\text{ m}$$

Comme la rotation nécessaire est égale à 90° , il faut une course du vérin C :

$$\begin{aligned} C &= R \cdot \theta \\ &= 0,119 \times \frac{\pi}{2} \\ &= 0,187\text{ m} \end{aligned}$$

Il faudra donc au minimum ,une roue de diamètre $2r = 23,8$ cm et un encombrement en longueur au minimum égal à $3C = 56$ cm (longueur de la crémaillère + longueur de la tige + Longueur du cylindre) .

Donc pour placer un système roue-crémaillère ,il faut réserver un espace en longueur d'au moins 56 cm et une roue de diamètre 23,8 cm alors que le vérin rotatif a un diamètre extérieur de 12 cm et une longueur de 8cm .Ce qui permet de conclure qu'il faut retenir la solution du vérin si l'on désire une solution peu encombrante ce qui est le cas ici .

* Sur la figure (IV.11) sont représentés les efforts agissant sur le système bielle-manivelle .On voit que la force qui tend à faire tourner la manivelle vaut $F \times \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \beta}$ F étant la force du vérin .

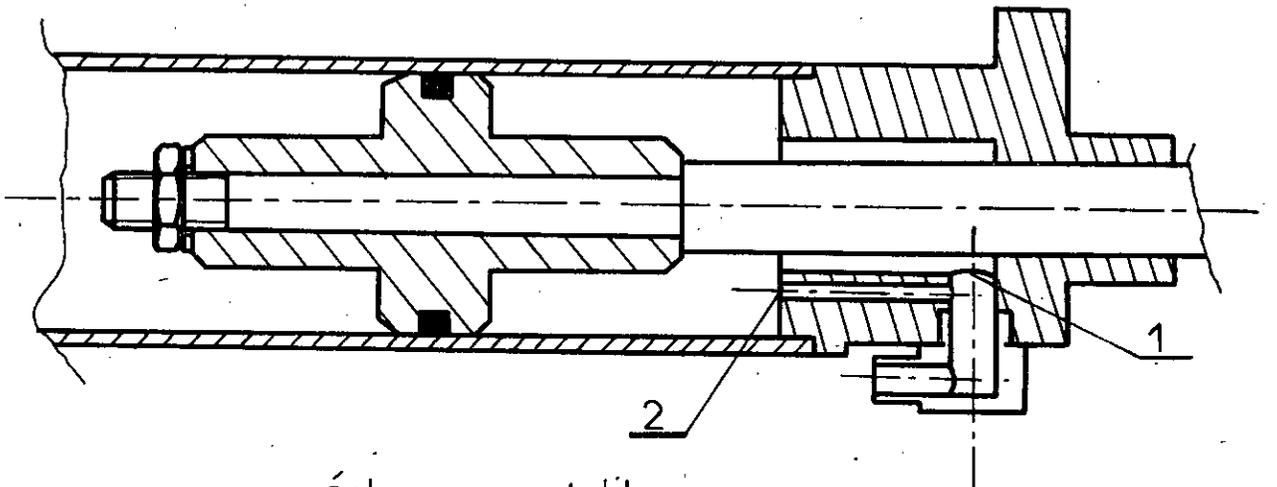
Si λ est la longueur de la bielle et R la longueur de la manivelle, les angles α et β du triangle DAB sont liés par la rotation .

$$\lambda \sin \beta = R \sin \alpha \implies \sin \beta = \lambda \sin \alpha \quad \text{avec } \lambda = \frac{R}{\lambda} < 1$$

Je dresse un tableau donnant la valeur de $\frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \beta}$ en fonction de α des valeurs de λ . Ce tableau nous permet de conclure que la valeur de forces qui provoquent la rotation n'est pas constante et peut varier dans des rapports de 1 à 10 .Ce qui ne peut donner un fonctionnement correct .Donc là également le vérin rotatif l'emporte sur le système bielle-manivelle une fois résolu le problème de freinage en fin de course .

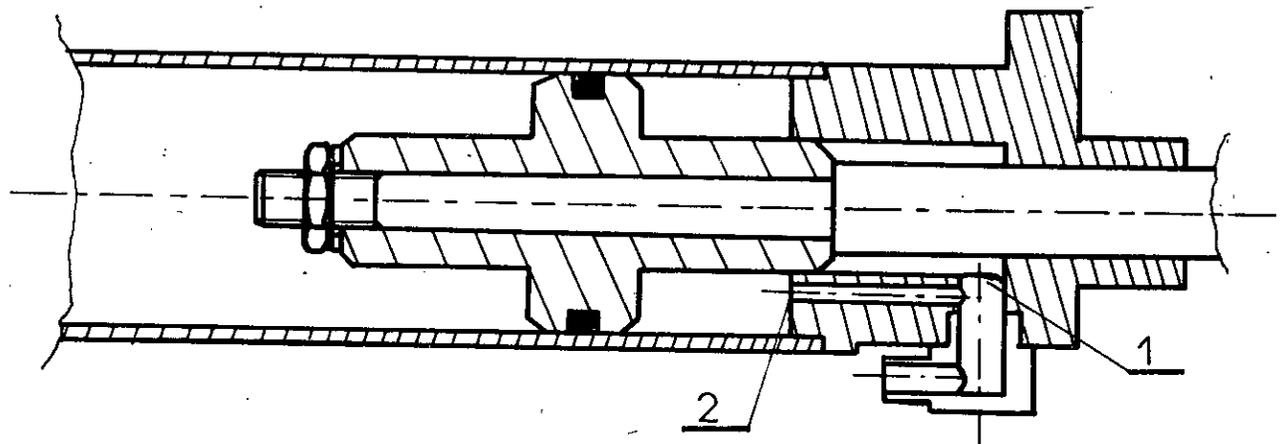
La figure (E.12) représente un vérin rotatif en coupe pour expliquer son dispositif de freinage .La position de départ se fait comme présentée sur la figure.L'admission de l'air se fait par l'orifice 1, puis la pression de l'air agit sur la palette 2 et la fait bouger provoquant ainsi la rotation de l'arbre. L'air emprisonné dans la 2^{ème} partie du vérin va s'échapper par l'orifice 3 qui est toujours lié avec l'orifice 6 par l'intermédiaire de la rainure 5 .Quand il ne restera plus que 12° pour arriver en butée, l'orifice 3 est bouché et l'échappement ne se fait

plus par là .L'air n'a plus d'issue que l'orifice 7 qui a une section beaucoup plus petite que celle de l'orifice 3 ce qui fait que l'échappement se fera de manière plus lente jusqu'à ce que la palette vienne buter contre le support N. La rotation dans l'autre sens est également freinée par un système équivalent à celui-ci mais qui n'apparaît pas dans le plan de coupe. Le vérin sera placé à la base du bras ,sous la table; et un arbre lié au cylindre vertical pour l'entraîner en rotation.



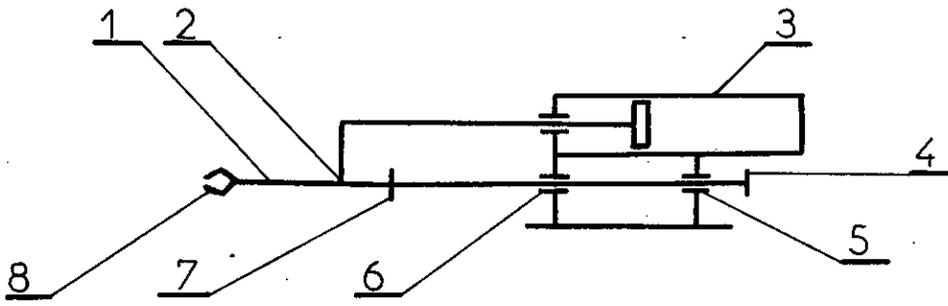
échappement libre

FIG IV 1



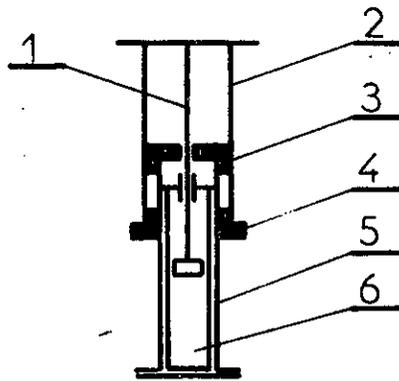
échappement forcé (ralentissement)

FIG IV 2



translation horizontale

FIG IV 4



translation
verticale

FIG IV 5

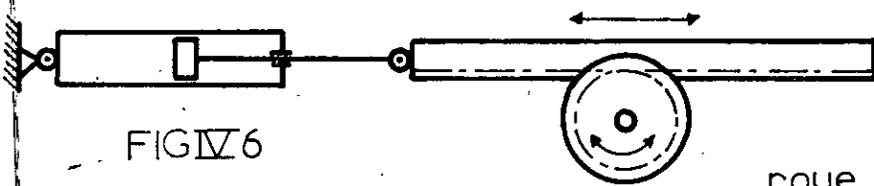
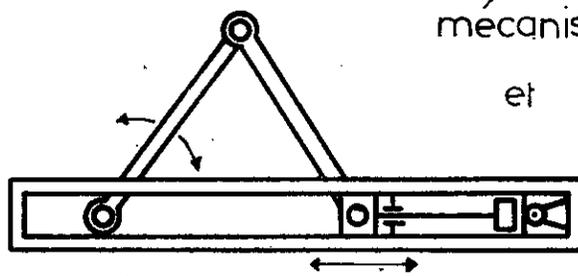


FIG IV 6

roue crémallière



mécanisme à coulisseau
et bielle

FIG IV 7

SIN($\alpha+\beta$) COS β				
α	$\lambda=1$	$\lambda=0.75$	$\lambda=0.8$	$\lambda=0.5$
10	0.35	0.30	0.31	0.26
20	0.68	0.59	0.61	0.50
30	1.00	0.84	0.88	0.72
40	1.29	1.06	1.10	0.90
50	1.53	1.22	1.26	1.03
60	1.73	1.29	1.35	1.11
70	1.88	1.28	1.33	1.12
80	1.97	1.18	1.21	1.08
90	1.01	1.00	1.00	1.00
100	0	0.79	0.76	0.89
110	0	0.60	0.55	0.76
120	0	0.44	0.39	0.63
130	0	0.31	0.27	0.50
140	0	0.22	0.18	0.38
150	0	0.15	0.12	0.28
160	0	0.09	0.07	0.18
170	0	0.04	0.04	0.09
180	0	0.00	0.00	0.00
190	0	-0.04	-0.04	-0.083

FIGURE 8

FIG IV 9

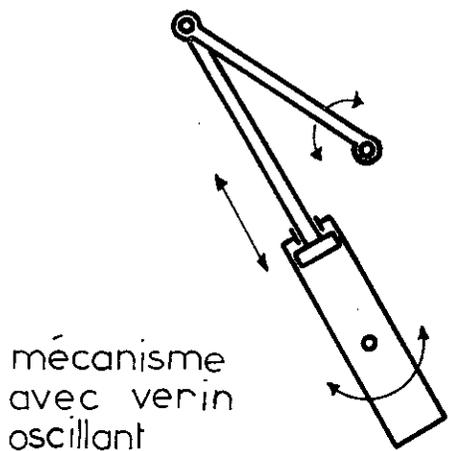


FIG IV 10

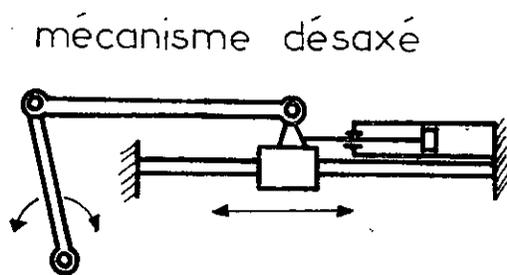
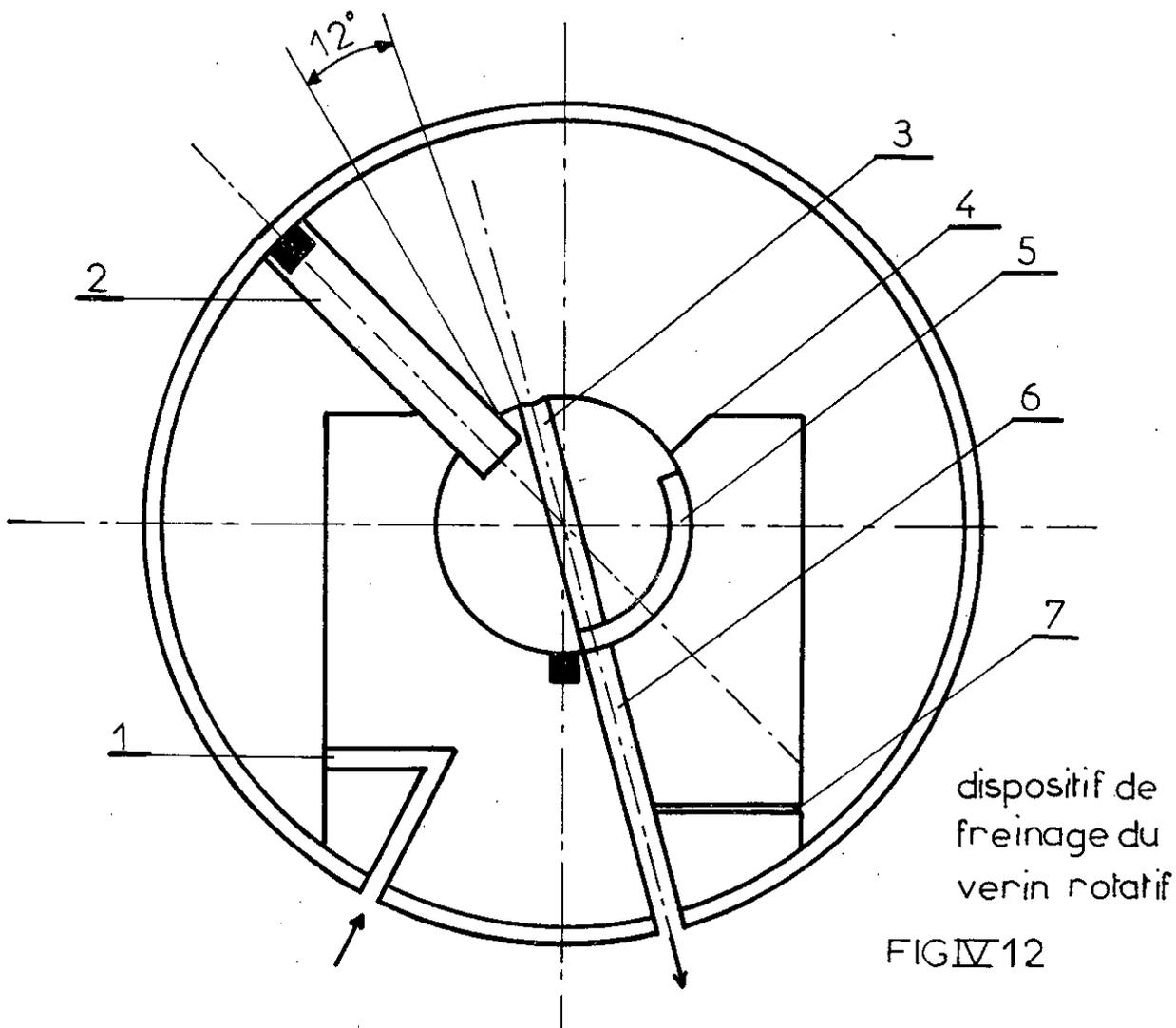
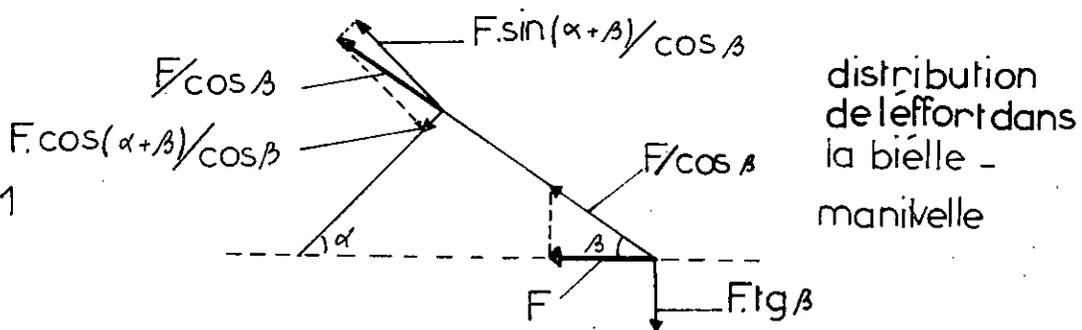


FIG IV 11



V- Choix du système de Préhension

Le bon choix du système de préhension ne dépend que du nombre de solutions possibles .Le choix sera orienté vers une pince à 2 doigts à ouverture parallèle ou angulaire pour pouvoir placer la pièce dans l'étau sans que la fermeture de celui-ci n'emprisonne les doigts .Dans les pages qui suivent sont représentés différents types de pinces à deux doigts ,elles sont présentées dans l'ordre suivant .

* Fig V.1 : Pince à ouverture parallèle à ressort de serrage .

Dans cette pince l'ouverture se fait par action de vérin et la fermeture par rappel du ressort .On voit que les ouvertures minimale et maximale sont limitées par le ressort,et que le serrage est obtenu par le ressort. Cette pince contient pour des pièces de masses réduites.

* Fig V.2 : Pince à ouverture parallèle .

Théoriquement l'ouverture de cette pièce varie de 0 à 2λ (λ , longueur de la bielle).L'ouverture et la fermeture se font par action du vérin mais on obtient un effort de serrage dépendant de l'ouverture (F varie de 0 à ∞).Mais en pratique l'ouverture et la fermeture sont limitées pour ne pas provoquer un coïncement de mâchoires sur le guide .

* Fig V.3 : Pince à ouverture angulaire .

Dans ce cas également l'effort de serrage varie en fonction de l'ouverture mais le coïncement n'est pas à craindre .Cette pince est plutôt adaptée pour des pièces cylindriques plutôt que parallélépipédique.L'inconvénient est qu'on ne peut tenir de pièces en ouverture et qu'elle nécessite un étau spécial pour travailler sur une machine à table horizontale .

* Fig V.4 : Pince à ouverture parallèle à ressort de rappel .

Dans ce cas et contrairement à celui de la figure V.1. L'ouverture se fait par ressort et la fermeture par action du vérin mais l'effort fournit par celui-ci est diminué par la force nécessaire à tirer le ressort.Là également l'ouverture est limitée par les caractéristiques des ressorts .

* Fig V.5 : Pince à ouverture parallèle à 1 doigt mobile
Les ouvertures maximale et minimale ne dépendent que de la course du vérin de serrage . Cette pince peut tenir des pièces en ouverture et en fermeture . La force du vérin est directement transmise à la pièce et est constante quelle que soit l'ouverture .

Le choix définitif est fixé sur la pince de la figure V.5 , car c'est la plus adaptée à la tâche demandée .

Donc à la fin de ce chapitre pratiquement tous les éléments constitutifs du bras sont définis et il ne reste plus qu'à vérifier le bras par le calcul.

pince à ouverture
parallèle à ressort
de serrage

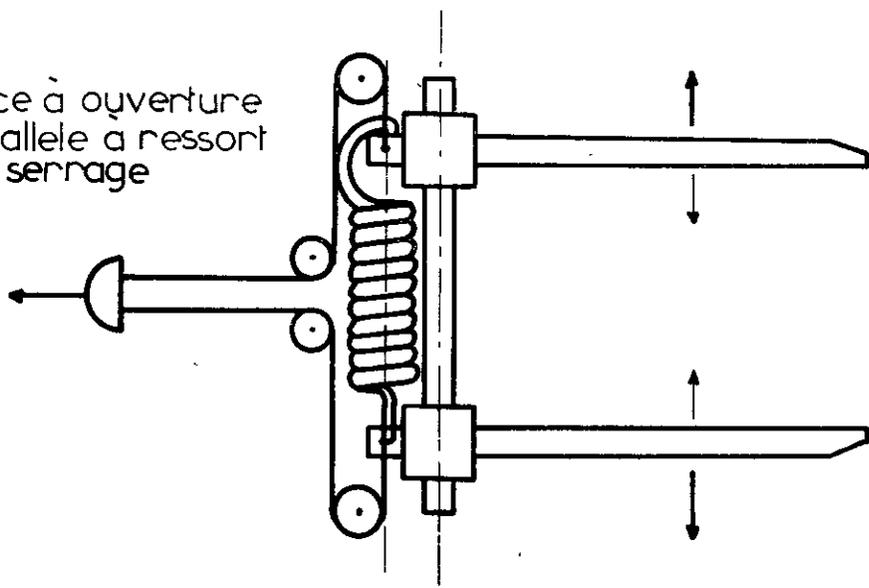
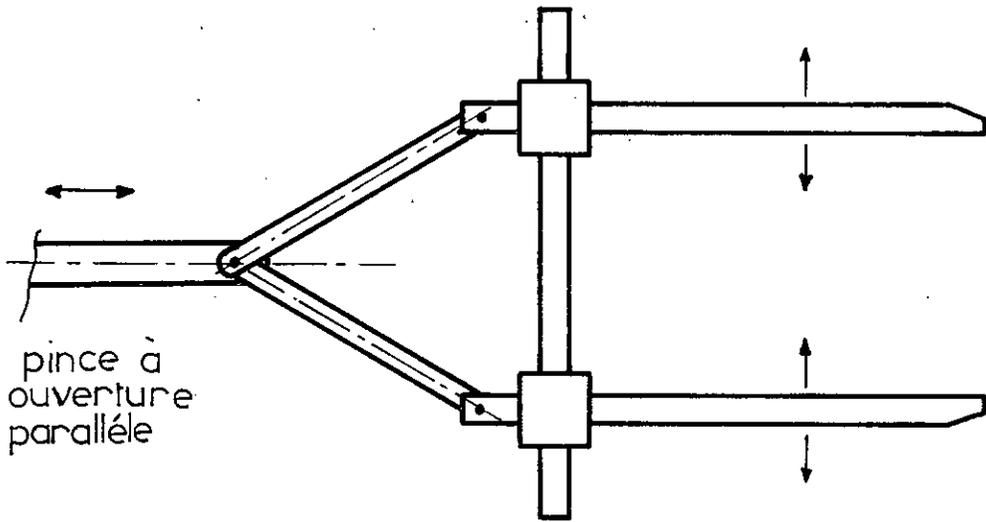
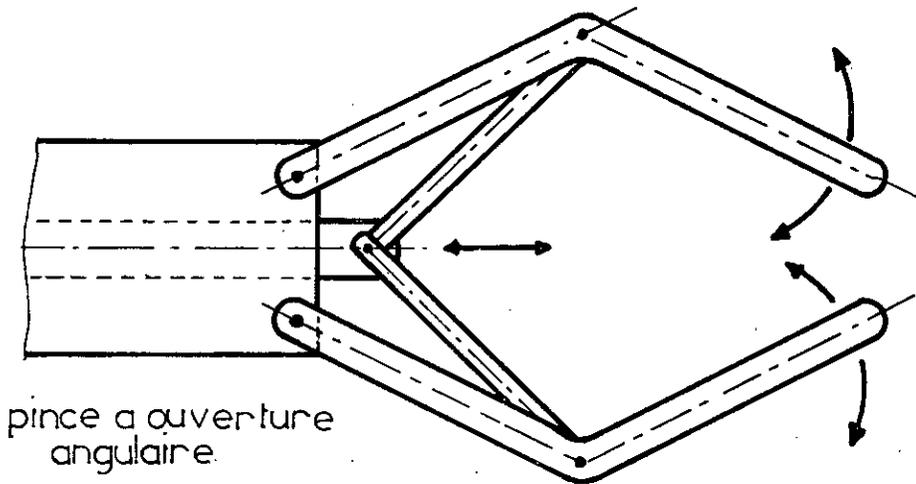


FIG V 1



pince à
ouverture
parallèle

FIG V 2



pince à ouverture
angulaire.

