

REPUBLIQUE TUNISIENNE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la
Recherche Scientifique

Concours Nationaux d'Entrée aux
Cycles de Formation d'Ingénieurs
Session 2020

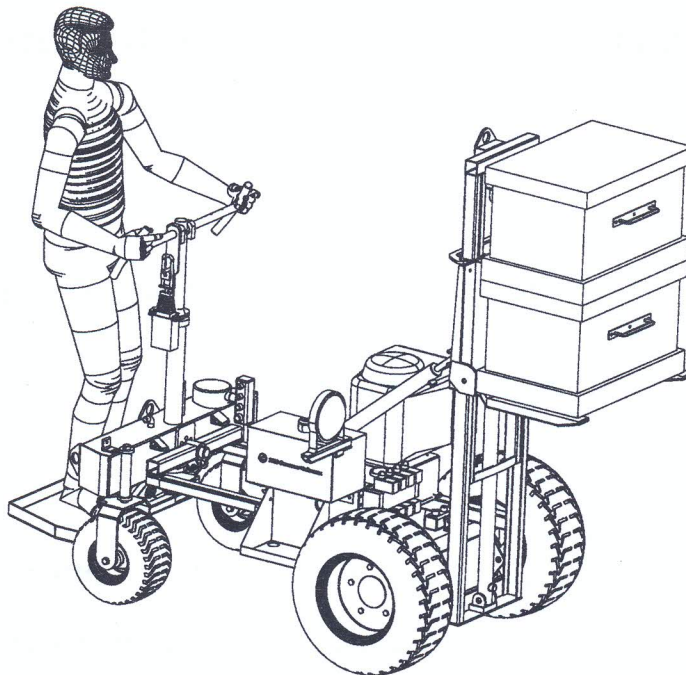


الجمهورية التونسية

وزارة التعليم العالي
والبحوث العلمية

المناقصات الوطنية للدخول إلى
مرحلة تكوين المهندسين
دورة 2020

Concours Technologie
Épreuve de
Conception & Fabrication Mécanique



Date : Mardi 21 Juillet 2020

Heure : 08 H00

Durée : 4 Heures

L'épreuve comporte deux parties :

- A- Conception Mécanique (12 pts)
- B- Fabrication Mécanique (08 pts)

Le sujet de l'épreuve remis au candidat comporte trois dossiers :

- 1- Mise en situation, Données et Hypothèses
- 2- Documents Techniques (DT-01 → DT-07)
- 3- Document Réponses

Important :

- Aucun autre document n'est autorisé.
- Seules les calculatrices de poche non programmables sont autorisées.
- Un **seul et unique** document réponses est fourni au candidat et doit être rendu en totalité, à la fin de l'épreuve, même sans réponses. **Aucune feuille du document réponses ne doit être supprimée** (cet acte est considéré comme étant une tentative de fraude).
- Toute suppression de feuilles du document réponses est considérée comme étant une tentative de fraude.

Dossier

Mise en situation, Données et Hypothèses

Ce dossier comporte 11 pages numérotées de 1 à 11, associé à 7 documents techniques

(DT-01 à DT-07)

◆	Mise en situation.....	Page 1 et 2
◆	Données et hypothèses.....	Page 3 à 11
★	<i>A- Conception Mécanique.....</i>	<i>Pages 3 à 5</i>
	Documents Techniques associés.....	DT-01 à DT-05
★	<i>B- Fabrication Mécanique.....</i>	<i>Pages 6 à 11</i>
	Documents Techniques associés.....	DT-06 et DT-07

ÉTUDE D'UN CHARIOT ÉLEVATEUR APICOLE

1- Mise en Situation

Le chariot apicole est un système élévateur utilisé principalement pour les transhumances apicoles. Les apiculteurs déplacent leurs ruches d'abeilles en fonction des floraisons pour obtenir du miel de différentes qualités. Ces ruches, d'une masse d'environ **40 kg** doivent être chargées, déplacées et déchargées en une nuit. Les terrains de transhumance sont souvent escarpés et le rucher n'est pas toujours à proximité de la route ; d'où la nécessité d'un élévateur du type « Luciole ».

Ce chariot présente plusieurs avantages et qualités innovantes, notamment son empattement variable qui permet son chargement dans un fourgon.

Les principales qualités associées au système de levage sont :

- *sa capacité de charge sur fourche qui est de 330 kg,*
- *sa compacité qui lui permet d'effectuer des manœuvres de chargement et de déchargement dans des endroits exigus,*
- *son confort d'utilisation qui permet au pilote d'avoir en permanence une visibilité optimale dans toutes les configurations.*

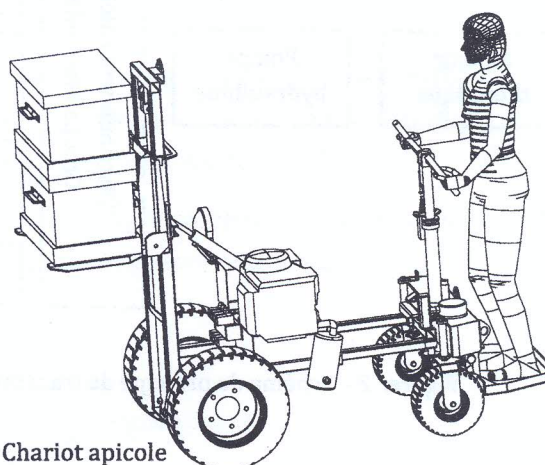


Figure. 1- Chariot apicole

Ces qualités sont essentiellement dues à son système de levage unique à plusieurs bras, qui possède une cinématique particulière.

Caractéristiques techniques du chariot apicole	
Masse à vide (sans charge, sans conducteur)	: 420 kg
Charge maxi sur la fourche sur terrain plat	: 330 kg
Charge maxi sur la fourche sur terrain accidenté	: 250 kg
Largeur hors tout	: 1m
Hauteur mât replié	: 1,35m
Hauteur de levée	: 1,40m
Tilt mât de levée	: +10°/-15°
Rayon de braquage mini	: 1,8 m maxi
Vitesse maxi	: 10 km/h
Accélération maxi	: 1 m/s ²
Décélération maxi	: -1,4 m/s ²
Pression hydraulique maxi	: 150 bars
Débit hydraulique maxi	: 50 l/min
Moteur Kawasaki Essence	: 13 CV
Différents types de fourches :	
- droites 50 cm	
- pince à fût à serrage latéral (option)	
- presseur hydraulique (option)	

2-Chaînes de transmission de puissance et de mouvement

Le chariot apicole objet de cette épreuve est autonome. Il est muni d'un moteur thermique comme source d'énergie principale. Ce moteur thermique de puissance **13 CV** est couplé à une pompe hydraulique à engrenages externes responsable de la transformation de l'énergie mécanique en une énergie hydraulique garantissant ainsi une réduction notable de l'encombrement.

La transmission de mouvement aux deux roues motrices est assurée par deux moteurs hydrauliques identiques. Vue la faible vitesse de fonctionnement du chariot, on attribue à chaque roue motrice, un réducteur de vitesse à renvoie d'angle incorporé, comme l'illustre la **Figure 2** (Voir DT-01).

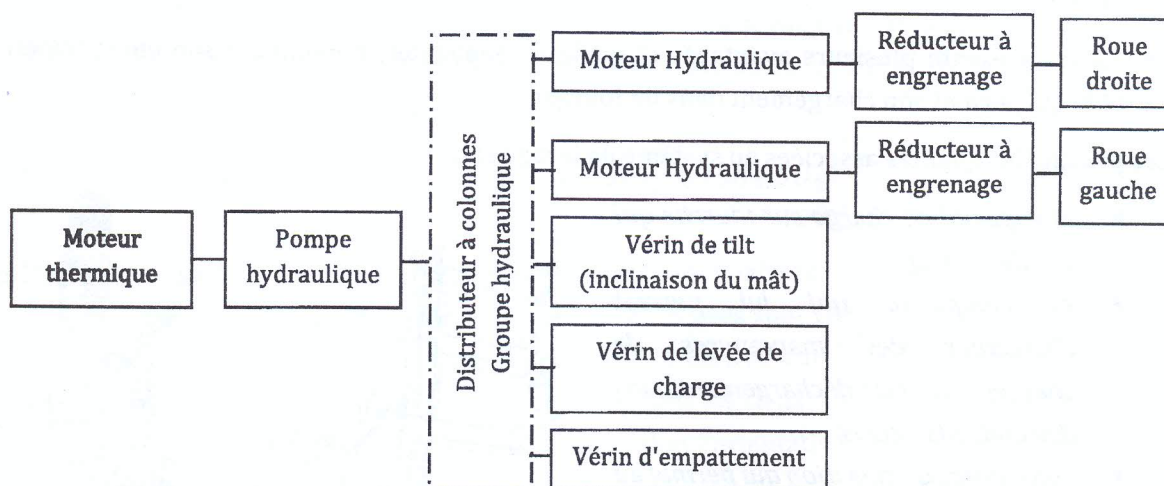


Figure. 2 – Schéma de principe de transmission de puissance au sein du chariot apicole

La commande de chaque actionneur est assurée par un pré-actionneur constitué d'un distributeur hydraulique à tiroirs à commande manuelle. Pour des contraintes de bon équilibrage des vitesses des deux roues motrices, la commande des deux roues est effectuée de façon simultanée par un seul distributeur grâce à l'exploitation d'un diviseur de débit. Les vitesses des deux roues motrices seront sensiblement égales.

Toutefois, on note qu'une faible variation de vitesse des deux roues motrices, pourrait induire une déviation du chariot.

3-Données et Hypothèses

Partie A : Conception Mécanique

Cette partie porte sur l'étude fonctionnelle et technologique du chariot agricole. Elle s'appuie sur les documents techniques (de DT-01 à DT-05). L'épreuve concerne notamment :

- L'étude du chariot apicole,
- L'analyse du mécanisme de direction,
- L'étude du système roue motrice.

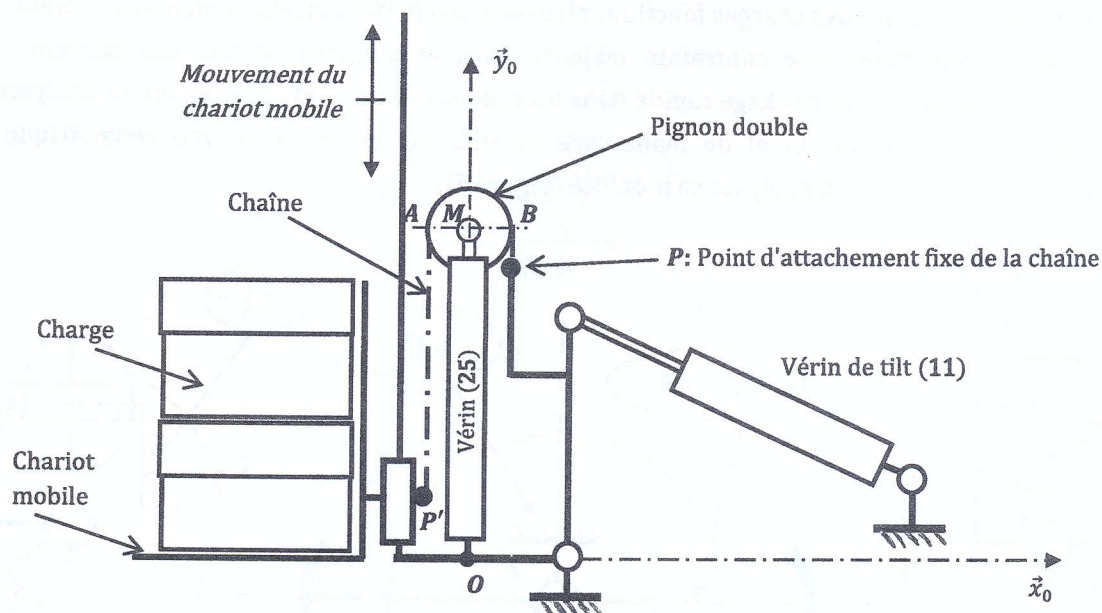
◆ Section A1- Étude du chariot apicole(DT-01)

L'objectif visé par cette section est l'étude technologique du chariot apicole et des sous-systèmes et sous-ensembles qui le constituent.

▪ Sous-ensembles de montée de charge

Dans le but d'optimiser la course du vérin de levée de charge (25) et de sa longueur en cas de sortie de tige, on intercale dans ce mécanisme, un système dit «*de multiplication de course*» composé d'un vérin de montée de charge associé à un système pignon-chaîne.

Le fait d'interposer un système pignon-chaîne (Figure 3), peut remarquablement multiplier la course du chariot mobile par rapport à la course du vérin de levée de charge.



PP' : Longueur de la chaîne,

P : Nœud encastré au bâti (châssis),

P' : Nœud encastré au chariot mobile {17, 26}.

Figure. 3- Sous-ensemble de montée de charge

Dans son mouvement de translation rectiligne, le vérin de montée de charge (25) entraîne le pignon double (31) en mouvement de montée, qui de son côté, effectue une rotation autour de l'axe du rouleau de chaîne (24) au point M. La chaîne enroulée au pignon et attachée, d'un côté au mât (18) et de l'autre côté au chariot mobile porte-charge (17), entraîne ce dernier en mouvement de translation guidée par la coulisse externe (10) et la coulisse interne (14) (Figure 4).

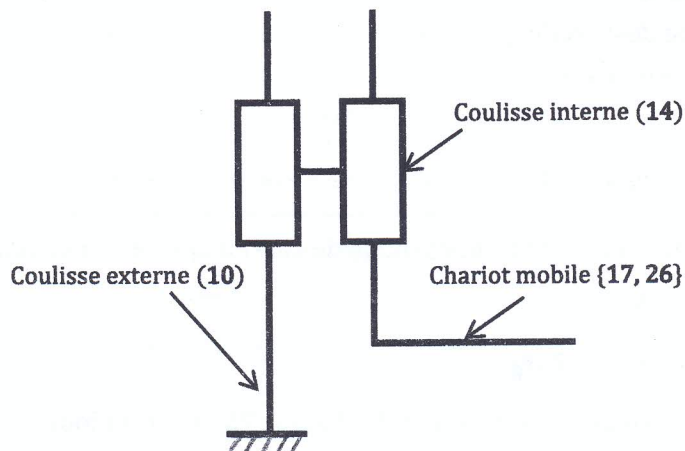


Figure. 4- Sous-ensemble chariot mobile

◆ Section A2- Étude du mécanisme de direction (DT-02)

Compte-tenu du cahier des charges fonctionnel associé au chariot apicole, la manœuvre rapide de ce système représente une contrainte majeure dans le domaine apicole qui nécessite un déchargement suivi d'un stockage rapide dans un espace réduit. Cette section vise à analyser le sous-ensemble de direction et de manœuvre du véhicule de point de vue géométrique et cinématique et ceci afin d'analyser sa mobilité (Figure 5).

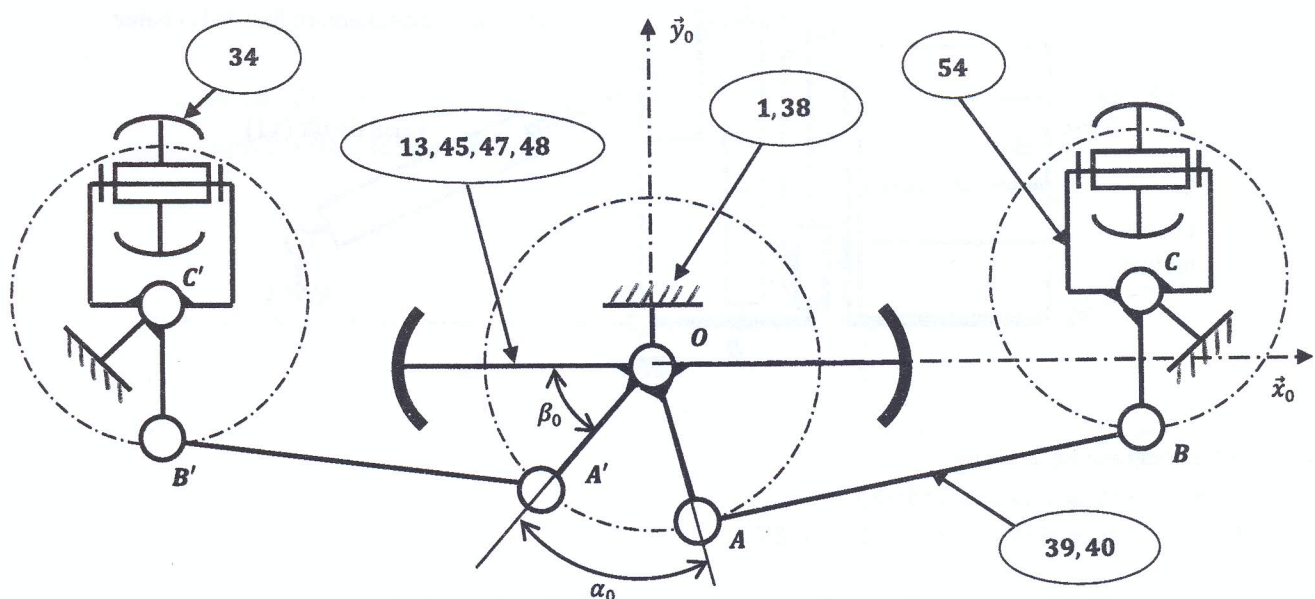


Figure. 5- Schéma cinématique du mécanisme de direction

◆ Section A3- Étude du système roue-motrice(DT-03)

Le sous-système roue-motrice (DT-03), se trouve en deux exemplaires symétriquement disposés à l'avant du chariot et permet son déplacement en avant et en arrière. Grâce à un moteur hydraulique (*non représenté dans DT-03*) accouplé au pignon arbré (72) et à un couple d'engrenage conique (72/59), le mouvement de rotation est transmis à la roue-motrice (88) comme l'illustre la Figure 6.

Dans cette section, on se propose de :

- étudier la transmission de puissance par engrenage,
- choisir un accouplement,
- étudier le guidage en rotation des arbres (68) et (72).

Une solution graphique correspondant à la prise de mouvement entre le moteur hydraulique (92) et le pignon d'attaque (72) est à compléter.

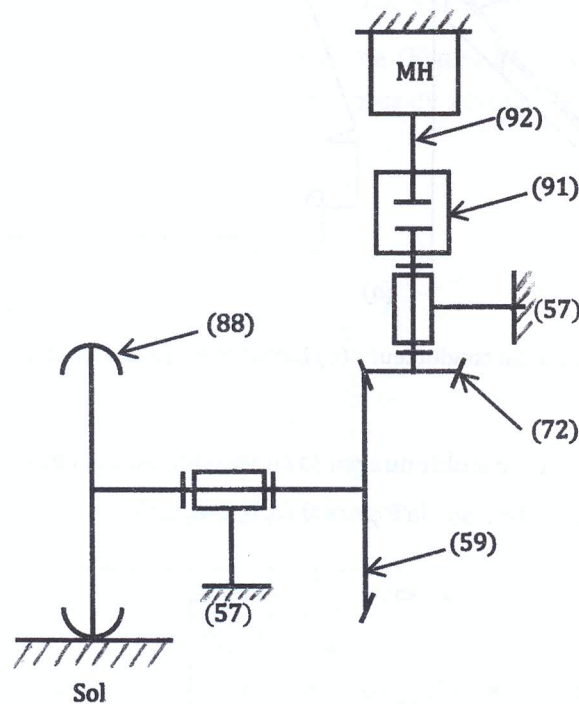


Figure. 6- Schéma cinématique du système de transmission roue-motrice

Partie B : Fabrication Mécanique

Cette partie de l'épreuve porte sur l'étude de la fabrication de la plate-forme du conducteur (33) (DT-01), du flasque (62) (Document DT-06) et de l'arbre (68) de la roue-arrière du chariot apicole (Documents DT-03 et DT-07).

Dans cette épreuve, l'analyse de fabrication porte sur :

- La mise en forme de la plate-forme du conducteur (33),
- Le moulage du flasque (62),
- L'élaboration partielle de l'Avant-Projet d'Étude de Fabrication (APEF) de l'arbre (68).

♦ Section B.1-Mise en forme de la plate-forme du conducteur (33)

On envisage dans cette section présenter quelques procédés de mise en forme qui concernent la fabrication de la plate-forme (33). Cette dernière est débitée sous forme d'une tôle rectangulaire de dimensions **1000 x 1500 mm** et d'une épaisseur de **6 mm**. La Figure 7 (a et b) représente respectivement la forme pliée et dépliée de la plate-forme.

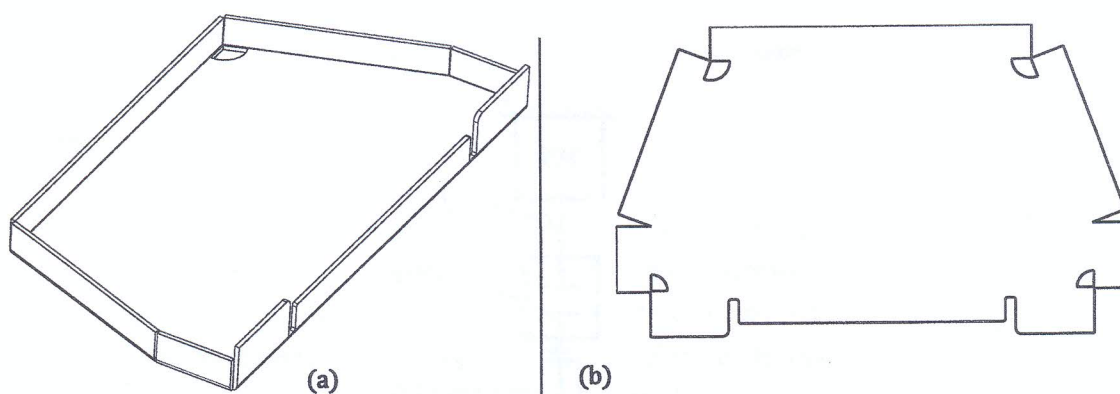
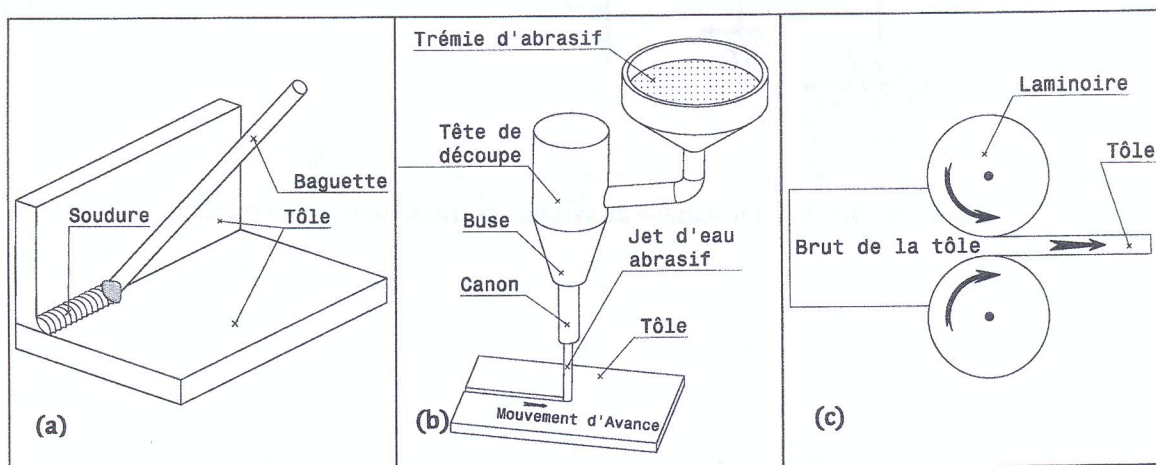


Figure. 7- Plate-forme du conducteur : (a) forme pliée, (b) forme dépliée

Cette plateforme (33) en tôle laminée, est obtenue par la succession de plusieurs procédés de mise en forme dont certains sont schématisés sur la Figure 8 (a, b, c, d, e, f).



