



**EXAMEN NATIONAL D'OBTENTION DU
BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR**

SESSION : MAI 2017

- **Filière : Productique.**
- **Epreuve : Procédés et processus d'industrialisation des produits mécaniques.**
- **Durée : 6 heures.**

Consigne:

Dès la distribution du sujet, le candidat s'assurera que l'exemplaire du dossier remis est complet.

Il est demandé au candidat de :

- Utiliser les documents réponse pour les questions concernées et de les insérer, **complétés ou non**, dans la copie.
- Respecter l'ensemble des notations définies dans le sujet.
- Apporter un soin tout particulier à la rédaction de la copie.



Filière:	Productique
Épreuve de:	Processus et Procédés d'Industrialisation des Produits Mécaniques

Durée :	6H
Coefficient :	40

BAREME DE NOTATION

Parties	Tâches	Barème
Partie A	A.1	/2
	A.2	/1
	A.3	/3
	A.4	/2
	A.5	/5
	A.6.	/7
Partie B	B.1	/2
	B.2	/4,5
	B.3	/3
	B.4	/8
	B.5	/4
Partie C	C.1	/2
	C.2	/2
	C.3	/2
	C.4	/2
	C.5	/2
	C.6	/2
Partie D	D.1	/2
	D.2	/4
	D.4.1	/1
	D.4.2	/1
	D.4.3	/1
	D.4.4	/1
	D.4.5	/1
	D.4.6	/1
D.4.7	/1	
Partie E	E.1	/2
	E.2	/1
	E.3	/1
	E.4	/2
Partie F	F.1	/3
	F.2.1	/1
	F.2.2	/1
	F.2.3	/1
	F.2.4	/1
	F.2.5	/0,5
TOTAL		/80pts.

PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE

L'Office Chérifien des Phosphates (OCP), fondé le 07 août 1920 au Maroc et transformé en une société anonyme (OCP SA), est l'un des principaux exportateurs de phosphate brut, d'acide phosphorique et d'engrais dans le monde.

Ce fleuron de l'industrie minière marocaine accompagne le plan Maroc-vert, visant la modernisation de l'agriculture et l'obtention de l'autosuffisance, dans le moyen terme ainsi que l'exportation de son expérience dans l'Afrique subsaharienne et l'Afrique de l'est. Cette expérience est initiée par le roi du Maroc lors des dernières visites effectuées dans ces pays. Pour cela, il a opté pour l'installation (au Maroc et dans les pays concernés) de complexes de transformation de phosphate en acide phosphorique ainsi que de petites unités régionales de production du triple super phosphate (fertilisants utilisés dans le domaine agricole).

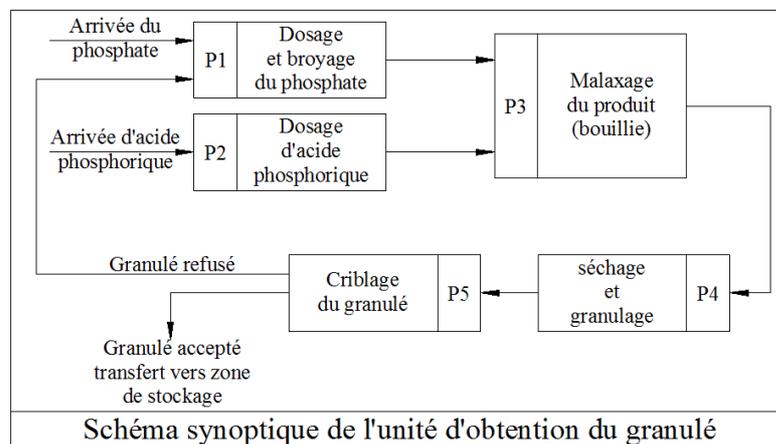
Présentation du système

Le schéma (D.T.1) représente une unité de production de granulés du triple super phosphate à partir d'un mélange de phosphate et d'acide phosphorique.

L'unité de production du granulé est constituée :

- ✓ d'un broyeur doseur entraîné par un moteur Mt1;
- ✓ d'un malaxeur entraîné par un motoréducteur Mt2;
- ✓ d'un foyer pour le séchage du granulé;
- ✓ d'un sécheur granulater entraîné par un moteur Mt3;
- ✓ d'un crible entraîné par un système excentrique non représenté;
- ✓ de quatre ventilateurs aspirateurs (VA1, VA2, VA3 et VA4).

Schéma synoptique de l'unité



Le service management (ordonnancement, achat, industrialisation et suivi d'installation) a confié, après lancement de marché, l'étude et la réalisation des malaxeurs entraînés par moto réducteur à engrenages coniques (voir le schéma cinématique D.T.1) à l'entreprise Global-Engineering (GE-SA), multinationale Maroc-canadienne, leader dans l'installation clé en main des unités industrielles au Maroc et dans l'Afrique. La réussite de cette multinationale résulte de la sous-traitance de l'élaboration des composantes de ses systèmes en les confiant à des petites et moyennes industries

Si vous êtes amené, en tant que jeune technicien travaillant dans une entreprise (moyenne-industrie), à participer à l'étude et la réalisation des composantes du réducteur à engrenage conique et, en particulier, la roue conique d'entraînement n° 18, dont le dessin de définition figure sur (D.T.2), vous devez réaliser les tâches prescrites ultérieurement.