FIG V 3

pince à ouverture
parallèle a
ressort de
rappel

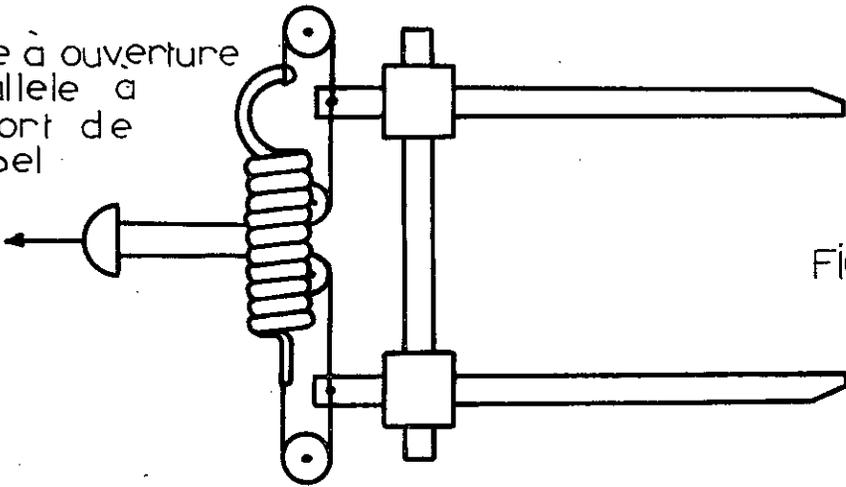
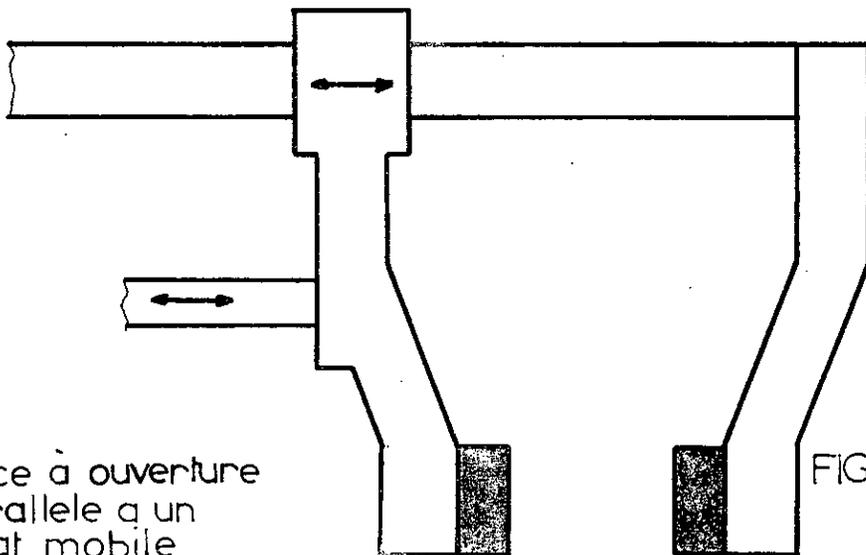


FIG 4



pince à ouverture
parallèle a un
doigt mobile

FIG 5

VI- Calcul du Bras :VI.1. Caractéristiques des Organes Moteurs .a) Vérins de Translation

Les forces théoriques du vérin de translation sont calculées par la formule dans le cas du poussage :

$$F_{th.p} = \frac{\pi}{4} D^2 \times p \times g \text{ . [N]}$$

Dans le cas du tirage :

$$F_{th.t} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \times p \times g \text{ . [N]}$$

ou [Cm] D : Diamètre intérieur du Cylindre

[Cm] d : Diamètre de la Tige .

[bars] p : Pression d'Alimentation en air comprimé .

Le tableau de la figure VI.1 représente les valeurs des forces développées par les vérins de translation. Les forces réelles sont calculées à partir des forces théoriques en prenant un coefficient de sécurité de 1,5 qui tient compte des frottements entre le piston et le cylindre .

$$F_{réelle} = \frac{F_{th}}{1,5} \text{ [N]}$$

b) Vérin Rotatif

Les couples théoriques des vérins rotatifs sont calculés par la formule :

$$C_{th} = L \times l \times p \times g \times \frac{(l + d)}{200} \text{ [N.m]}$$

d [cm] : Diamètre de l'Arbre du Vérin .

L [cm] : Longueur de la palette .

l [cm] : Largeur de la palette .

P [Bars] : Pression d'Alimentation .

Le tableau de la figure VI.2. représente les valeurs des couples développés par les vérins rotatifs . Les couples réels sont calculés à partir des couples théoriques en prenant un coefficient de sécurité de 2 qui tient compte des frottements à l'intérieur du vérin .

$$C_{\text{réel}} = \frac{C_{\text{th}}}{2} \quad [\text{N.m}]$$

VI.2 Calcul Statique du Bras

a) Calcul de la Pièce 1 (Doigt Mobile en Rotation)

Les efforts agissant sur la pièce 1 sont S_1, T_1, P_1 sur la figure VI.5 d'après la distribution des figures VI.4 et VI.3 .

$$S_1 = N_{\text{th}} = 739,657 \text{ N} .$$

Si le coefficient de frottement en la pièce et la pince vaut $\mu = 0$, alors l'effort tangentiel T vaut :

$$T_1 = \mu S_1 = 0,15 \times 739,657$$

$$\Rightarrow T_1 = 110,94 \text{ D N}$$

La pièce est assimilée à un encastrement alors le moment fléchissant maximum est égal au moment d'encastrement M_e .

$$\begin{aligned} M_{\text{fmax}} &= M_e = P_1 \times 21,1 + S_1 \times 61,5 + T_1 \times 40 \\ &= 0,922 \times 21,1 + 739,657 \times 61,5 + 110,949 \times 40 \\ &= 4994,632 \text{ daN. mm} . \end{aligned}$$

La pièce a une section rectangulaire de dimension $b=1\text{cm}$ et $h = 4\text{cm}$. La contrainte de flexion vaut :

$$\sigma_f = \frac{M_{\text{fmax}}}{W_x} = \frac{M_{\text{fmax}}}{h \frac{b^2}{6}} = \frac{4994,632}{40 \times \frac{(10)^2}{6}}$$

$$\sigma_f = 7,492 \text{ daN/mm}^2$$

La pièce est en : AV 46 dont la résistance mécanique vaut:
 $R_m = 39 \text{ daN/mm}^2$.

La résistance pratique à la flexion vaut :

$$R_p = \frac{R_m}{K} \quad K \in [3, 10]$$

$$\text{Si } K = 5 \Rightarrow R_p = 7,8 \text{ daN/mm}^2$$

$$\sigma_f = 7,492 \text{ daN/mm}^2 < R_p$$

\Rightarrow la pince est vérifiée .

Il est inutile de vérifier la pièce puisqu'elle a les mêmes dimensions que celle-ci :

a) Calcul de la pièce 3 (Support du Vérin de Serrage)

Les efforts agissant sur la pièce 3 sont P_3 et N représentés sur la figure VI.6.

$$N = 739,657 \text{ [N]}$$

$$P_3 = 2.05 \text{ [N]}$$

La pièce est assimilée à un encastrement alors le moment fléchissant maximum est égal au moment d'encastrement M_e .

$$\begin{aligned} M_{f\max} &= M_e = P_3 \times 9,62 + N \times 30 \\ &= 2.05 \times 9,62 + 739,657 \\ &= 2220,943 \text{ daN.mm} \end{aligned}$$

La zone dangereuse a une section rectangulaire de dimensions $b = 1\text{cm}$ et $h = 4\text{cm}$. La contrainte de flexion vaut :

$$\sigma_f = \frac{M_{f\max}}{W_x} = \frac{M_{f\max}}{h \frac{b^2}{6}} = \frac{2220,943}{40 \times \frac{(10)^2}{6}}$$

$$\sigma_f = 3,331 \text{ daN/mm}^2$$

La pièce 3 est en : AV 46 dont la résistance mécanique vaut $R_m = 39 \text{ daN/mm}^2$.

La résistance pratique à la flexion vaut :

$$R_p = \frac{R_m}{K} \quad K \in [3, 10]$$

$$\text{Si } K = 5 \quad \Rightarrow \quad R_p = 7,8 \text{ daN/mm}^2$$

$$\sigma_f = 3,331 \text{ daN/mm}^2 < R_p$$

\Rightarrow La pièce 3 est vérifiée et par suite la pièce 4 puisqu'elles sont identiques .

c) Calcul de la pièce 5 (Fourchette de Transmission)

L'effort agissant sur la pièce 5 est F effort du vérin de translation horizontale représenté sur la figure VI.7 .

$$F = 416,057 \text{ N .}$$

La pièce est assimilée à un encastrement alors le moment fléchissant maximum est égal au moment d'encastrement M_e .

$$\begin{aligned} M_{fmax} &= M_e = F \times 55 \\ &= 416,057 \times 55 \\ &= 2288,314 \text{ [N]} \end{aligned}$$

La zone dangereuse à une section rectangulaire de dimensions $b = 1\text{cm}$ et $h = 5,5 \text{ cm}$.

La contrainte de flexion vaut :

$$\sigma_f = \frac{M_{fmax}}{W_x} = \frac{M_{fmax}}{h \frac{b^2}{6}} = \frac{2288,314}{55 \times \frac{(10)^2}{6}}$$

$\sigma_f = 2,496 \text{ daN/mm}^2$

La pièce 5 est en AV 46 dont la résistance mécanique vaut:
 $R_m = 39 \text{ daN/mm}^2$.

La résistance pratique à la flexion vaut :

$$R_p = \frac{R_m}{K} \quad K \in [3, 10]$$

$$\text{si } K = 5 \implies R_p = 7,8 \text{ daN/mm}^2$$

$$\sigma_f = 2,496 \text{ daN/mm}^2 < R_p$$

\implies La pièce 5 est vérifiée .

d) Calcul de la pièce 6 (Butée de Translation Horizontale)

L'effort agissant sur la pièce 5 est F effort de serrage de boulon (Fig. VI.8) .

Le boulon a un diamètre de 8 mm et appartient à la classe de la qualité 14.8 .Le couple de serrage maximum qu'il peut supporter est :

$$M = 4,68 \text{ daN.m.}$$

il lui correspond une force de serrage :

$$F = \frac{M}{r(\operatorname{tg} \alpha + \mu)}$$

r : Rayon de la vis
 α : Angle d'inclinaison du filet
 μ : Coefficient de frottement entre la vis et l'écrou.

$$r = 4 \text{ mm} ; \quad \alpha = 30^\circ ; \quad \mu = 0,12 ; \quad M = 4,68 \text{ daN.m}$$

$$\Rightarrow F = \frac{4,68 \cdot 10^3}{4(\operatorname{tg} 30^\circ + 0,12)}$$

$$F = 1678 \text{ daN.}$$

La pièce est soumise à la traction et la zone dangereuse a une section rectangulaire de dimensions $b = 10 \text{ mm}$, $h = 15 \text{ mm}$

La contrainte de traction vaut :

$$\sigma_t = \frac{F}{S} = \frac{1678}{10 \times 15} =$$

$$\sigma_t = 11,187 \text{ daN/mm}^2$$

La pièce 6 est en acier X_G38 trempé à l'eau à 850° et revenue à 550° dont la résistance mécanique vaut : $R_m = 80 \text{ daN/mm}^2$.

La résistance pratique à la traction vaut :

$$R'_t = \frac{R_m}{K} \quad K \in [3, 10]$$

$$\text{Si } K = 7 \quad R'_t = 11,429 \text{ daN/mm}^2$$

$\sigma_t = 11,187 < R'_t \Rightarrow$ La pièce 6 est vérifiée il en sera de même pour la pièce 8 qui est la même .

e) Calcul du Bras

. Le bras est cylindre creux en acier de diamètres extérieur 40 mm et intérieur 30 mm et de longueur $L = 885$ mm. Il lui correspond donc un poids $P = 37,23$ N.

. Le bras supporte des charges ponctuelles de masse connue et une charge uniformément répartie q qui est le poids du bras (Fig.VI.9) .

$$q = \frac{P}{L} \implies \boxed{q = 42,068 \text{ N/m} .}$$

. Le calcul sera fait par la méthode de superposition (Fig. VI.10).

. Le bras est assimilée à une poutre encastree et toutes les distances et intensités des forces sont connues et figurent sur la fig. (VI.15).

La figure VI.19 permet de tirer le moment fléchissant maximum .

$$M_{fmax} = M_e \frac{qL}{2} + \sum_1^7 P_i \cdot \ell_i .$$

Les P_i et ℓ_i sont donnés sur la figure VI.15 et le calcul donne $M_{fmax} = 13\,200$ daN.mm .

Les dimensions du bras étant $D = 40$ mm $d = 30$ mm

La contrainte de flexion vaut :

$$\sigma_f = \frac{M_{fmax}}{\frac{\pi}{32} \left(\frac{D^4 - d^4}{D} \right)} = \frac{13\,200}{\frac{\pi}{32} \left(\frac{40^4 - 30^4}{40} \right)}$$

$$\boxed{\sigma_f = 3,073 \text{ daN/mm}^2}$$

Le bras est en acier de traitement thermique XC 38 trempé à l'eau à 850° et revenu à 550° C , dont la résistance mécanique vaut $R_m = 80$ daN/mm² .

La résistance pratique à la flexion vaut : $R_p = \frac{R_m}{K}$ $K \in [3, 10]$

Si $K = 7$ $R_p = 11,4$ daN/mm² .

$\sigma_f = 3,073 < R_p \implies$ Le bras est vérifié .

Si le bras paraît trop largement vérifié c'est que l'on désire obtenir une flèche maximum .

b) Calcul de la Flèche du Bras

1) Position Longue

La valeur de la flèche est donnée sur la figure VI.14 .

Tous les paramètres sont constants excepté P .C'est à dire la charge manipulée .

$$F = \frac{qL^4}{8EJ} + \sum_1^7 \frac{P_i \ell_i^2}{2 E J} \left(L - \frac{\ell_i}{3} \right)$$

$$= \frac{qL^4}{8EJ} + \sum_1^6 \frac{P_i \ell_i^2}{2 E J} \left(L - \frac{\ell_i}{3} \right) + \frac{P_7 \ell_7^2}{2 E J} \left(L - \frac{\ell_7}{3} \right)$$

Le bras est en acier $\Rightarrow E = 21.10^6 \text{ N/cm}^2$ et
 $I = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4) [\text{cm}^4]$ Toutes les autres valeurs se trouvent sur la fig. VI.15 .

Si $P_7 = 0$ $F(0) = 0,27 \text{ mm} .$

Si $P_7 \neq 0$ $F(P_7) = [0,27 + P_7 \times 0,01054] .[\text{mm}]$

Formule donnant la flèche du bras en fonction de la charge manipulée P [N] .

Si $P_7 = 10 \text{ Kg} \Rightarrow \boxed{F(10) = 1,304 \text{ mm}}$

Un tableau Fig. VI.16 donne F la flèche en fonction de m,

2) Position Courte

Le calcul est le même sauf que toutes les distances diminuent de 200 m .

$$\ell'' = \ell - 200$$

L'expression de la flèche est la même

$$F = \frac{qL''^4}{8EJ} + \sum_1^6 \frac{P_i \ell_i''^2}{2 E J} \left(L'' - \frac{\ell_i''}{3} \right) + \frac{P_7 \ell_7''^2}{2 E J} \left(L'' - \frac{\ell_7''}{3} \right)$$

Le calcul donne :

$$\text{Si } P_7 = 0 \quad F(0) = 4,75 \cdot 10^{-2} \text{ mm .}$$

$$\text{Si } P_7 \neq 0 \quad F(P) = (4,75 \cdot 10^{-2} + P_7 \times 0,005) \text{ [mm]}$$

Formule donnant la flèche du bras en fonction de la charge manipulée $P_7(N)$ dans la position bras court .

VI.3- Détermination des Vitesses et Accélérations Maximales du Bras

1) Position Longue

L'accélération angulaire ne dépend que du couple fournit par le vérin rotatif et de l'inertie des masses en mouvement .

$$M_t = J \epsilon . \quad M_t \text{ donné Fig. VI.2}$$

L'évaluation de J est simple puisque toutes les masses en mouvement sont connues .

Toutes les inerties de masses à une distance de l'axe de rotation inférieure ou égale à 10 cm seront négligées .

$$J = \sum_1^7 m_i \cdot l_i^2 + \frac{1}{3} M L^2 \quad \begin{array}{l} M : \text{Masse du bras } M=4,224[\text{Kg}] \\ L : \text{Longueur du bras } L=985[\text{mm}] \end{array}$$

$J = \sum_1^6 m_i \cdot l_i^2 + m_7 \cdot l_7^2 + \frac{1}{3} M L^2$ les distances et masses figurent sur le tableau VI.15 .

Si on suppose m inconnu le calcul donne J en fonction de m ,

$$J = 2,057 + m_7 \times (0,88)^2 \quad [\text{Kg} \cdot \text{m}^2]$$

$$\text{Si } m_7 = 10 \text{ kg} \quad \Rightarrow \quad \boxed{J = 9,801 \text{ [Kg} \cdot \text{m}^2]}$$

$$\epsilon = \frac{M_t}{J} = \frac{22,037}{9,801} \Rightarrow \boxed{\epsilon_{\max} = 2,248 \text{ rd/s}^2 \text{ si } m_7 = 10 \text{ Kg}}$$

Un tableau sur la figure VI.16 donne ϵ_{\max} l'accélération angulaire maximale en fonction de m , d'après la formule :

$$\epsilon_{\max} = \frac{M_t}{2,057 + m \times (0,88)^2}$$

2) Position Courte

Un calcul similaire au précédent est fait sauf que les distances sont réduites de 200 mm . $l'' = l' - 200$ (mm).

$$J = \sum_1^6 m_i l_i''^2 + m_7 l_7''^2 + \frac{1}{3}(M_1 L_1^2 + M_2 l_2^2) \text{ avec } L_1 = 785 \text{ mm M}$$

$$M_1 = 3,366 \text{ Kg}$$

et $L_2 = 200 \text{ mm}$

$$M_2 = 0,858 \text{ Kg}$$

$$J = 1,156 + m_7 l_7''^2 \quad [\text{Kg} \cdot \text{m}^2]$$

$$= 1,156 + m_7 (0,68)^2 [\text{Kg} \cdot \text{m}^2]$$

$$\text{Si } m_7 = 10 \text{ Kg} \quad J = 5,78 [\text{Kg} \cdot \text{m}^2]$$

$$\epsilon = \frac{M_t}{J} = \frac{22,037}{5,78}$$

$$\Rightarrow \epsilon_{\max} = 3,813 \text{ rd/s}^2 \quad \text{si } m_7 = 10 \text{ Kg} .$$

La figure VI.16 donne ϵ_{\max} , l'accélération angulaire maximale que peut fournir le vérin en fonction de la masse m_7 manipulée et d'après la formule suivante :

$$\epsilon_{\max} = \frac{22,037}{1,156 + m_7 (0,68)^2}$$

3) Accélérations que peut supporter la Pièce

Les figures VI.17 et VI.18 représentent la pièce serrée avec tous les efforts qui s'appliquent dessus y compris les forces d'inerties .

Les équations (1), (2), (3), (4) sont tirées des conditions d'équilibre .

Les inéquations (5) et (6) doivent être satisfaites pour que la pièce tienne ,elles le seront également si l'équation (10) est vérifiée .

Le passage de 10 à 11 se fait en sachant que :

$$\text{La force d'inertie normale vaut : } F_{iN}^N = M \cdot \omega^2 \cdot L$$

$$\text{La force d'inertie tangentielle vaut : } F_{iN}^T = M \cdot \epsilon \cdot L.$$

Etant donné que le freinage du vérin rotatif se fait sur un angle $\theta_0 = 12^\circ$ on peut exprimer ϵ en fonction de ω^2 par :

$$\epsilon = \frac{\omega^2}{200} \quad \text{avec} \quad \theta_0 = \frac{\pi}{15}$$

Ce qui fait que l'on tire facilement la valeur de ω^2 puis celle de ϵ .

La figure VI.19 représente 8 courbes.

Les courbes en trait continu représentent les accélérations maximales que peut supporter la pièces dans différentes positions de rotations.

Les courbes en trait mixte représentent les accélérations que peut atteindre le vérin rotatif dans différentes positions de rotations et toujours en fonction de la charge transportée.

L'intersection entre une courbe en trait continu et une en trait mixte détermine la masse maximale que peut porter le bras en tenant compte des forces d'inerties. Les résultats sont les suivants:

1. Position Longue Bras Sorti : $m_{\max} = 13 \text{ Kg}$.
2. Position Courte Bras Sorti . $m_{\max} = 12.3 \text{ Kg}$.
3. Position Longue Bras Rentré. $m_{\max} = 12 \text{ Kg}$.
4. Position Courte Bras Rentré. $m_{\max} = 10,7 \text{ Kg}$.

VI.4 Calcul dans le Cas Dynamique

Etant donné que le bras est largement vérifié dans le cas statique, le calcul ne sera pas refait dans le cas dynamique ce qui évite un calcul long et fastidieux.

Mais un seul organe sera vérifié il s'agit de la pièce 1 (doigt mobile en rotation) car c'est le seul qui souffre le plus de l'effet des forces d'inerties (Il reçoit les forces d'inertie normale et tangentielle de la pièce manipulée). Le calcul sera fait dans le cas critique c'est à dire position longue bras sorti. Dans les conditions de la fig. VI.19 c'est à dire : la masse manipulée est de 13 Kg et l'accélération angulaire :

$$\epsilon = 1,75 \text{ (s}^{-2}\text{)} \text{ d'où } \omega^2 = 0,733 \text{ et } \omega = 0,856 \text{ (s}^{-1}\text{)} \text{ d'après}$$

$$\left(\frac{\omega^2}{2\theta_0} = \epsilon \right)$$

1). Calcul de la pièce 1 :

La pièce est représentée avec les efforts qui s'appliquent dessus sur la figure VI.18 .Elle est supposée encastree .L'évaluation des efforts qui s'appliquent dessus donne :

$$F_{7iN}^N = m_7 \cdot \omega^2 \cdot l_7 = 13 \times 0,733 \times 0,88 = 8,386 \text{ N}$$

$$F_{2iN}^N = m_2 \cdot \omega^2 \cdot l_2 = 0,145 \times 0,73 \times 0,805 = 0,086 \text{ N.}$$

$$S_1 = F_{7iN}^N + N + F_{2iN}^N = 501,577 \text{ N .}$$

$$N = 493,105 \text{ N}$$

$$P_1 = 1,854 \text{ N .}$$

$$F_{1iN}^N = m_1 \cdot \omega^2 \cdot l_1 = 0,189 \times 0,733 \times 0,9668 = 0,134 \text{ N}$$

$$F_{1iN}^T = m_1 \cdot \epsilon \cdot l_1 = 0,119 \times 1,75 \times 0,9668 = 0,320 \text{ N}$$

$$F_{7iN}^T = m_7 \cdot \epsilon \cdot l_7 = 13 \times 1,75 \times 0,88 = 20,020 \text{ N}$$

Soit $\alpha = \frac{F_{7iN}^T}{P_7} = \frac{20,020}{127,530} = 0,157$ Rapport de proportionnalité entre F_{7iN}^T et P_7 et l'on suppose que ce sera le même pour T et T'.

Donc $\alpha = \frac{F_{7iN}^T}{P_7} = \frac{T_1'}{T_1} \Rightarrow T_1' = \alpha \cdot T_1$

ou $\mu S_1 = \sqrt{T_1'^2 + T_1^2} = \sqrt{\alpha^2 T_1^2 + T_1^2}$

$$\Rightarrow T_1 = \frac{\mu S_1}{\sqrt{1 + \alpha^2}} = \frac{0,15 \times 501,577}{\sqrt{1 + (0,157)^2}} = 74,326 \text{ N}$$

$$T_1' = \alpha T_1 = 11,669 \text{ N}$$

La pièce est représentée sur la figure VI.20 .

Les forces provoquent 3 moments (M_x, M_y, M_z) au niveau de l'encastrement :

$$M_z = F_{iN}^N \cdot 40,2 + P_1 \times 21,1 + S_1 \times 61,5 + T_1 \times 40$$

$$= 3386,453 \text{ daN.mm.}$$

$$M_y = F_{iN}^T \times 21,1 + T_1' \times 40$$

$$= 47,351 \text{ daN.mm}$$

$$M_x = F_{iN}^T \times 40,2 + T_1' \times 61,5$$

$$= 73,051 \text{ daN.mm}$$

Le moment idéal : $M_i = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2} = 3387,572 \text{ daN.mm}$

La contrainte vaut :

$$\sigma_f = \frac{M_i}{W_x} = \frac{M_i}{h \frac{b^2}{6}} = \frac{3387,572}{40 \times \frac{10^2}{6}}$$

[daN/mm²]. $\sigma_f = 5,081 < R_p = 7,8 \text{ daN/mm}^2$ (Voir calcul statique)

PRESSION : 6 bars .