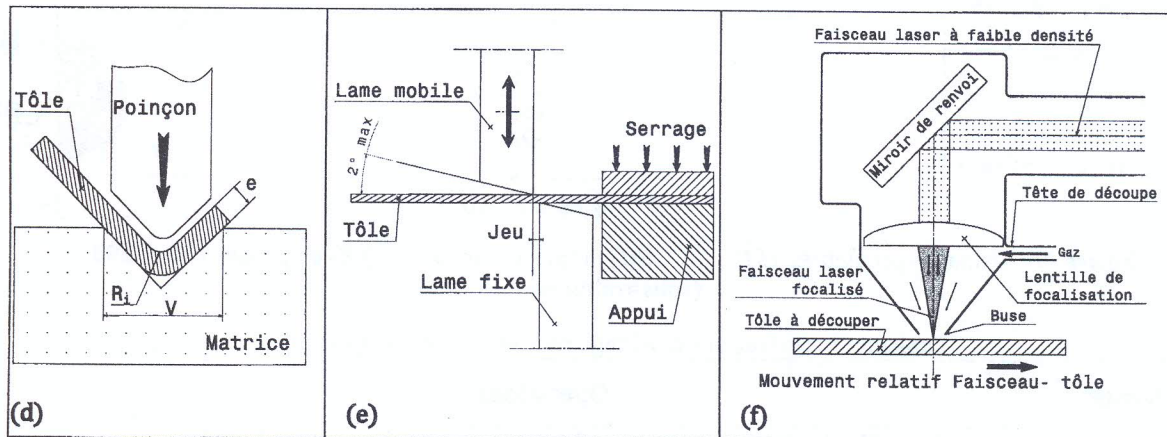


Figure. 8- Schématisation des opérations de mise en forme possibles permettant la fabrication de la plate-forme (33)

◆ Section B.2- Moulage du flasque (62)(DT-06)

Cette section concerne la conception de l'outillage de fonderie qui servira pour la réalisation du flasque (62) par le **procédé de moulage en sable**. La production porte sur une série renouvelable de **2000** flasques /an et ceci pendant **5 ans**. La durée de vie souhaitée pour l'outillage conçu est estimée à **10 ans**. Le matériau utilisé pour le moulage est une fonte à graphite sphéroïdal de nuance **EN-GJS 500-7** ayant un coefficient de retrait estimé à **2 %**. Le moulage est réalisé en considérant une surépaisseur de brut de **2 mm** au niveau des surfaces fonctionnelles (*c'est-à-dire les surfaces usinées*). Le travail demandé porte principalement sur la conception du moule et de la boîte à noyaux associée.

◆ Section B.3- Élaboration partielle de l'Avant-Projet d'Étude de Fabrication (APEF) de l'arbre (68)(DT-07)

L'arbre roue-motrice (68) présenté dans le document **DT-07** est assemblé avec le flasque (74) par **frettage à chaud**. Ce choix d'assemblage est dicté par des contraintes économiques de rentabilité. Nous supposons que le constructeur du chariot apicole sous-traite le flasque (74) et réalise l'arbre (68) complètement dans ses locaux.

Dans la suite, nous souhaitons analyser partiellement l'Avant-Projet d'Étude de Fabrication (APEF) de l'arbre (68).

Pour cela, nous supposons que le brut de cet arbre est tiré à partir d'une barre cylindrique de diamètre $D_b = 50 \text{ mm}$, en acier **35 Cr Mo4**. Nous admettons que la réalisation de l'arbre (68) est effectuée sur une machine-outil à commande numérique (MOCN) et que le projet de gamme d'usinage retenu comporte **5 phases**. Nous admettons aussi que ce projet de gamme correspond à la réalisation d'une série de ($N_s = 2000 \text{ pièces/an}$) et ceci pendant **5 ans**.

Il est supposé aussi que l'arbre (68) a subi au préalable des opérations d'usinage de préparation (Figure 9) (par sous-traitance), avant d'être transféré et usiné sur la MOCN. *Ces opérations ne font pas partie de la présente épreuve* et sont résumées dans le **Tableau 1**.

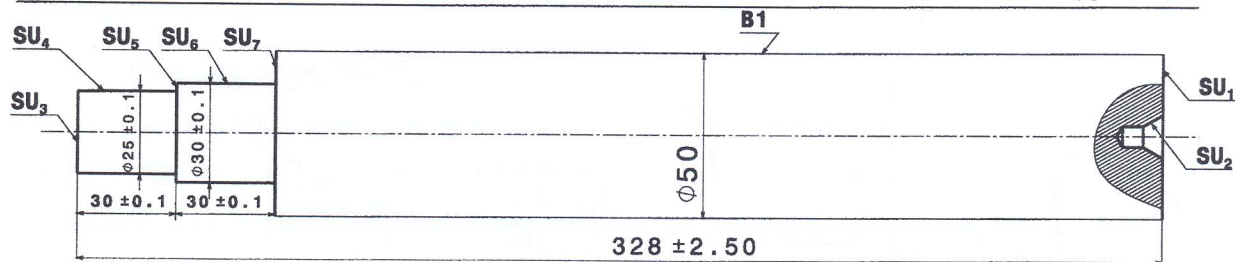


Figure. 9– Usinages préalables ($SU_1, \dots, SU_7$) réalisés sur l'arbre (68) en phases 200 et 300 (sous-traitance)

Tableau. 1 : Opérations d'usinage réalisées en sous-traitance

Phases	Opérations
100	▪ Contrôle du diamètre du brut $B1 (D_b)$ et de la longueur de débitage initiale de l'arbre $L_b (328 \pm 2,5) \text{ mm}$
200	▪ Dressage SU_1 et centrage SU_2
300	▪ Dressage SU_3 et usinages (SU_4, SU_5) et (SU_6, SU_7)

Dans la suite de l'épreuve, seules les **phases 400 et 500** seront analysées pour la fabrication de cet arbre. Les opérations d'usinage en relation avec ces deux phases sont rendues possibles grâce à la cinématique de la machine MOCN dotée d'une tourelle arrière qui est équipée de **12** outils pouvant se déplacer longitudinalement et radialement dans les deux sens. Notons aussi que la broche de la MOCN peut tourner dans les deux sens selon l'orientation de l'outil de coupe (à gauche ou à droite).

Phase 400 : les usinages sur l'arbre (68) sont effectués selon 2 zones (Tableaux 2 et 3)

- **Ébauche (E) et demi-finition (1/2F)** (Figure 10 et Tableau 2) :
 - la zone 1 : E et 1/2F avec un outil à plaquette carbure à gauche (T1) générant les surfaces($S_1 \dots S_5$),
 - la zone 2 : E et 1/2F avec un outil à plaquette carbure à droite (T2) générant les surfaces($S_6 \dots S_{10}$).

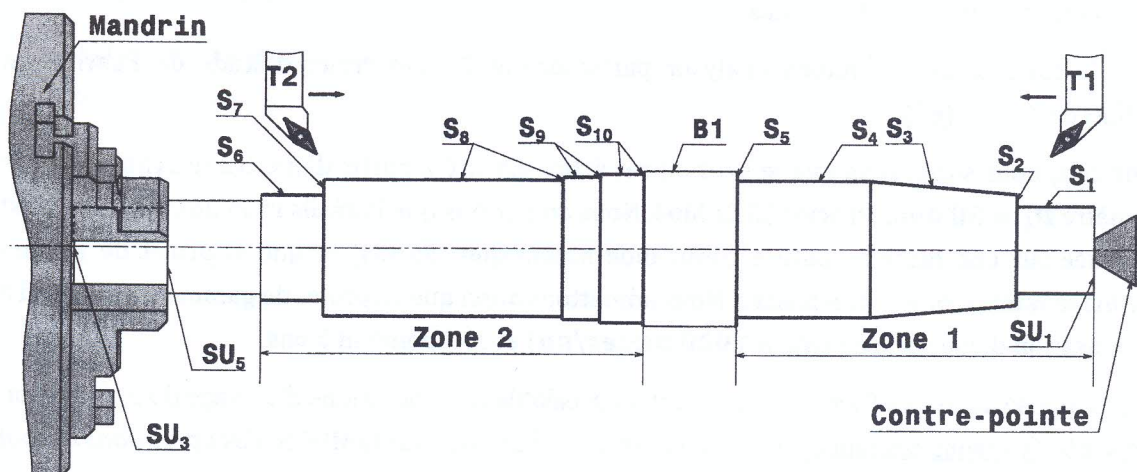


Figure. 10– Géométrie de l'arbre(68) après avoir subi des usinages réalisés en phase 400 en ébauche et en demi-finition

Tableau. 2 : Résumé des opérations d'Ébauche et de Demi-finition relatives à la phase 400

Zone	Opérations d'usinage (E et 1/2F)		Zone	Opérations d'usinage (E et 1/2F)	
Zone 1	Op1	Chariotage cylindrique (S_1)	Zone 2	Op6	Chariotage cylindrique (S_6)
	Op2	Dressage (S_2)		Op7	Dressage (S_7)
	Op3	Chariotage conique (S_3)		Op8	Chariotage cylindrique (S_8)
	Op4	Chariotage cylindrique (S_4)		Op9	Chariotage cylindrique (S_9)
	Op5	Dressage (S_5)		Op10	Chariotage cylindrique (S_{10})

▪ **Finition de l'arbre(68) (F) (Figure 11) :**

Les opérations d'usinage effectuées ont généré les surfaces($S_{11} \dots S_{25}$) (Tableau 3). Nous signalons qu'il est prévu des opérations d'ébavurage après la réalisation de l'arbre (68).

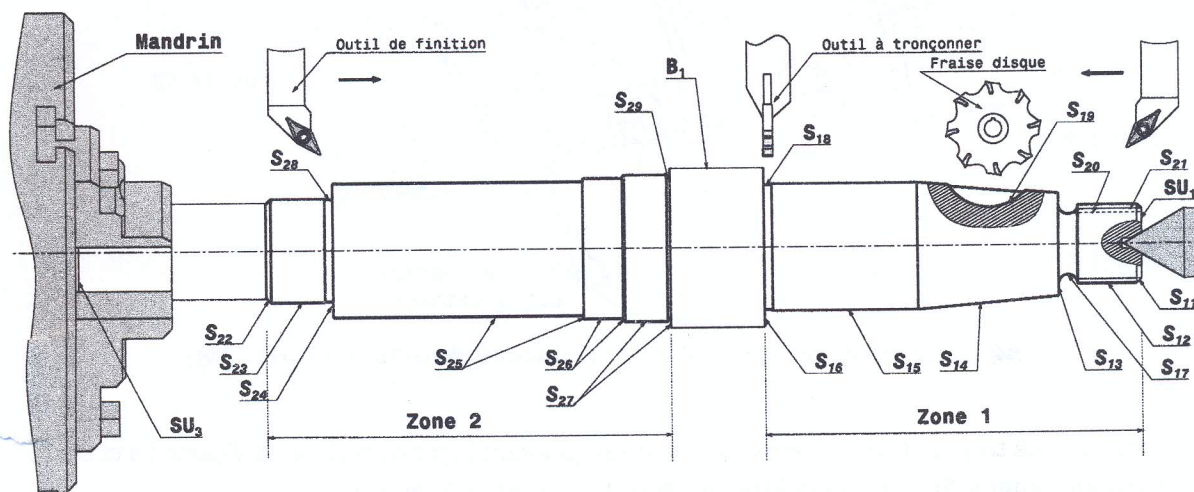
Figure. 11- - Géométrie de l'axe (68) subissant des usinages en finition réalisés en phase 400

Tableau. 3 : Résumé des opérations de Finition relatives à la phase 400

Zones	Opérations d'usinage (F)		Zones	Opérations d'usinage (F)	
Zone 1	Op11	Chanfreinage (S_{11})	Zone 2	Op22	.....
	Op12	Chariotage cylindrique (S_{12})		Op23	Chariotage cylindrique (S_{23})
	Op13	Dressage (S_{13})		Op24	Dressage (S_{24})
	Op14	.....		Op25	.....
	Op15	Chariotage cylindrique (S_{15})		Op26	Chariotage cylindrique (S_{26})
	Op16	 (S_{16})		Op27	Chariotage cylindrique (S_{27})
	Op17	Gorge (S_{17})		Op28	Gorge (S_{28})
	Op18	Gorge (S_{18})		Op29	Gorge (S_{29})
	Op19	Rainurage cylindrique (S_{19})			
	Op20	Rainurage (S_{20})			
	Op21	Filetage (S_{21})			

Phase 500 : correspond à une opération de tronçonnage (avec un outil T3) illustrée sur la Figure 12. Elle permet de récupérer la pièce finie.

Il est à noter que la partie restante de la matière (**Figure 12**) servira pour la réalisation de l'axe d'articulation du vérin (**30**).

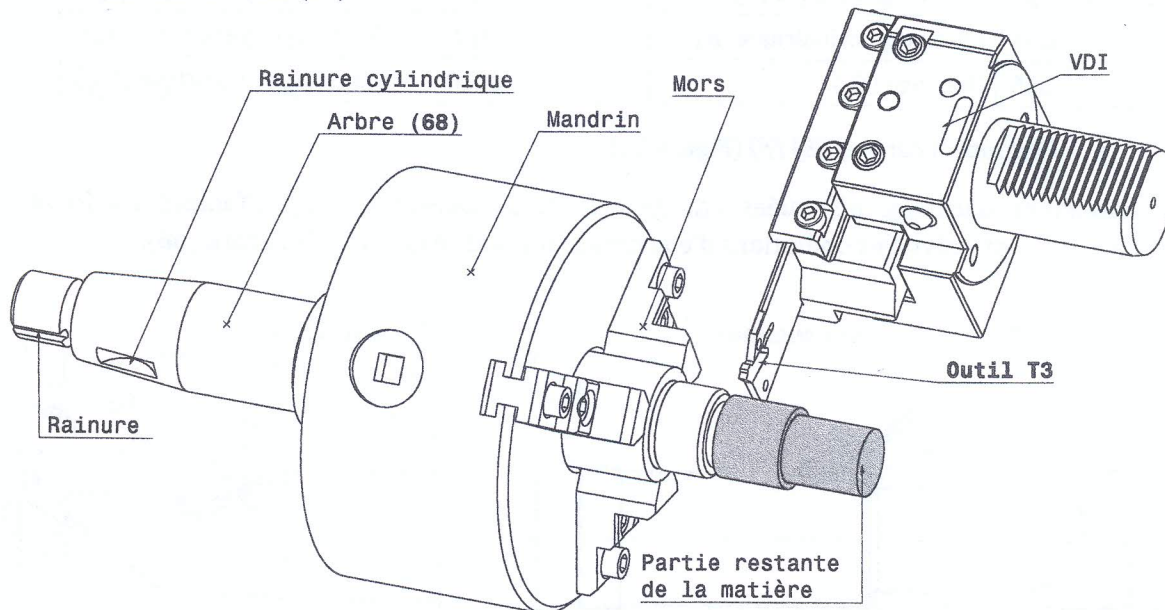


Figure. 12- Opération de tronçonnage réalisée en phase 500 sur l'arbre (68)

L'opération de tronçonnage est aussi schématisée pendant la **phase 500** sur la **Figure 13** et ceci à un instant t donné. Soit D le diamètre qui reste à tronçonner à cet instant.

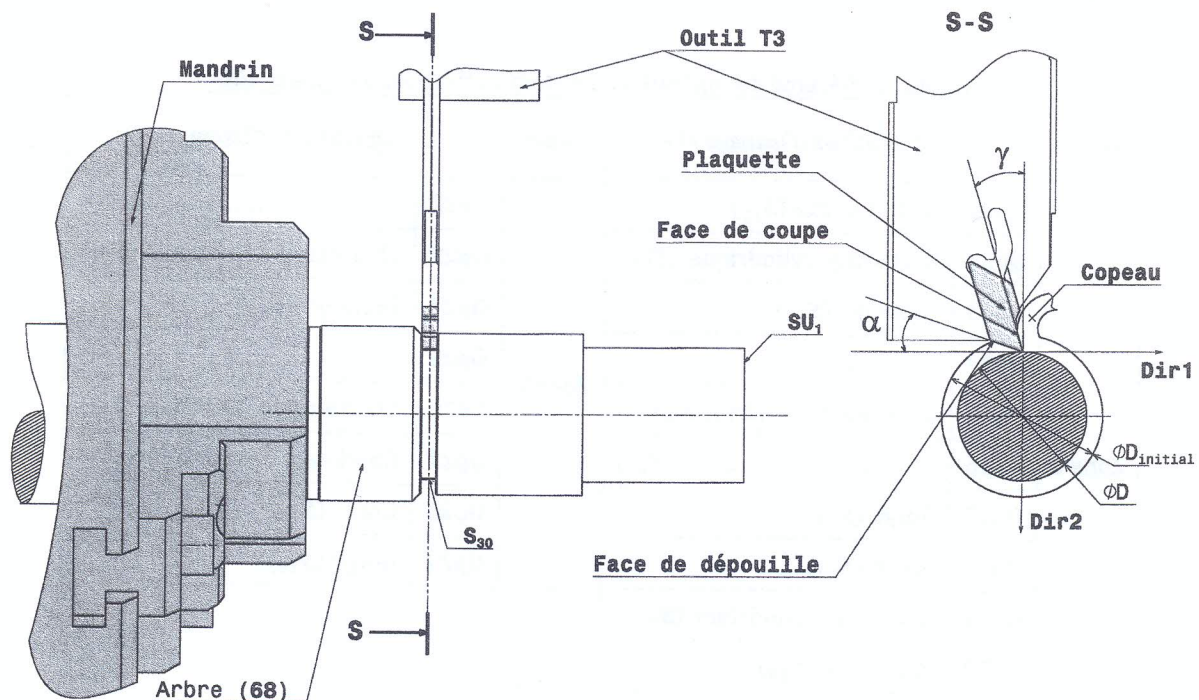


Figure. 13- Schématisation de l'opération de tronçonnage réalisé sur l'arbre (68)

Soit $S - S$ une section de coupe schématisant l'opération de tronçonnage pendant la phase 500 à l'instant t , générant un diamètre D .

Soient $Dir1$ et $Dir2$ les directions correspondantes respectivement aux mouvements de coupe et d'avance de l'outil à tronçonner ($T3$).

Soient $\vec{V}_c$ la vitesse de coupe qui est une vitesse tangentielle à la pièce et $\vec{V}_a$ la vitesse d'avance de l'outil. Par commodité, nous présentons sur la Figure 14 la vitesse $(-\vec{V}_c)$ et $\vec{V}_a$.

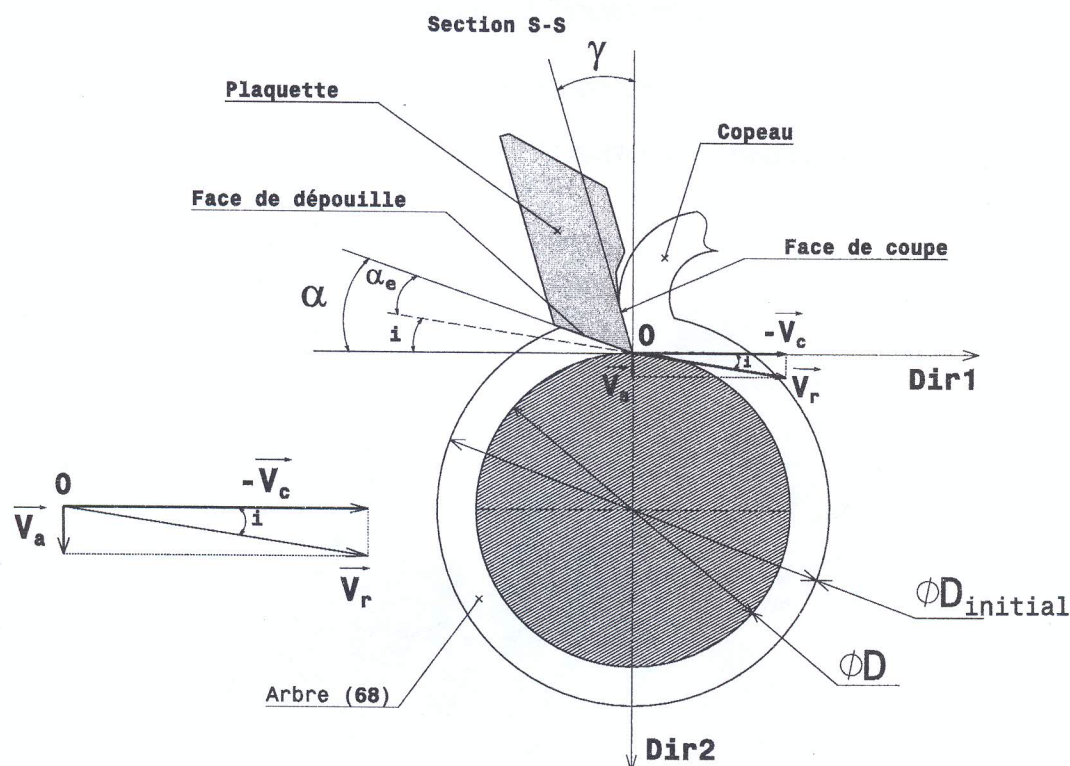


Figure. 14- Illustration de l'opération de tronçonnage réalisée sur l'arbre (68)

Soient γ et α deux angles caractéristiques de l'outil à tronçonner et $\vec{V}_r$ la vitesse résultante $\vec{V}_r = -\vec{V}_c + \vec{V}_a$.

En se référant à la section $S - S$ de la Figure 14, on note :

- $i = (\vec{V}_r, \vec{V}_c)$: angle définie par $i = \arctg \left(\frac{\|\vec{V}_a\|}{\|\vec{V}_c\|} \right)$.
- α_e : angle définie par $(\alpha_e = \alpha - i)$.

Le Tableau 4 regroupe les conditions opératoires de l'opération de tronçonnage.

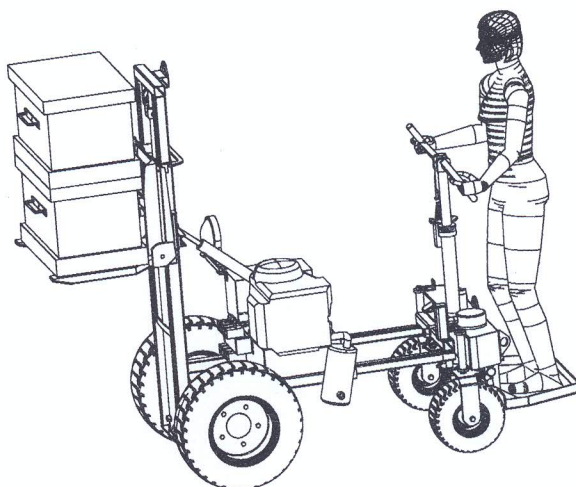
Tableau. 4 : Conditions opératoires de l'opération de tronçonnage

Vitesse de coupe V_c (m/min)	Avance par tour f (mm/tr)	Fréquence de rotation (tr/min)		Angle de dépouille de l'outil à tronçonner α
		N_{min}	N_{max}	
200	0,20	25	2500	6°

Session : 2020
 Concours : Technologie
 Épreuve de : Conception & Fabrication Mécanique (C.F.M)
 Date : Mardi 21 Juillet 2020 à 8H

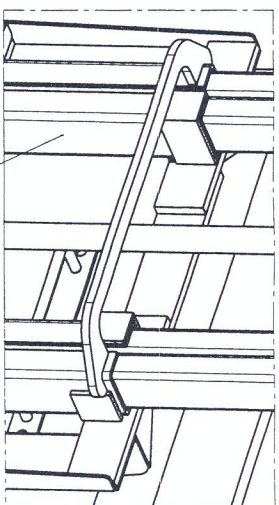
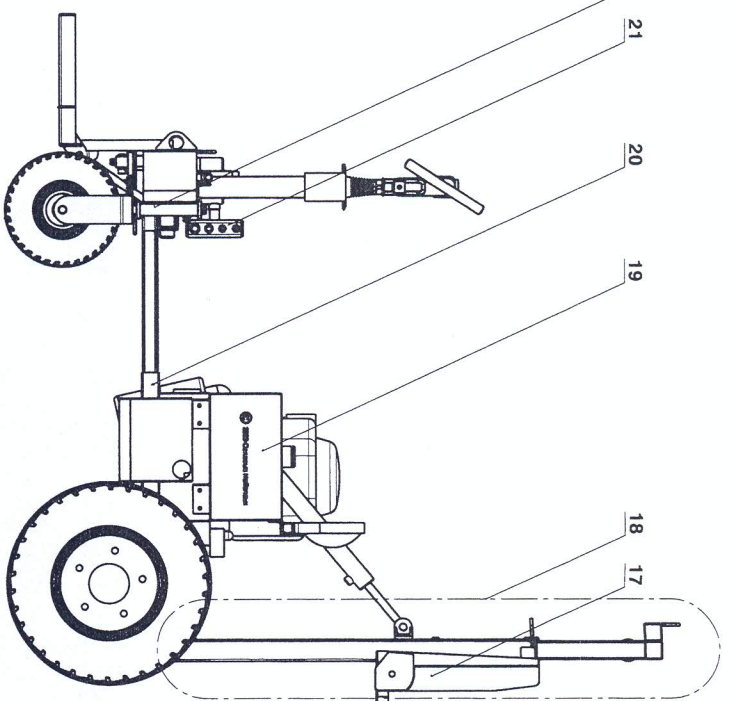
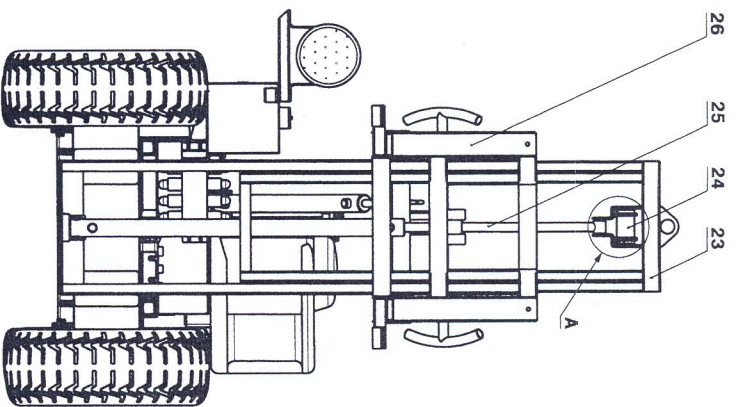
DOCUMENTS TECHNIQUES

Sujet : Étude d'un Chariot élévateur apicole

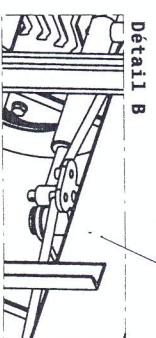
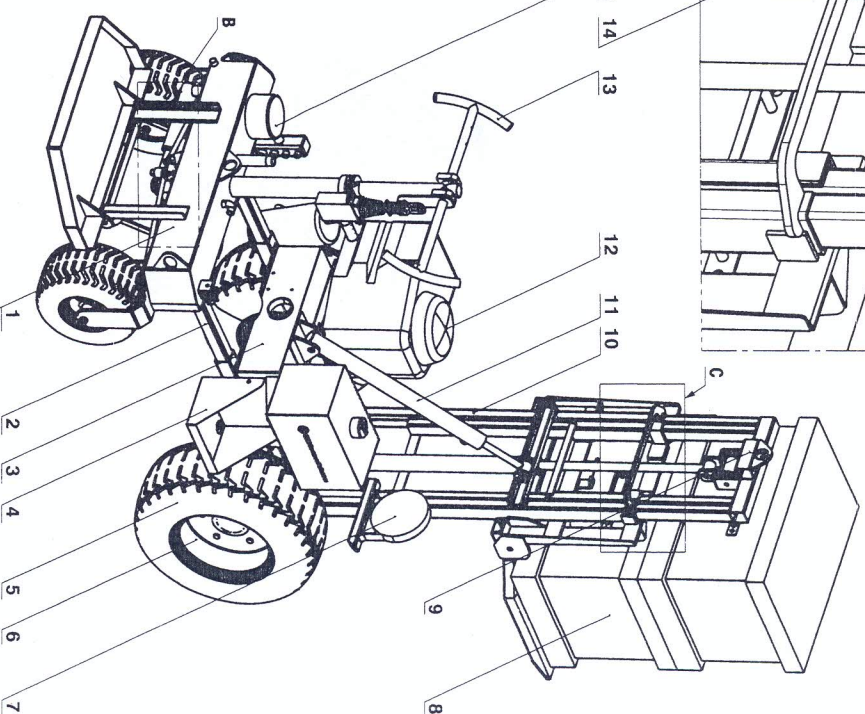


Ce dossier comporte 7 documents techniques numérotés de DT-01 à DT-07

DT	Document Technique		Questions
DT-01	<i>Chariot élévateur apicole</i>	<i>Détail A Détail B Détail C</i>	A1 → A11
DT-02	Mécanisme de direction		A12 → A18
DT-03	<i>Ensemble roue motrice</i>	<i>Coupe A-A</i>	A19 → A29
DT-04	Nomenclature générale		
DT-05	<i>Extrait catalogue constructeur</i>		A5 → A10/ A29
DT-06	Flasque	Coupe B-B	B6 → B10
DT-07	<i>Arbre roue motrice</i>	<i>Section C-C Détail D Détail E Détail F</i>	B11 → B19

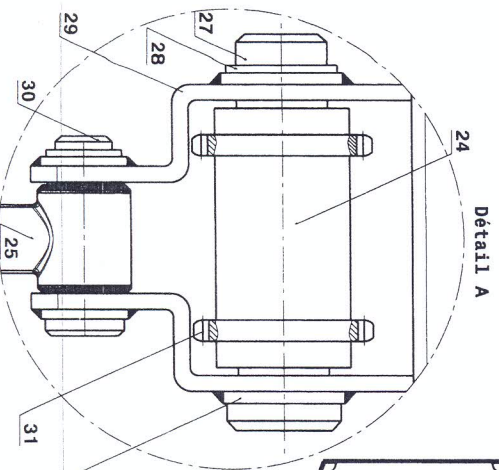


Détail C

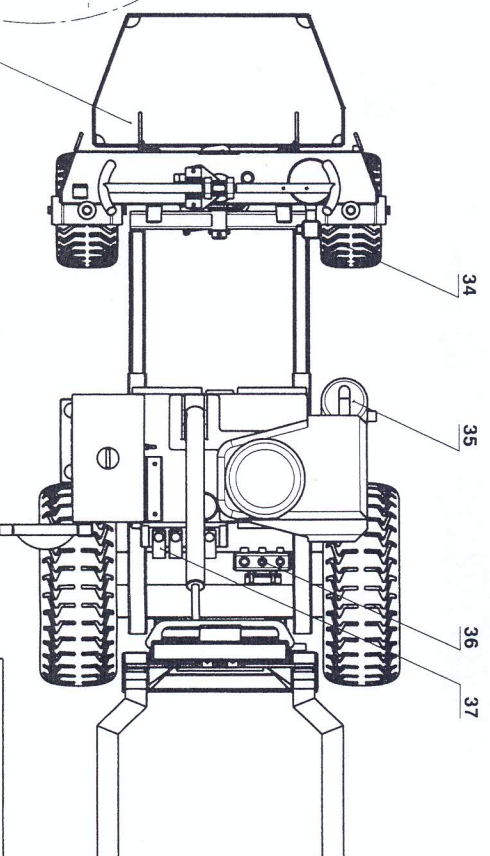


Détail B

Mécanisme de direction (Voir DT-02)



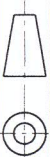
Détail A



Note

Châssis non représentés
Flexibles de vérin non représentés
Vérin d'empattement non représenté

Echelle 1:15



Chariot élévateur apicole

Session 2020

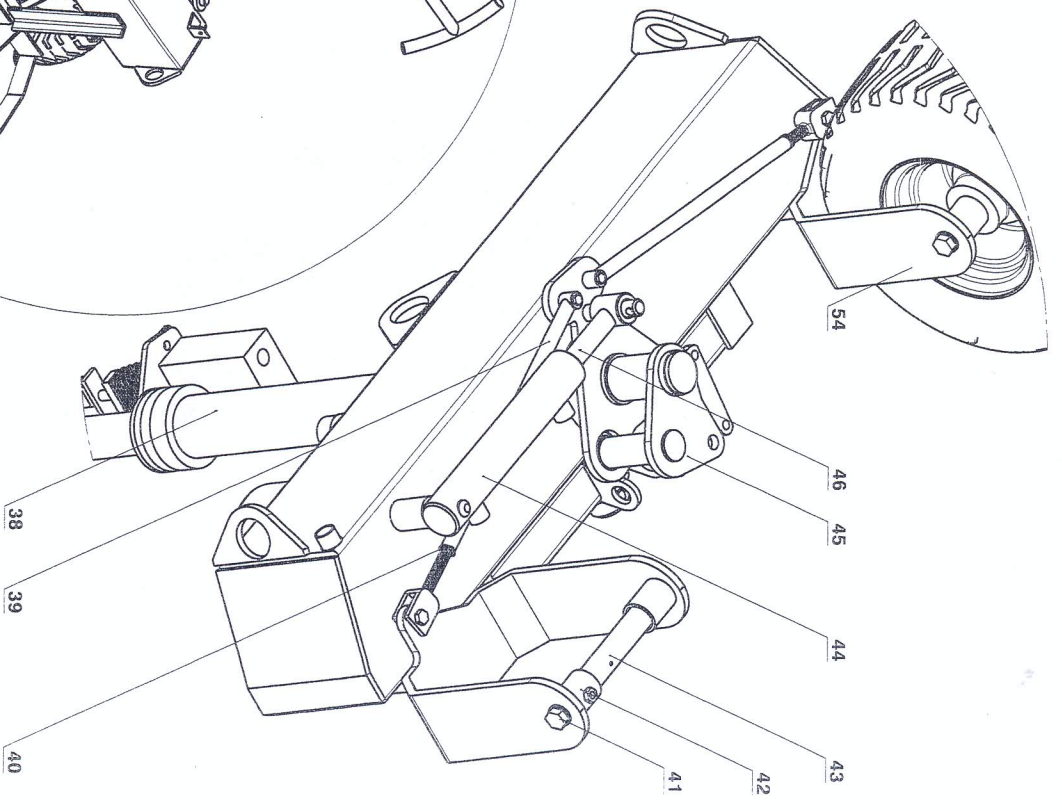
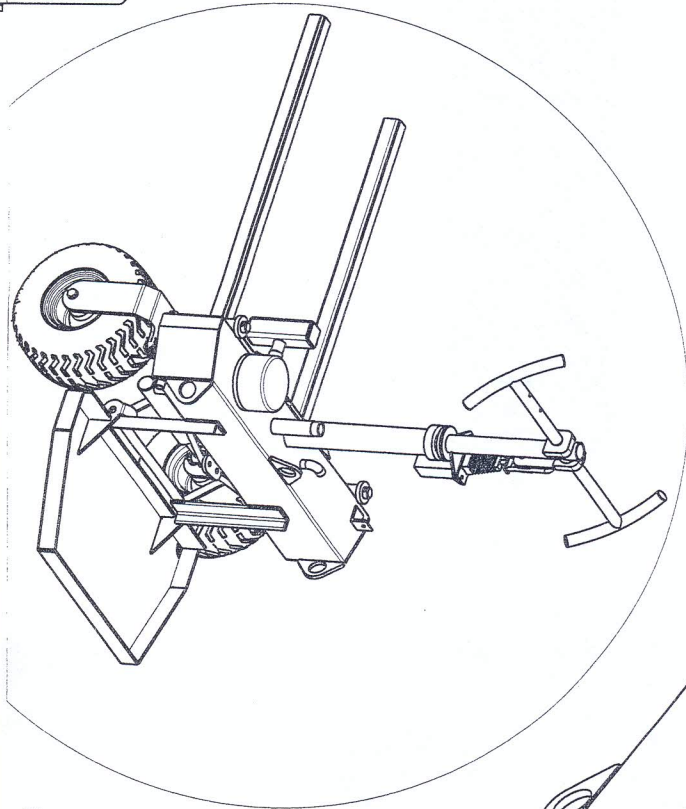
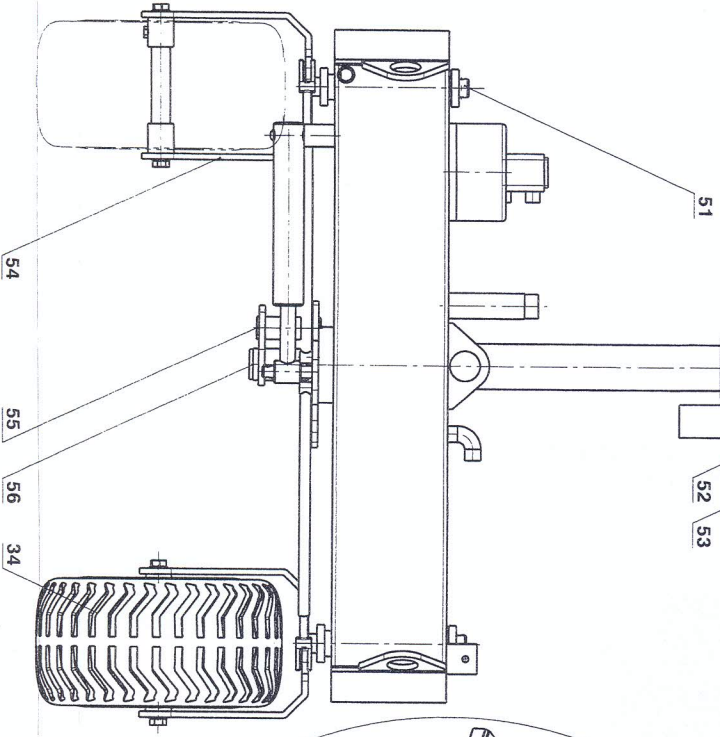
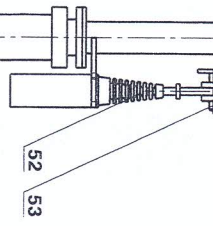
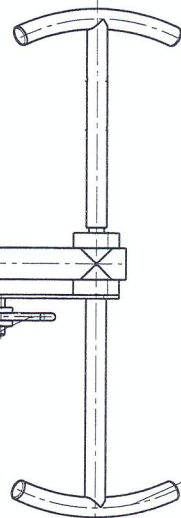
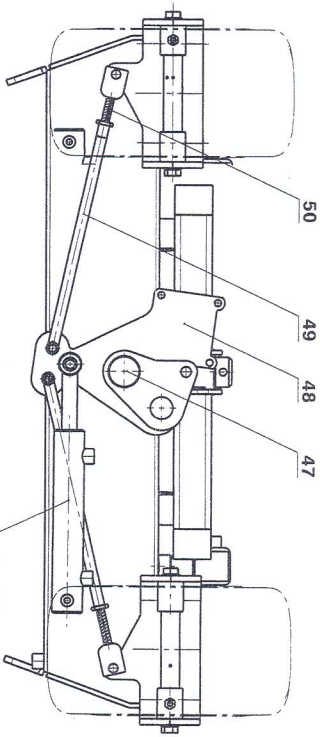
Format A3

Concours nationaux d'entrée aux cycles de formation d'ingénieurs

Concours Techno - Epreuve C.F.M

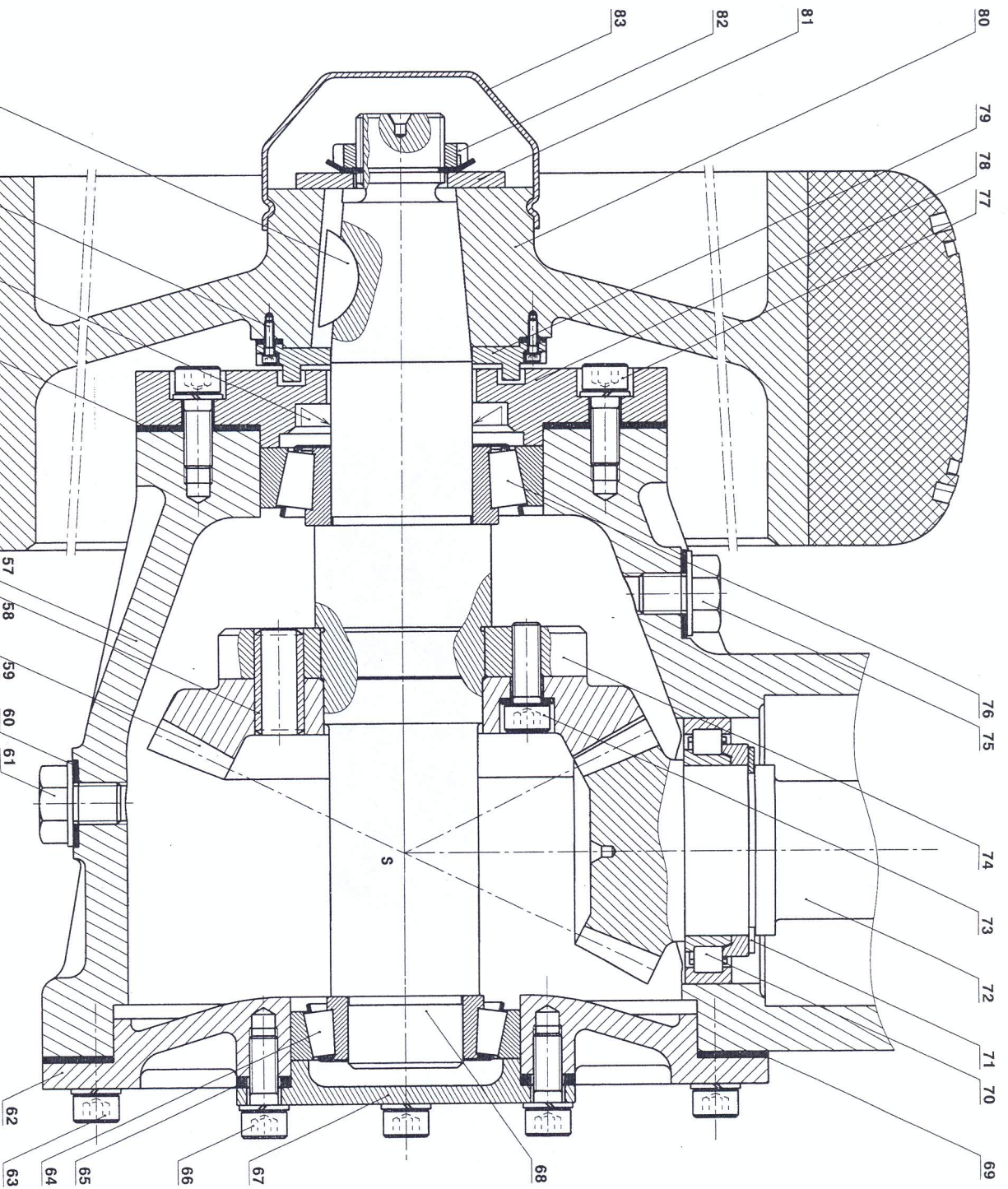
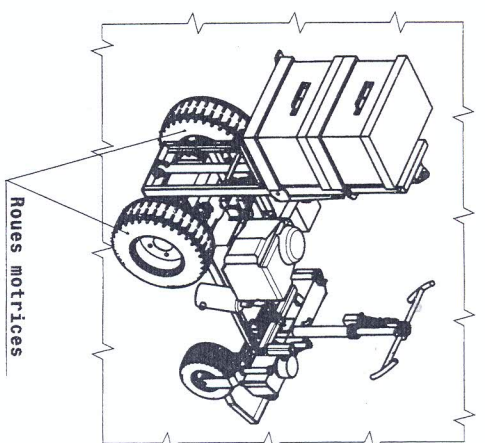
Etude d'un chariot apicole

DT-01



Note: roue arrière directrice droite enlevée

Echelle 1:7	Mécanisme de direction	Session 2020
Concours nationaux d'entrée aux cycles de formation d'ingénieurs	Format A3	



Echelle 4:5 	Ensemble Roue motrice	
	Session 2020	
	Format A3	

Concours nationaux d'entrée aux cycles de formation d'ingénieurs

Concours Techno - Epreuve C.F.M

Etude d'un chariot apicole

DT-03

43	2	Arbre roue arrière			DT-02
42	4	Entretoise roue arrière			
41	4	Vis à tête hexagonale			DT-01
40	2	Ecrou réglable			
39	1	Barre de direction gauche			DT-01
38	1	Potence de guidage			
37	1	Distributeur électrique 4 tiroirs			DT-01
36	1	Doudoune sur poutre avant			
35	1	Pot d'échappement			DT-01
34	2	Roue arrière directrice			
33	1	Plate-forme conducteur			DT-01
32	2	Bague mécano-soudée			
31	2	Roue dentée de chaîne -pignon			DT-01
30	1	Axe d'articulation de vérin			
29	1	Chape d'extention des chaînes			DT-01
28	1	Anneau élastique			
27	1	Axe de rouleau de chaîne			DT-01
26	1	Coulisse chariot			
25	1	Vérin hydraulique de montée de charge			DT-01
24	1	Rouleau de chaînes (double pignon)			
23	1	Traverse supérieure			DT-01
22	2	Axe d'articulation			
21	1	Doudoune sur filtre			DT-01
20	2	Fourreau	Fer carré	50x50	
19	1	Réservoir à essence			DT-01
18	1	Mât complet			
17	1	Chariot mobile			DT-01
16	2	Fourche courte	Profilé "U"	100x80	
15	1	Filtre hydraulique au retour			DT-01
14	2	Coulisse interne			
13	1	Guidon de commande			DT-01
12	1	Moteur essence	FH381	Kawasaki	
11	1	Vérin de tilt			DT-01
10	2	Coulisse externe			
9	1	Anneau d'attache			DT-01
8	2	Cadre de ruche d'abeilles	Profilé "U"	100x80	
7	1	Support phare sur réservoir			DT-01
6	2	Jante de roue-avant			
5	2	Roue-avant motrice (pneumatique)			DT-01
4	1	Bac de batterie			
3	1	Poutre avant			DT-01
2	2	Balancier			
1	1	Réservoir hydraulique			DT-01
Rep	Nbre	Désignation	Matériaux	Obs.	

Concours nationaux d'entrée aux cycles de formation d'ingénieurs



Etude d'un chariot apicole

Session 2020

DT-04

88	1	Roue	Caouchouc		DT-03
87	1	Joint plat			
86	1	Joint à lèvres type A 35x52x7			
85	6	Vis de fixation CHC M5			
84	1	Clavette disque NF E22-179			
83	1	Cache poussière			
82	1	Ecrou à encoches type MB 150x2+ rondelle frein			
81	1	Rondelle d'appui			
80	1	Jante roue arrière	GE360	Moulée	
79	1	Couvercle -chicane			
78	1	Couvercle			DT-03
77	6	Vis de fixation CHC M8			
76	1	Roulement à rouleaux coniques			
75	1	Bouchon de remplissage G1 / 4			
74	1	Flasque arbre roue-arrière		SKF	
73	5	Vis de fixation CHC M6			
72	1	Pignon arbré (pignon d'attaque)	35 Cr Mo 4		
71	1	Anneau élastique			
70	1	Roulement à rouleaux cylindriques		SKF	
69	1	Joint plat			DT-03
68	1	Arbre roue-arrière	35 Cr Mo 4		
67	1	Couvercle	E360		
66	6	Vis de fixation CHC M8			
65	1	Cales clinquants			
64	1	Roulement à rouleaux coniques		SKF	
63	6	Vis de fixation CHC M8	GE360	Moulé	
62	1	Flasque			
61	1	Bouchon de vidange G1/4			
60	1	Joint plat type AR			
59	1	Roue dentée conique à dentures droites			DT-02
58	1	Goupille élastique ISO 8752-6x30			
57	1	Carter	GE360	Moulé	
56	1	Tube guidon	35 Cr Mo 4		
55	1	Entretoise de renforcement			
54	2	Chape (D: Droite, G: Gauche)			
53	1	Fourchette			
52	1	Joystick de commande d'avancée AV/AR			
51	1	Direction roue-arrière			
50	1	Chape réglable droite			DT-02
49	2	Barre de direction droite			
48	1	Base de direction			
47	1	Axe			
46	1	Tige de vérin de direction			
45	1	Tête de direction			
44	1	Corps du vérin de direction			
Rep	Nbre	Désignation	Matériaux	Obs.	