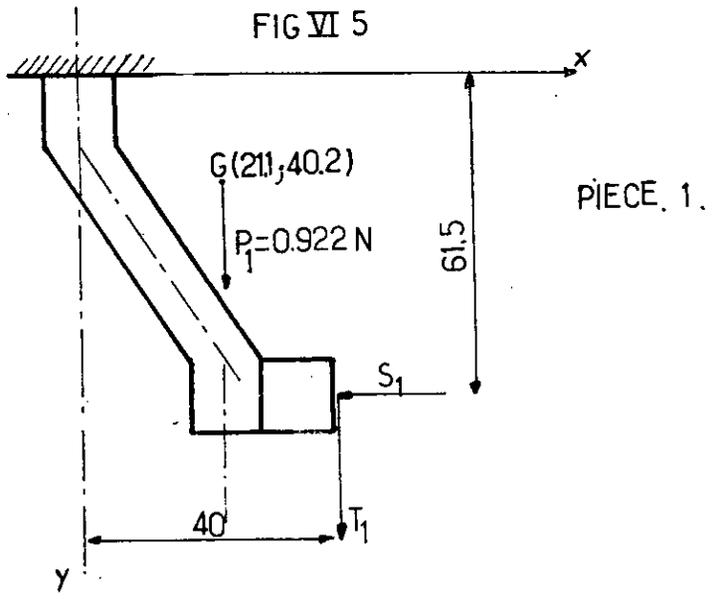
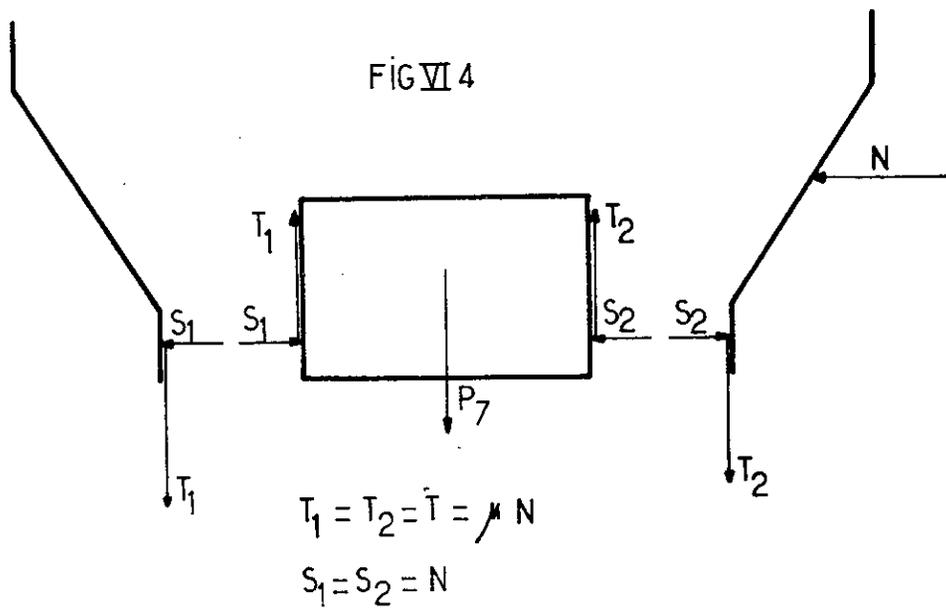
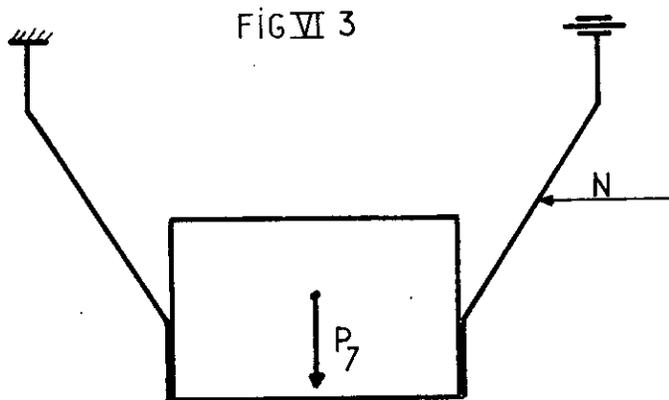
	diamètre intérieure: D(cm)	diamètre de la tige: d (cm)	force de poussage.th. (N)	force de poussage.reel. (N)	force de tirage.th. (N)	force de tirage .reelle. (N)
VERIN DE SERRAGE	4	0.8	739.657	493.105	710.070	473.380
VERIN DE TRANSLATION HORIZONTALE	3	0.8	416.057	277.371	386.471	257.647
VERIN DE TRANSLATION VERTICALE	3.6	1.2	599.122	399.412	532.553	355.035

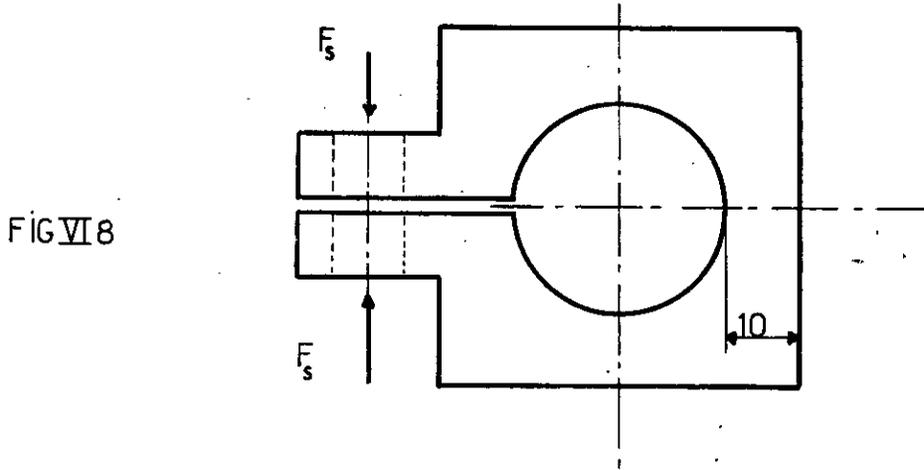
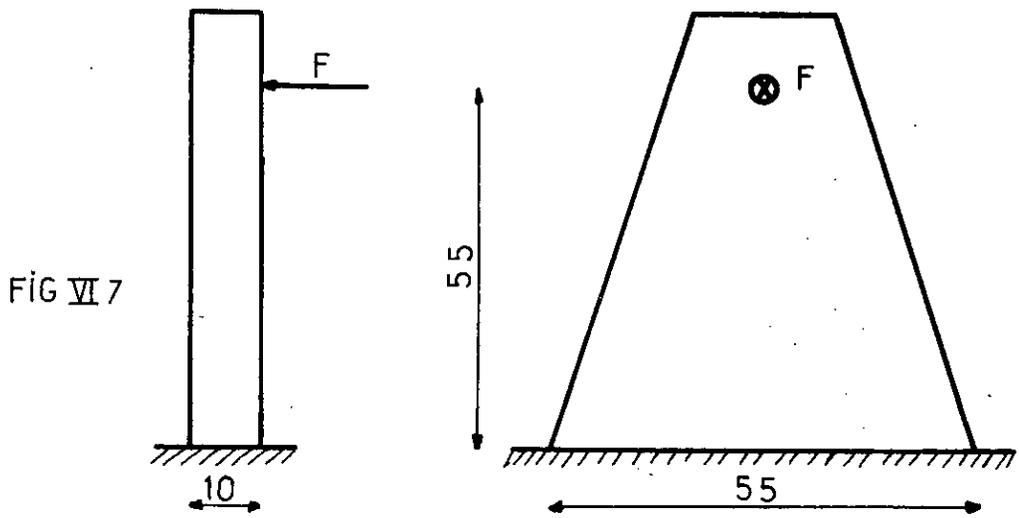
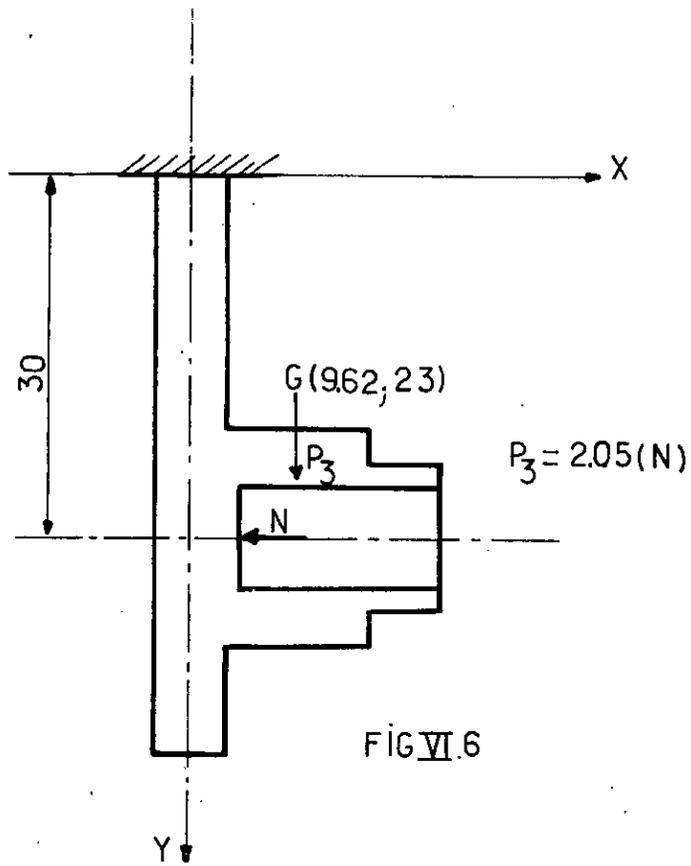
FIG VI 1

PRESSION: 6bars .

	largeur : l (cm)	longueur : L (cm)	diamètre de l'arbre: d (cm)	couple théorique. (Nm)	couple réel. (Nm)
ROTATION DU DOIGT	0.9	1.7	1	0.856	0.428
ROTATION DU BRAS	4	4.8	3.8	44.074	22.037

FIG VI 2





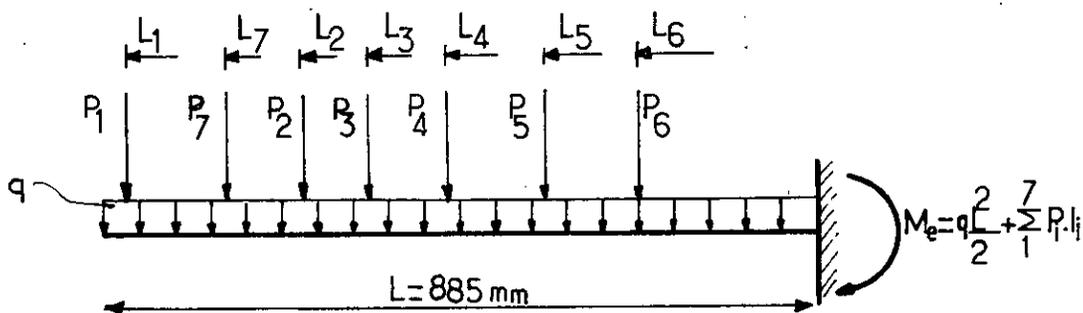


FIG VI 9

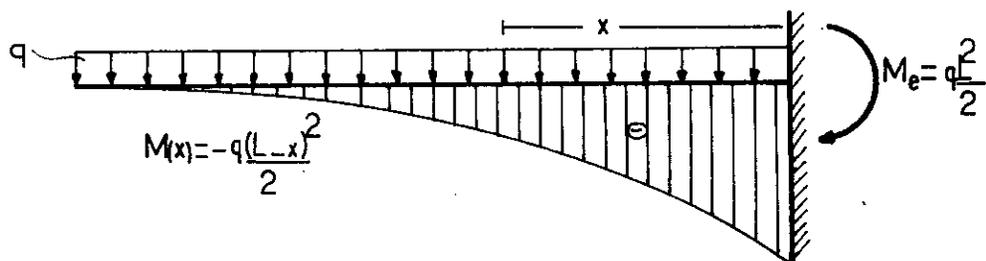


FIG VI 10

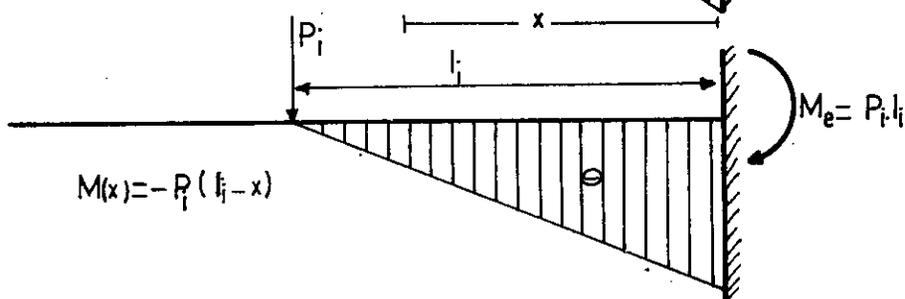


FIG VI 11

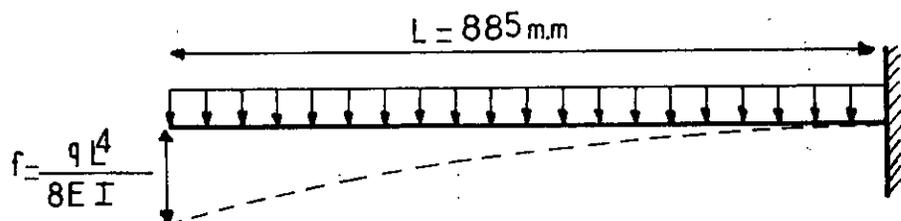


FIG VI 12

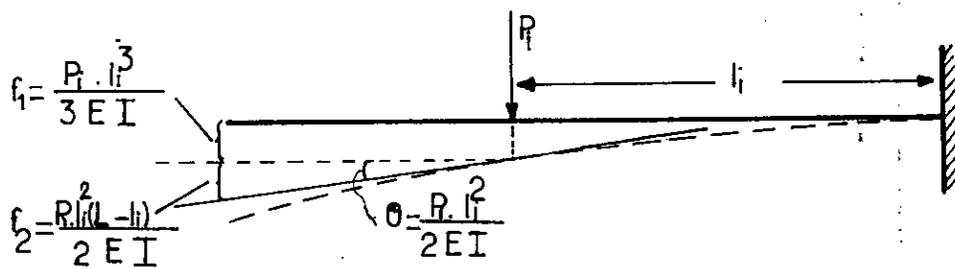


FIG VI 13

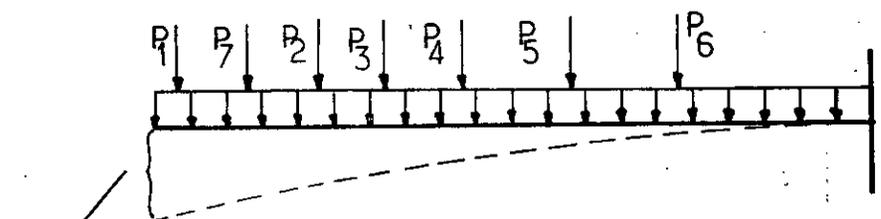


FIG VI 14

i	m_i (kg)	P_i (N)	l_i (mm)	l'_i (mm)		
1	0.189	1.854	866.8	966.8		
2	0.145	1.422	705	805		
3	0.209	2.050	670	770		
4	0.209	2.050	550	650		
5	0.174	1.707	525	525		
6	0.793	7.780	307.5	407.5		
7	0 - 14	0 - 137.34	780	880		
8						

FIG. VI.15

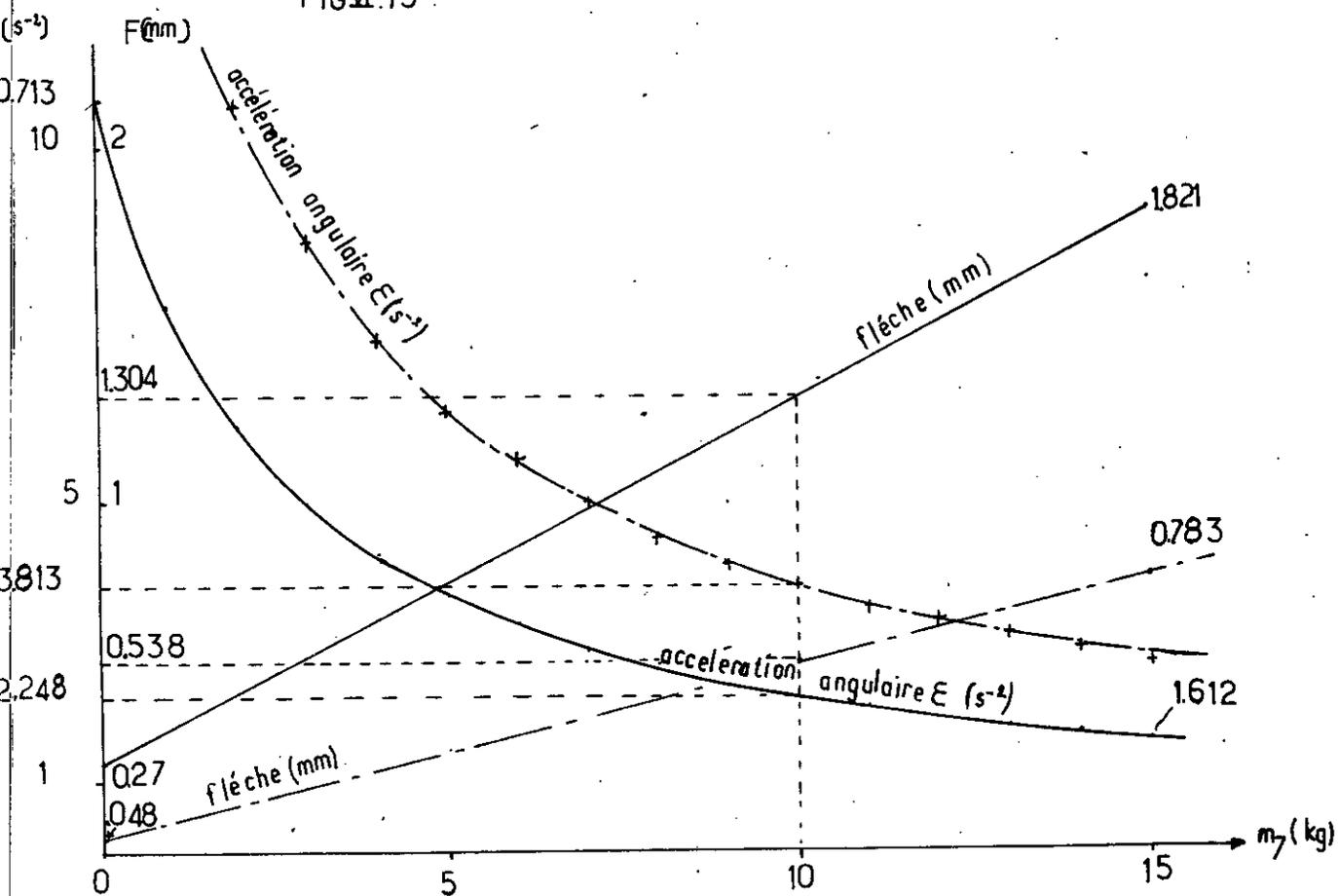
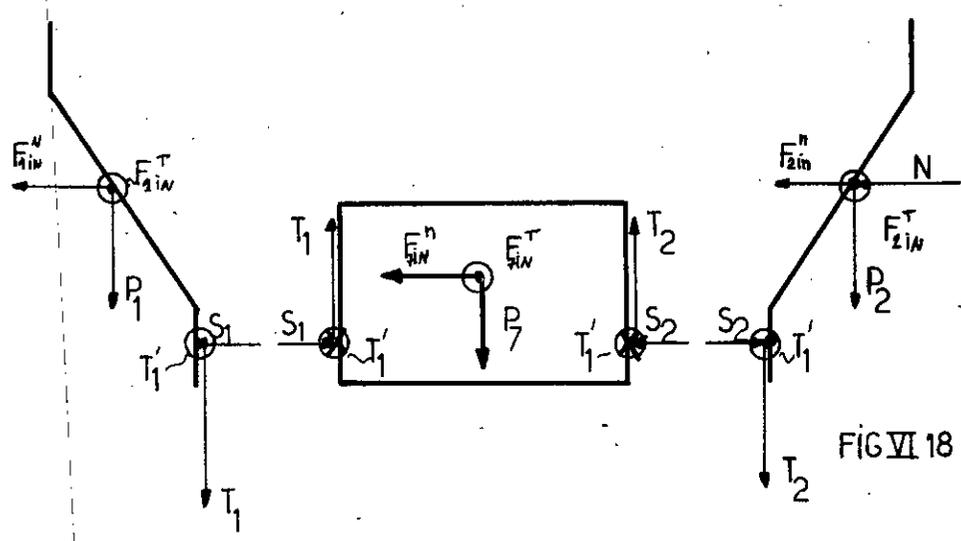
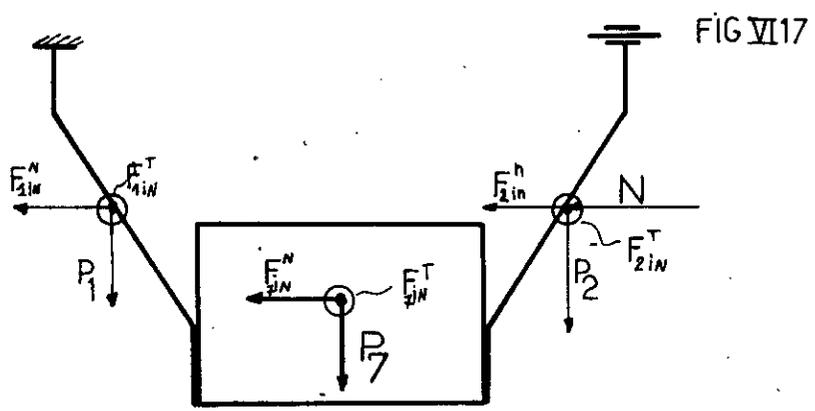


FIG. VI.16

- ——— position longue sortie.
- - - - position courte



équations d'équilibres

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad S_1 &= S_2 + F_{2iN}^N & \textcircled{2} \quad S_2 &= N + F_{2iN}^N \\ \textcircled{3} \quad \mu S_1 &= (T_1^2 + T_1'^2)^{\frac{1}{2}} & \textcircled{4} \quad \mu S_2 &= (T_2^2 + T_2'^2)^{\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

la pièce tient si \rightarrow

$$\textcircled{5} \quad P_7 < T_1 + T_2 \quad \textcircled{6} \quad F_{2iN}^T < T_1' + T_2'$$

$$\textcircled{7} \quad \mu S_1 = (T_1^2 + T_1'^2)^{\frac{1}{2}} < T_1 + T_1' \quad \textcircled{8} + \textcircled{6} \Leftrightarrow P_7 + F_{2iN}^T < T_1 + T_2 + T_1' + T_2' \quad \textcircled{9}$$

$$\textcircled{8} \quad \mu S_2 = (T_2^2 + T_2'^2)^{\frac{1}{2}} < T_2 + T_2'$$

$$\textcircled{7} + \textcircled{8} + \textcircled{9} \Leftrightarrow P_7 + F_{2iN}^T < \mu (S_1 + S_2) = \mu (2N + 2F_{2iN}^N + F_{2iN}^T) \quad \textcircled{10}$$

$$\textcircled{10} \Rightarrow \omega^2 < \frac{2\mu N - P_7}{\frac{M_2 L_2}{2\theta_0} - \mu(2M_2 L_2 + M_1 L_1)} \quad \textcircled{11}$$

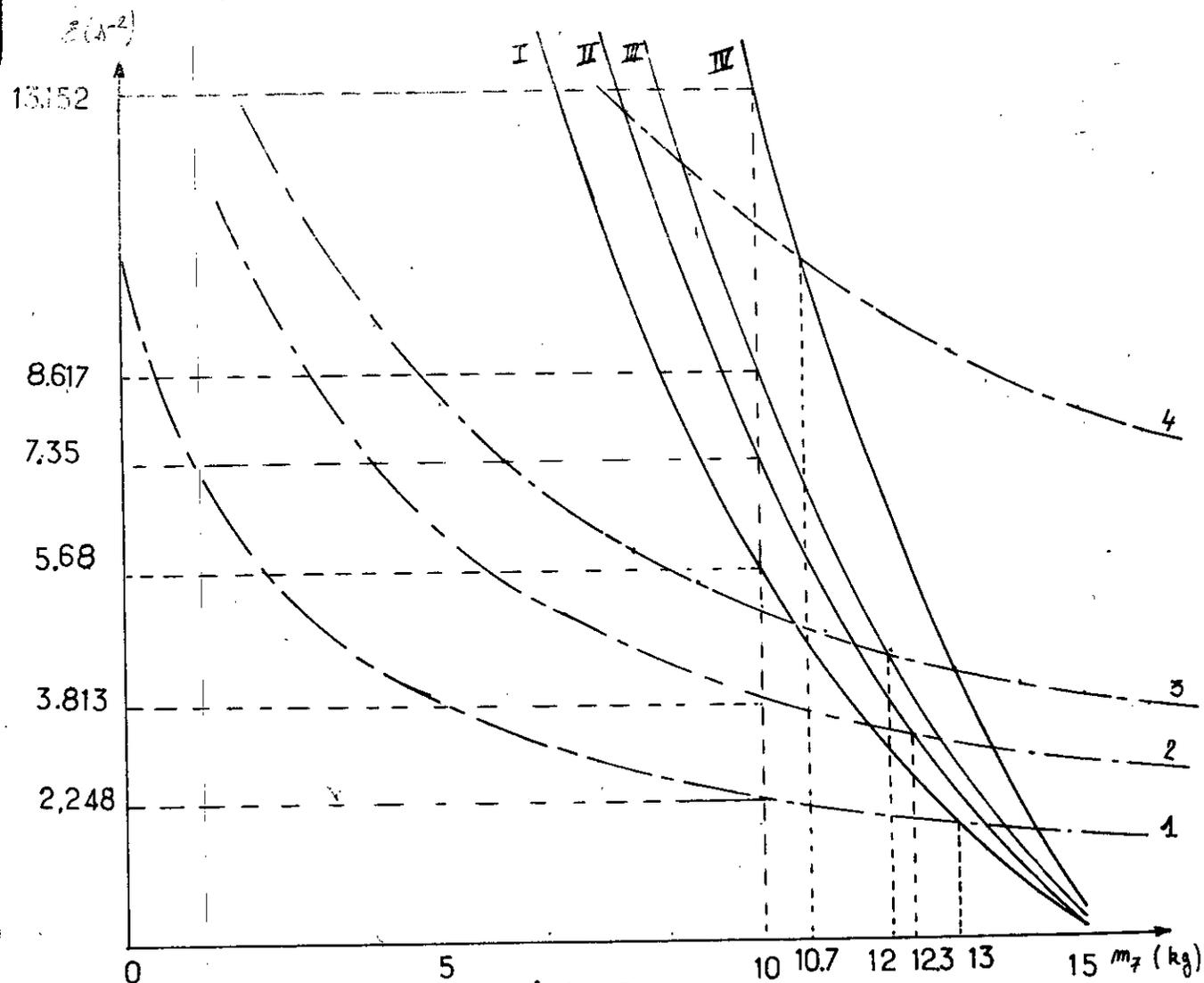
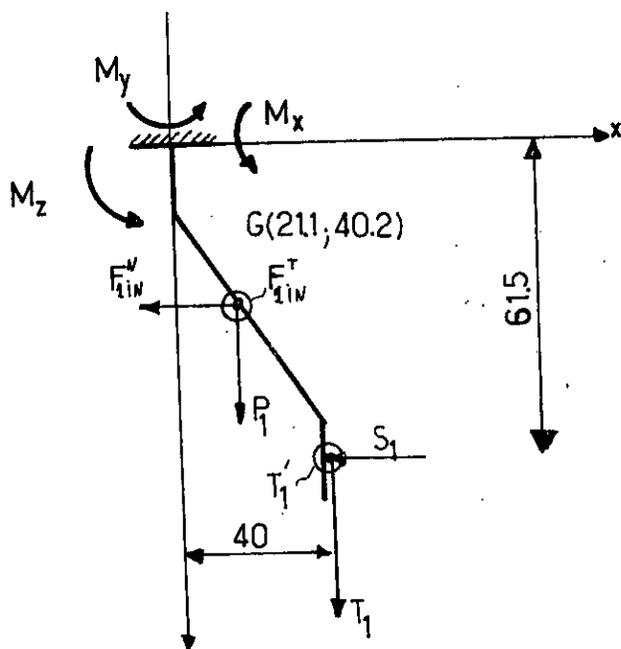


FIG VI 19

accélération maximale que peut supporter la pièce

1	cf I	:	POSITION LONGUE BRAS SORTI	:	13 kg
2	cf II	:	" " " COURTE " " "	:	12.3 kg
3	cf III	:	" " " LONGUE " RENTRÉ	:	12 kg
4	cf IV	:	" " " COURTE " " "	:	10.7 kg

FIG VI 20



VII- Présentation du Bras

Le bras étudié est à 3 degrés de liberté, 1 rotation et 2 translations il est constitué d'un bras horizontal qui peut se translater horizontalement sur une distance de 300 mm. Le bras supporte : (Fig VII.1) .

- 1 doigt mobile en rotation ;
- 1 doigt de serrage d'une course de 50 mm et qui permet le serrage .
- 1 vérin de serrage développant un effort de poussage de 739,657 N et un effort de tirage de 710,070 N.
- 2 butées de translations horizontales qui permettent le réglage de la course dans le sens aller et dans le sens retour .
- 1 fourchette qui lie le bras au vérin de translation horizontale lequel développe un effort de poussage de 416,057 N et un effort de tirage de 386,471 N.
- Le bras est guidé par 2 bagues en bronze .

Il est constitué de 2 cylindres verticaux qui coulissent l'un dans l'autre et sont guidés par 2 bagues en bronze montées à l'intérieur et qui sont en contact sur la face intérieure du cylindre extérieur et sur la face extérieure du cylindre intérieur .

. A l'intérieur des 2 cylindres est monté un vérin qui provoque un déplacement verticale du cylindre extérieur sur une distance de 200 mm et développe un effort de poussage de 599,122 N et un effort de tirage de 532,553 N. La course peut être réglée en montée et en descente par l'intermédiaire de 2 butées .

. A la base du bras est monté un vérin rotatif qui développe un couple de 44,074 N m et qui entraîne le bras dans une rotation de 90° dans les 2 sens .

1- La Pince :

.Le serrage se fait par l'intermédiaire du doigt de serrage actionné par un vérin .

.Le doigt a un déplacement de 50 mm mais l'ensemble vérin + doigt peut être placé dans 2 autres positions, distantes de la première de 40 et 80 mm .Le tout permet de tenir des pièces

dont au moins une côte est comprise entre 0 et 130 mm et dont le poids n'excède pas 13 Kg (Fig. VII.2)

Le serrage peut également se faire en ouverture (Fig VII.3) à condition de placer les doigts appropriés, et ceci pour tenir des pièces creuses sur leurs faces intérieures .

L'autre doigt est bloqué en translation mais peut tourner de 90° autour de l'axe du bras , et ceci pour permettre de se dégager horizontalement lorsque l'on ne peut le faire verticalement .

2- Position de Travail

Sur la figure VII.1 on voit que la fourchette de translation horizontale peut être placée dans 2 positions distantes de 200 mm .

* Dans la position 1 , alors la distance entre l'extrémité du bras et l'axe de rotation appartient à l'intervalle [69,5; 99,5] cm . Alors le bras peut travailler dans un volume :

$$V_1 = \frac{\pi}{4} (99,5^2 - 69,5^2) \times 20 \times \frac{1}{4} \implies V_1 = 20 \text{ dm}^3$$

* Dans la position 2 , alors la distance entre l'extrémité du bras et l'axe de rotation appartient à l'intervalle [49,5 ; 79,5] cm . Alors le bras peut travailler dans un volume :

$$V_2 = \frac{\pi}{4} (79,5^2 - 49,5^2) \times 20 \times \frac{1}{4} \implies V_2 = 15 \text{ dm}^3$$

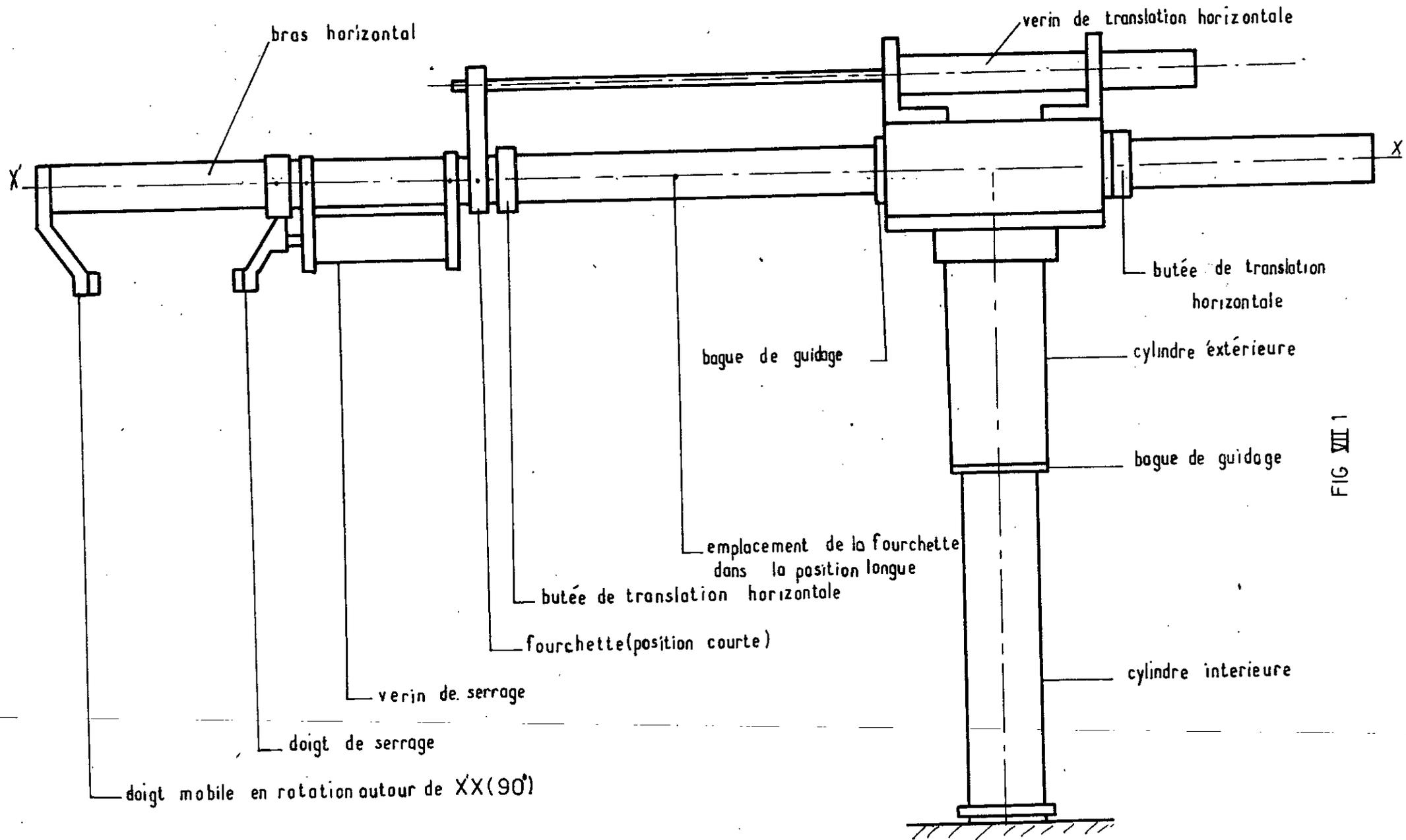


FIG VII 1

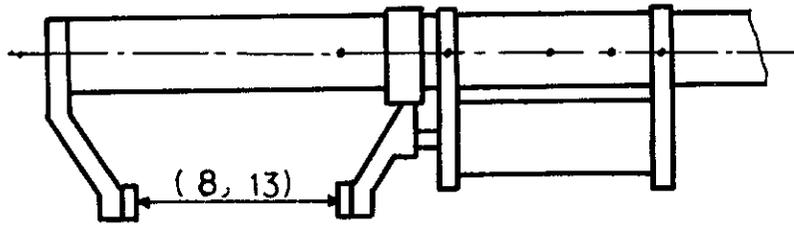
VIII- C O N C L U S I O N

Je pense que le lecteur mécanicien trouvera que ce travail a un gout d'inachevé. Après avoir exposé longuement les travaux d'approche et de conception, je présente très brièvement quelques calculs de résistance des matériaux pour montrer que certaines pièces ont été correctement dimensionnées.

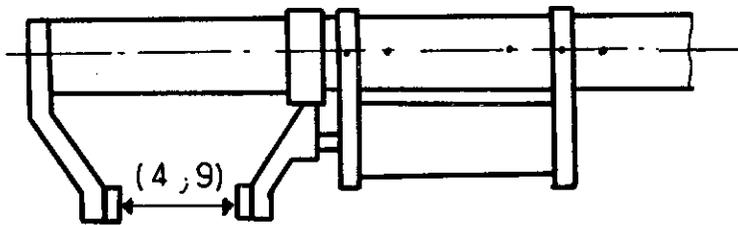
Cela est dû au fait qu'il est très difficile, lorsque l'on est limité par le temps de concevoir une machine entière, surtout s'il s'agit d'un domaine encore mal connu et où la documentation est quasiment inexistante.

Par contre, je pense que les personnes qui ont proposé le sujet et qui désirent réaliser le bras trouveront toutes les planches nécessaires.

L'étude de ce bras ne peut être complète que si il est fabriqué, car alors on pourra déterminer ses caractéristiques exactes et il serait intéressant de définir une approche ou un procédé de calcul pour toutes autres conceptions du bras articulé.

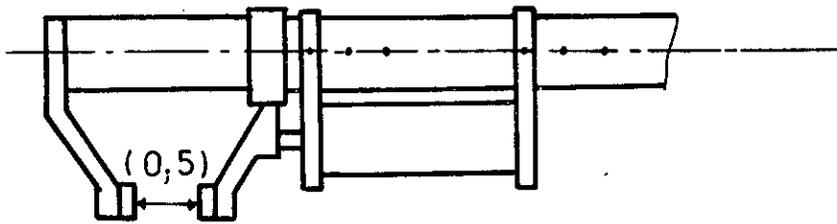


position 1



position 2

FIG VII 2



position 3

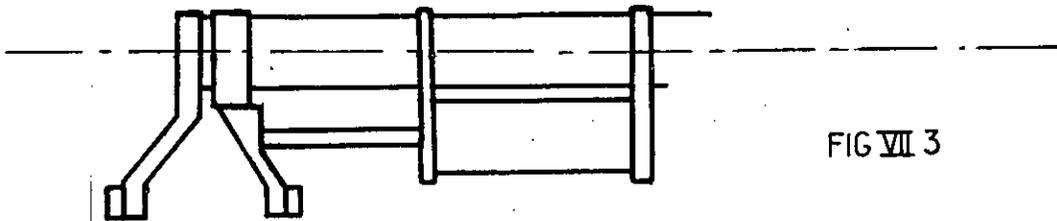
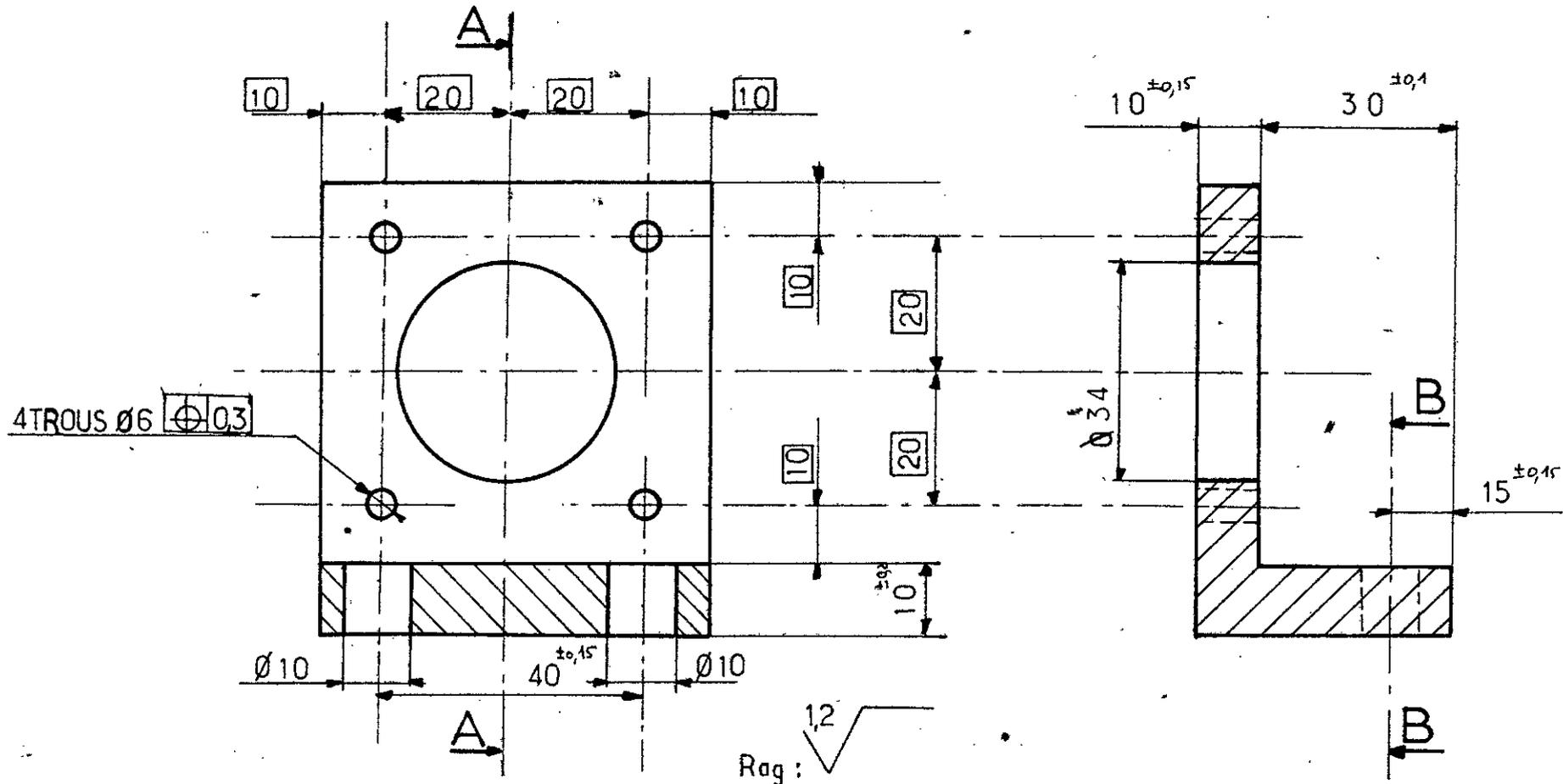


FIG VII 3

pince travaillant en ouverture.

COUPE B.B

COUPE A.A



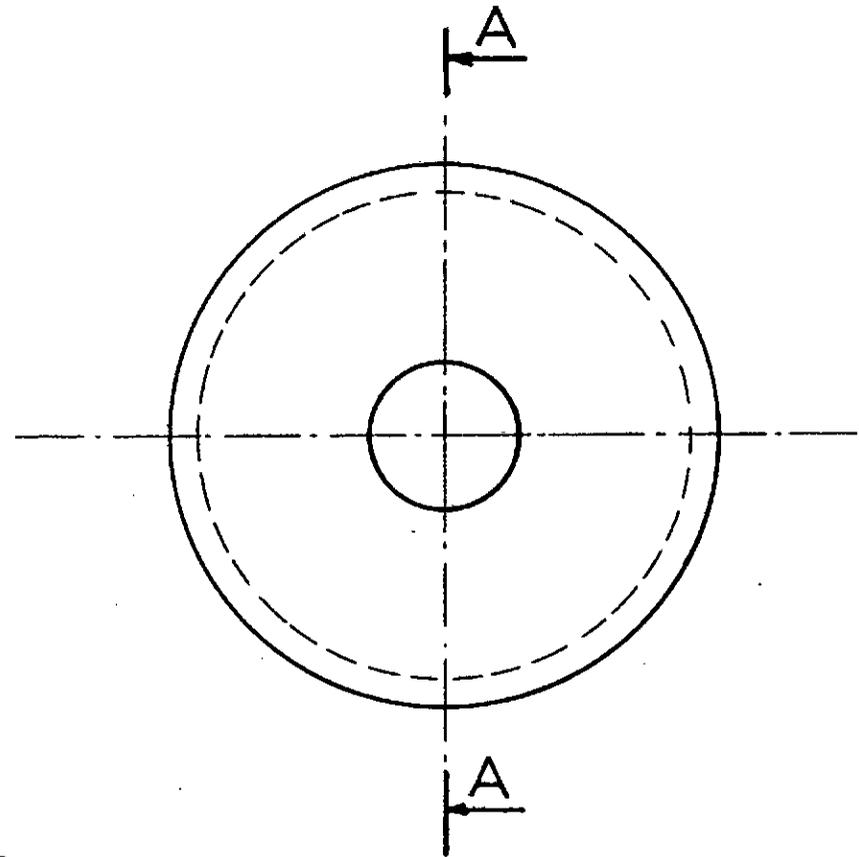
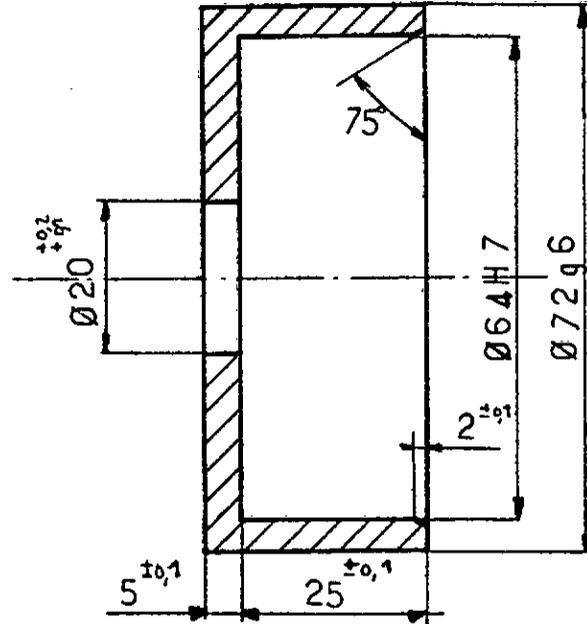
Rag : $\sqrt{1,2}$

المكتبة الوطنية للعلوم الهندسية
المكننة

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
BIBLIOTHÈQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE			
ECHELLE	MASSE		SUPPORT DU VERIN DE TRANSLATION HORIZONTALE
1	0.153 kg		
ETUDIANT	ARROUM		E.N.P.A DEP. MECANIQUE
PROMOTEUR	KSIAZEK		
propose			proposé par : laboratoire de robotique C.-D.-T.-A
par :	Cheltouh		

COUPE A A

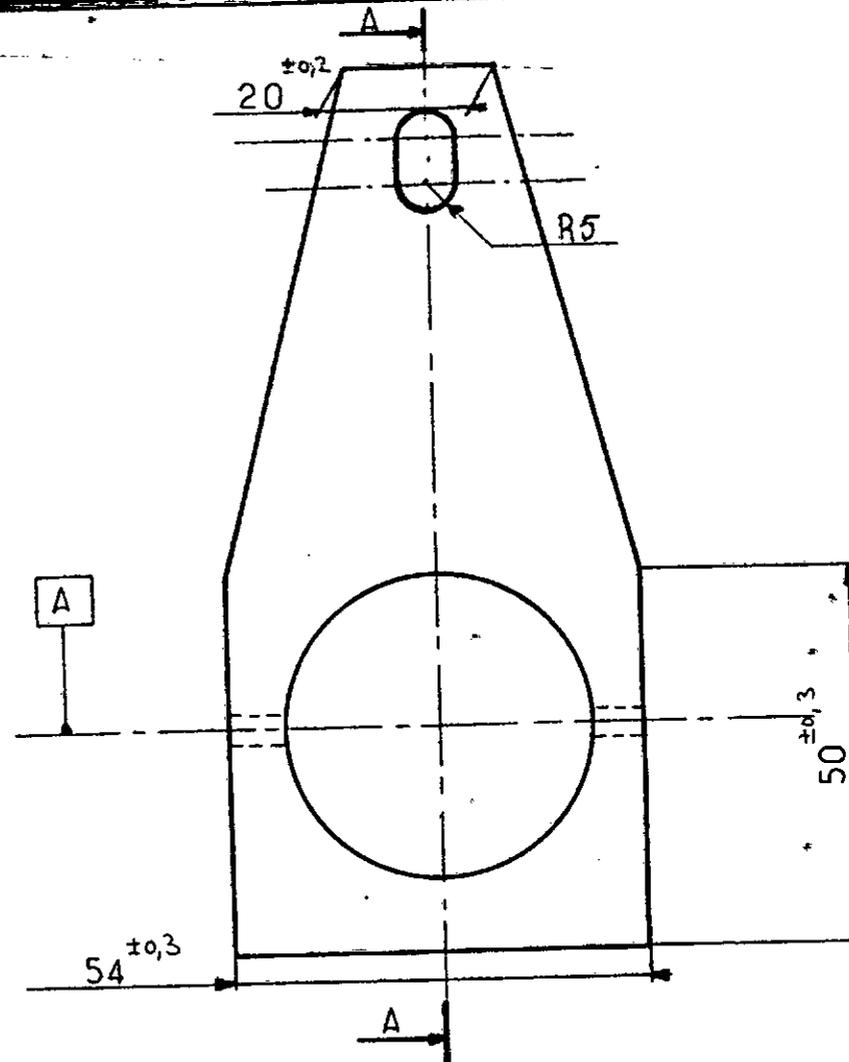
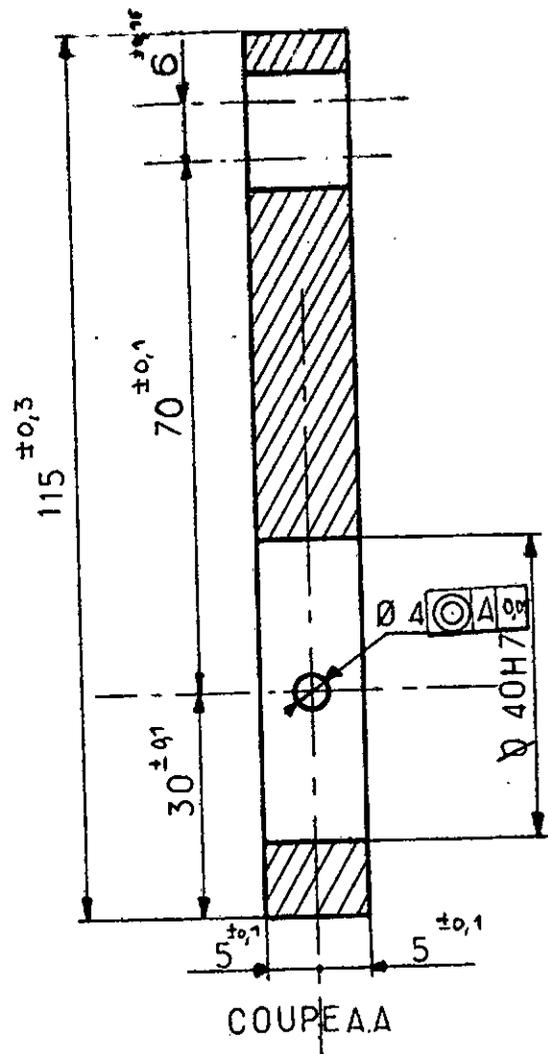