Concours nationaux d'entrée aux cycles de formation d'ingénieurs

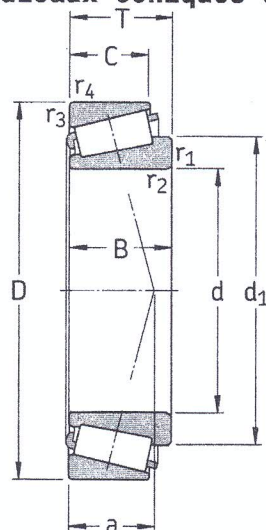


Etude d'un chariot apicole

Session 2020

DT-04

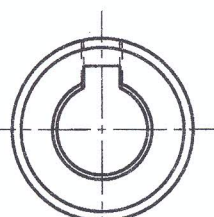
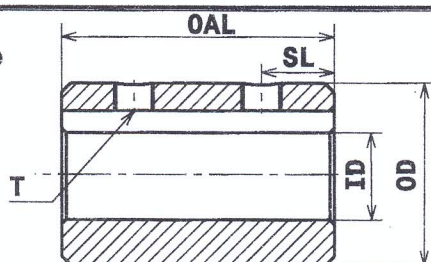
Roulements à rouleaux coniques à une rangée, cotes métriques



SKF

Dimensions d'encombrement			Charges de base dyn. stat.		Limite de fatigue P_u	Vitesse de base Vitesse de référence Vitesse limite		Masse	Désignation	Série de dimensions selon ISO 355 (ABMA)
d	D	T	C	C_0						
mm			kN		kN	tr/min		kg	—	—
30	55	17	35,8	44	4,55	9 000	12 000	0,17	32006 X/Q	4CC
	62	17,25	40,2	44	4,8	8 500	11 000	0,23	30206 J2/Q	3DB
	62	21,25	50,1	57	6,3	8 500	11 000	0,28	32206 J2/Q	3DC
	62	21,25	49,5	58,5	6,55	8 000	11 000	0,30	32206 BJ2/QCL7CVA606	5DC
	62	25	64,4	76,5	8,5	7 500	11 000	0,37	33206/Q	2DE
32	53	14,5	27	35,5	3,65	9 000	12 000	0,11	JL 26749 F/710	(L 26700)
	58	17	36,9	46,5	4,8	8 500	11 000	0,19	320/32 X/Q	4CC
	64	18,25	50,2	64	6,8	8 000	11 500	0,22	322/32X/Q	4CC

Accouplement rigide



Size	UPC Number	OAL (mm)	SL (mm)	T Bolt (in)	OD (mm)	ID (mm)
SC-250	14322	19	5	8-32 x 1/8	12	6
SC-312	14324	25	6	8-32 x 1/8	16	8
SC-375	14326	25	6	10-24 x 3/16	20	10
SC-500	14330	38	10	1/4-20 x 3/16	26	13
SC-625	14332	50	12	5/16-18 x 1/4	32	16
SC-750	14335	50	12	5/16-18 x 5/16	38	19
SC-875	14338	50	12	5/16-18 x 5/16	44	22
SC-1000	14343	76	19	3/8-16 x 3/8	50	25
SC-1125	14346	76	19	3/8-16 x 3/8	54	29
SC-1250	14349	101	25	3/8-16 x 3/8	57	32
SC-1375	14352	114	25	3/8-16 x 3/8	64	35

Concours nationaux d'entrée aux cycles de formation d'ingénieurs



Etude d'un chariot apicole

Session 2020

DT-05

DIN 8187

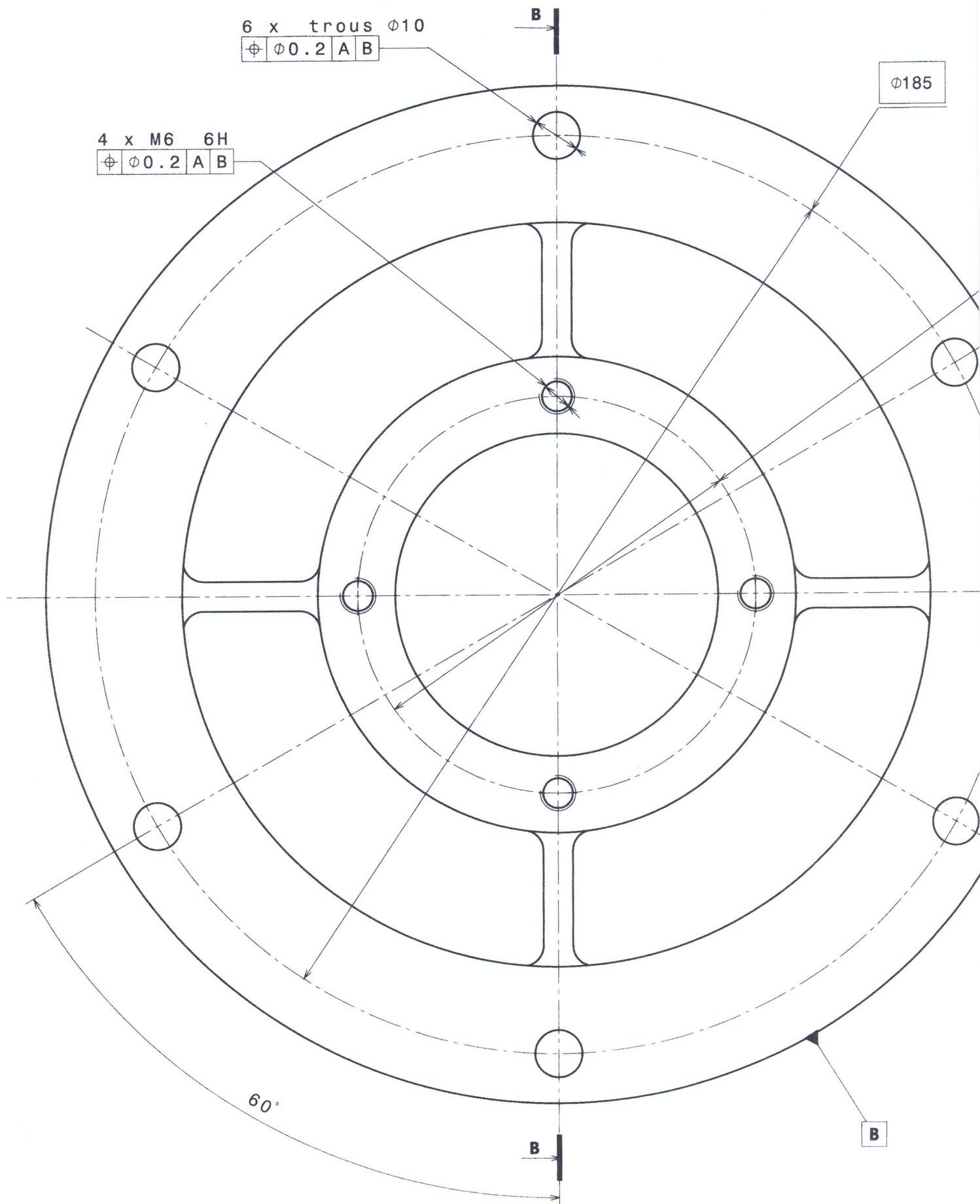


No. de dents du petit pignon	Ø primitif de référence mm	Vitesse de rotation du petit pignon																			
		50	200	400	600	900	1200	1800	2400	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000	9000
		Lubr. manuelle		Lubr. par compte-gouttes				Lubrification par barbotage				Lubrification par pompe à huile									
13	53,10	0,23	0,80	1,50	2,16	3,11	4,02	4,99	3,24	2,32	1,84	1,51	1,27	1,07	0,93	0,82	0,72	0,65	0,58	0,53	—
14	57,10	0,25	0,87	1,62	2,33	3,37	4,36	5,58	3,62	2,59	2,06	1,68	1,41	1,21	1,04	0,92	0,82	0,72	0,66	0,59	—
15	61,10	0,27	0,93	1,75	2,52	3,62	4,70	6,19	4,02	2,88	2,28	1,87	1,57	1,33	1,16	1,02	0,90	0,81	0,72	—	—
16	65,10	0,29	1,00	1,87	2,70	3,88	5,03	6,82	4,42	3,17	2,52	2,06	1,72	1,47	1,27	1,12	0,99	0,89	0,80	—	—
17	69,10	0,31	1,07	2,00	2,88	4,15	5,37	7,47	4,85	3,47	2,76	2,26	1,89	1,62	1,40	1,23	1,09	0,97	0,87	—	—
18	73,10	0,32	1,14	2,12	3,07	4,42	5,72	8,13	5,28	3,78	3,00	2,46	2,06	1,76	1,52	1,33	1,18	1,06	0,96	—	—
19	77,20	0,35	1,21	2,26	3,25	4,68	6,06	8,75	5,73	4,10	3,26	2,67	2,23	1,91	1,65	1,45	1,28	1,15	1,04	—	—
20	81,20	0,37	1,27	2,38	3,43	4,95	6,41	9,25	6,19	4,42	3,52	2,88	2,41	2,06	1,78	1,57	1,39	1,24	1,12	—	—
21	85,20	0,38	1,35	2,52	3,62	5,22	6,76	9,75	6,66	4,77	3,78	3,09	2,59	2,22	1,92	1,68	1,49	1,33	1,21	—	—
22	89,20	0,41	1,42	2,64	3,81	5,48	7,10	10,25	7,14	5,11	4,06	3,32	2,78	2,37	2,06	1,81	1,60	1,43	—	—	—
23	93,30	0,42	1,48	2,77	3,99	5,75	7,45	10,75	7,63	5,46	4,33	3,55	2,97	2,54	2,20	1,93	1,72	1,53	—	—	—
24	97,30	0,45	1,56	2,90	4,18	6,02	7,80	11,25	8,13	5,82	4,62	3,78	3,17	2,71	2,34	2,06	1,82	1,63	—	—	—
25	101,30	0,47	1,62	3,03	4,37	6,29	8,15	11,75	8,67	6,19	4,91	4,02	3,37	2,88	2,49	2,19	1,94	—	—	—	—
28	113,40	0,52	1,83	3,42	4,94	7,12	9,25	13,25	10,25	7,33	5,82	4,77	3,99	3,41	2,96	2,59	2,30	—	—	—	—
30	121,50	0,57	1,98	3,69	5,32	7,67	9,92	14,33	11,33	8,13	6,46	5,28	4,42	3,78	3,27	2,88	—	—	—	—	—
32	129,60	0,61	2,12	3,96	5,71	8,22	10,67	15,33	12,50	9,00	7,12	5,82	4,88	4,17	3,61	3,17	—	—	—	—	—
35	141,70	0,67	2,33	4,37	6,28	9,08	11,75	16,92	14,33	10,25	8,13	6,66	5,58	4,77	4,13	—	—	—	—	—	—
40	161,90	0,77	2,70	5,04	7,26	10,42	13,58	19,50	17,50	12,50	9,92	8,13	6,82	5,82	—	—	—	—	—	—	—

Concours Technologie - Epreuve C.F.M

Session 2020

DT-05



Matière : EN-GJS-500-7

Tolérances générales ISO 2768 mk sauf indications

$\sqrt{\text{Ra } 3.2}$ sauf indication

B-B

⊙ 0.02 A

⌀80

A

⌀65 H7

Ra 1.6

⌀165 h6

7.5

⊥ 0.03 A
⊕ 0.1 B

Echelle 1:1

Flasque

Session 2020

Rep. 62

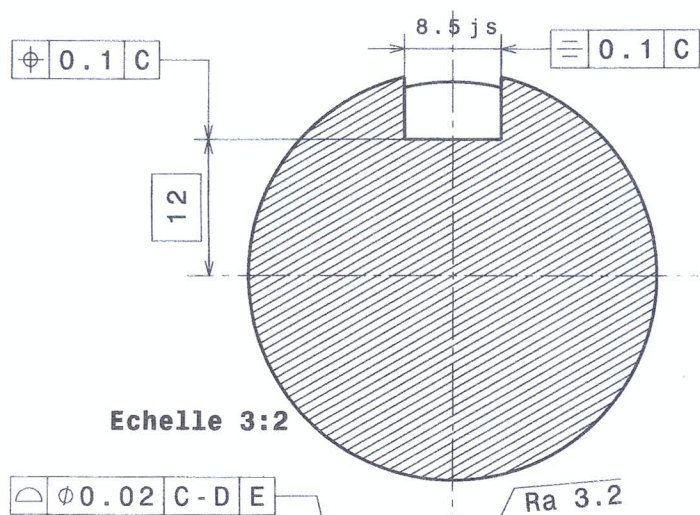
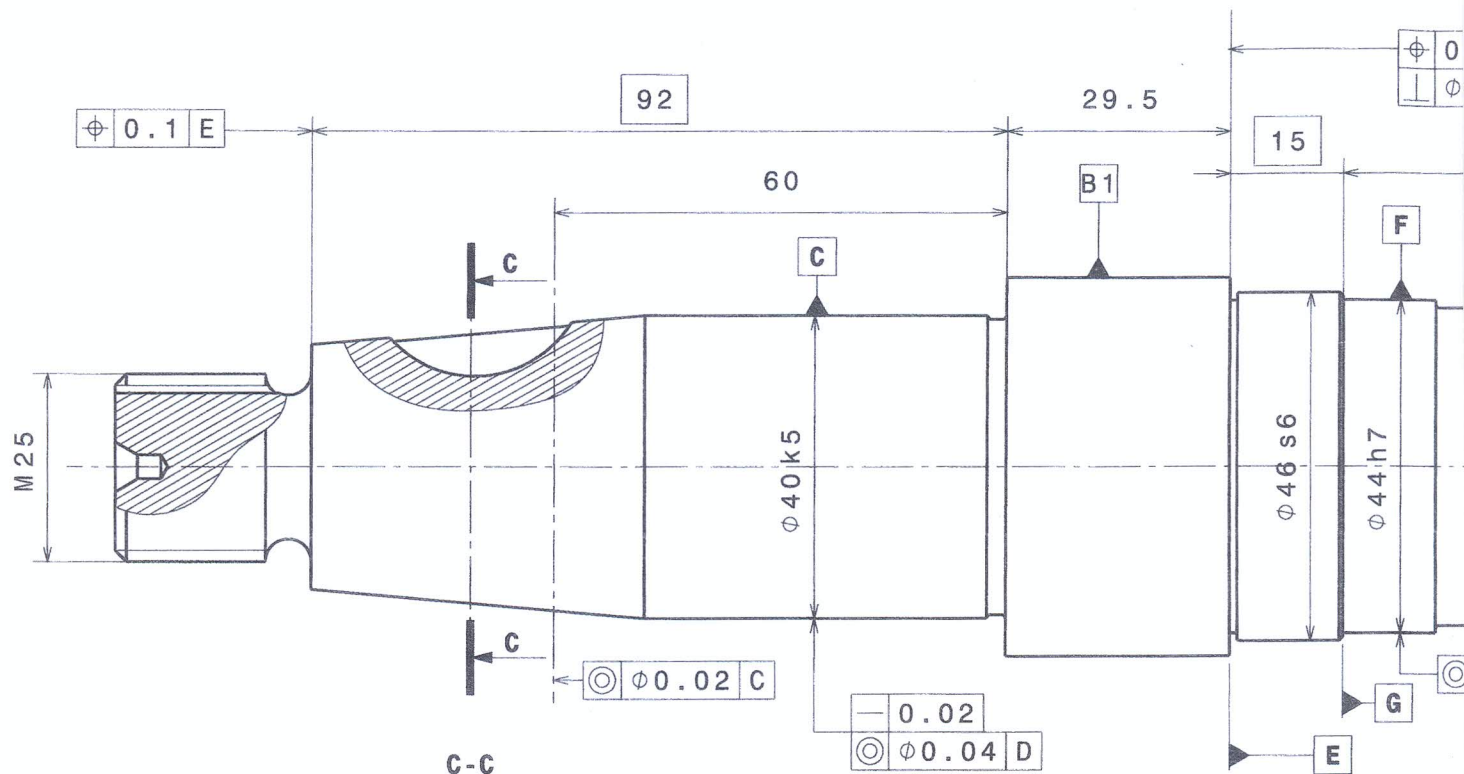
Format A3

Concours nationaux d'entrée aux cycles de formation d'ingénieurs

Concours Techno - Epreuve C.F.M

Etude d'un chariot apicole

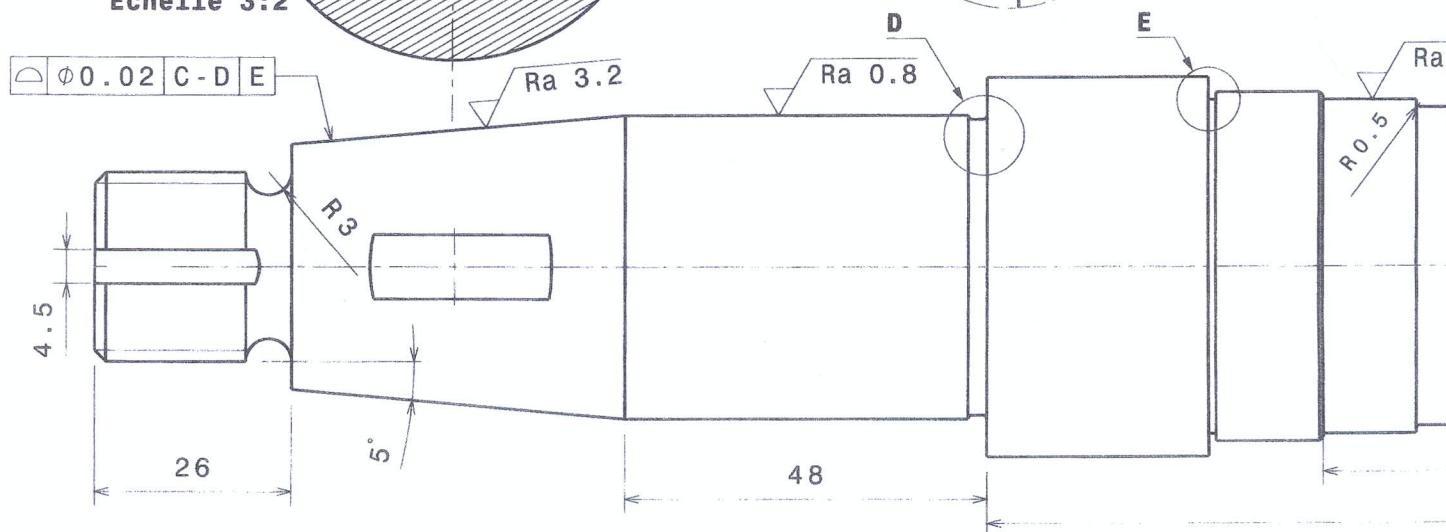
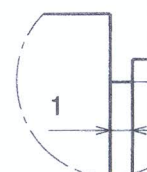
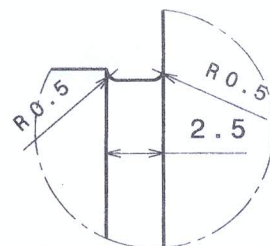
DT-06



Echelle 3:2

Détail D

Détail



Matière : 35 Cr Mo 4

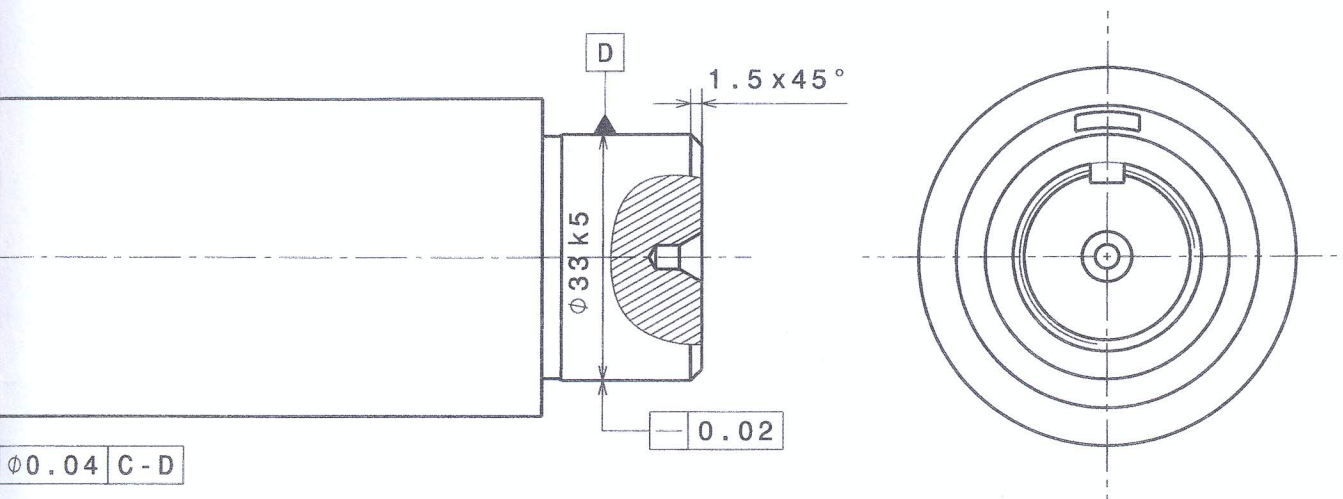
$\sqrt{Ra 6.3}$ sauf indications

Tolérances générales selon la norme ISO 2768 mk sauf indications

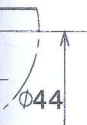
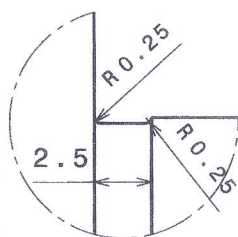
1 G
0.02 C-D

0.1 E

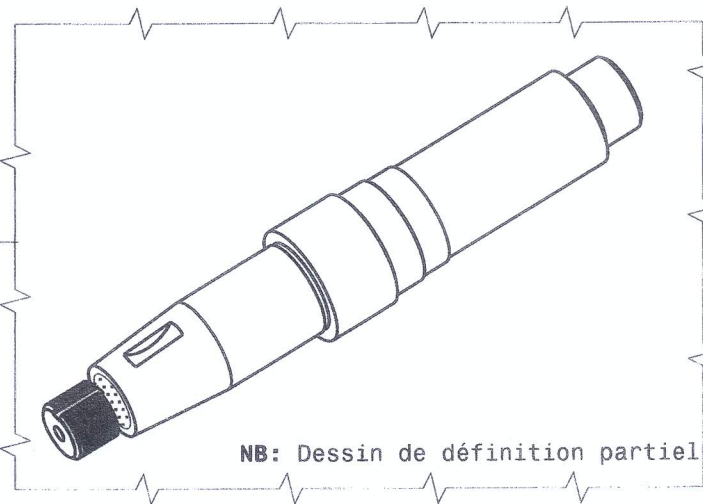
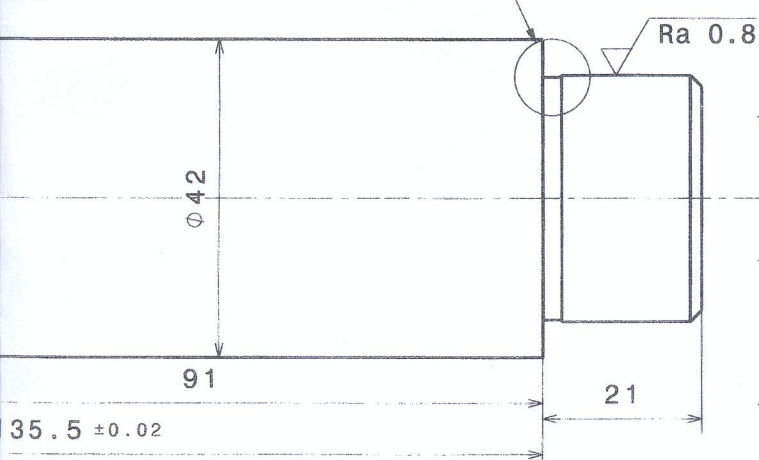
0.04 C-D



Détail F



3.2



NB: Dessin de définition partiel

Echelle 1:1

Arbre roue-motrice

Session 2020

Rep. 68

Format A3

Concours nationaux d'entrée aux cycles de formation d'ingénieurs

Concours Techno - Epreuve C.F.M

Etude d'un chariot apicole

DT-07

Dossier

Document Réponses

◆ Ce dossier comporte **21** pages numérotées de **1 à 21**

- **Partie A-** Conception Mécanique : Page **1 à 14**
- **Partie B-** Fabrication Mécanique : Page **15 à 21**

Important

- Un seul document réponses est fourni au candidat.
- Le candidat doit rendre obligatoirement le document réponses avant de quitter la salle d'Examen.
- Le document réponses doit être rendu en intégralité (*aucune feuille ne doit être supprimée*).
- *Toute suppression* de feuilles du document réponses est considérée comme étant une tentative de fraude.
- Le renouvellement ou la reproduction de ce dossier sont strictement interdits.

Partie A : Conception Mécanique

◆ Section A1- Étude du chariot apicole

(DT-01)

A-1.

- a- Représenter à l'échelle sur la Figure 15 les nouvelles positions P_1, A_1, M_1 et B_1 des points P', A, M et B correspondantes à une course du vérin de levée de $c = 300 \text{ mm}$, sachant que la longueur de la chaîne PP' demeure constante et indépendante du déplacement du vérin.

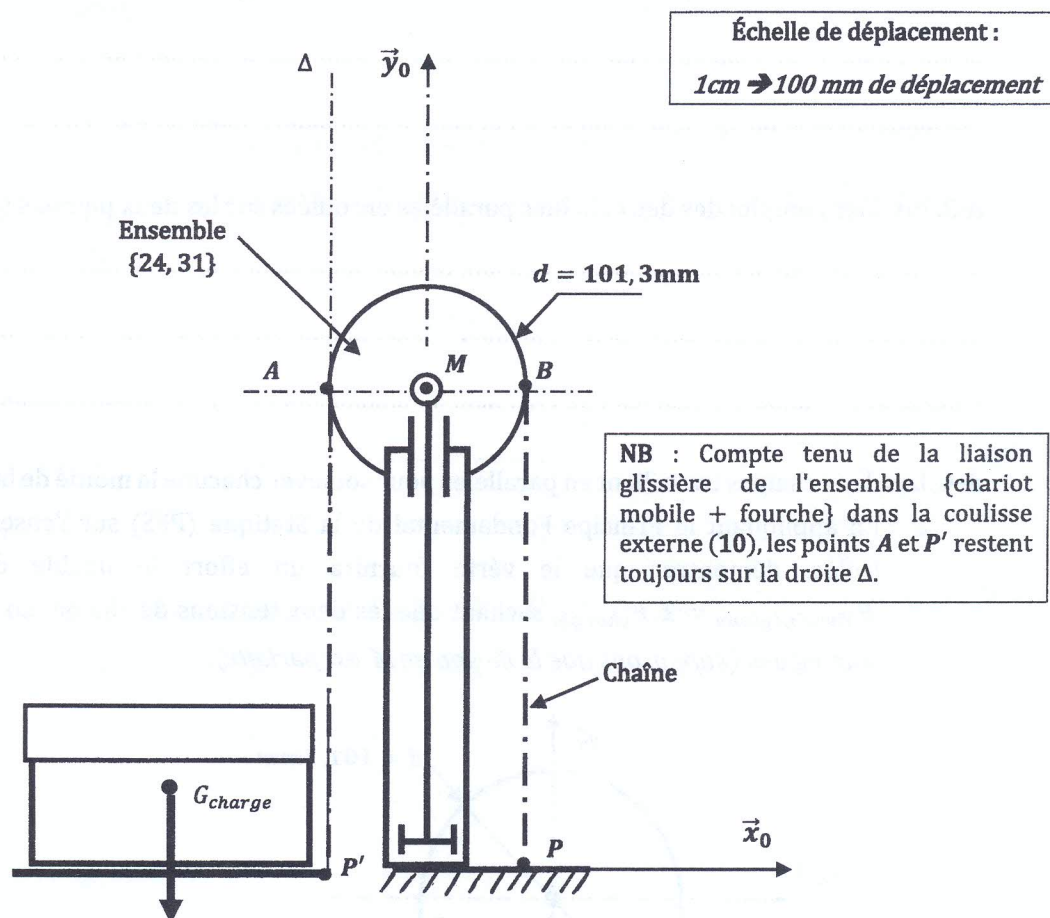


Figure. 15- Différentes positions de la chaîne de levage

- b- Déduire graphiquement le déplacement ($Y_{G_{charge}}$) de la charge suivant la direction $\vec{y}_0$.
Conclure.

.....

.....

.....

.....

A-2. Déterminer analytiquement la relation entre la course du vérin de levée et le déplacement de la charge ($V_{Gcharge}$) suivant la direction $\vec{y}_0$.

En déduire que $V_{M\text{vérin}/R_0} = \frac{1}{2} V_{Gcharge} \in 17/R_0$.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

A-3. Justifier l'emploi des deux chaînes parallèles enroulées sur les deux pignons (31).

.....

.....

.....

A-4. Les deux chaînes travaillent en parallèles pour soulever chacune la moitié de la charge totale.

- a- En appliquant le Principe Fondamental de la Statique (PFS) sur l'ensemble {24, 31} isolée, démontrer que le vérin fournira un effort le double de la charge $F_{M\text{vérin}/\text{pignon}} = 2 \cdot P_{charge}$, sachant que les deux tensions de chaîne aux points A et B sont égales (supposons que la liaison en M est parfaite).

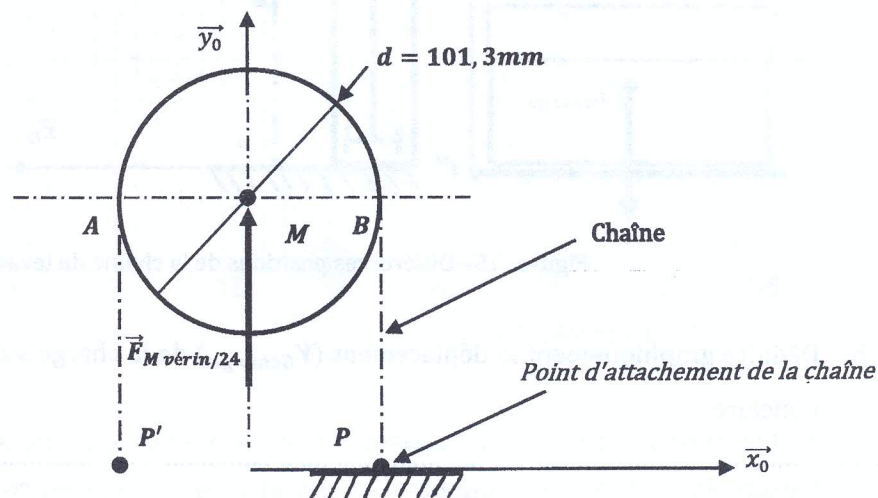


Figure. 16- Ensemble {24, 31} isolé

- b- Calculer la force du vérin nécessaire pour pouvoir soulever une charge égale à **330 Kg** (*y compris le poids de la fourche*).

A-5. En se référant à la **Figure 15**, estimer la **longueur** de la chaîne pour une course $C_{Charge} = 1400 \text{ mm}$ du chariot mobile porte-charge. On donne : $PB = 200 \text{ mm}$, Pignon double (31) de diamètre primitif $d = 101,3 \text{ mm}$.

A-6. Le mât étant vertical, le chariot apicole est à l'arrêt. Déterminer pour ce cas, la puissance P à transmettre par chacune des deux chaînes pour assurer la montée de la charge. On suppose que la charge est équitablement répartie sur les deux chaînes.

On donne :

- Le rendement du système pignon-chaîne $\eta = 0,90$
- Charge maximale sur fourches $m = 330 \text{ Kg}$
- Vitesse maximale de déplacement du chariot mobile (fourche) : $V = 0,2 \text{ m/s}$

A-7. En considérant un fonctionnement de la chaîne **sans à-coups** (facteur de service $s = 1$), déterminer le type et le pas de chaîne sachant que le diamètre primitif du pignon est $d = 101,3 \text{ mm}$ (Voir Catalogue DT-05).

.....

.....

A-8. Déterminer le nombre de dents du pignon.

.....

.....

.....

A-9. Déterminer la puissance transmissible par un seul brin de ce type de chaîne (DT05).

.....

.....

.....

A-10. Déduire le nombre minimal de brins de chaîne.

.....

.....

.....

A-11. En se référant à la Figure 17, écrire la condition pour que la charge ne glisse pas vers l'avant en cas de freinage violent. On suppose qu'il n'y aura de basculement (rotation) de la charge par rapport à la fourche durant la décélération. Le coefficient d'adhérence entre la charge et la fourche est noté f . La décélération au freinage est $\vec{\gamma}_{Charge/R_0} = -a\vec{X}$.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

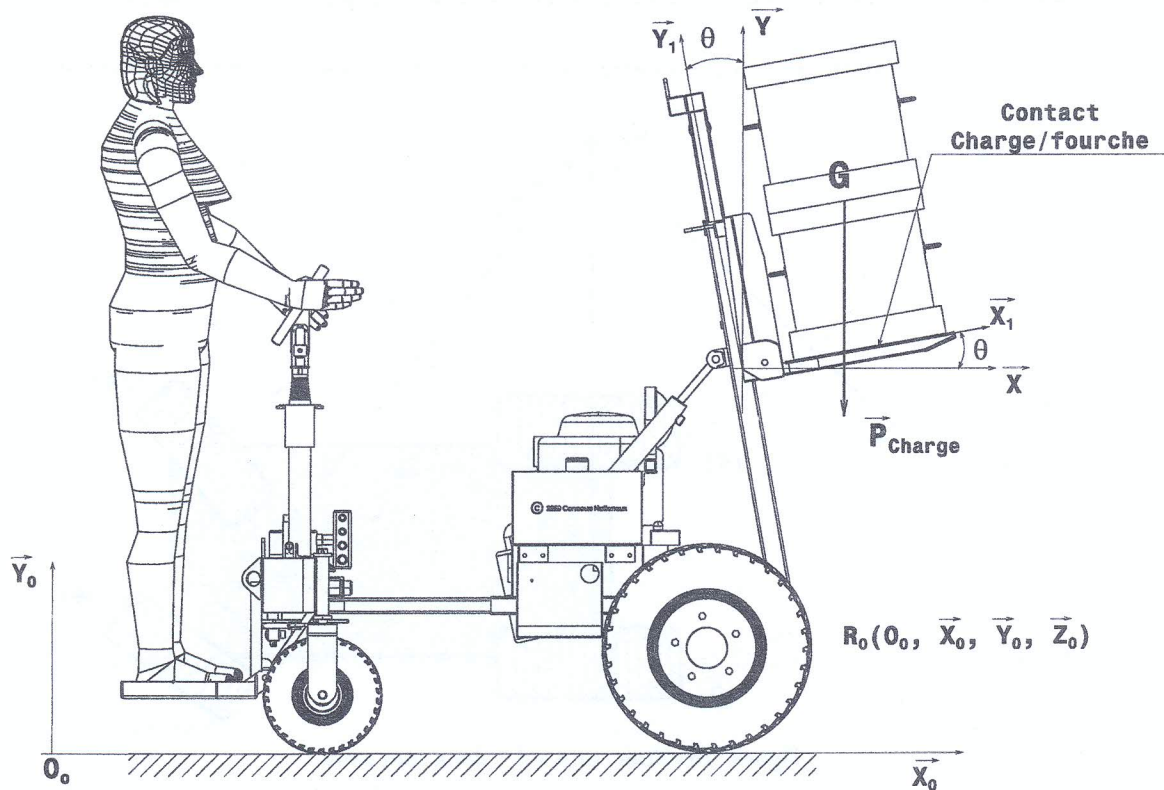


Figure. 17- Angle d'inclinaison - cas du freinage

◆ Section A2- Analyse du mécanisme de direction (DT-02)

A-12. Indiquer les repères des éléments responsables du changement de direction du véhicule.

.....

.....

A-13. Dans le cas de changement de direction des roues-arrière (34), le frottement avec le sol induira un couple résistant. Mettre une croix devant la case qui convient.

☐	Le couple nécessaire pour vaincre le frottement des roues est fourni totalement par l'opérateur
☐	Une grande proportion du couple sera fournie par le vérin de direction {44, 46} à la place de l'opérateur
☐	La commande des roues est purement hydraulique
☐	La commande de direction étant hybride (mécanique et hydraulique)

A-14. Il est à noter que les vitesses des deux roues-motrices (5) sont égales, avec deux trajectoires en demi-cercle de centre (Cc). que se passe-t-il au niveau du contact entre chacune des roues motrices (5) et le sol en cas de manœuvre de demi-tour à droite ?

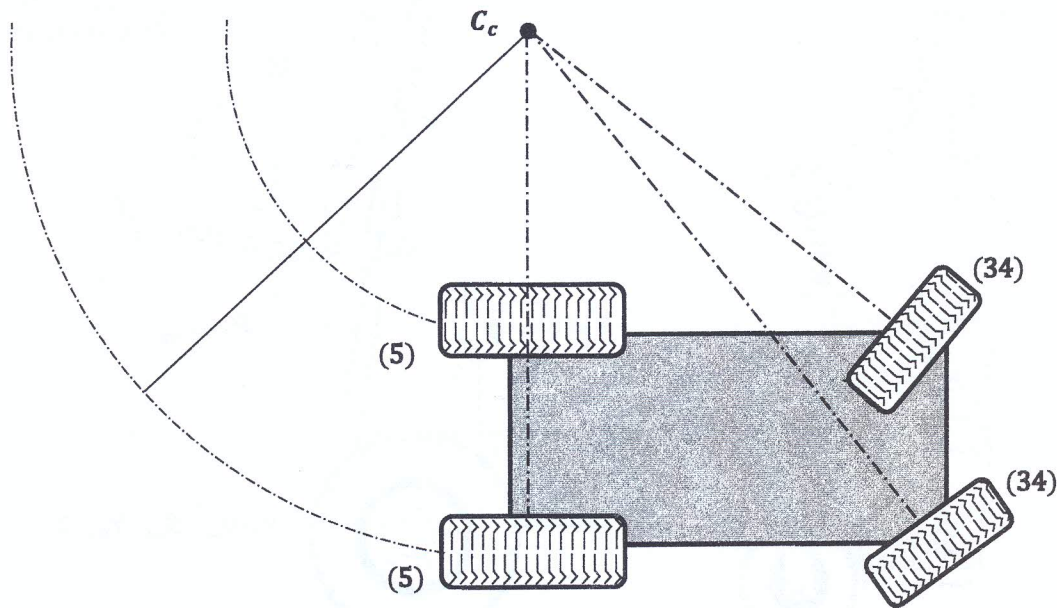


Figure. 18- Trajectoires des deux roues-motrices

A-15. En se référant au dossier technique DT-02 et au schéma cinématique Figure 6, compléter le graphe des liaisons relatif au mécanisme de direction.

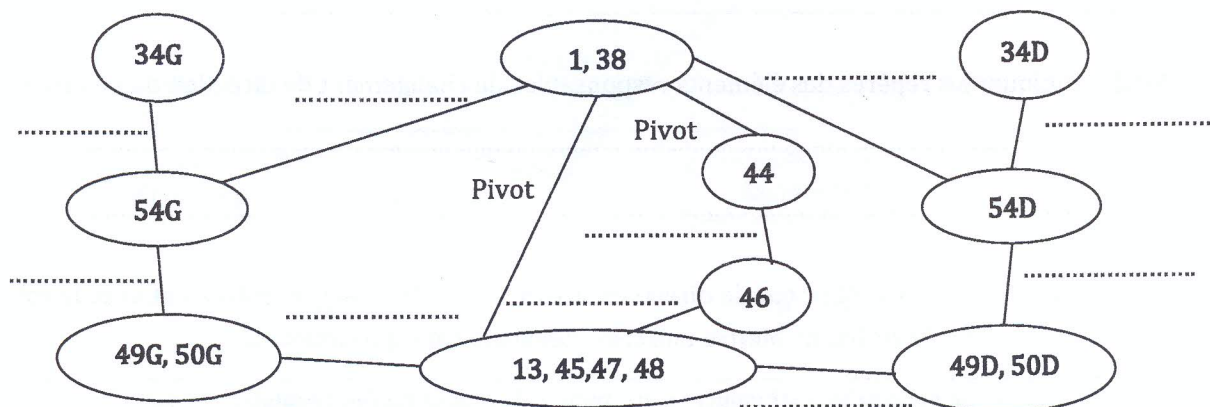


Figure. 19- Graphe de liaisons

A-16. À partir du graphe des liaisons (Figure 19) et compte-tenu du schéma cinématique partiel plan (2D) du système de direction (Figure 5), déterminer les équations régissant la loi entrée sortie du mécanisme de direction de la roue droite (Figure 20).

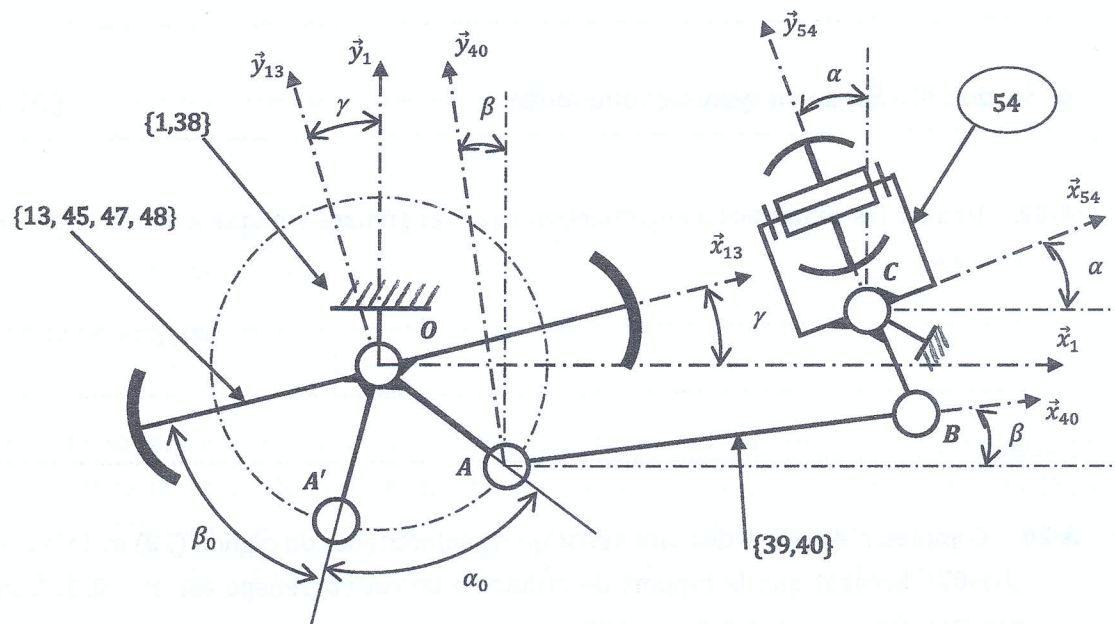
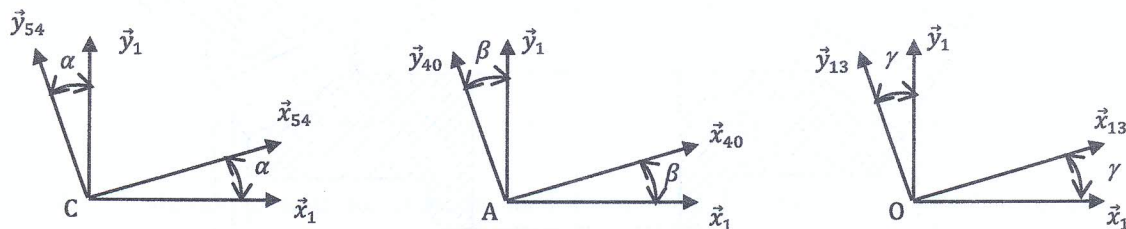


Figure. 20- Schéma cinématique du mécanisme de direction isostatique

On donne : $\overrightarrow{OA} = c \vec{x}_{13} - d \vec{y}_{13}$; $\overrightarrow{AB} = L \vec{x}_{40}$; $\overrightarrow{BC} = l \vec{y}_{54}$; $\overrightarrow{OC} = a \vec{x}_1 + b \vec{y}_1$

On associe les repères $R_1(O, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$, $R_{13}(O, \vec{x}_{13}, \vec{y}_{13}, \vec{z}_1)$, $R_{40}(A, \vec{x}_{40}, \vec{y}_{40}, \vec{z}_1)$ et $R_{54}(C, \vec{x}_{54}, \vec{y}_{54}, \vec{z}_1)$ liés respectivement aux solides {1,38}, {13,45,47,48}, {39,40} et {54}.



A-17. En appliquant la loi de mobilité, déterminer le degré d'hyperstatisme de ce système.

A-18. Sur la Figure 20, proposer des modifications au niveau des liaisons pour rendre le système isostatique

.....

.....

.....

.....

.....

◆ Section A3- Étude du système roue-motrice (DT-03)

A-19. Donner les conditions d'engrènement pour l'engrenage conique à dentures droites (59) et (72).

.....

.....

.....

A-20. Compléter le tableau des caractéristiques géométriques du pignon (72) et de la roue (59) (DT-03). Sachant que le rapport de réduction de cet engrenage est $r = 0,5$. L'angle de pression des roues dentées $\alpha = 20^\circ$.

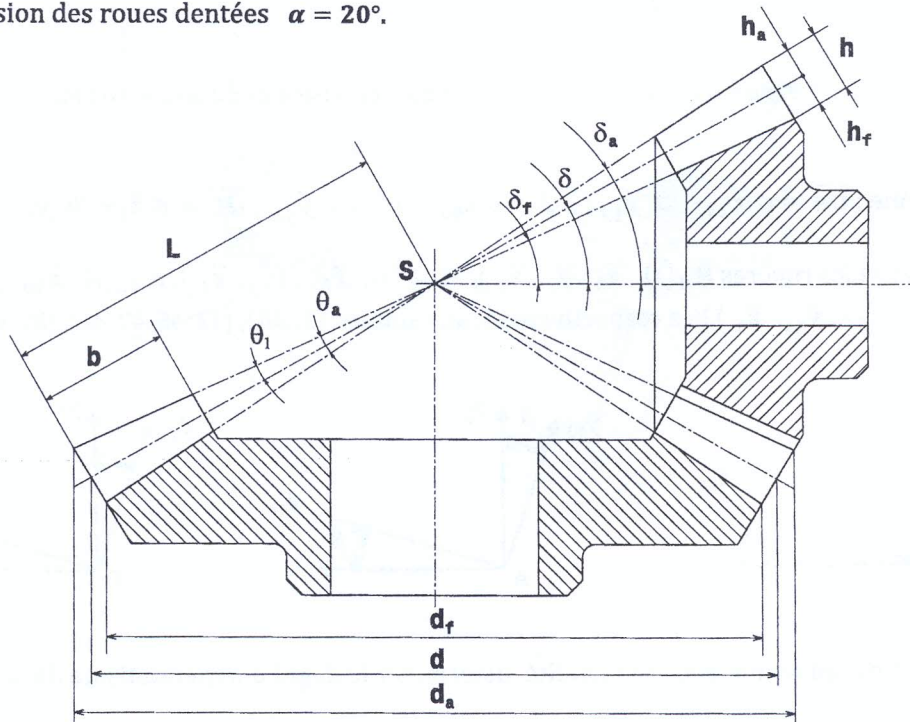


Figure. 21- Caractéristiques géométriques d'un engrenage conique

Caractéristique		Pignon arbré (72)		Roue (59)	
Module	m	.....		3,5	
Nombre de dents	Z	.....		38	
demi-angle au sommet du cône primitif	δ	.....		.....	
Largeur de la roue	b	.....		.....	
rayon moyen	R_m	.....		.....	
		<i>Formule</i>	<i>Valeur</i>	<i>Formule</i>	<i>Valeur</i>
Diamètre primitif	d	.....	.....	.....	.....
Diamètre de tête	d_a	.....	.....	.....	.....
Diamètre du pied	d_f	.....	.....	.....	.....

A-21. En supposant que le point de réduction du torseur des efforts de contact d'engrènement est situé au milieu de la dent, déterminer l'action mécanique du pignon arbré (72) sur la roue (59) avec ses 3 composantes tangentielle F_t , axiale F_a et radiale F_r en valeurs absolues. On donne le couple agissant sur la roue (59) est $C_{59} = 460 \text{ N.m}$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

A-22. On donne le sens de rotation de l'arbre (68). Représenter sur la Figure 22, les 3 composantes des efforts F_t , F_a et F_r au point I.

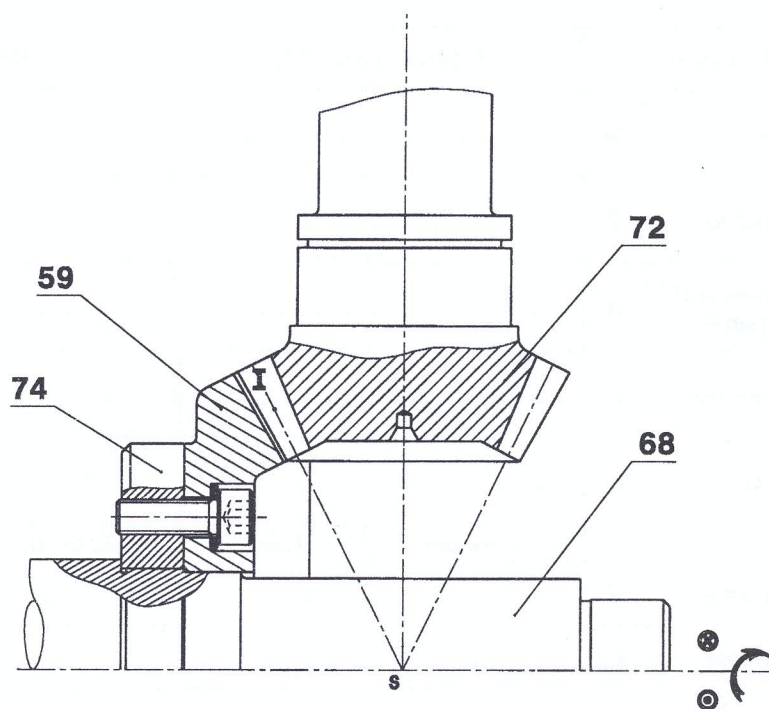


Figure. 22– Orientations des efforts au point de contact

A-23. Quel type d'accouplement peut-on prévoir entre l'arbre de sortie du moteur hydraulique et celui d'entrée du réducteur (72), sachant qu'ils sont correctement centrés. Cocher la bonne réponse.

	Accouplement élastique		Accouplement rigide
--	------------------------	--	---------------------

A-24. Quel type d'ajustement peut-on préconiser pour le montage du flasque (62) dans le carter (57). Choisir l'ajustement qui convient (cocher les bonnes réponses).

	Serré
	Avec jeu
	Incertain

	ØH7 g6
	ØH6 k5
	ØH7 h6

A-25. Quel type de roulements le concepteur a utilisé pour le guidage en rotation de l'arbre (68) porte roue. Justifier ce choix et déduire pour quelle raison le roulement du côté de l'ensemble roue {80, 88} étant de dimensions larges par rapport à l'autre.

A-26. Par quel moyen étant assurée l'étanchéité du réducteur (renvoi d'angle) du côté de la roue {80, 88}.