Rag : $\sqrt{1,2}$

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

ECHELLE	MASSE		BAGUE	E.N.P.A. DÉRMÉCANIQUE
1	0.353 kg			
ETUDIANT	ARROUM			
PROMOTEUR	KSI AZEK			
proposé			proposé par : laboratoire	B 3
par:	Chettouh		de robotique C.D.T.A	

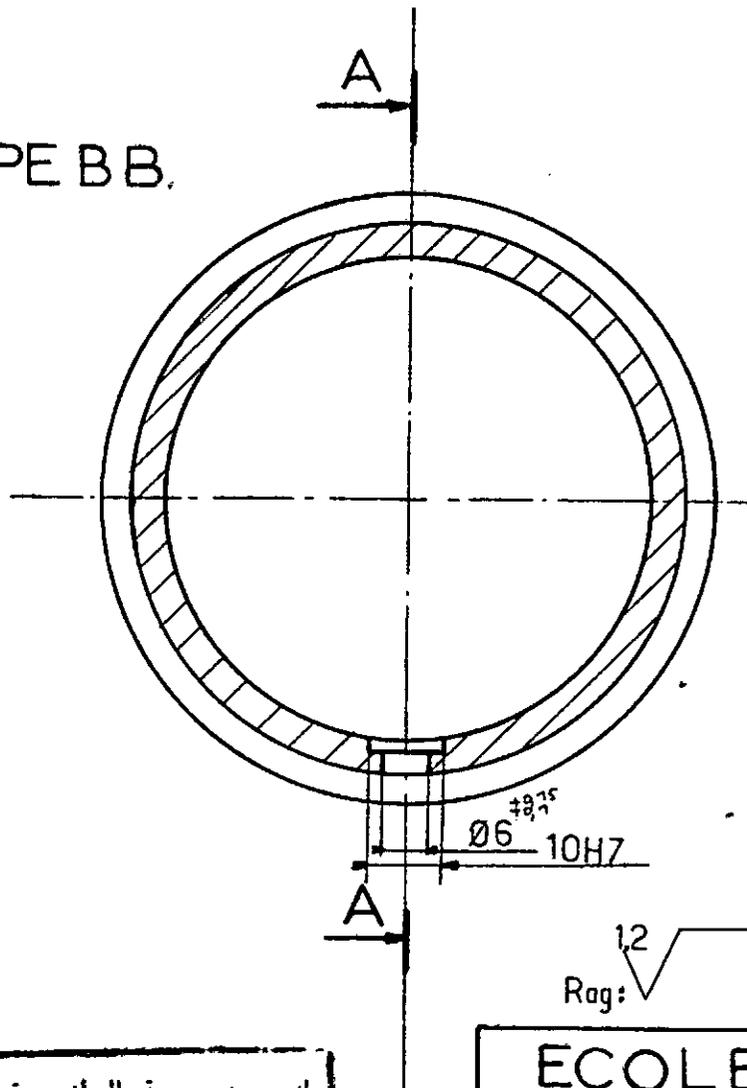
مكتبة العلوم الهندسة
المكننة
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
BIBLIOTHÈQUE



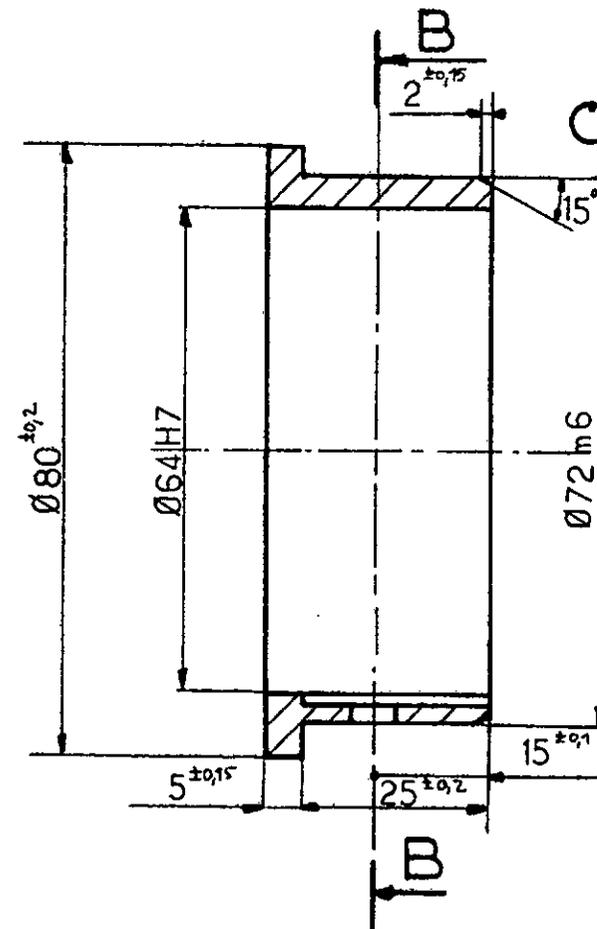
المدرسة الوطنية للعلوم التطبيقية
الكننة
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
BIBLIOTHEQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE			
ECHELLE	MASSE		FOURCHETTE DE TRANSMISSION
1	0.174 kg		
ETUDIANT	ARROUM		E. N. P. A
PROMOTEUR	KSIĄZEK		
proposé		proposé par : laboratoire de robotique C.D.T.A	DEP. MECANIQUE
par : Chettouh			
			C 4

COUPE BB.



COUPE AA



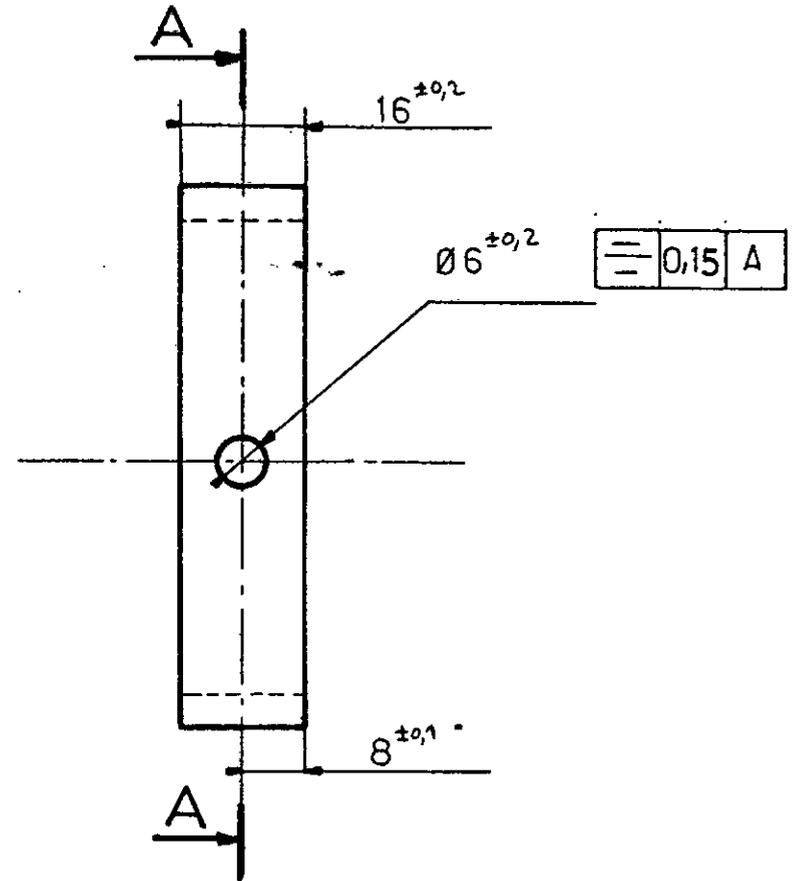
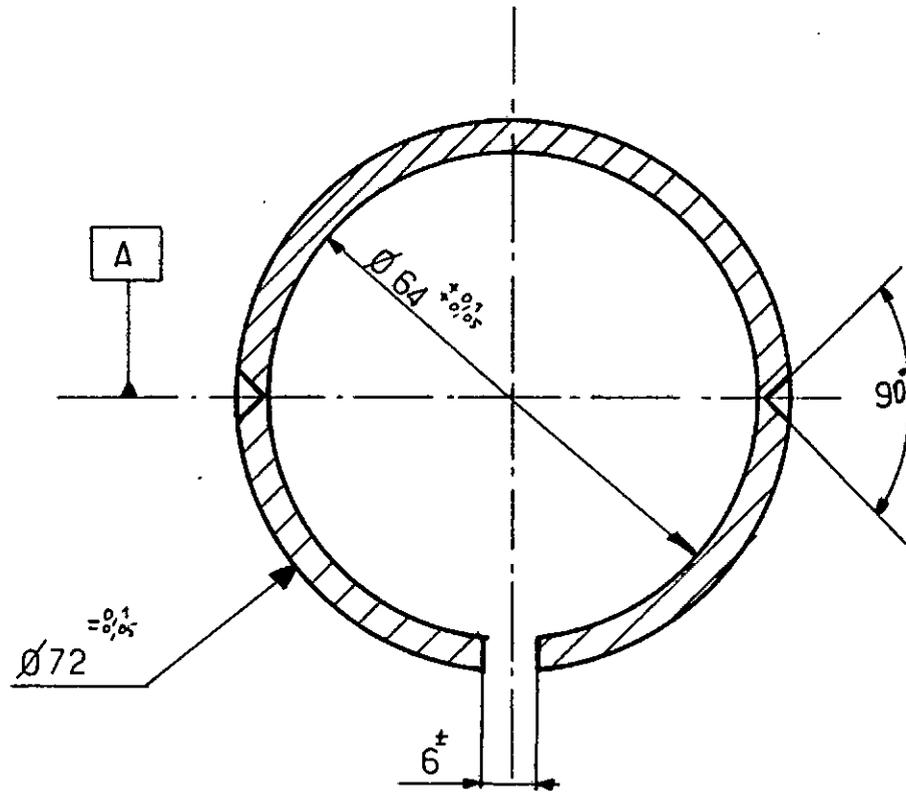
Rag: 12

المدرسة الوطنية للعلوم الهندسية
المكنية

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
BIBLIOTHÈQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE			
ECHELLE	MASSE		BAGUE
1	0.268 kg		
ETUDIANT	ARROUM		E.N.P.A DEP. MÉCANIQUE
PROMOTEUR	KSIĄZEK		
proposé			proposé par : laboratoire de robotique C D T A
par :	Chettouh		

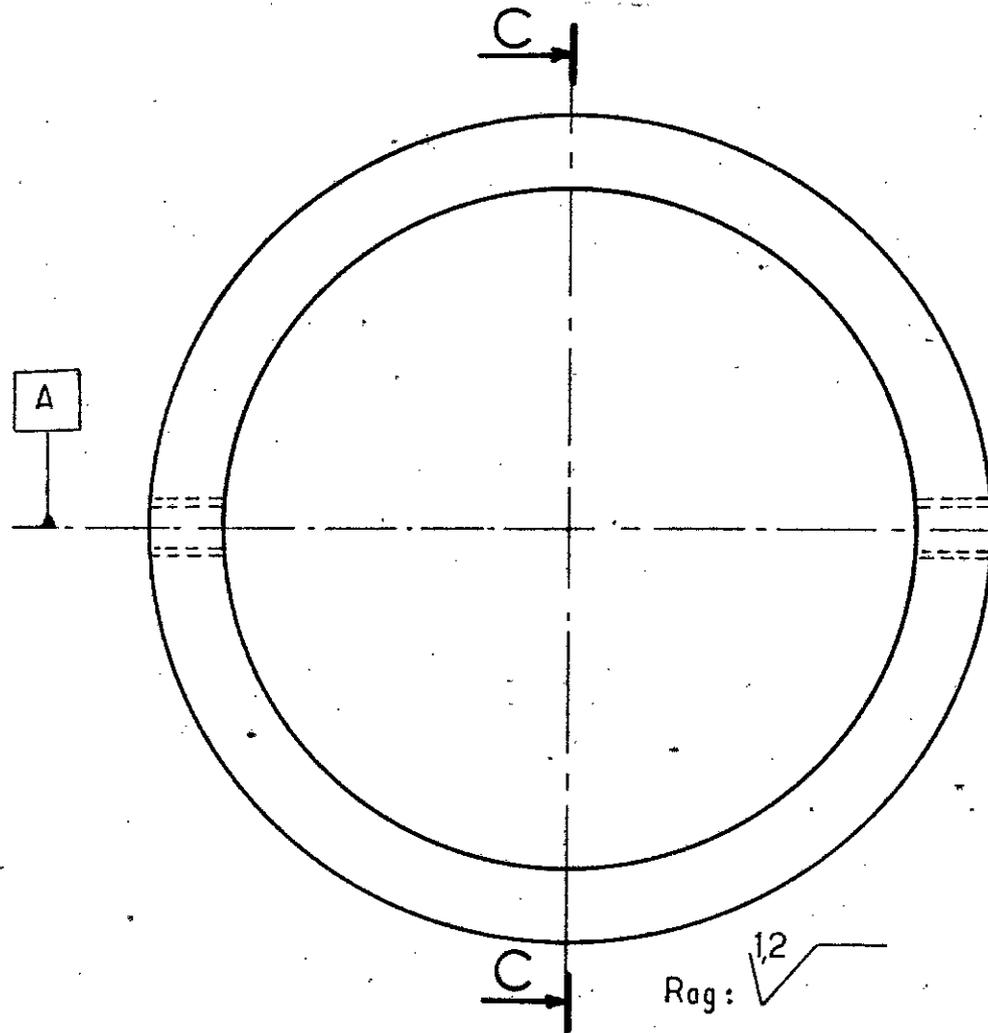
COUPE A.A



Rag: $\sqrt{1,2}$

امدرسة الوطنية للعلوم الهندسية
 المكتبة
 ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
 BIBLIOTHÈQUE

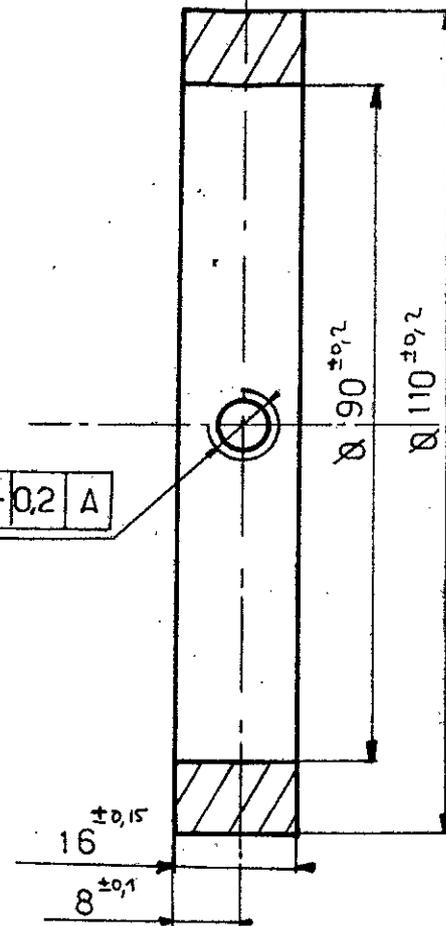
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE			
ECHELLE	MASSE		BUTÉE DE TRANSLATION VERTICALE
1	0.106 kg		
ETUDIANT	ARROUM		E.N.P.A
PROMOTEUR	KSIĄZEK		
proposé par:	Chetrouh		DEP. MÉCANIQUE
		proposé par: laboratoire de robotique C.D.T.A	B 2



COUPE C.C

2T M10

0,2 A

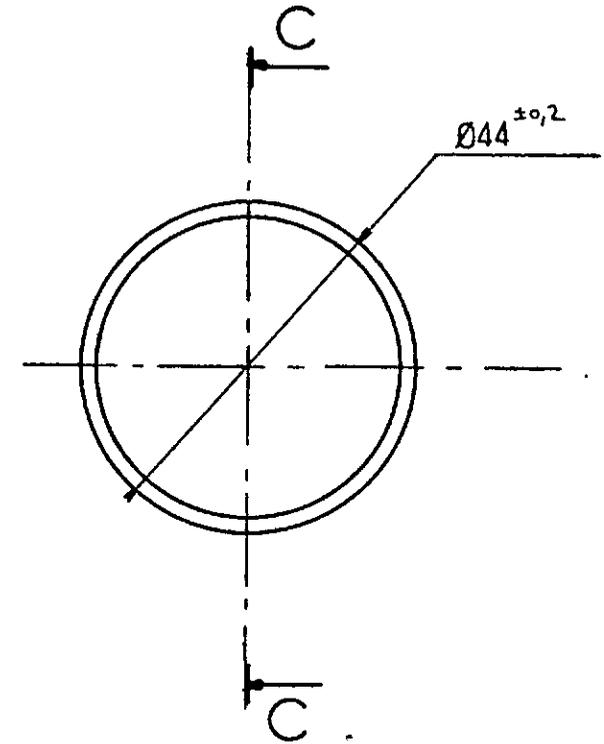
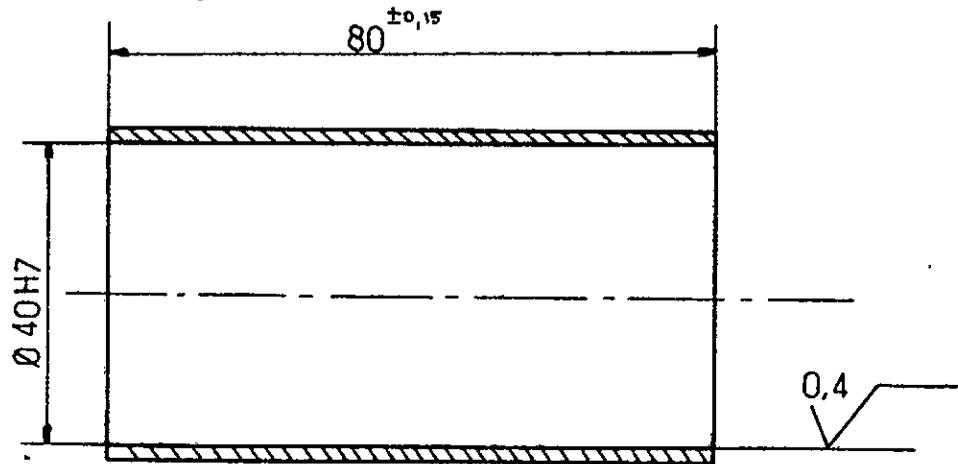


Rag: $\sqrt{12}$

المدرسة الوطنية للعلوم الهندسية
المكننة
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
BIBLIOTHÈQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE			
ECHELLE	MASSE		ANNEAU
1	0.390 kg		
ETUDIANT	ARROUM		E.N.P.A
PROMOTEUR	KSIAZEK		
proposé			DÉP. MECANIQUE
par:	Chellouh		
proposé par laboratoire de robotique CDTA			A 5

COUPE C.C

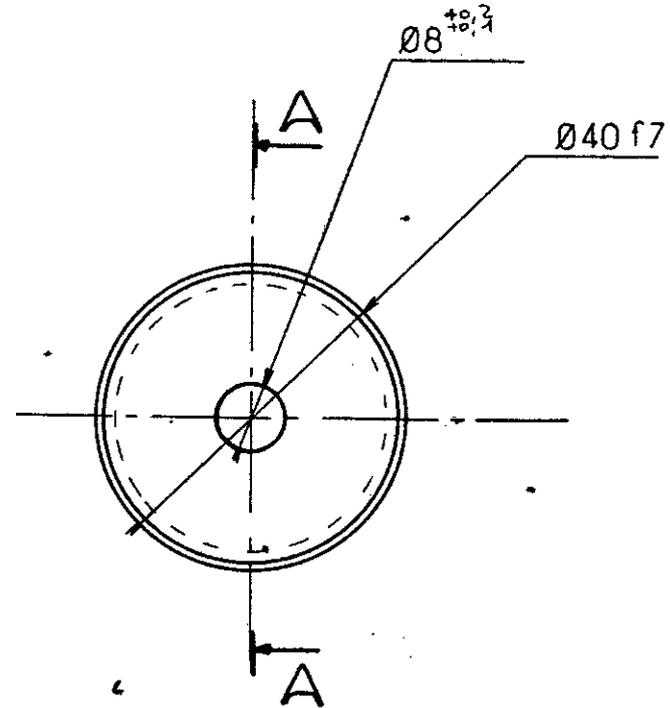
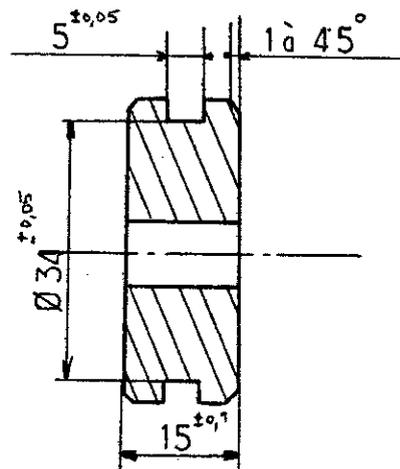


Rag: $\sqrt{1,2}$

المدرسة الوطنية للعلوم الهندسية
المكتبة
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
BIBLIOTHÈQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE				CYLINDRE	E. N. P. A DEP. MECANIQUE
ECHELLE	MASSE				
1	0,164 kg				
ETUDIANT	ARROUM				
PROMOTEUR	KSIAZEK				
proposé				proposé par : laboratoire	V 3-02
par :	Chettauh			de robotique C.D.T.A	