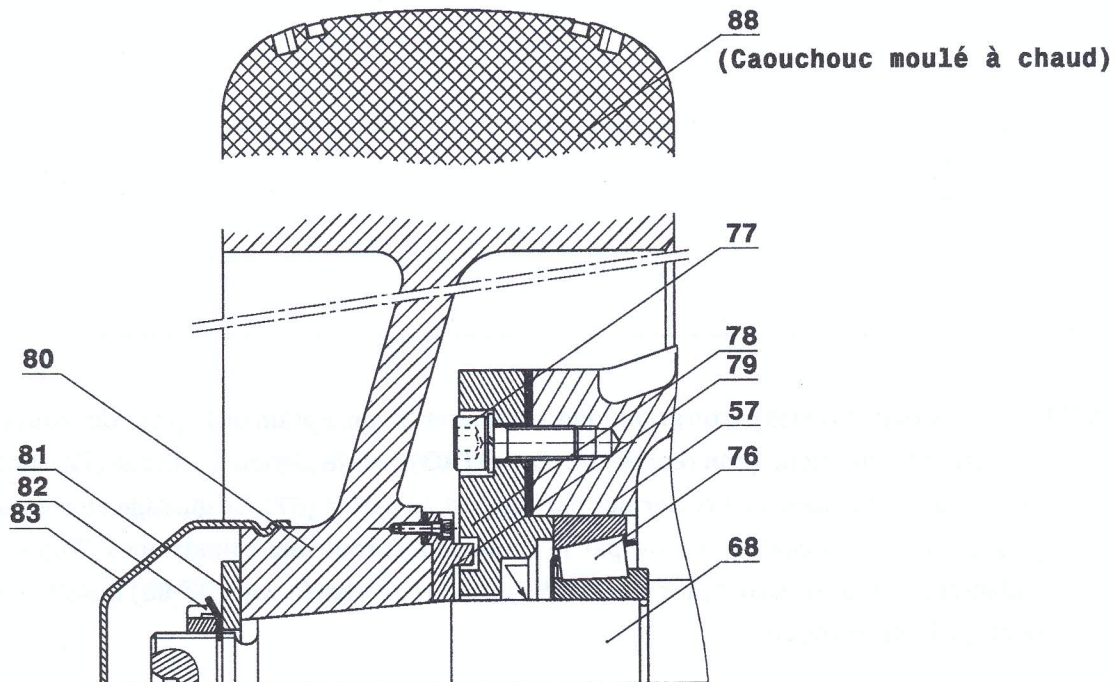
.....

.....

.....

L'ensemble roue {80, 88} étant en acier moulé dont la partie extérieure (88) en caoutchouc étant surmoulé par procédé de compression. Compte-tenu de la jonction lisse entre pneu en caoutchouc (88) et roue en Acier de moulage, un problème de décollement a été soulevé à partir des services après ventes.

A-27. Afin d'avoir un collage quasiment parfait et efficace, compléter le dessin ci-dessous en précisant la solution de forme qui peut améliorer le collage après surmoulage à chaud du caoutchouc sur la surface extérieure de la roue (80).



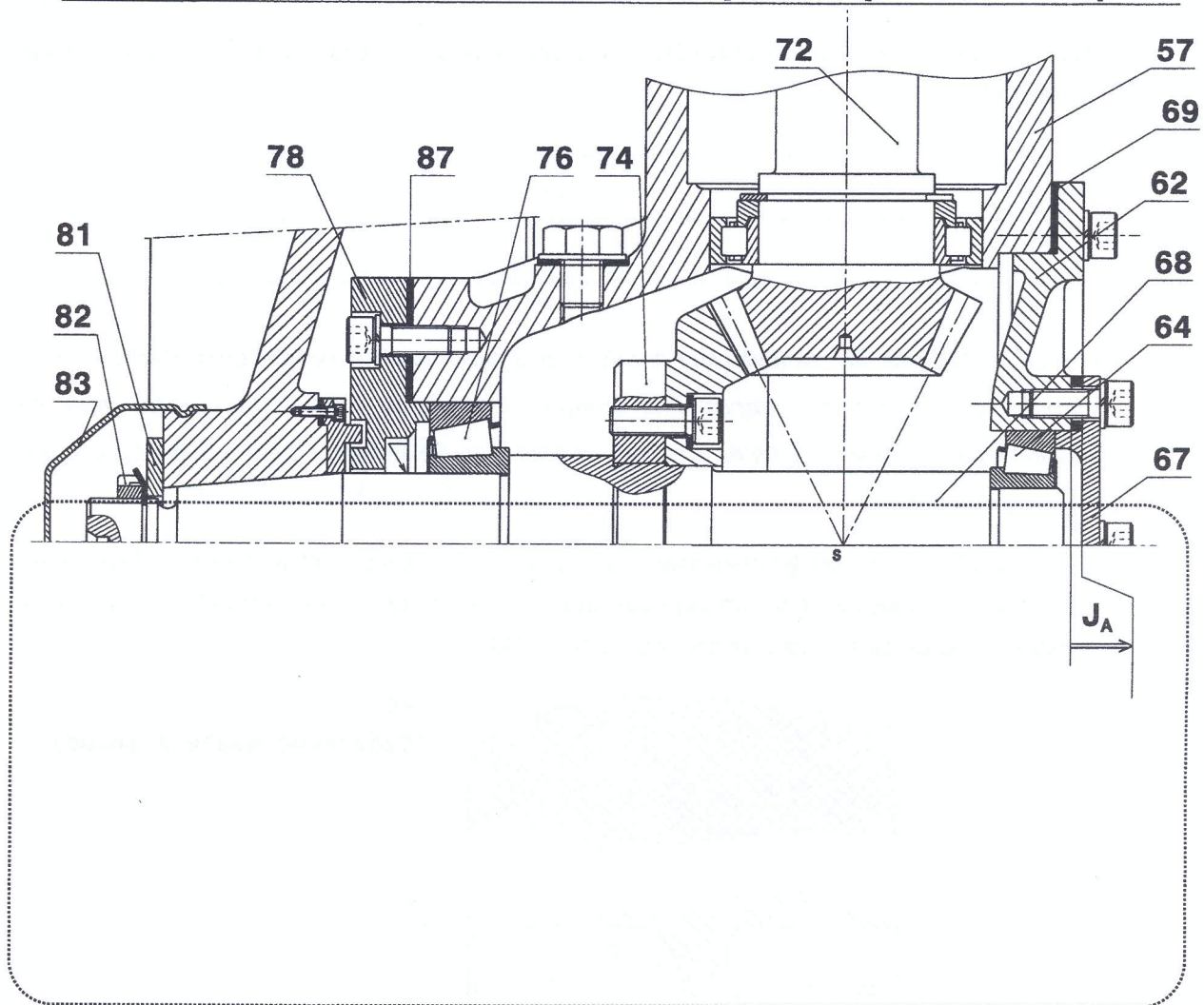
A-28. En vue de dimensionner les cales de réglages (65), tracer la chaîne de cotes minimale correspondante à la condition J_A . En déduire les équations correspondantes à la cote condition J_A (pour des raisons de simplification, les joints sont considérés indéformables).

.....

.....

.....

.....



A-29. On désire dans cette partie graphique, compléter la conception de la prise de mouvement du moteur hydraulique (non représenté dans DT-03) vers le pignon d'attaque (72) ainsi que son guidage en rotation de ce dernier par rapport au carter (57). Le guidage en rotation de (72)/(57) est initialement assuré par le roulement à rouleaux cylindriques (70) et deux roulements à rouleaux coniques (89) et (90) (non représentés dans DT-03) faisant ainsi un montage hyperstatique.

Pour des raisons de simplification, on demande de **compléter le dessin d'ensemble partiel en coupe** (Page 14/21), en considérant les contraintes suivantes :

a- Montage de roulements:

- assurer le guidage en rotation (72)/(57) en éliminant le roulement (70) et utiliser deux autres roulements à rouleaux coniques (89) et (90).
- pour faciliter le système de réglage de jeu, prévoir un montage en « 0 » en utilisant un écrou à encoches.
- compléter les ajustements nécessaires pour les roulements (89) et (90) sur le dessin.

b- Accouplement :

- Par l'intermédiaire d'un accouplement (91), qui sera choisi à partir du document DT-05, assurer la prise de mouvement entre les deux bouts d'arbres (92) et (72).
- compléter le montage des clavettes (93) sur les arbres (72) et (92).
- prévoir une vis de pression (94) de diamètre M5 contre chaque clavette.

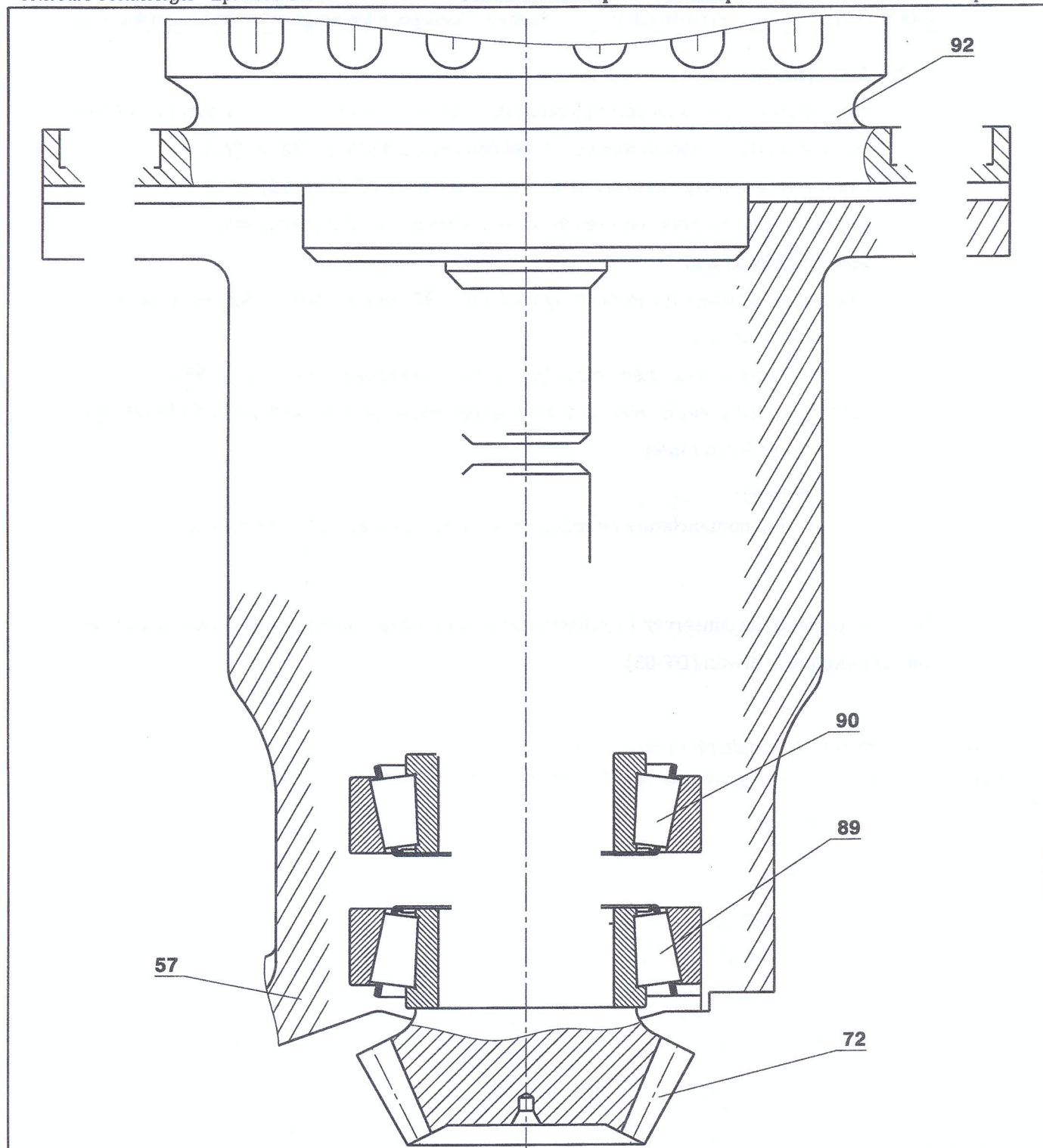
c- Moteur hydraulique:

- prévoir le centrage du moteur hydraulique (92) sur le carter (57) et indiquer son ajustement adéquat.
- en vue d'assurer l'étanchéité entre (92) et (57), interposer un joint plat (95).
- la fixation du moteur hydraulique sur le carter étant assurée par 6 vis CHC M8-30 repère (96) (à représenter une)

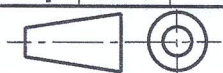
d- Nomenclature :

- compléter la nomenclature en précisant la désignation et matériau associé.

NB : Il est impératif de conserver l'emplacement et la forme des interfaces de fixation au système comme l'indique le dessin (DT-05).



96				
95				
94				
93				
92				
91				
90				
89				
72				
57				
Rep	Nbre	Désignation	Matériaux	Obs.



Ensemble Roue motrice

Echelle 1:1

Session 2020

Partie B : Fabrication Mécanique**◆ Section B.1- Mise en forme de la plate-forme du conducteur (33)**

B-1. Nommer les opérations de mise en forme illustrées par la Figure 8 (a, b, c, d, e, f).

a :	b :
.....	
c :	d :
.....	
e :	f :
.....	

B-2. Décrire le procédé (b), illustré par la Figure 8, en complétant le paragraphe suivant :

Après traitement, est mise sous pression par l'action d'une succession de pistons jusqu' à une pression de Ensuite, l'eau pressurisée est véhiculée par un flexible métallique doté en extrémité par une buse en Cette dernière délivre un pouvant atteindre une vitesse de l'ordre de **700 m/s**. Le jet d'eau est ensuite mélangé avec des dans une tête dotée d'une chambre de mélange.

Enfin, les particules abrasifs et l'eau sont véhiculées via un qui permet de focaliser le jet abrasif. Ce dernier permet de réaliser des découpes dans la tôle.

B-3. Citer au moins **2 avantages** et **2 inconvénients** associés au procédé (b) Figure 8.

Avantages	Inconvénients
.....	
.....	
.....	
.....	

B-4. Parmi la liste de la Figure 8, proposer au maximum 4 procédés de mise en forme qui peuvent être exploités pour la fabrication complète de la plate-forme du conducteur (33). *Mettre une croix devant la case qui convient.*

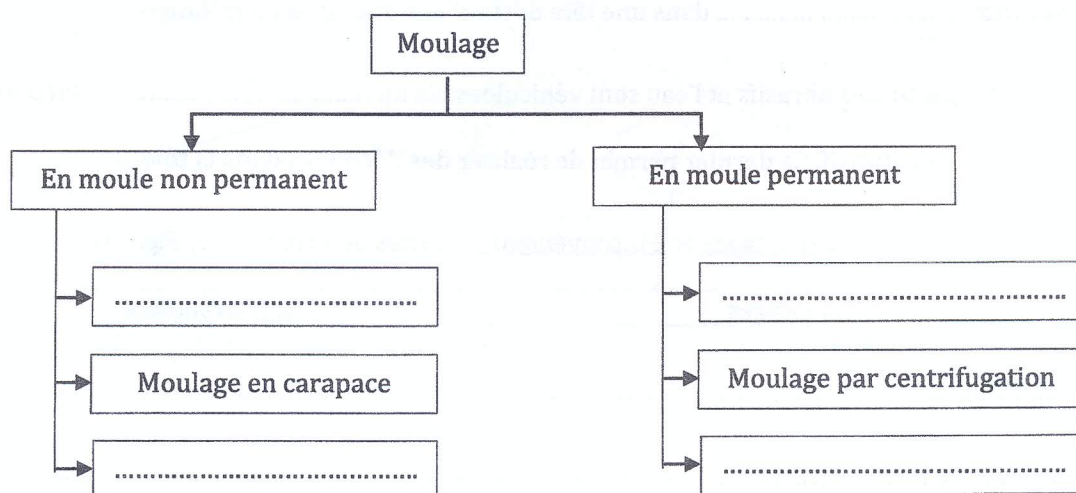
a		d	
b		e	
c		f	

B-5. Nous supposons que la plate-forme (33) est réalisée par les procédés de fabrication (a, b, c, et d). Réorganiser ces procédés selon un ordre chronologique de fabrication.

Ordre chronologique	Opération 1	Opération 2	Opération 3	Opération 4
Nom du procédé				

◆ Section B.2- Moulage du flasque (62) (DT06)

B-6. Le flasque (62) est obtenu par **moulage en sable**. Il est à noter que pour la réalisation de ce flasque, d'autres types de moulage peuvent aussi être envisagés. Pour cela, on vous demande de compléter le graphe suivant :

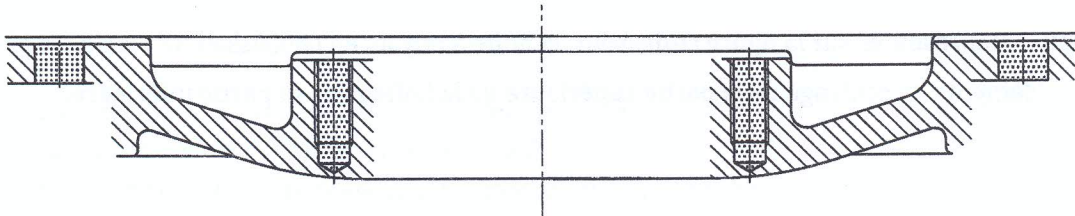


B-7. En se basant sur les éléments qui suivent, préciser les caractéristiques, les avantages et les inconvénients des familles de moulage en mettant, dans le tableau qui suit, une croix correspondant à la bonne réponse.

- a :** * Limitation de la cadence de fabrication.
* Temps de réalisation du moule plus élevé que la coulée.
- b :** * Cadence de production élevée.
* Bonne répétabilité de la géométrie des pièces produites.
- c :** Le moule, souvent métallique, est réutilisé pour réaliser plusieurs séries de pièces.
- d :** * Réalisation des formes de pièces complexes.
* Convient pour les petites séries et les prototypes.
- e :** Forme plus limitée, car il faut pouvoir démouler la pièce.
- f :** Le moule est détruit pour extraire la pièce.

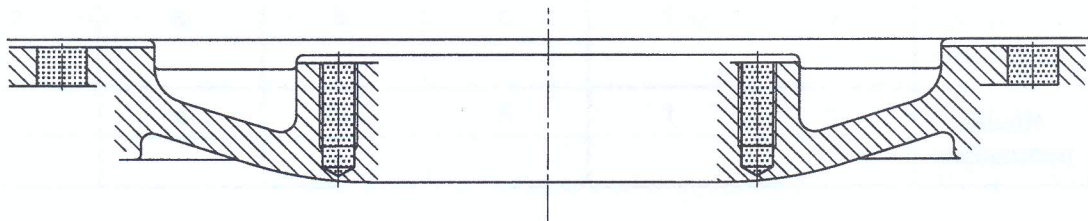
	Caractéristiques		Avantages		Inconvénients	
Moules non permanents	c	f	b	d	a	e
Moules permanents	c	f	b	d	a	e

B-8. Nous souhaitons réaliser le flasque (62) par moulage en sable. Compléter le dessin ci-dessous, en précisant le plan de joint le mieux adapté, le brut capable et les dépouilles.

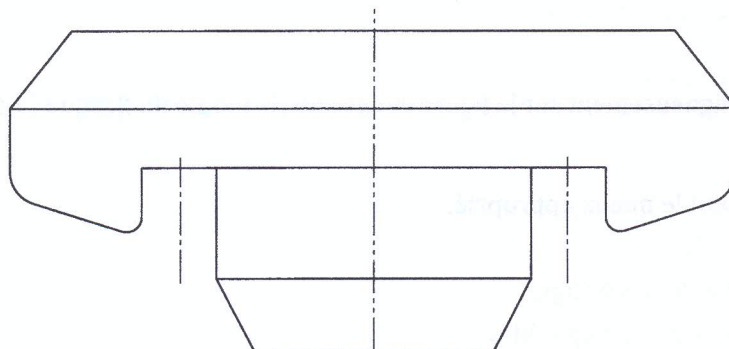


B-9. Représenter soigneusement sur la figure ci-dessous, le moule du flasque (62) prêt à la coulée en précisant :

- le plan de joint le mieux approprié,
- le(s) noyau(x),
- les surépaisseurs d'usinage,
- le brut capable et les dépouilles,
- les évents,
- les canaux de coulée et d'attaque,
- les masselottes,
- etc.



B-10. Représenter sur la figure ci-dessous la boîte à noyau, en choisissant le plan de joint et les éléments de centrage de la partie supérieure de la boîte avec sa partie inférieure.



♦ Section B.3- Élaboration partielle de l'Avant-Projet d'Étude de Fabrication (APEF) de l'arbre (68)(DT-07)

Comme indiqué dans le document (*Mise en situation, données et hypothèses page 8/11*), seules les phases 400 et 500 sont concernées par l'APEF.

B-11. Nommer les opérations d'usinage en finition (phase 400) de l'arbre (68) suivantes :

Zones	Opérations d'usinage (F)		Zones	Opérations d'usinage (F)	
Zone 1	Op14	.....	Zone 2	Op22	.....
	Op16	.....		Op25	.....

B-12. En considérant une variation continue du diamètre D lors du tronçonnage, écrire l'expression liant V_c , D et N . (*Tenir compte de l'homogénéité de l'expression de point de vue unités*).

$N = \dots\dots\dots$

B-13. Présenter l'expression liant V_a , f et N . (*Tenir compte de l'homogénéité de l'expression de point de vue unités*).

$V_a = \dots\dots\dots$

B-14. Calculer le diamètre D_1 correspondant à $N_{max} = 2500 \text{ tr/min}$ et $V_c = 100 \text{ m/min}$.

$D_1 = \dots\dots\dots$

- B-15. Compte-tenu de la plage de variation de N , serait-il possible dans les conditions opératoires du **Tableau 4** de réaliser toute l'opération de tronçonnage à $V_c = 100 \text{ m/min}$. Pourquoi ?

.....

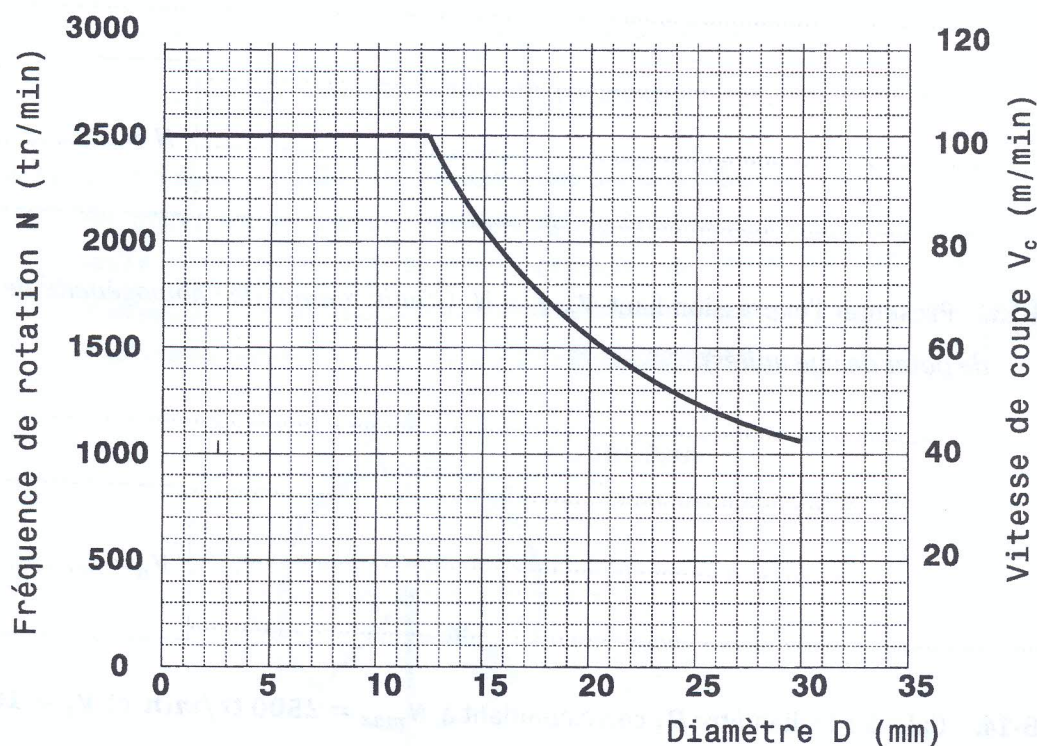
.....

.....

.....

.....

- B-16. Nous supposons que pour une valeur ($D \geq D_1$), on travaille à $V_c = 100 \text{ m/min}$ et que pour ($D \leq D_1$), la machine fonctionne à $N_{max} = 2500 \text{ tr/min}$. En se basant sur les questions B-12 à B-15, tracer sur le graphique ci-dessous la courbe de V_c en fonction du diamètre D , dès le début du tronçonnage jusqu'à sa fin, en tenant compte de la variation de N .



- B-17. Il est démontré que l'opération de tronçonnage ne pourrait pas avoir lieu dans le cas où l'angle $\alpha_e = 0^\circ$. En effet, ce cas correspond à la condition du début du talonnage de l'outil sur la matière ; c'est-à-dire la face de dépouille de l'outil à tronçonner commence à frotter contre la matière et par conséquent l'arête de l'outil n'arrive plus à tronçonner. Démontrer dans ce cas, qu'il existe théoriquement un diamètre critique $D_{critique}$ au-dessous duquel, il est difficile de tronçonner la pièce sachant que selon la **Figure 14** :

- $i = (\vec{V}_r, \vec{V}_c)$: angle définie par $i = \arctg \left(\frac{\|\vec{V}_a\|}{\|\vec{V}_c\|} \right)$.
- α_e : angle définie par $(\alpha_e = \alpha - i)$ avec $\alpha = 6^\circ$.

B-18. Il apparaît que, pour un même outil T3 ($\alpha = 6^\circ$), l'avance par tour f influence la variation du diamètre critique $D_{critique}$. Qualifier dans ce cas l'effet de f (augmenter ou diminuer) sur le diamètre critique $D_{critique}$. Justifier votre réponse.