COUPE A.A

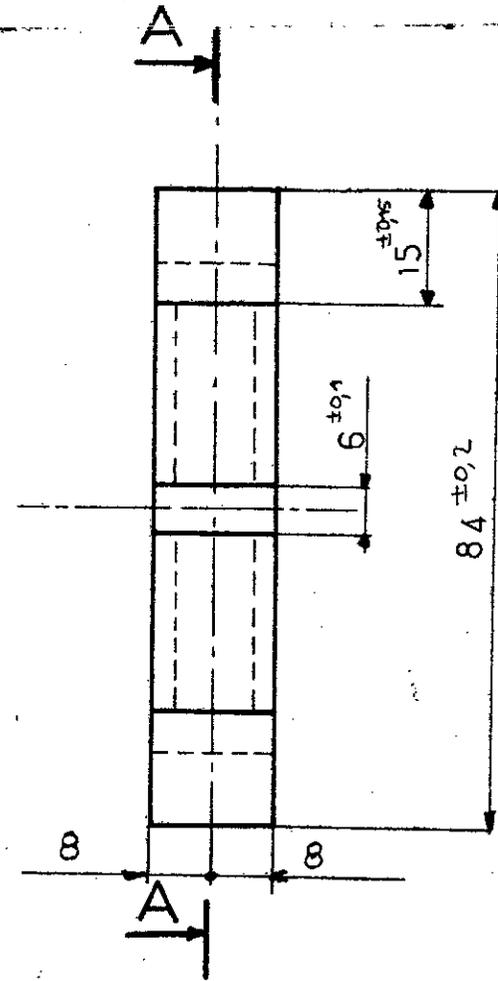
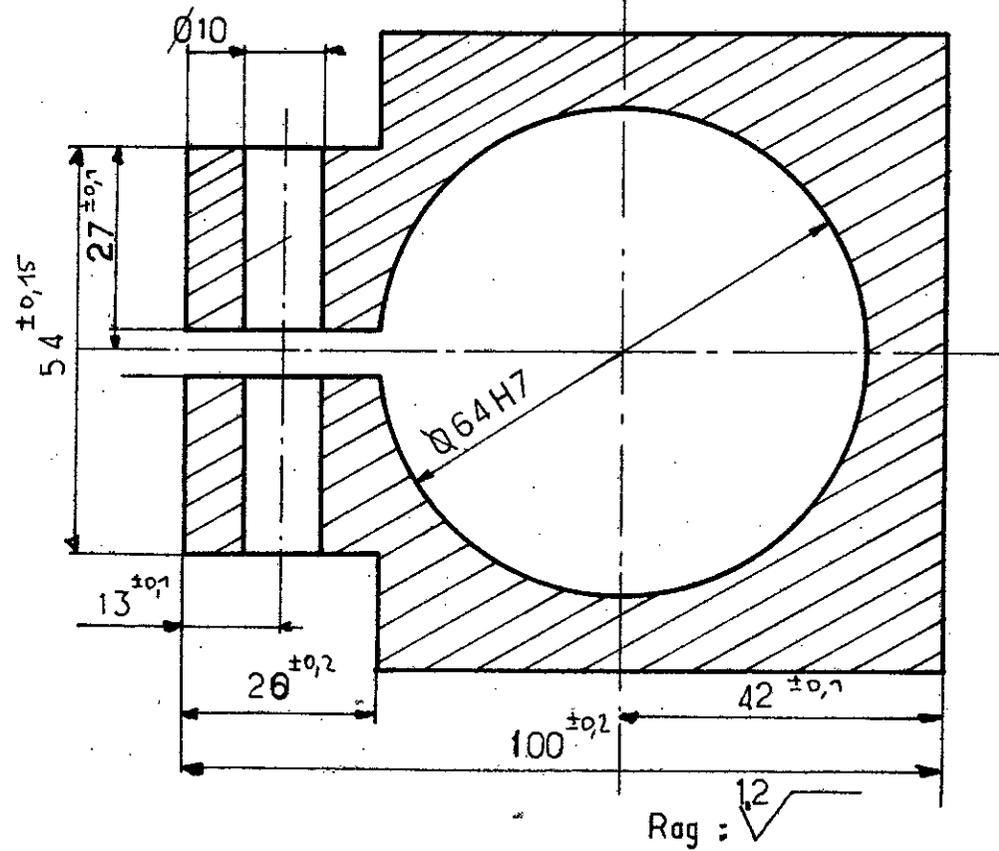


Rag : $\sqrt{12}$

المدرسة الوطنية للعلوم الهندسية
 المكتبة
 ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
 BIBLIOTHÈQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE			
ECHELLE	MASSE		PISTON
1			
ETUDIANT	ARROUM		E. N. P. A
PROMOTEUR	KSIAZEK		
			DEP. MECANIQUE
proposé			proposé par: laboratoire de robotique C.D.T.A
par:	Chettouh		
			V3-03

COUPE AA



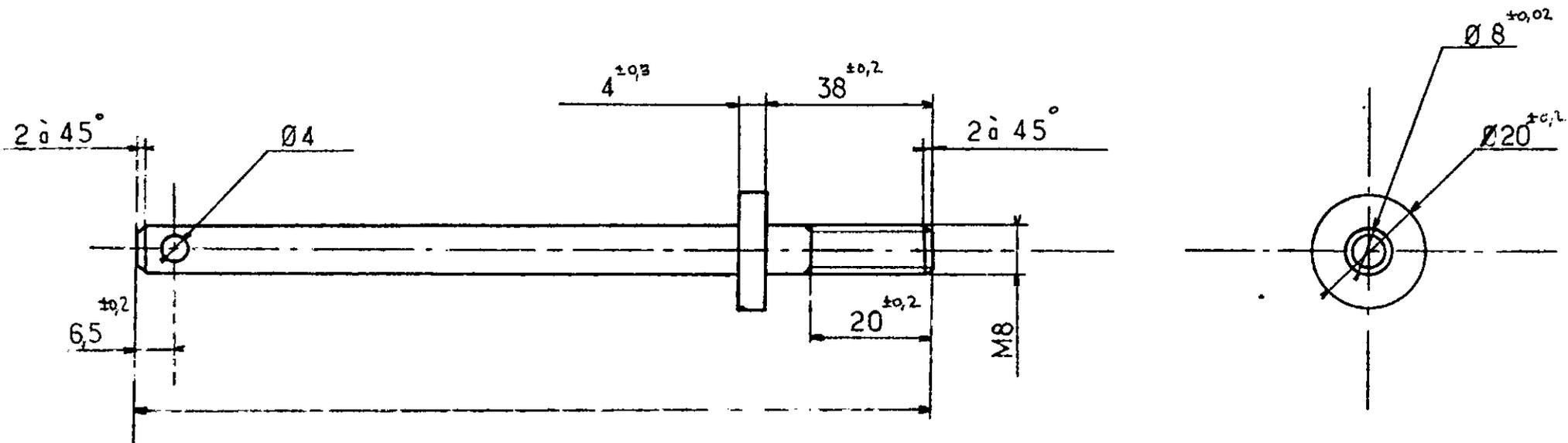
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المدرسة الوطنية للعلوم الهندسية
المكنية
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
BIBLIOTHÈQUE

ECHELLE	MASSE	
1	0.55 kg	
ETUDIANT	ARROUM	
PROMOTEUR	KSIAZEK	
proposé		
par	Chettoub	

BUTEE DE TRANSLATION
VERTICALE
proposé par : laboratoire
de robotique C.D.T_A

E.N.P.A
DEP.MÉCANIQUE.
D 6



Rag: $\sqrt{12}$

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

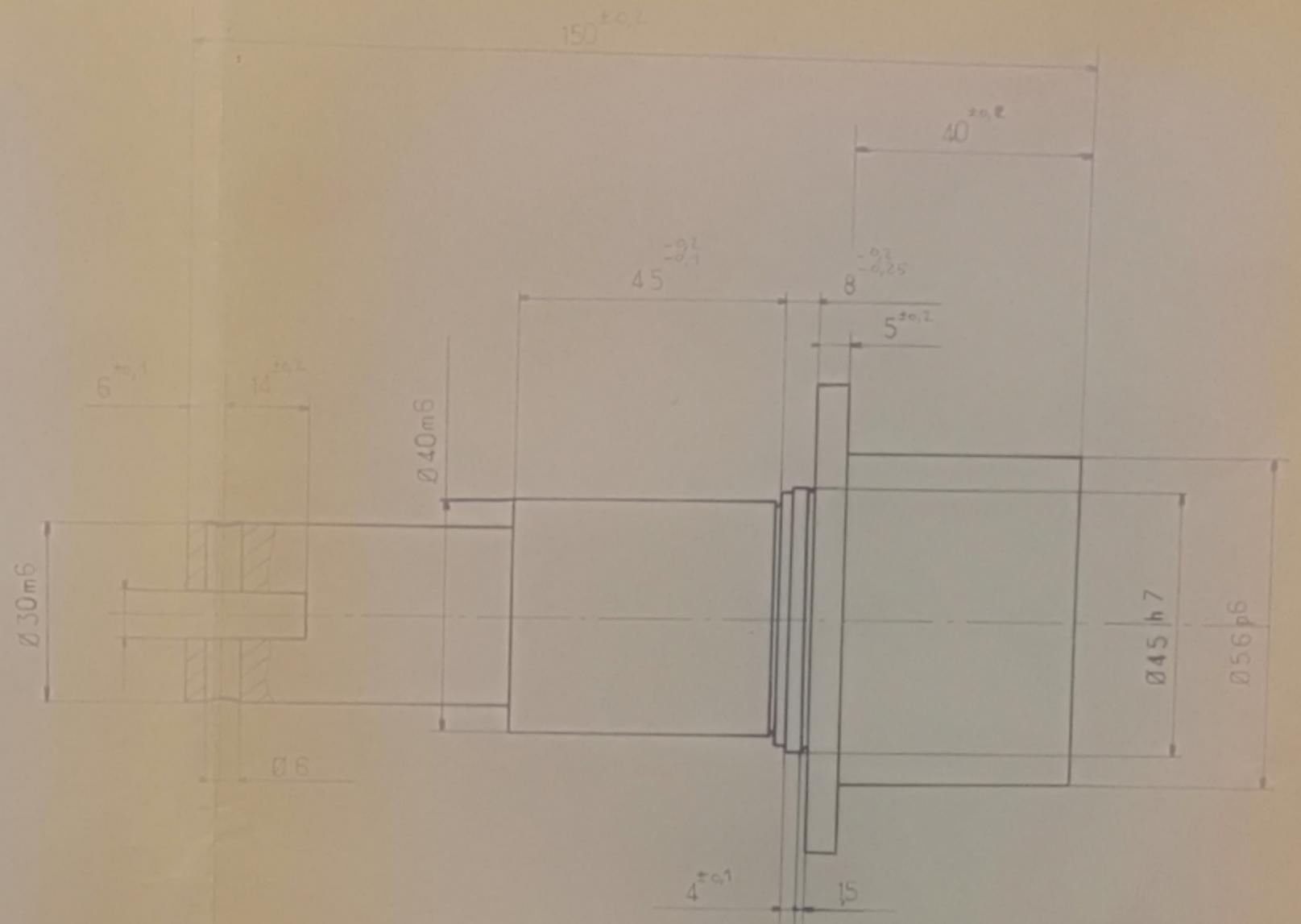
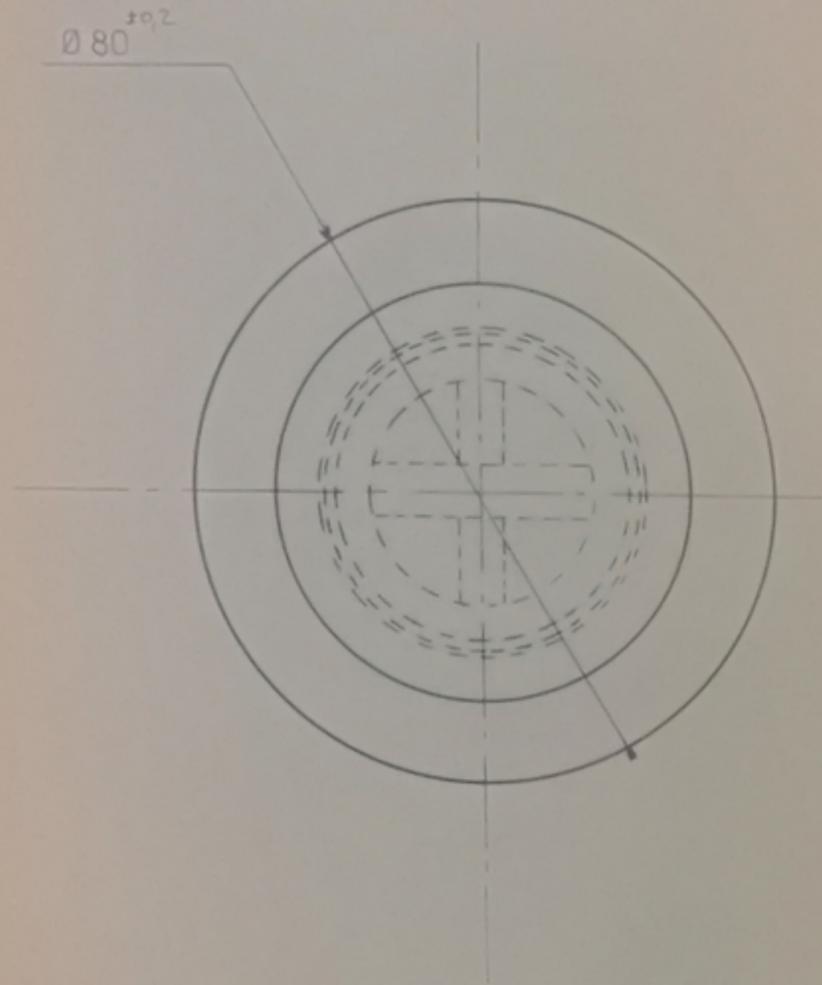
ECHELLE	MASSE	
1	0.053 kg	
ETUDYANT	ARROUM	
PROMOTEUR	KHAZEK	

TIGE DE
VERIN

E.N.P.A
DEP. MECHANIQUE

V 3_11

المدرسة الوطنية للعلوم الهندسية
المكننة
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
BIBLIOTHÈQUE



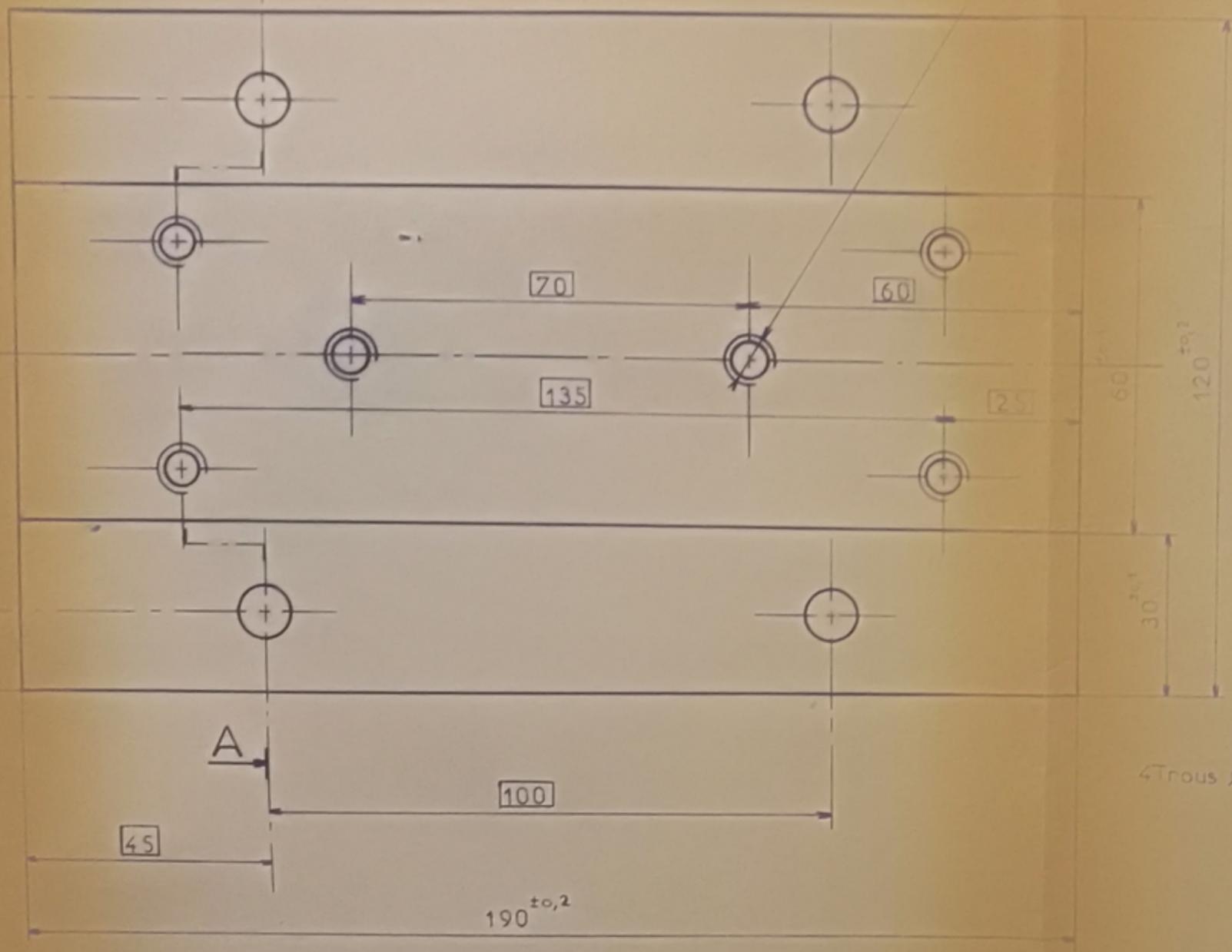
PM00584

مدرسة الوطنية للعلوم الهندسية
المكننة
.....
ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
BIBLIOTHÈQUE

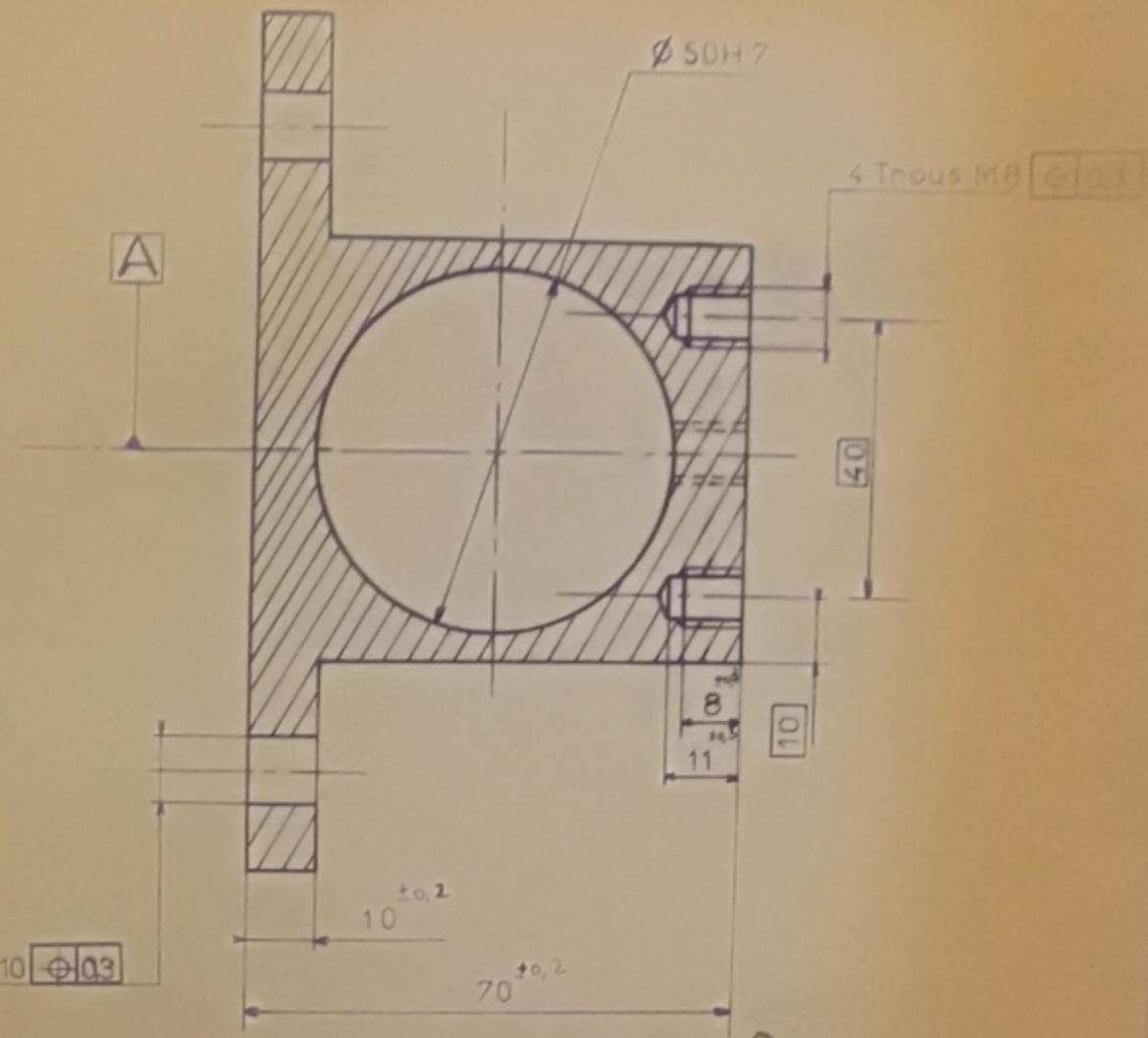
Rag: $\sqrt{12}$

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE			
ECHELLE	MASSE		E. N. P. A
1	1470 kg		
ETUDIANT	ARROUM	ARBRE	DEP. MECANIQUE
PROMOTEUR	KSAZEK		
proposé		proposé par laboratoire	A 3
par	Chettouh	de robotique C. D. T. A	

A



COUPE AA

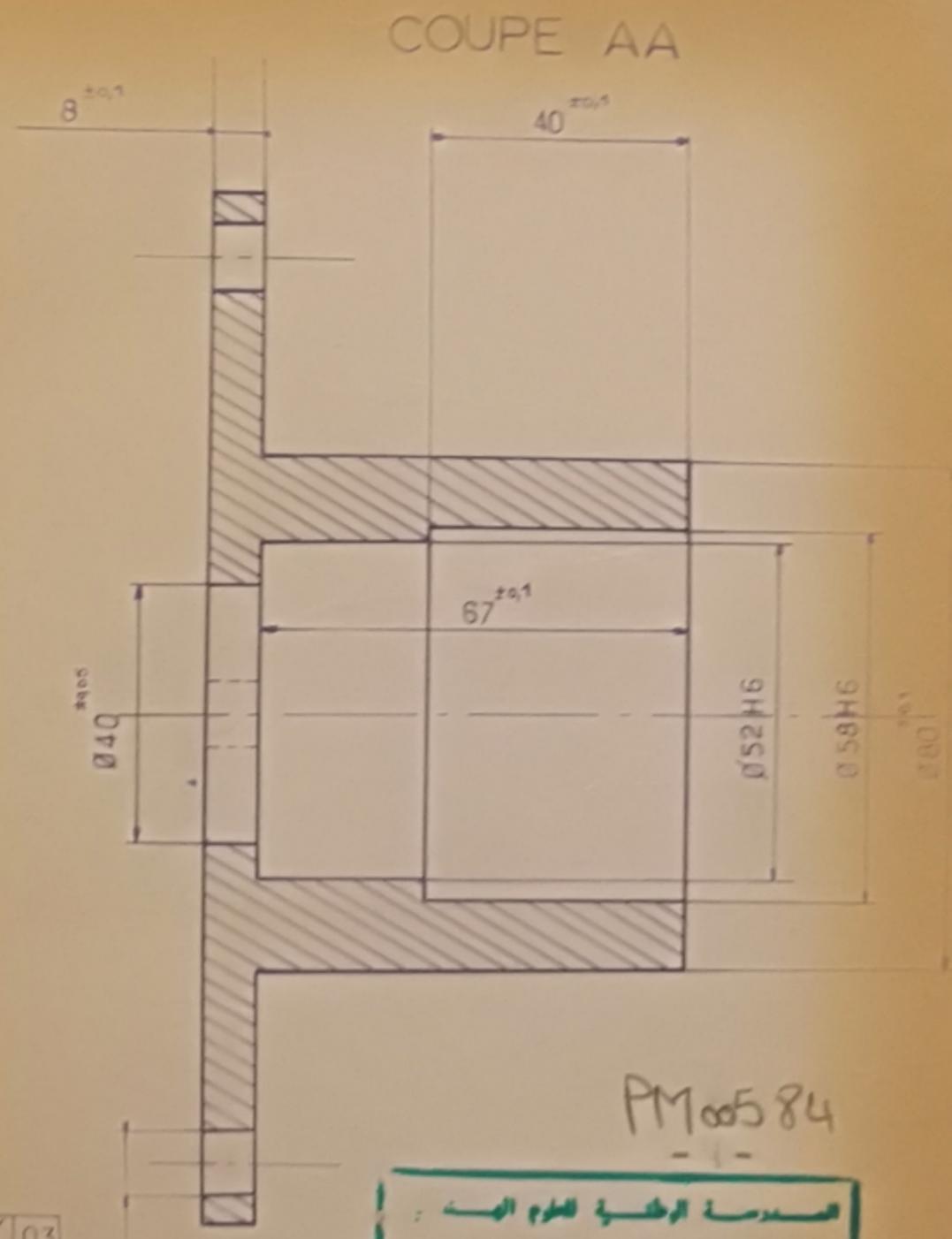
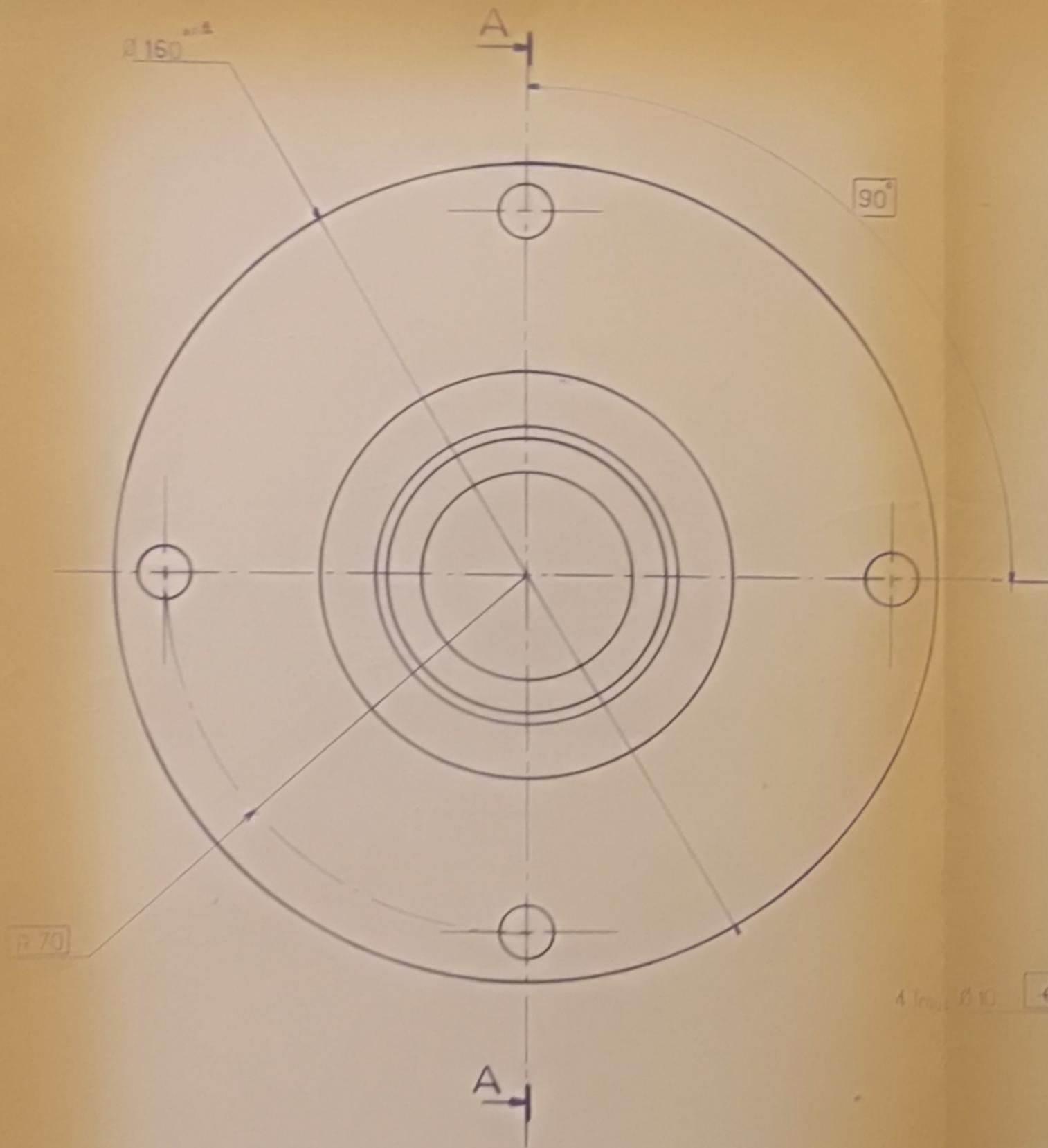