B-19. Sachant que la durée de l'opération de tronçonnage est $T_t = 5$ secondes, déterminer le temps total T_{total} pour le tronçonnage d'une série de $Ns = 2000$ pièces/an. Déduire le nombre total des plaquettes Np consommées.

Données : la plaquette de l'outil à tronçonner possède 2 arêtes utiles dont chacune possède une durée de vie $T = 30$ min/arête.

$T_{total} = \dots\dots\dots$

$Np = \dots\dots\dots$

Partie A : Conception Mécanique

◆ Section A1- Étude du chariot apicole

(DT-01)

Éléments de corrigé

A-1. 5 pt

- a- Représenter à l'échelle sur la Figure 15 les nouvelles positions P_1, A_1, M_1 et B_1 des points P', A, M et B correspondantes à une course du vérin de levée de $c = 300 \text{ mm}$, sachant que la longueur de la chaîne PP' demeure constante et indépendante du déplacement du vérin.

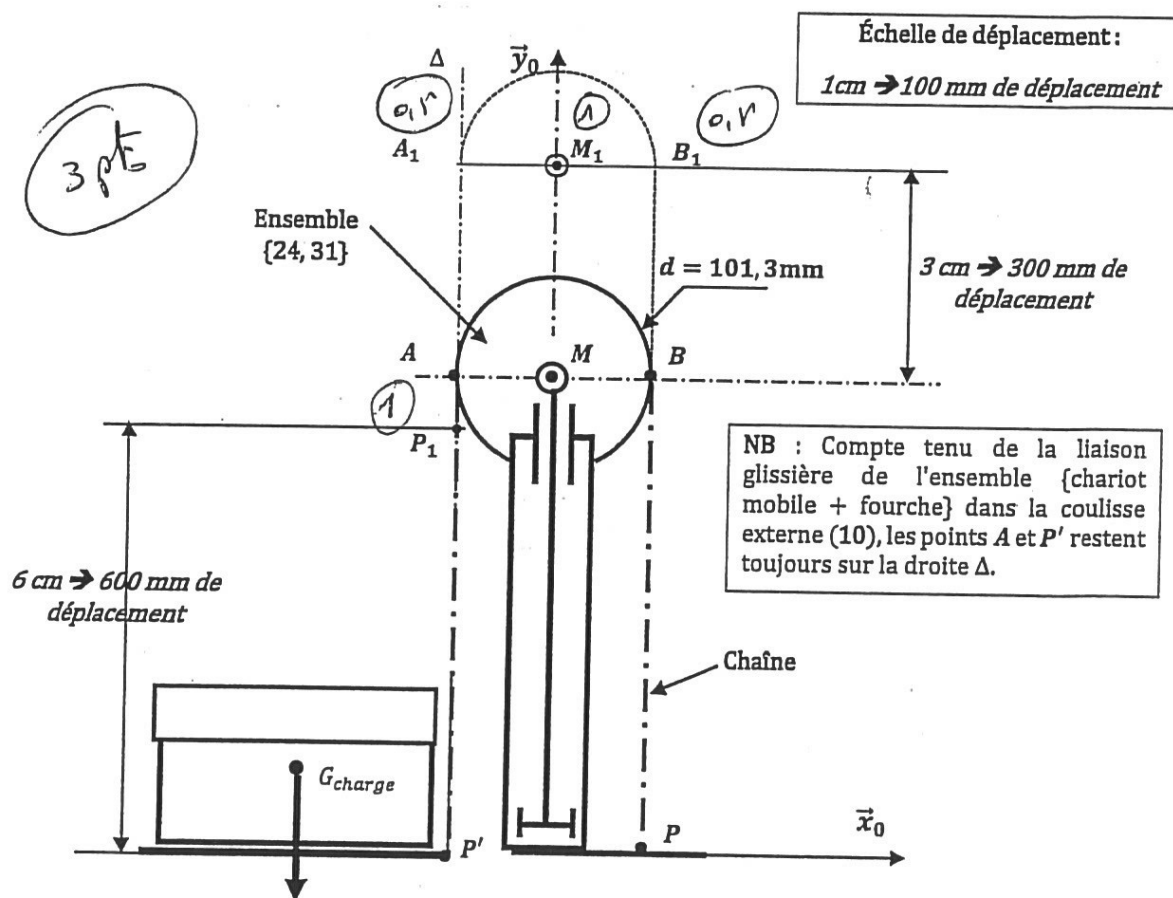


Figure. 15- Différentes positions de la chaîne de levage

- b- Déduire graphiquement le déplacement ($Y_{G_{charge}}$) de la charge suivant la direction $\vec{y}_0$.
Conclure.

..... $Y_{G_{charge}} = 2 \cdot C_{vérin} = 2 \cdot 300 = 600 \text{ mm}$

.....

.....

.....

A-2. Déterminer analytiquement la relation entre la course du vérin de levée et le déplacement de la charge ($Y_{Gcharge}$) suivant la direction $\vec{y}_0$.

En déduire que $V_{M\text{vérin}/R_0} = \frac{1}{2} V_{Gcharge \in 17/R_0}$.

On a : $Y_{Gcharge} = P'P_1 = P'A_1 - A_1P_1$; $P'A_1 = C + P'A$; $P'A = L - (\widehat{AB} + BP)$;

$P'A_1 = C + L - (\widehat{AB} + BP)$; $A_1P_1 = L - (\widehat{A_1B_1} + B_1B + BP)$

$Y_{Gcharge} = [C + L - \widehat{AB} - BP] - [L - \widehat{A_1B_1} - B_1B - BP]$; $\widehat{A_1B_1} = \widehat{AB}$

$Y_{Gcharge} = C + B_1B$. Or $B_1B = c \Rightarrow Y_{Gcharge} = 2 \cdot C$; $\frac{dY_{Gcharge}}{dt} = 2 \frac{dC}{dt}$

$\Rightarrow V_{M\text{vérin}/R_0} = \frac{1}{2} V_{Gcharge \in 17/R_0}$

conservation
de la longueur
de la chaîne

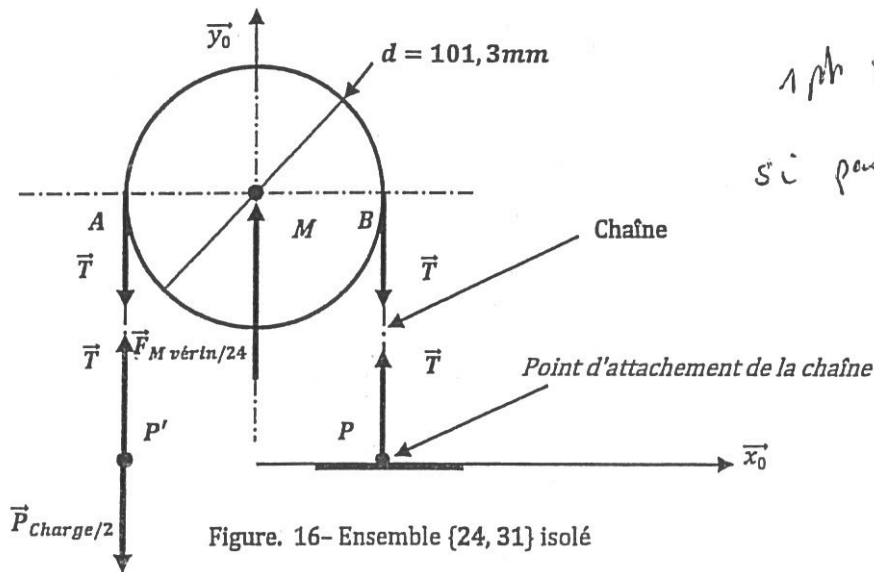
2pts
+1

A-3. Justifier l'emploi des deux chaînes parallèles enroulées sur les deux pignons (31).

- 1,5 • Répartir les charges sur les deux chaînes symétriques
- 1,5 • Équilibrage des forces / vérin

A-4. Les deux chaînes travaillent en parallèles pour soulever chacune la moitié de la charge totale.

- a- En appliquant le Principe Fondamental de la Statique (PFS) sur l'ensemble {24, 31} isolée, démontrer que le vérin fournira un effort le double de la charge $F_{M\text{vérin}/\text{pignon}} = 2 \cdot P_{charge}$, sachant que les deux tensions de chaîne aux points A et B sont égales (supposons que la liaison en M est parfaite).



1pt sur graphisme
si pas de PFS

P.F.S (équilibre suivant $\overrightarrow{y_0}$) : $T = P_{charge}/2$

$$2T + 2T - \|\vec{F}_{Mvérin/24}\| = 0 \text{ ou } 2T - \frac{1}{2}\|\vec{F}_{Mvérin/24}\| = 0 / \text{pignon}$$

$$4T = \|\vec{F}_{Mvérin/24}\| = 4 \times \frac{P}{2} = 2P_{charge} \Rightarrow \|\vec{F}_{Mvérin/24}\| = 2P_{charge}$$

- b- Calculer la force du vérin nécessaire pour pouvoir soulever une charge égale à 330 Kg (γ compris le poids de la fourche).

(2 pt)

$$\|\vec{F}_{Mvérin/24}\| = 2 \times 330 \times 10 = 6600 \text{ N}$$

- A-5. En se référant à la Figure 15, estimer la longueur de la chaîne pour une course $C_{charge} = 1400 \text{ mm}$ du chariot mobile porte-charge. On donne : $PB = 200 \text{ mm}$, Pignon double (31) de diamètre primitif $d = 101,3 \text{ mm}$.

$$L_{mini} = \underbrace{BP + BB_1 + B_1A_1}_{2 \text{ pt}} = PB + \frac{C_{chariot}}{2} + \frac{\pi D}{2} = 159,4 + \frac{1400}{2} + 200 = \underbrace{1059,12 \text{ mm}}_{1 \text{ pt}}$$

- A-6. Le mât étant vertical, le chariot apicole est à l'arrêt. Déterminer pour ce cas, la puissance P à transmettre par chacune des deux chaînes pour assurer la montée de la charge. On suppose que la charge est équitablement répartie sur les deux chaînes.

On donne :

- Le rendement du système pignon-chaîne $\eta = 0,90$
- Charge maximale sur fourches $m = 330 \text{ Kg}$
- Vitesse maximale de déplacement du chariot mobile (fourche) : $V = 0,2 \text{ m/s}$

$$P_{resistant} = \frac{m \cdot g \cdot V}{2} / \text{chaîne} \quad) \quad 2 \text{ pt} = 330 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_{resistant}}{P_{moteur}} \Rightarrow P_{moteur/chaîne} = \frac{1}{0,9} \times \frac{330}{2} \times 10 \times 0,2 = \underbrace{3666,66 \text{ W}}_{1 \text{ pt}}$$

- A-7. En considérant un fonctionnement de la chaîne sans à-coups (facteur de service $s = 1$), déterminer le type et le pas de chaîne sachant que le diamètre primitif du pignon est $d = 101,3 \text{ mm}$ (Voir Catalogue DT-05).

$$\text{Soit } P_{charge} = S \times P = 1 \times 367 = 367 \text{ W} \quad) \quad 1 \text{ pt}$$

$$\omega = \frac{V}{R} = \frac{0,2}{0,05} = 4 \frac{\text{rd}}{\text{s}} \Rightarrow N = \frac{30\omega}{\pi} = 38,2 \text{ tr/min} \quad) \quad 1 \text{ pt}$$

Choix : pas = 12,7 mm et Type 08B

1pt

2pt

A-8. Déterminer le nombre de dents du pignon.

3pt

$$\phi = 101,3 \text{ mm} \rightarrow n_D = 25 \text{ dents}$$

A-9. Déterminer la puissance transmissible par un seul brin de ce type de chaîne (DT05).

$$\left. \begin{array}{l} \phi = 101,3 \text{ mm} \\ N = 38,2 < 50 \text{ tr/min} \end{array} \right\} \rightarrow P_b = 0,47 \text{ Kw}$$

4pt

A-10. Déduire le nombre minimal de brins de chaîne.

2pt

$$n_b = \frac{P_{corr}}{P_b} = \frac{0,367}{0,47} < 1 \rightarrow n_b = 1$$

1pt

A-11. En se référant à la Figure 17, écrire la condition pour que la charge ne glisse pas vers l'avant en cas de freinage violent. On suppose qu'il n'y aura de basculement (rotation) de la charge par rapport à la fourche durant la décélération. Le coefficient d'adhérence entre la charge et la fourche est noté f . La décélération au freinage est $\vec{\gamma}_{Charge/R_0} = -a\vec{X}$.

PFD appliqué sur la charge à la limite de l'adhérence :

1pt

$$\sum \vec{F}_{ext} = m \times \vec{\gamma}_{Charge/R_0} = \vec{P}_{charge} + \vec{T}_{ad} \rightarrow -m \times g \vec{Y} - f \times m \times g \times \cos \theta \vec{X}_1 = -m \times a \vec{X}$$

+ N \vec{Y}_1

1pt

$$\text{En projetant sur } \vec{X}_1 : -m \times g \times \sin \theta - f \times m \times g \times \cos \theta = -m \times a \times \cos \theta$$

1pt

Pour qu'il n'y aura pas de glissement vers l'avant, il faut que :

$$\left(\begin{array}{l} -m \times g \times \sin \theta - f \times m \times g \times \cos \theta + m \times a \times \cos \theta \leq 0 \\ -m \times g \times \tan \theta - f \times m \times g + m \times a \leq 0 \Rightarrow \tan \theta \geq \frac{a}{g} - f \end{array} \right)$$

$$\tan \theta = \frac{a}{g}$$

1pt

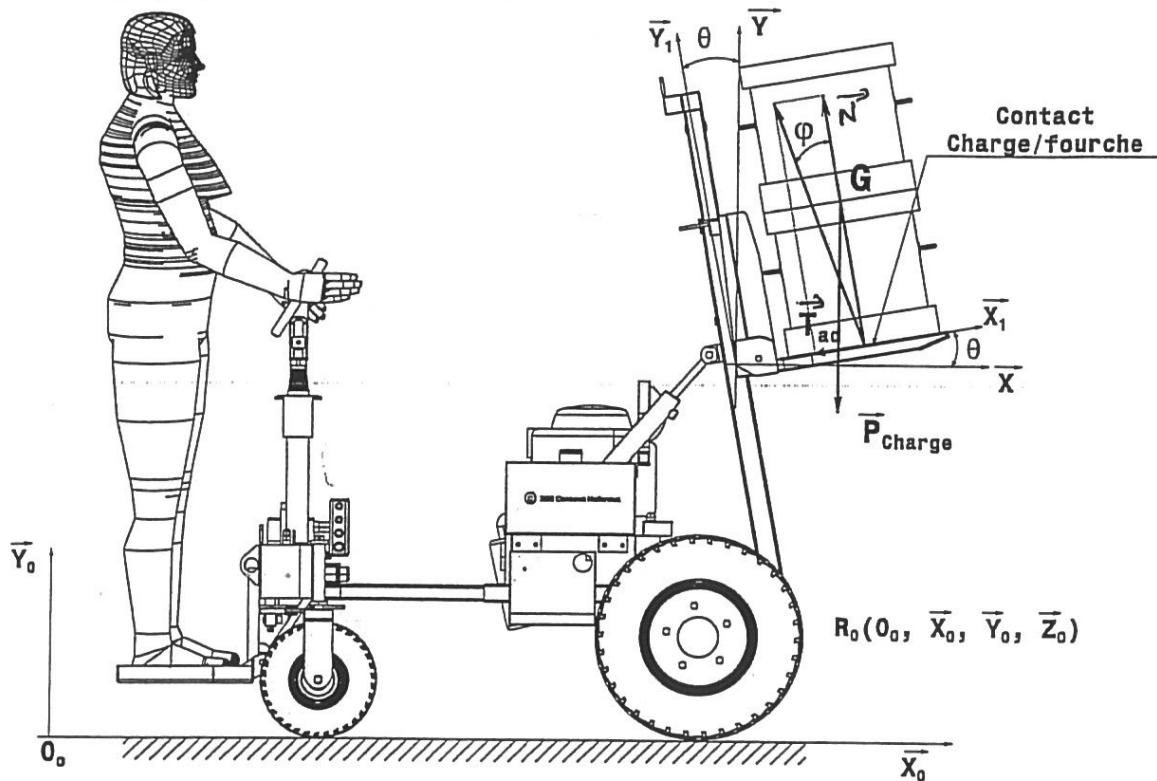


Figure. 17- Angle d'inclinaison - cas du freinage

◆ Section A2- Analyse du mécanisme de direction (DT-02)

A-12. Indiquer les repères des éléments responsables du changement de direction du véhicule.

{38, 39, 40, 45, 47, 48, 49, 50, 55, 56}, 13, 44, 46

44, 46 : assistance

{13, 48, 49, 50, 39, 40}

0,5 x 6

3 pt

A-13. Dans le cas de changement de direction des roues-arrière (34), le frottement avec le sol induira un couple résistant. Mettre une croix devant la case qui convient.

une réponse fautive -1,5 pt

	Le couple nécessaire pour vaincre le frottement des roues est fourni totalement par l'opérateur
X	Une grande proportion du couple sera fournie par le vérin de direction {44, 46} à la place de l'opérateur
	La commande des roues est purement hydraulique
X	La commande de direction étant hybride (mécanique et hydraulique)

A-14. Il est à noter que les vitesses des deux roues-motrices (5) sont égales, avec deux trajectoires en demi-cercle de centre (Cc). que se passe-t-il au niveau du contact entre chacune des roues motrices (5) et le sol en cas de manœuvre de demi-tour à droite ?

La roue motrice intérieure va glisser par rapport au sol.

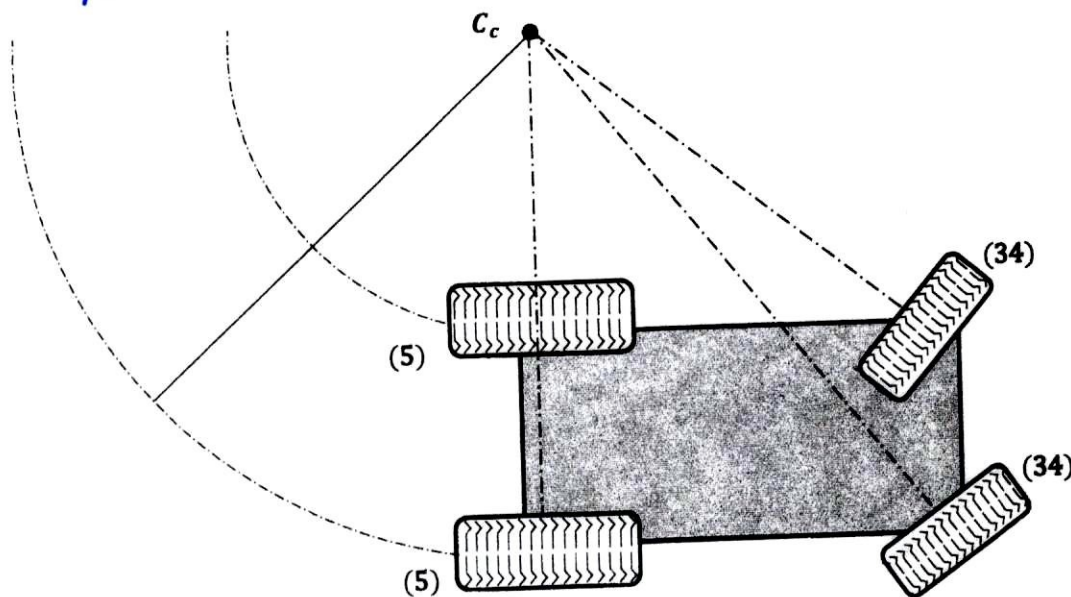


Figure. 18- Trajectoires des deux roues-motrices

A-15. En se référant au dossier technique DT-02 et au schéma cinématique Figure 6, compléter le graphe des liaisons relatif au mécanisme de direction.

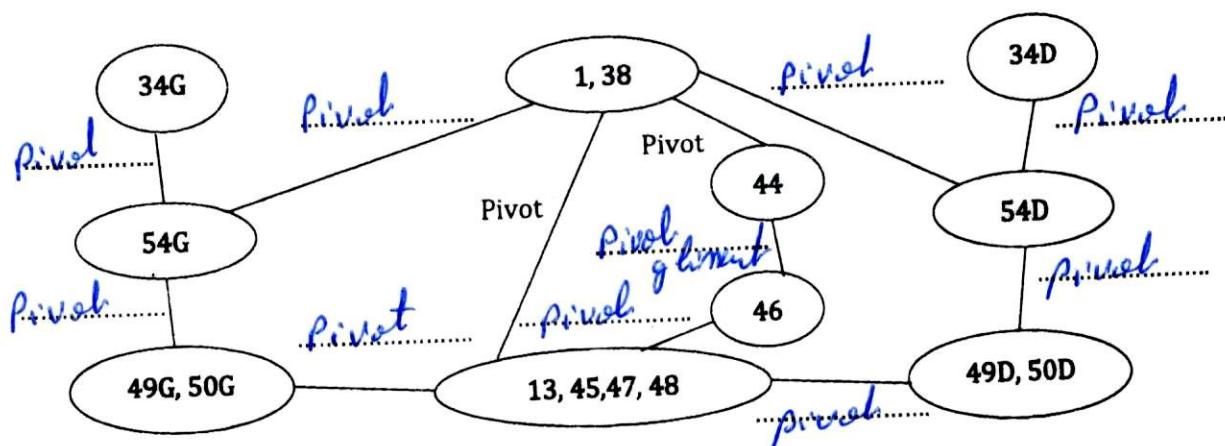


Figure. 19- Graphe de liaisons

A-16. À partir du graphe des liaisons (Figure 19) et compte-tenu du schéma cinématique partiel plan (2D) du système de direction (Figure 5), déterminer les équations régissant la loi entrée sortie du mécanisme de direction de la roue droite (Figure 20).

fermeture géométrique: $\vec{OA} + \vec{AB} + \vec{BC} + \vec{CO} = \vec{0}$

$$c\vec{x}_{13} - d\vec{y}_{13} + L\vec{x}_{46} + l\vec{y}_{54} - a\vec{x}_1 - b\vec{y}_1 = \vec{0}$$

Projection des différents vecteurs dans la base $(\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$

$$c \cos \delta \vec{x}_1 + c \sin \delta \vec{y}_1 + d \sin \delta \vec{x}_1 - d \cos \delta \vec{y}_1 + L \cos \beta \vec{x}_1 + L \sin \beta \vec{y}_1 - l \sin \alpha \vec{x}_1 + l \cos \alpha \vec{y}_1 - a \vec{x}_1 - b \vec{y}_1 = \vec{0}$$

$$\begin{cases} c \cos \delta + d \sin \delta + L \cos \beta - l \sin \alpha - a = 0 \\ c \sin \delta - d \cos \delta + L \sin \beta + l \cos \alpha - b = 0 \end{cases}$$

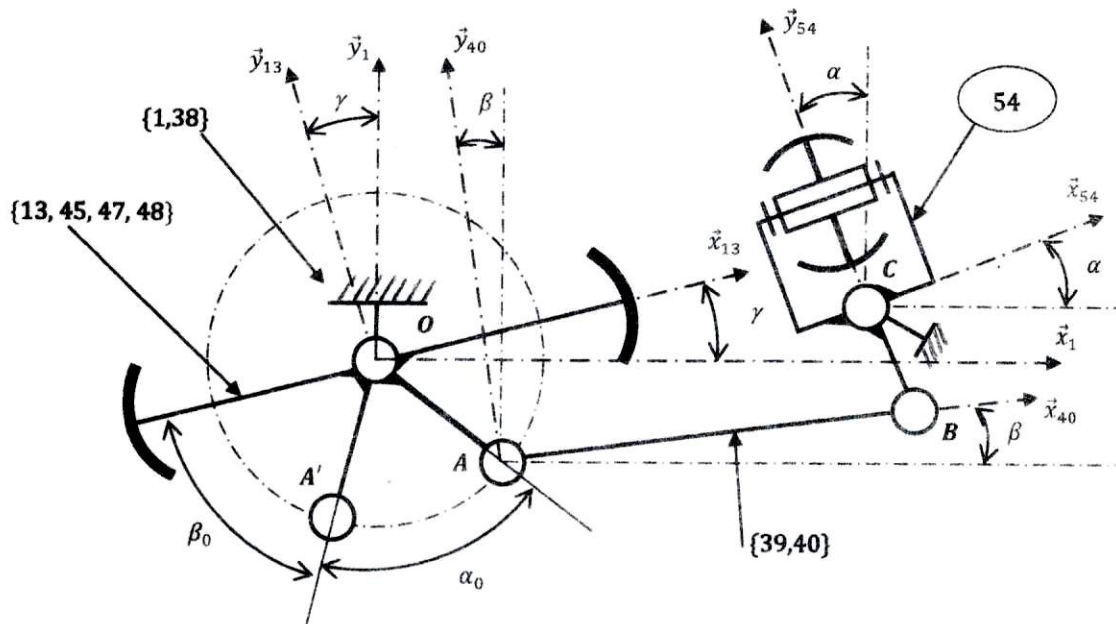
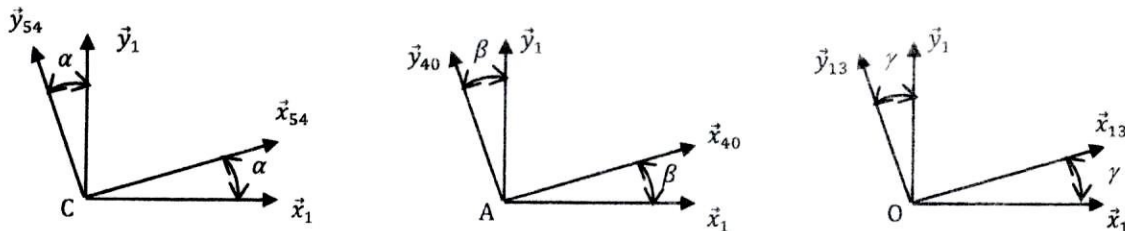


Figure. 20- Schéma cinématique du mécanisme de direction isostatique

On donne : $\vec{OA} = c \vec{x}_{13} - d \vec{y}_{13}$; $\vec{AB} = L \vec{x}_{40}$; $\vec{BC} = l \vec{y}_{54}$; $\vec{OC} = a \vec{x}_1 + b \vec{y}_1$

On associe les repères $R_1(O, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$, $R_{13}(O, \vec{x}_{13}, \vec{y}_{13}, \vec{z}_1)$, $R_{40}(A, \vec{x}_{40}, \vec{y}_{40}, \vec{z}_1)$ et $R_{54}(C, \vec{x}_{54}, \vec{y}_{54}, \vec{z}_1)$ liés respectivement aux solides {1, 38}, {13, 45, 47, 48}, {39, 40} et {54}.