PM00584
-3-

اسمارة الوطنية للعلوم الهندسية
الكتاب
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
BIBLIOTHEQUE

Rag: $\sqrt{12}$

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE			
ECHELLE	MASSE		CORPS
1	1.91 kg		
ETUDIANT	ARROUM		E.N.P.A
PROMOTEUR	KSAIZE K		
proposé par:	Chertouh	proposé par:	laboratoire de robotique C.D.T.A
			D7



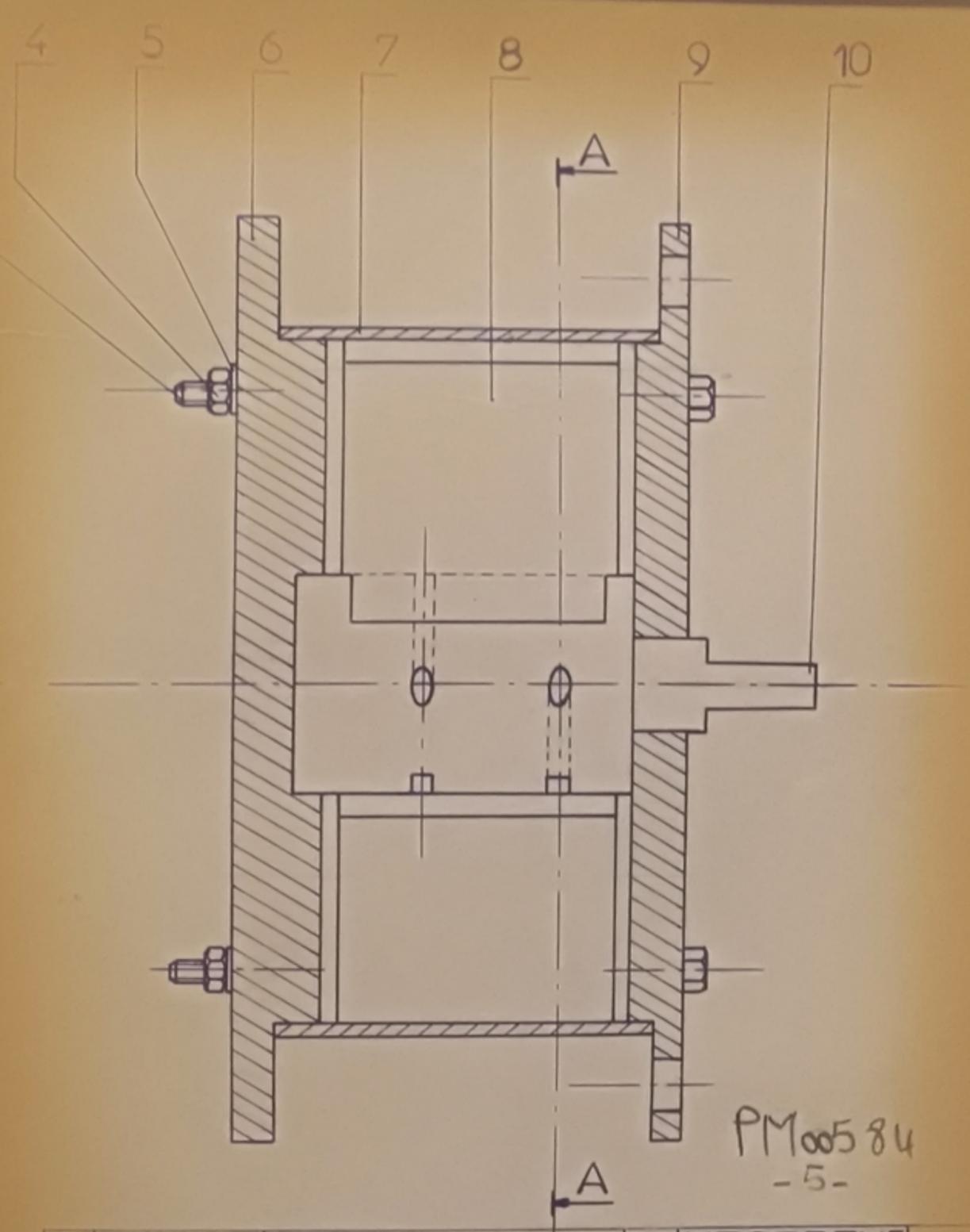
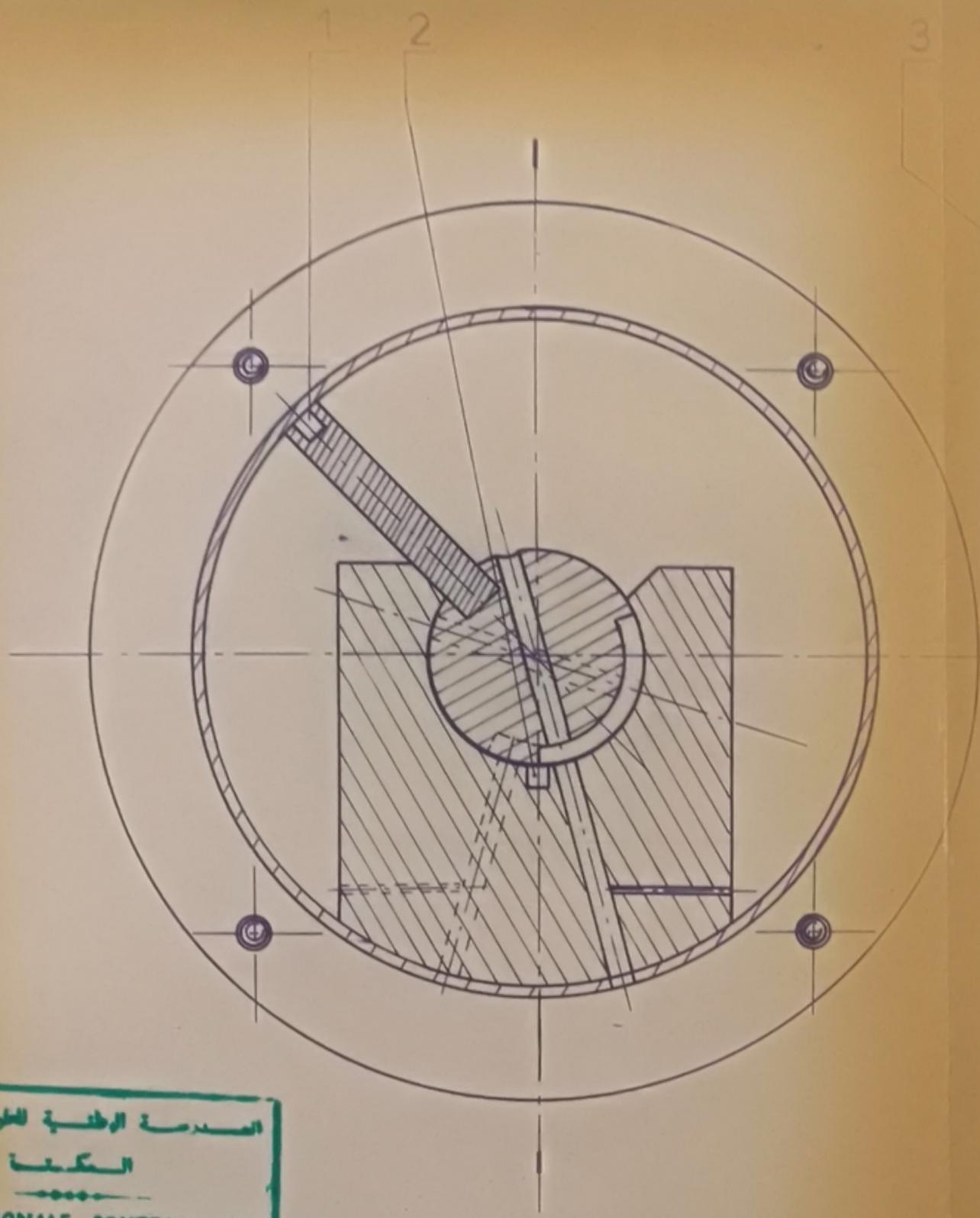
4 trous $\phi 10$ $\phi 30 \pm 0.3$

Rag: $\sqrt{12}$

PM00584

الجامعة الوطنية للعلوم والتقنية
البنية
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
BIBLIOTHÈQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE			
ECHELLE	MASSE		EMBASE
1	2,531 kg		
ETUDIANT	ARROUM		E. N. P. A DÉP. MÉCANIQUE
PROMOTEUR	KSIAZEK		
proposé par	Cheltych	proposé par laboratoire de robotique C.D.T.A.	A_2



PM00584
-5-

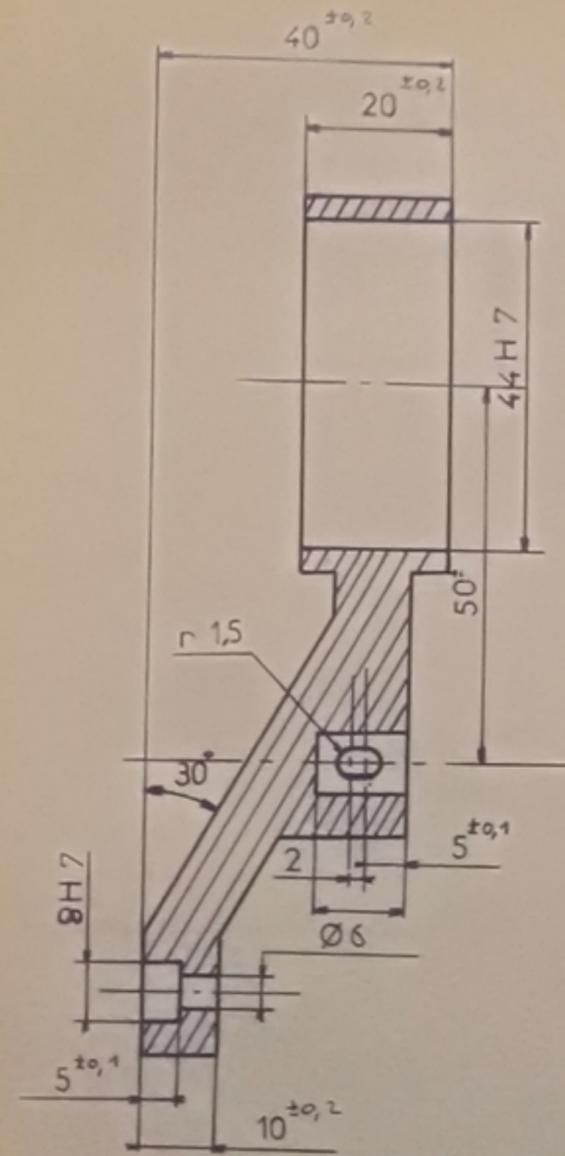
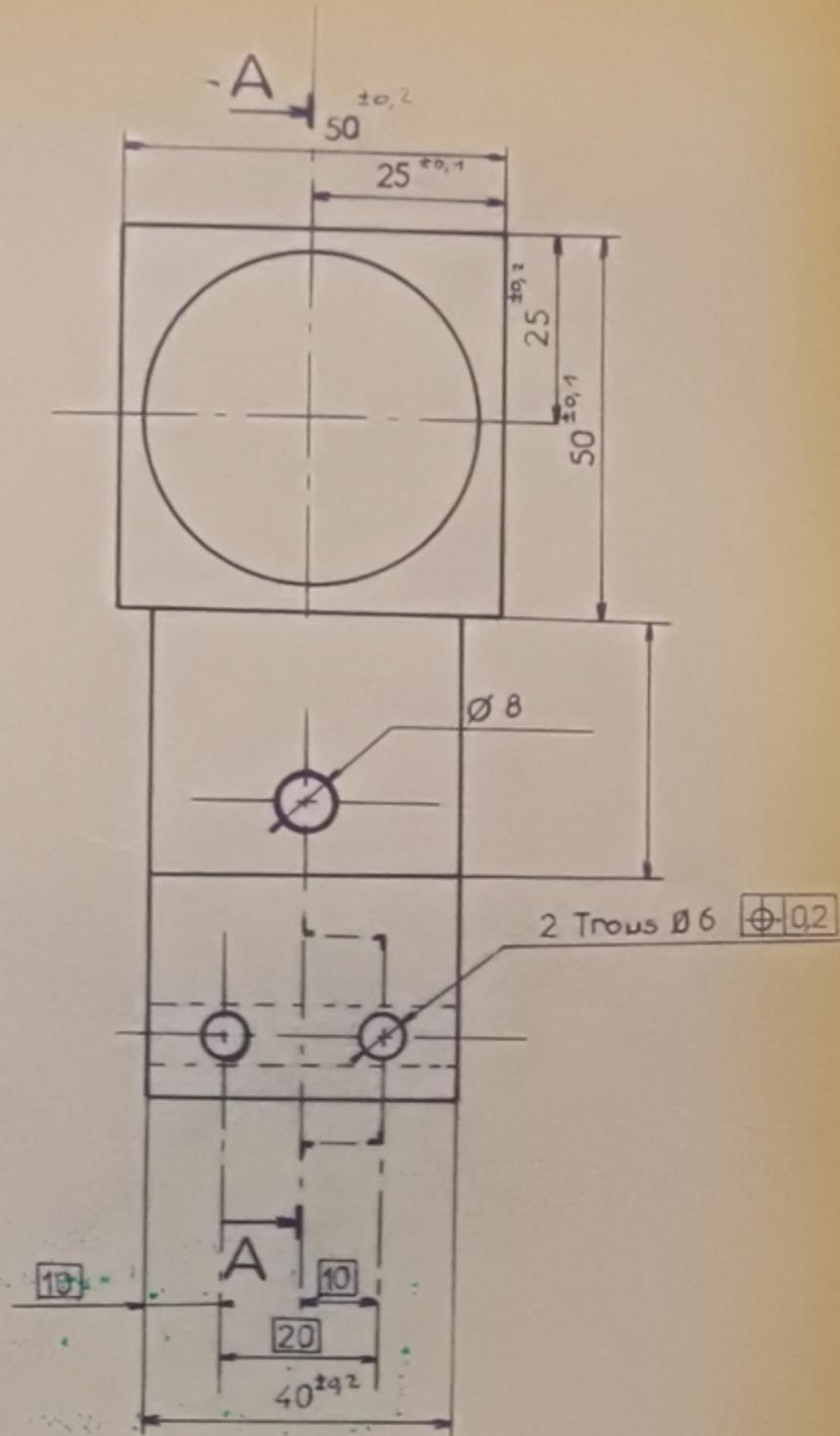
الخدمة الوطنية للعلوم الهندسية
المكتبة
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
BIBLIOTHEQUE

COUPE AA

10	V1-10	AXE	1	XC 38
9	V1-09	COUVERCLE AR	1	A.U4G
8	V1-08	PALETTE	1	XC 38
7	V1-07	CYLINDRE	1	XC 38
6	V1-06	COUVERCLE AV	1	A.U4G
2	V1-02	JOINT		NEOPRENE

1	V1-01	JOINT		NEOPRENE	
N°	N°DESSIN	DESIGNATION	Nb	MATIERE	Observation
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE					
ECHELLE	MASSE		VERIN ROTATIF		E.N.P.A DEP.MECANIQUE
1					
ETUDIANT	ARROUM		propose par : laboratoire de robotique C.D.T.A		
PROMOTEUR	KSIAZEK				
propose par	Chellouh		V_1.00		

COUPE AA



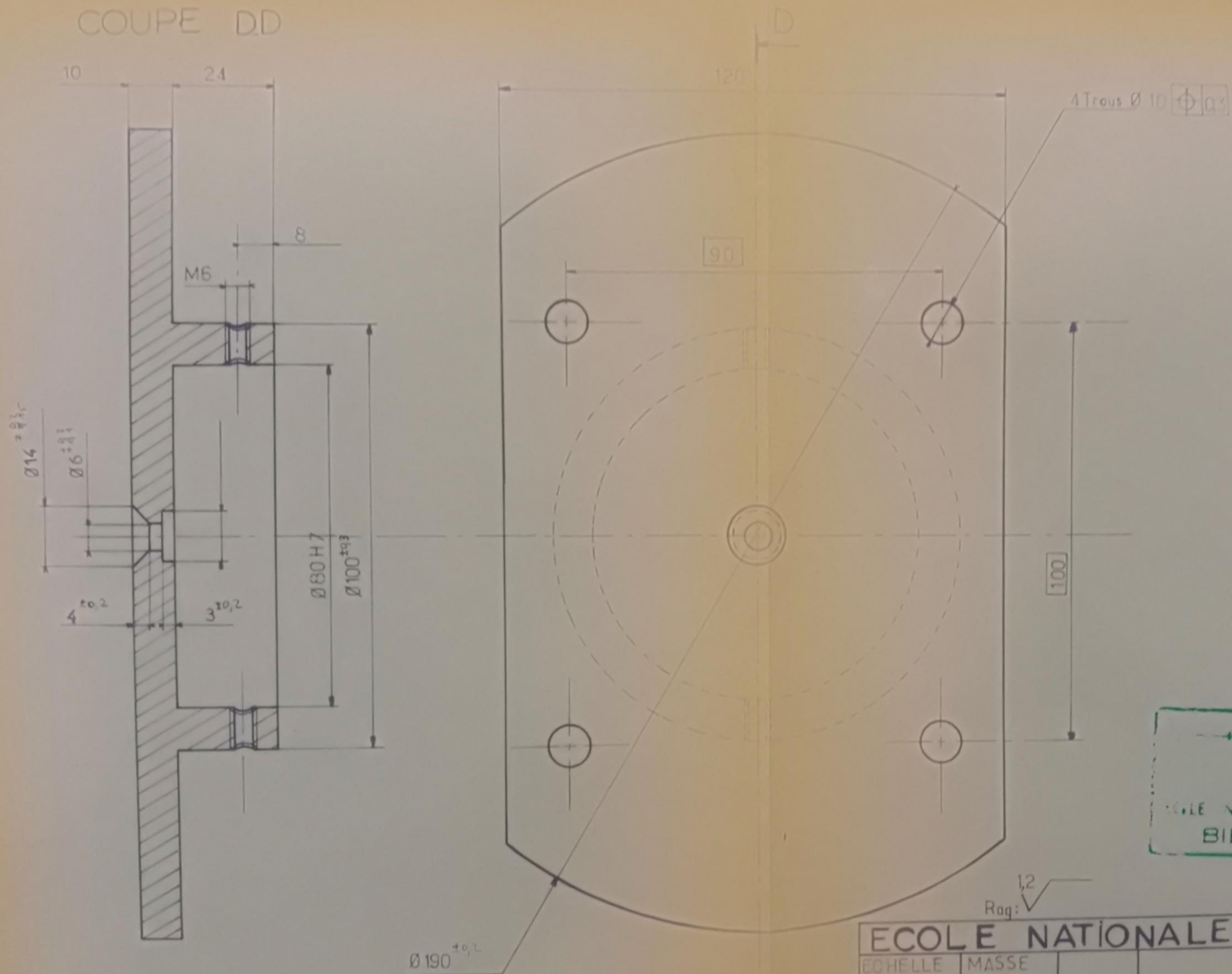
PM00584
-6-

مستودع الوثائق للعلوم الهندسية
المكتبة
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
BIBLIOTHÈQUE

Rag: 12

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE			
ECHELLE	MASSE		E.N.P.A
1	0.145		
ETUDIANT	ARROUM	DOIGT MOBILE	DEP. MÉCANIQUE
PROMOTEUR	KSIAZEK		
proposé		proposé par: laboratoire	D-1
par: Cheltouh		de robotique C.D.T.A	

COUPE D.D

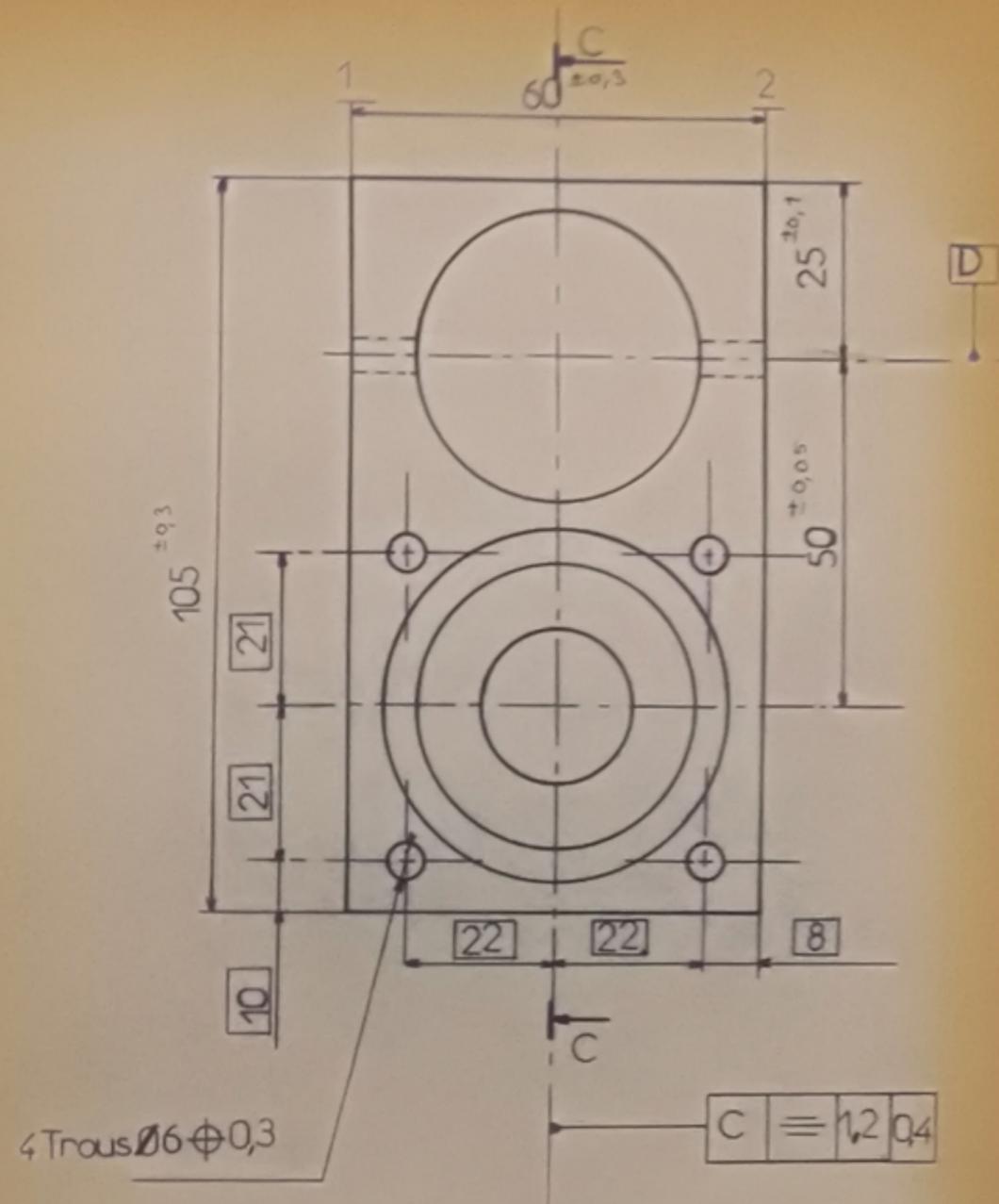
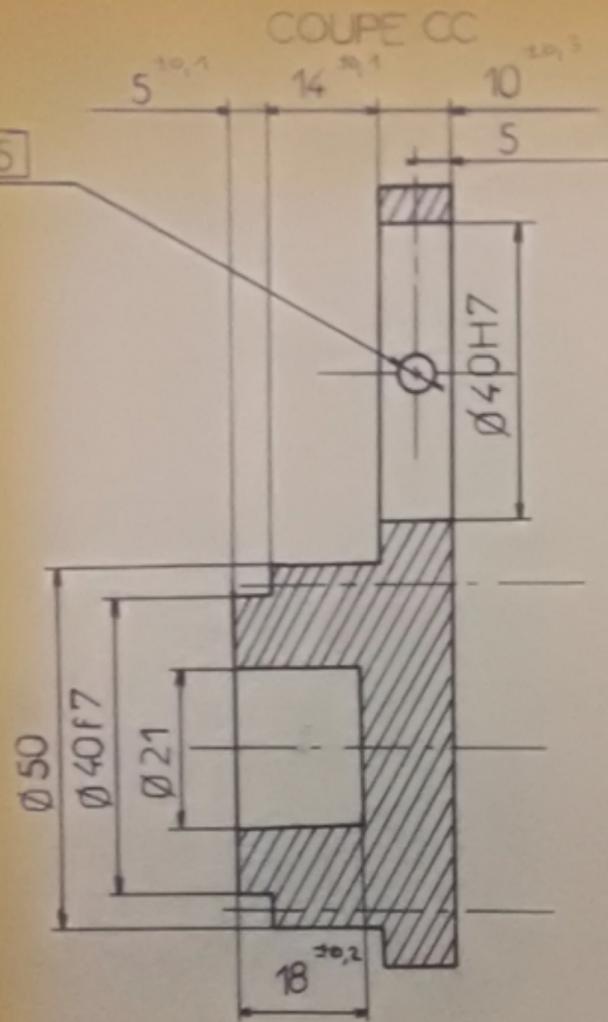


PM00584
-7-

المعهد الوطني للعلوم
الميكانيكية
.....
ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
BIBLIOTHÈQUE

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

ÉCHELLE	MASSE	PLATEFORME	E.N.P.A
1	0.765 kg		
ÉTUDIANT	ARROUM	proposé par laboratoire de robotique C.D.T.A	DEP. MECANIQUE
PROMOTEUR	KSIĄZEK		
proposé par	Chetrouh		C 2

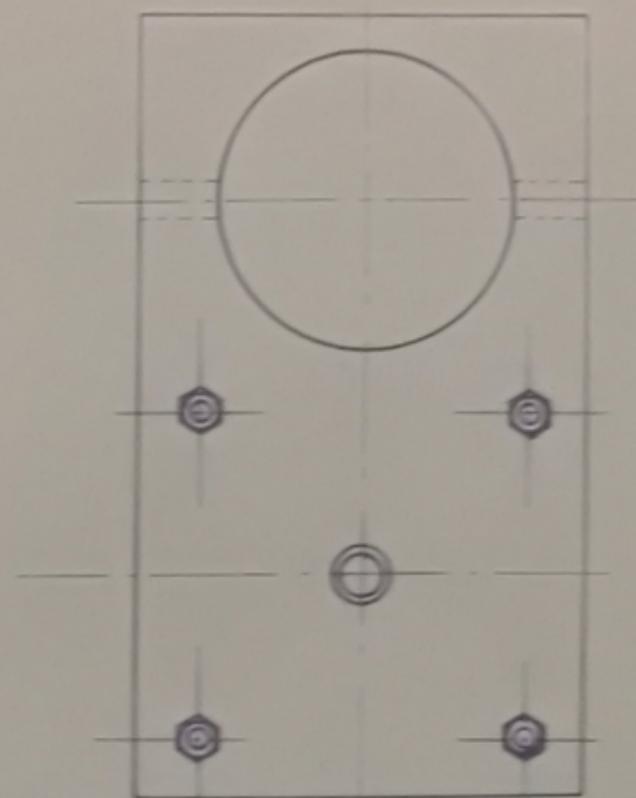
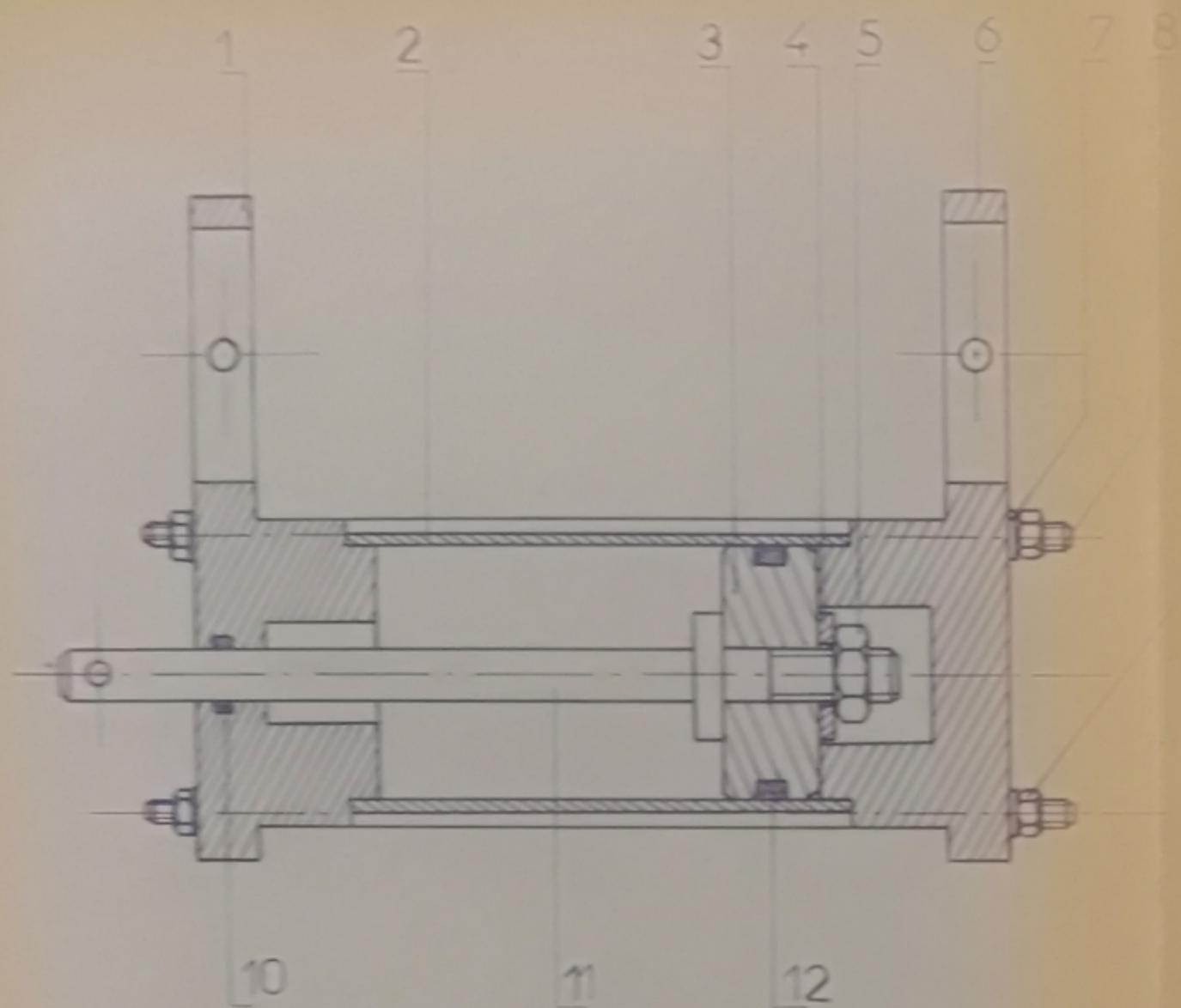


Rag: 1,2

مكتبة
العلمية
الوطنية للعلوم الهندسية
Ecole Nationale Polytechnique
BIBLIOTHÈQUE

PM00584
-8-

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE			
ECHELLE	MASSE		NEZ ARRIERE
1	0,209 kg		
ETUDIANT	ARROUM		E. N. P. A
PROMOTEUR	KSAZE K		
proposé par:	Cheltouh	proposé par: laboratoire de robotique C.D.T.A	V3-07
			DE P.MECANIQUE

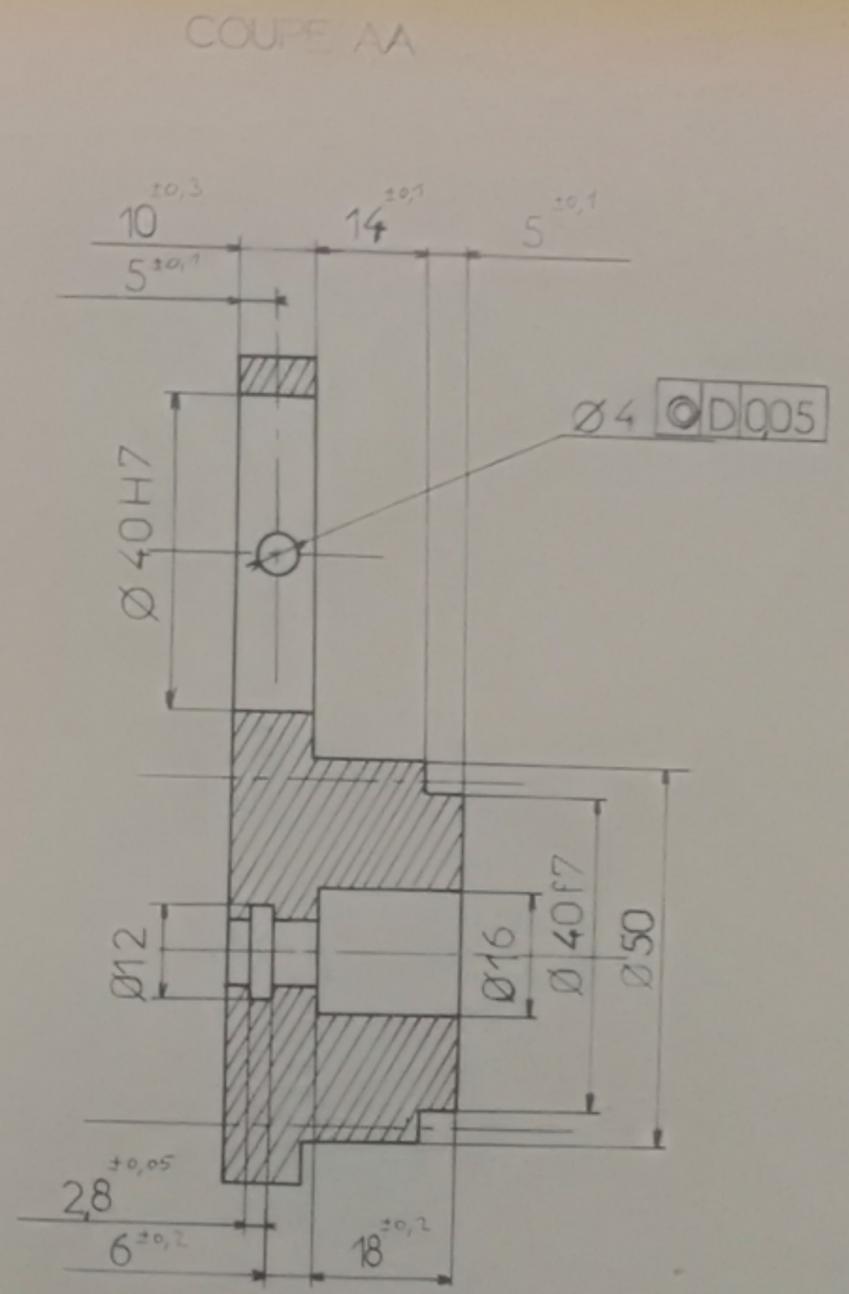
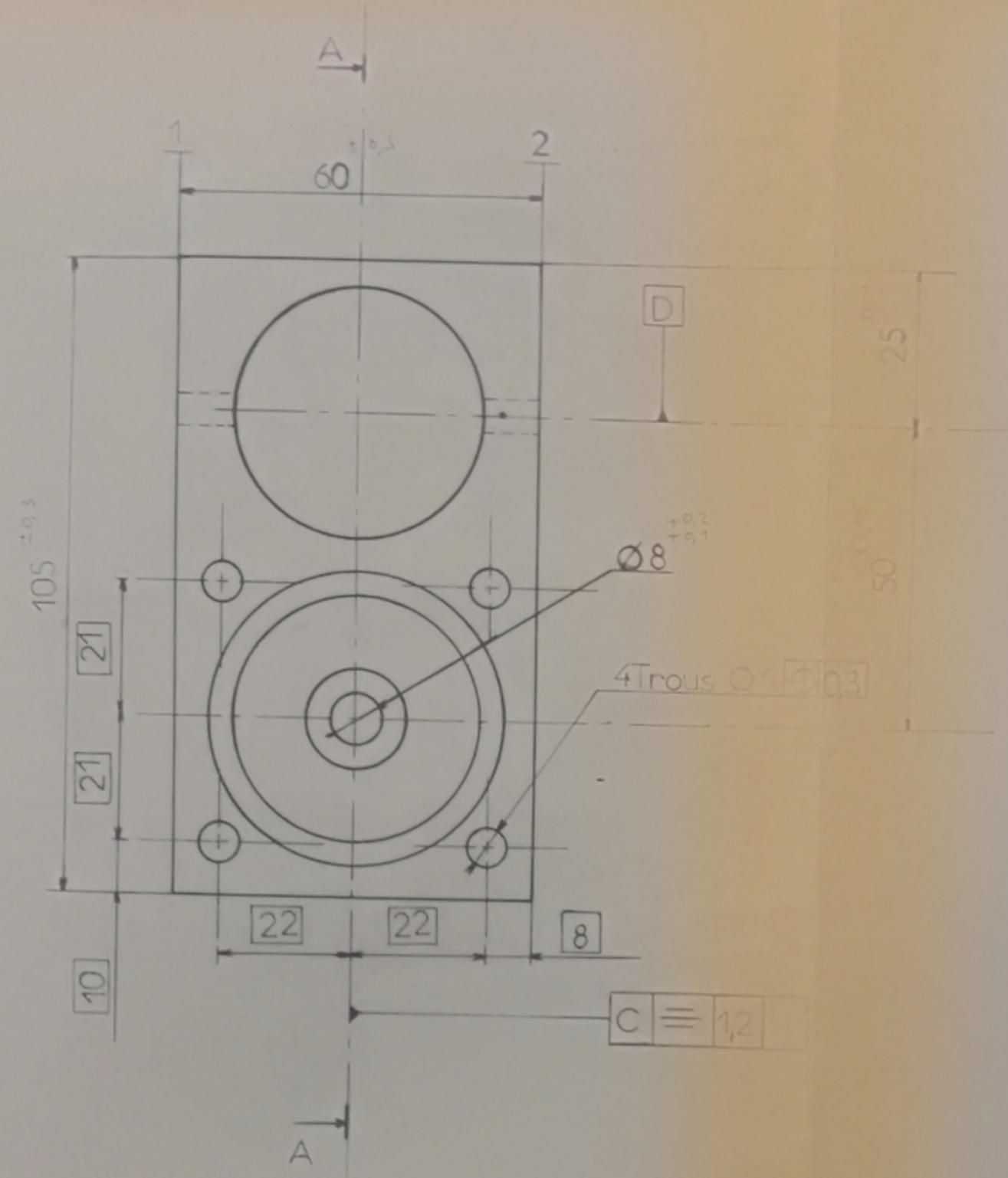


جامعة القاهرة
 المكتبة
 ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
 BIBLIOTHEQUE

9	V 3.09	ECROU H M5	4	A45	NF E274
8	V 3.08	TIGE FILETEE	4	XC38	
7	V 3.07	NEZ ARRIERE	1	AU4G	
6	V 3.06	RONDELLE 8,6,15	4	E 26	NF E274
5	V 3.05	ECROU H M8	1	A45	NF E274
4	V 3.04	RONDELLE 9,20,2	1	E 26	NF E274
3	V 3.03	PISTON	1	AU4G	
2	V 3.02	CYLINDRE	1	XC 38	
1	V 3.01	NEZ AVANT	1	AU4G	
N°	N°	DESSIN	DESIGNATION	N°	MATIERE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

ECHELLE	MASSE		VERIN DE SERRAGE	E. N. P. A.
1				
ETUDIANT	ARROUM			
PROMOTEUR	KSIIZEK			
PROFESSEUR				
				V 3.00

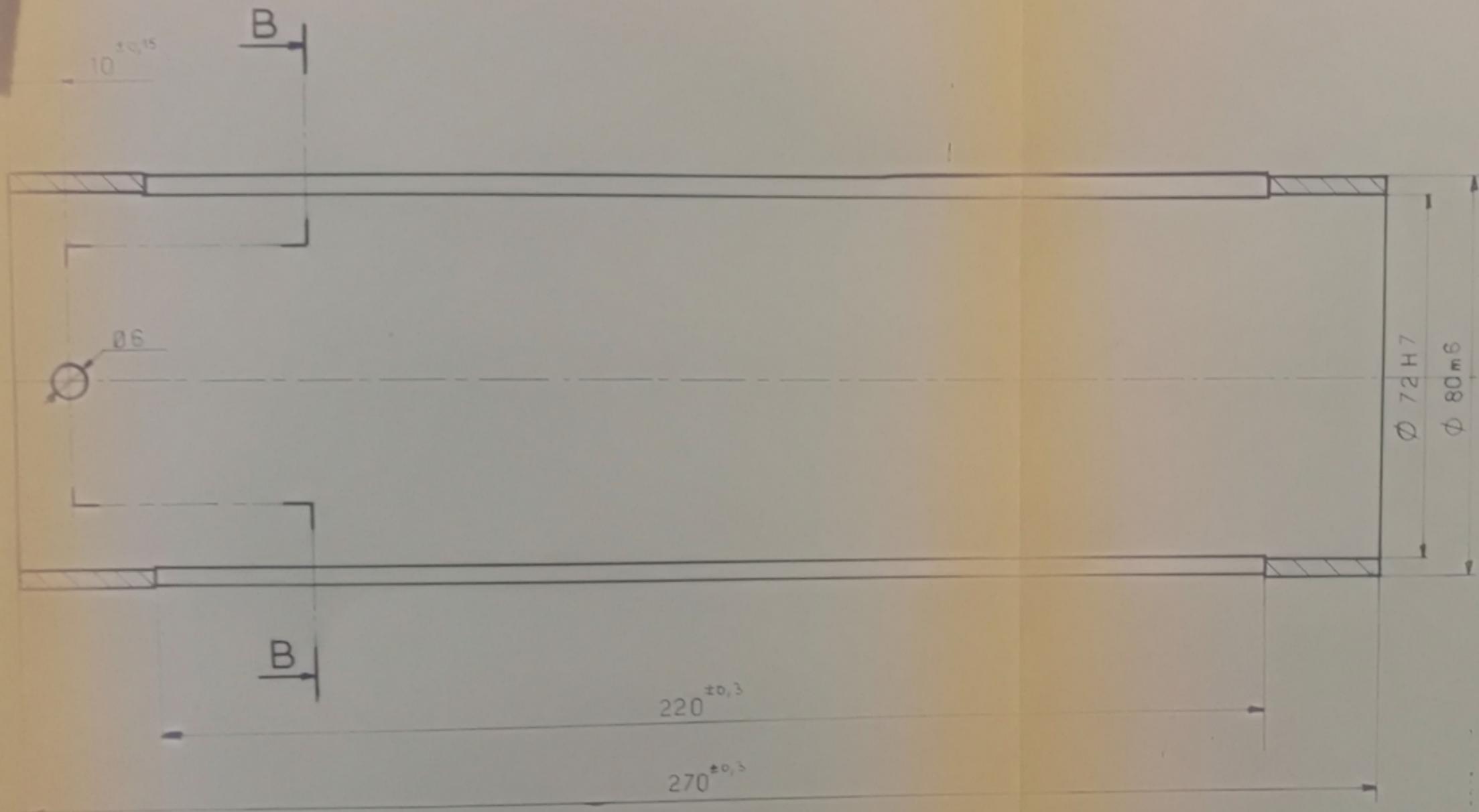


Rag: 1,2

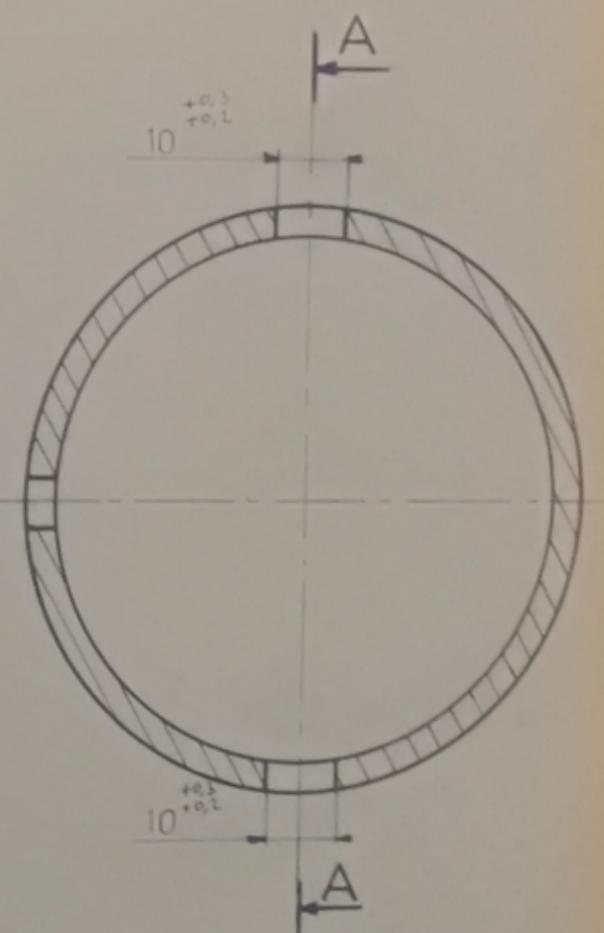
مكتبة العلوم الهندسية
 المكتبة
 ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
 BIBLIOTHÈQUE
 AM00530
 - 10 -

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE			
ECHELLE	MASSE		NEZ AVANT EN PA DEP. MECANIQUE
1	0,209 kg		
ETUDIANT	ARROUM		V 3.01
PROMOTEUR	KSIAZEK		
proposé		proposé par: laboratoire	
par: Chabouh		de robotique G.D.T.A	

COUPE A-A



COUPE B.B



المدرسة الوطنية للعلوم الهندسية
المكننة
LE NATIONALE POLYTECHNIQUE
BIBLIOTHÈQUE

PM00584
-11-

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE			
ECHELLE	MASSE		CYLINDRE EXTERIEUR
1	0.26 kg		
ETUDIANT	ARROUM		DEP. MECANIQUE
PROMOTEUR	KSIĄZEK		
propose par	Chellouh	proposé par: laboratoire de robotique CDTA	C 1