A-17. En appliquant la loi de mobilité, déterminer le degré d'hyperstatisme de ce système.

$h = m + \sum L_{ij} - 6(p-1)$; $m = m_u + m_i = 1 + (1+1)$: direction + 2 rotations

$= (1+2) + (11 \times 5 + 1 \times 4) - 6(10-1) = 8$; $h = 8$

ou bien $h = m + 68 - N_c = (1+2) + 6 \times 3 - (11 \times 1 + 1 \times 4)$

$h = 8$

A-18. Sur la Figure 20, proposer des modifications au niveau des liaisons pour rendre le système isostatique

Modification de 2 pivots par deux rotules

$$m = 2 + 1 + 2 + 1 = 6$$

rotation roues + direction + 2 rotations internes + 1 rotation interne vérin

apt

$$\sum L_{ij} = 7 \times 5 + 4 \times 3 + 1 \times 4 = 51$$

$$\begin{aligned} &7 \text{ pivots} + 4 \text{ rotules} + 1 \text{ pivot glissant} \\ &5 \text{ ''} + 6 \text{ rotules} + 1 \text{ pivot glissant} \\ &h = 6 + 51 - 6 \times 9 = 3 \end{aligned}$$

◆ Section A3- Étude du système roue-motrice (DT-03)

A-19. Donner les conditions d'engrènement pour l'engrenage conique à dentures droites (59) et (72).

- Même module
- Concordanance des sommets des cônes primitifs
- $\delta_1 + \delta_2 = \frac{\pi}{2}$

A-20. Compléter le tableau des caractéristiques géométriques du pignon (72) et de la roue (59) (DT-03). Sachant que le rapport de réduction de cet engrenage est $r = 0,5$. L'angle de pression des roues dentées $\alpha = 20^\circ$.

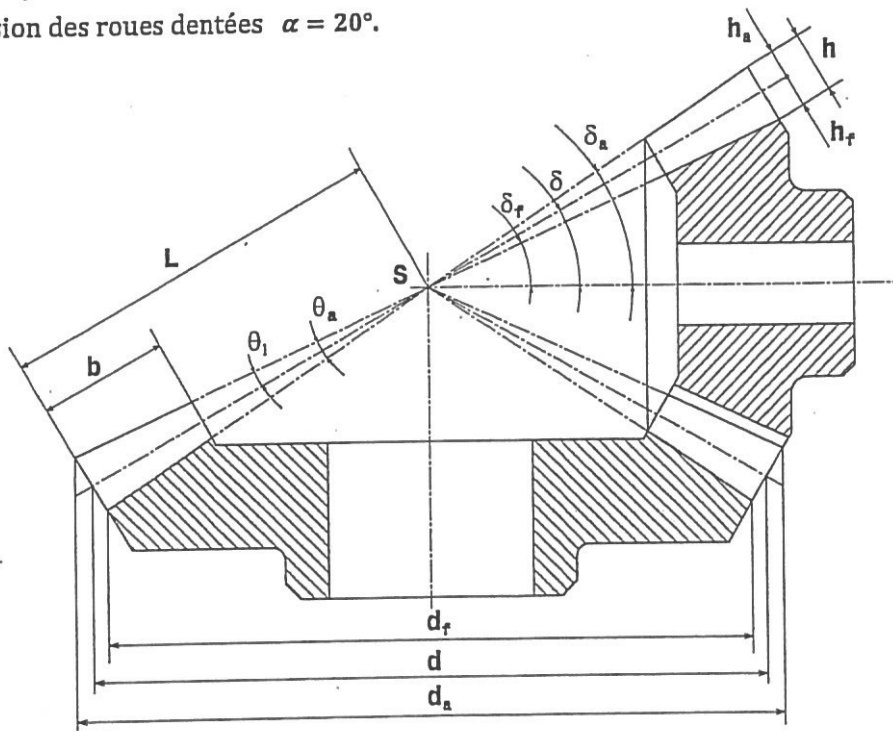


Figure. 21- Caractéristiques géométriques d'un engrenage conique

0,25x20
5pt

Caractéristique		Pignon arbré (72)		Roue (59)	
Module	m	3,5		3,5	
Nombre de dents	Z	$\frac{d_{72}}{d_{59}} = \frac{Z_{59}}{Z_{72}} \Rightarrow Z_{72} = \frac{d_{72}}{d_{59}} \cdot Z_{59} = 19$		38	
demi-angle au sommet du cône primitif	δ	26°		64°	
Largeur de la roue	b	23,75		23,75	
rayon moyen	R_m	30		60	
		Formule	Valeur	Formule	Valeur
Diamètre primitif	d	$m \cdot Z_{72}$	66,5	$m \cdot Z_{59}$	133
Diamètre de tête	d_a	$d_{72} + 2m \cdot \cos \delta_{72}$	72,8	$d_{59} + 2m \cdot \cos \delta_{59}$	136,06
Diamètre du pied	d_f	$d_{72} - 2,5m \cdot \cos \delta_{72}$	58,63	$d_{59} - 2,5m \cdot \cos \delta_{59}$	129,16

- A-21. En supposant que le point de réduction du torseur des efforts de contact d'engrènement est situé au milieu de la dent, déterminer l'action mécanique du pignon arbré (72) sur la roue (59) avec ses 3 composantes tangentielle F_t , axiale F_a et radiale F_r en valeurs absolues. On donne le couple agissant sur la roue (59) est $C_{59} = 460 \text{ N.m}$

$$\begin{aligned} \|\vec{F}_{t_{72 \rightarrow 59}}\| &= \frac{C_{59}}{R_{m59}} = \frac{460}{60 \times 10^{-3}} = 7666 \text{ N} \rightarrow 2 \text{ pt} \\ \|\vec{F}_{a_{72 \rightarrow 59}}\| &= \|\vec{F}_{t_{72 \rightarrow 59}}\| \cdot \tan \alpha_{59} \cdot \sin \delta_{59} = 7666 \times \tan 20^\circ \cdot \sin 64^\circ = 2507,8 \text{ N} \quad 1 \text{ pt} \\ \|\vec{F}_{r_{72 \rightarrow 59}}\| &= \|\vec{F}_{t_{72 \rightarrow 59}}\| \cdot \tan \alpha_{59} \cdot \cos \delta_{59} = 1223,1 \text{ N} \quad 1 \text{ pt} \end{aligned}$$

- A-22. On donne le sens de rotation de l'arbre (68). Représenter sur la Figure 22, les 3 composantes des efforts F_t , F_a et F_r au point I.

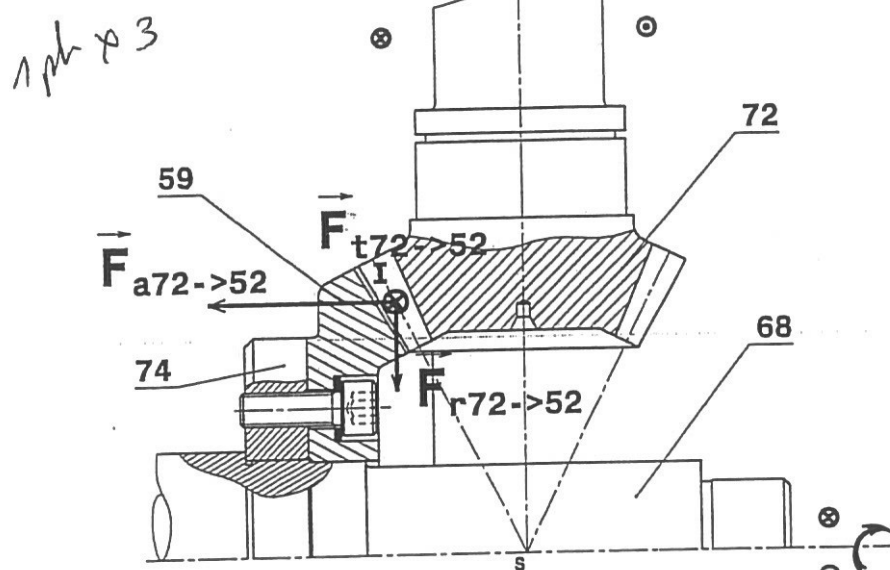


Figure. 22- Orientations des efforts au point de contact

- A-23. Quel type d'accouplement peut-on prévoir entre l'arbre de sortie du moteur hydraulique et celui d'entrée du réducteur (72), sachant qu'ils sont correctement centrés. Cocher la bonne réponse.

3 pt

☐	Accouplement élastique	☒	Accouplement rigide
--------------------------	------------------------	-------------------------------------	---------------------

- A-24. Quel type d'ajustement peut-on préconiser pour le montage du flasque (62) dans le carter (57). Choisir l'ajustement qui convient (cocher les bonnes réponses).

1 pt

☐	Serré
☒	Avec jeu
☐	Incertain

1 pt

☐	ØH7 g6
☐	ØH6 k5
☒	ØH7 h6

- A-25. Quel type de roulements le concepteur a utilisé pour le guidage en rotation de l'arbre (68) porte roue. Justifier ce choix et déduire pour quelle raison le roulement du côté de l'ensemble roue {80, 88} étant de dimensions larges par rapport à l'autre.

- 1 pt
- Roulement à rouleaux coniques type KB
- 1 pt
- Présence d'efforts axiaux et radiaux importants
- 2 pt
- Le roulement du côté de l'ensemble roue {80, 88} est exposé plus aux efforts

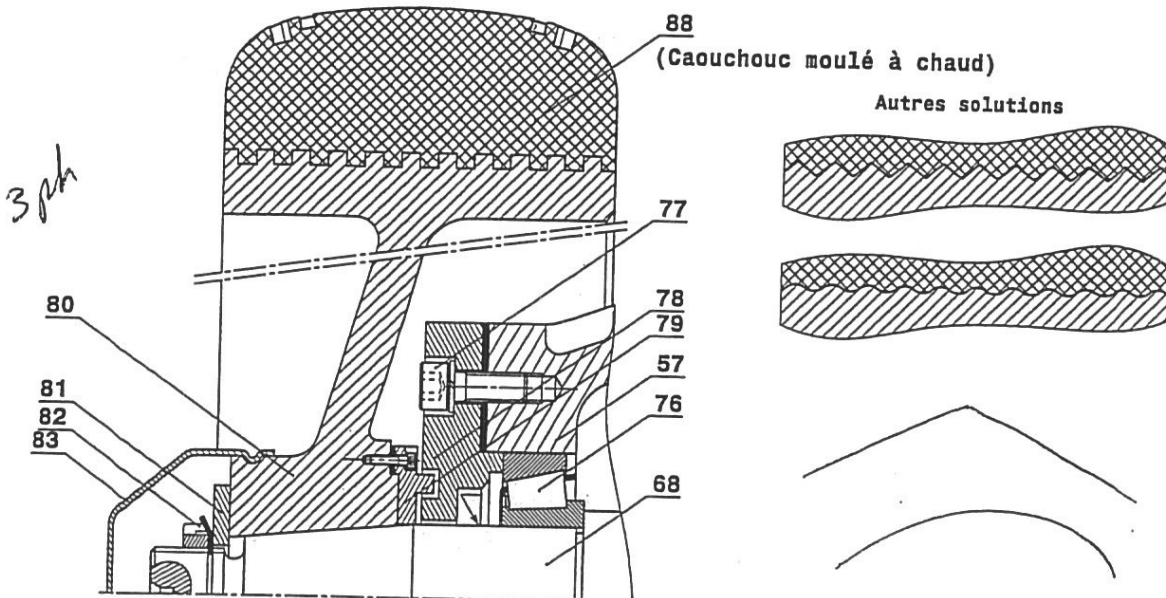
A-26. Par quel moyen étant assurée l'étanchéité du réducteur (renvoi d'angle) du côté de la roue {80, 88}.

(78, 79), (83, 86 et 87)

3 rep-se → 3 ph

L'ensemble roue {80, 88} étant en acier moulé dont la partie extérieure (88) en caoutchouc étant surmoulé par procédé de compression. Compte-tenu de la jonction lisse entre pneu en caoutchouc (88) et roue en Acier de moulage, un problème de décollement a été soulevé à partir des services après ventes.

A-27. Afin d'avoir un collage quasiment parfait et efficace, compléter le dessin ci-dessous en précisant la solution de forme qui peut améliorer le collage après surmoulage à chaud du caoutchouc sur la surface extérieure de la roue (80).



A-28. En vue de dimensionner les cales de réglages (65), tracer la chaîne de cotes minimale correspondante à la condition J_A . En déduire les équations correspondantes à la cote condition J_A (pour des raisons de simplification, les joints sont considérés indéformables).

$$J_A = (a_{78} + a_{76} + a_{68} + a_{64} + a_{67}) - (a_{62} + a_{69} + a_{57} + a_{87})$$

$$J_{A_{\max}} = (a_{78} + a_{76} + a_{68} + a_{64} + a_{67})_{\max} - (a_{62} + a_{69} + a_{57} + a_{87})_{\min}$$

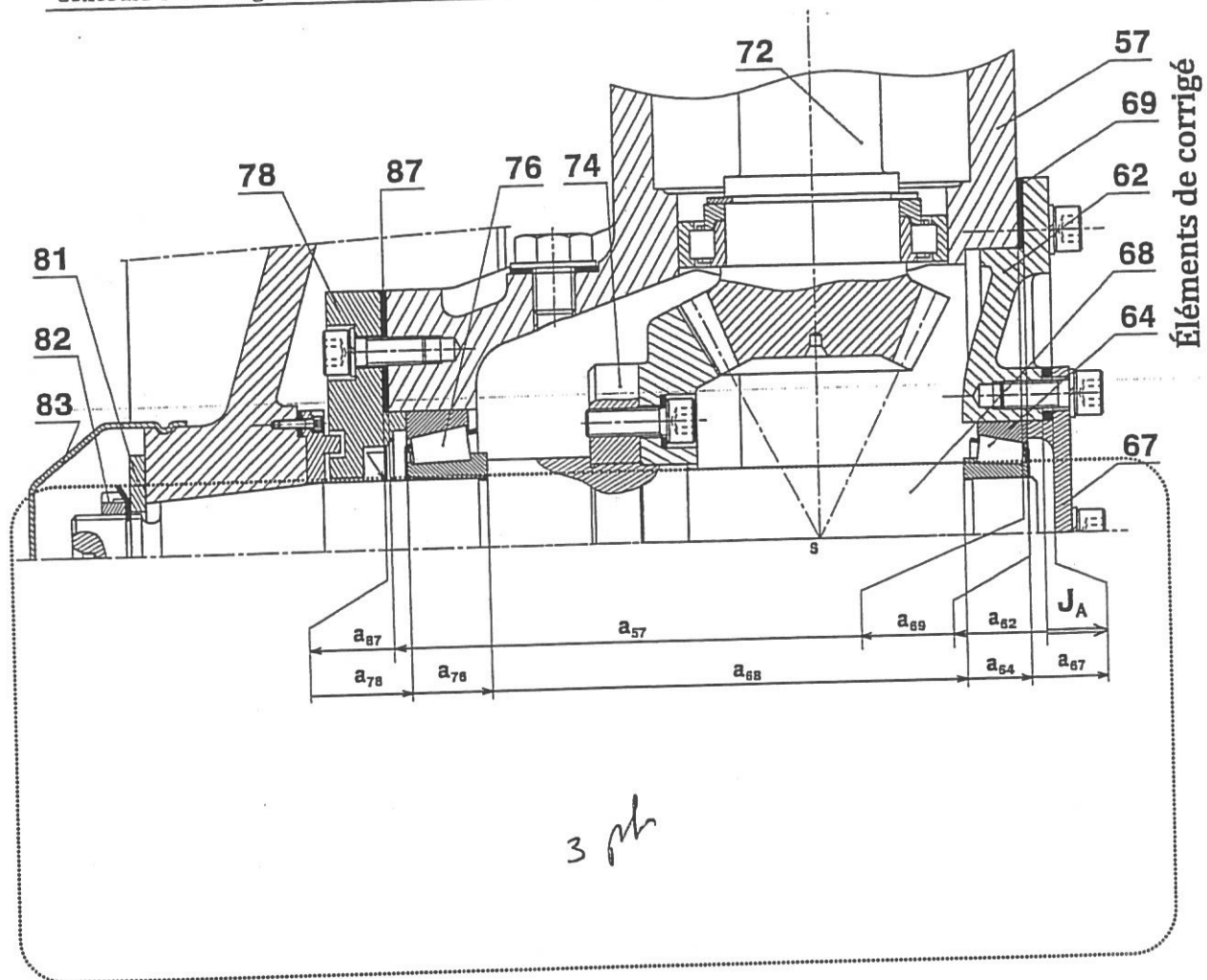
$$J_{A_{\min}} = (a_{78} + a_{76} + a_{68} + a_{64} + a_{67})_{\min} - (a_{62} + a_{69} + a_{57} + a_{87})_{\max}$$

$$IT_{J_A} = \sum IT$$

1 ou 3 eq

1 ph

1 ph



A-29. On désire dans cette partie graphique, compléter la conception de la prise de mouvement du moteur hydraulique (non représenté dans DT-03) vers le pignon d'attaque (72) ainsi que son guidage en rotation de ce dernier par rapport au carter (57). Le guidage en rotation de (72)/(57) est initialement assuré par le roulement à rouleaux cylindriques (70) et deux roulements à rouleaux coniques (89) et (90) (non représentés dans DT-03) faisant ainsi un montage hyperstatique.

Pour des raisons de simplification, on demande de compléter le dessin d'ensemble partiel en coupe (Page 14/21), en considérant les contraintes suivantes :

a- Montage de roulements :

- assurer le guidage en rotation (72)/(57) en éliminant le roulement (70) et utiliser deux autres roulements à rouleaux coniques (89) et (90).
- pour faciliter le système de réglage de jeu, prévoir un montage en « O » en utilisant un écrou à encoches.
- compléter les ajustements nécessaires pour les roulements (89) et (90) sur le dessin.

b- Accouplement :

- 6 ph
- Par l'intermédiaire d'un accouplement (91), qui sera choisi à partir du document DT-05, assurer la prise de mouvement entre les deux bouts d'arbres (92) et (72).
 - compléter le montage des clavettes (93) sur les arbres (72) et (92).
 - prévoir une vis de pression (94) de diamètre M5 contre chaque clavette.

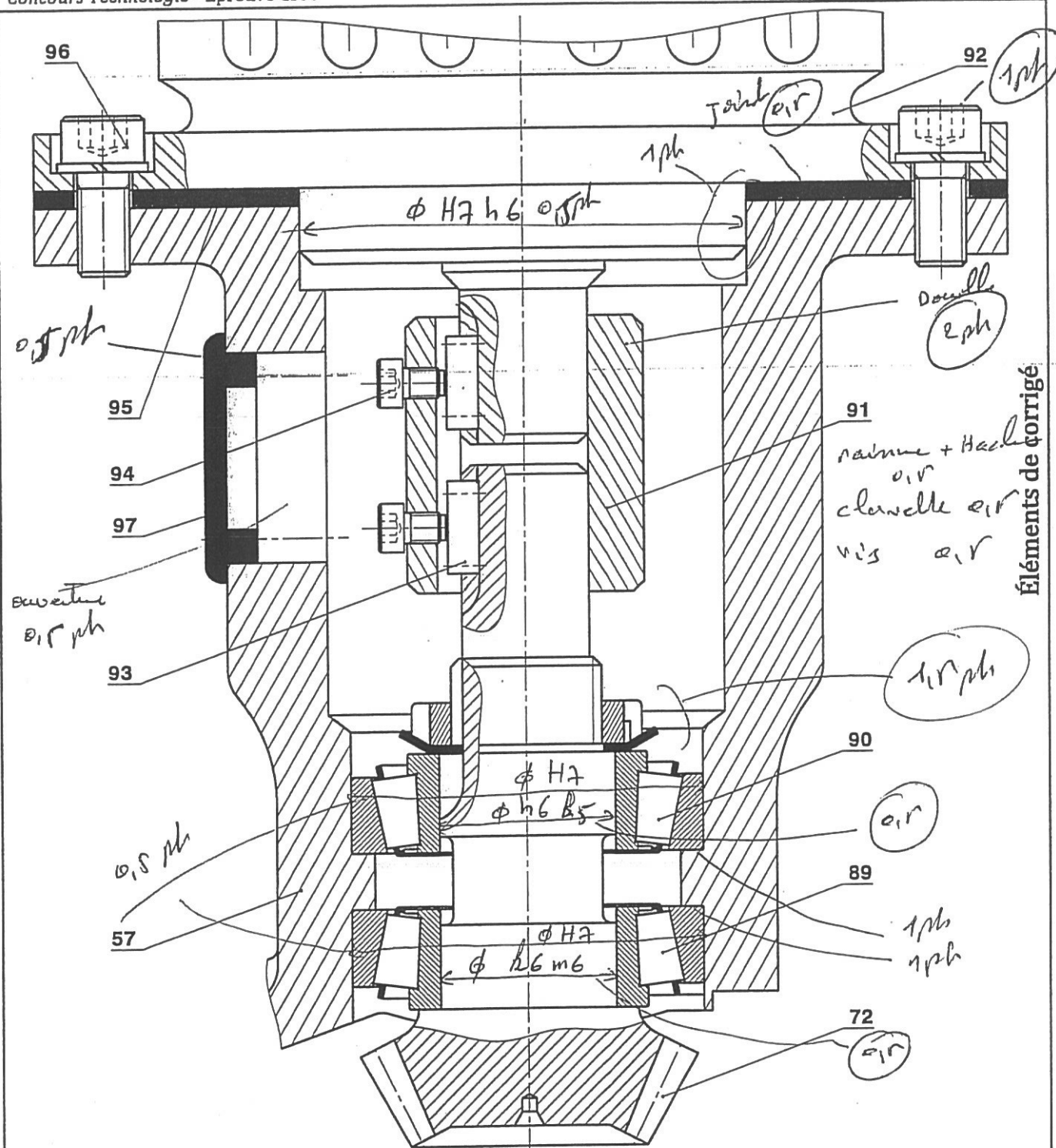
c- Moteur hydraulique :

- 3 ph
- prévoir le centrage du moteur hydraulique (92) sur le carter (57) et indiquer son ajustement adéquat.
 - en vue d'assurer l'étanchéité entre (92) et (57), interposer un joint plat (95).
 - la fixation du moteur hydraulique sur le carter étant assurée par 6 vis CHC M8-30 repère (96) (à représenter une)

d- Nomenclature :

- 1 ph
- compléter la nomenclature en précisant la désignation et matériau associé.

NB : Il est impératif de conserver l'emplacement et la forme des interfaces de fixation au système comme l'indique le dessin (DT-05).



97	1	Bouchon		
96	6	Vis CHC M8		
95	1	Joint d'étanchéité		
94	2	Vis de pression M5	3 pièces → 0,5 ph	
93	2	Clavette	3 pièces → 1 ph	
92	1	Moteur hydraulique		
91	1	Accouplement rigide		Lovejoy
90	1	Roulement à rouleaux coniques		SKF
89	1	Roulement à rouleaux coniques		SKF
72	1	Pignon arbré (pignon d'attaque)	35 Cr Mo 4	
57	1	Carter	GE 360	Moulé
Rep	Nbre	Désignation	Matériaux	Obs.



Ensemble Roue motrice

Echelle 1:1

Session 2020