Hypothèses relatives à l'entreprise :

L'entreprise est composée de plusieurs directions :

- Direction des méthodes de fabrication ;
- Direction de gestion de production et ordonnancement ;
- Direction de production et traitements ;
- Direction commerciale et administrative.

Hypothèses relatives à la fabrication :

- La fabrication : besoin mensuel de 300 pièces pendant 2 ans.
- Les moyens de fabrication sont les suivants :
 - ✓ Des machines-outils classiques ;
 - ✓ Des tours semi-automatiques (TSA) ;
 - ✓ Des tours à commande numériques ;
 - ✓ Des fraiseuses à commande numérique ;
 - ✓ Un centre d'usinage 5axes ;
 - ✓ Des perceuses dont certaines à commande numérique ;
 - ✓ Des machines de taillage d'engrenage ;
 - ✓ Des brocheuses horizontales ;
 - ✓ Des rectifieuses dont certaines sont à commande numérique...

L'avant projet d'étude de fabrication (APEF) est le suivant :

N°Ph	Phase	Opérations	MiP	Montages
000	Brut (estampage)	(estampage, ébavurage, calibrage)	-----	-----
100	Traitements thermiques (Tth)	Recuit	-----	-----
200	Tournage (Tour // poly-butées)	D1éb - D1f/2 (F1, D2)f - D1f.	3N: Appui plan/B1 2N: Centrage court/BD3	Mandrin 3 mors durs (MC200)
300	Tournage (TCN)	(F5, C1, D3, F3) f.	3N: Appui plan/F1 2N: Centrage court/D1	Mandrin 3 mors doux (MC300)
400	Fraisage (FH)	(F4, F6, F7) f.	3N: Appui plan/F1 2N: Centrage court/D1	(MUF400) (MC400)
500	Perçage-lamage (2 perceuses sensitives)	D4f - (F2, D5) f.	3N: Appui plan/F1 2N: Centrage court/D1	(MUPL500) (MC500)
600	Taillage (Tailleuse conique)	Dpéb, Dpf.	3N: Appui plan/F1 2N: Centrage court/D1 1N: Locating /D4	(MUTail600) (MC600)
700	Contrôle	Suivant plan de contrôle (MSP)	-----	-----

Remarque :

- ✓ Les montages MU sont des montages d'usinage,
- ✓ Les montages MC sont des montages de contrôle,
- ✓ BD3 : brut relatif à D3,
- ✓ Dp : diamètre primitif.

Partie A : L'étude d'obtention de brut (roue conique d'entraînement n°18) retenue par l'entreprise est l'estampage.**Sur Document Réponse 1 (page 13/26) :**

- A.1 Décoder la désignation du matériau de la pièce.
A.2 Donner la différence entre l'estampage et le matriçage.
A.3 Citer les différentes opérations chronologiques menant à l'obtention de brut estampé.
A.4 Quel est le but du traitement thermique indiqué dans la phase 100 ?
A.5 En utilisant les propriétés de la masse de la couronne présentées ci-dessous :

**Propriétés de masse de forme de brut données par le modèleur volumique
Roue conique estampée en 16CrMo4**

- ✓ Densité = 0.0073 grammes par millimètre cube (g/mm^3).
- ✓ Masse = 1910.0308 grammes (g).
- ✓ Volume = 261648.0531 millimètres cubes (mm^3).
- ✓ Superficie = 50181.9585 millimètres carrés (mm^2).

A.5.1 Calculer le volume du lopin Vlo, sachant que :

- ✓ le volume de la bavure Vba représente 20% du volume de la pièce brute avant usinage ;
- ✓ le volume de perte au feu représente 3% du volume de la pièce brute avant usinage ;
- ✓ le volume de prise de pièce représente 15% du volume de la pièce brute avant usinage.

A.5.2 Déterminer la longueur initiale du débitage du lopin (Lo) pour un diamètre de la forme marchande de la barre étirée $D_o = \text{Ø}60\text{mm}$.

A.5.3 Vérifier le risque de flambement donné par la norme : $L_o / D_o < 3$;

Sur Document Réponse 2 et 3 (pages 14/26 et 15/26) :

A.6 Dessiner les éléments suivants :

A.6.0 Sens de l'estampage (déjà donné)

A.6.1 Choix du plan de joint,

A.6.2 Matière et surfaces usinées en trait fort ou de couleur verte,

A.6.3 Le brut moyen,

A.6.4 Les dépouilles,

A.6.5 La toile,

A.6.6 Les rayons de raccordement,

A.6.7 Le bilan économique.

Partie B : Etablissement partiel du dossier de fabrication de la roue conique d'entraînement DT2.

Données : Etude de la simulation d'usinage suivant l'axe ZZ' :

- ✓ La valeur de la dispersion sur :
 - Surface usinée = 0,05
 - Surface brute = 0,5
- ✓ La valeur de la dispersion de reprise sur :
 - Surface usinée = 0,03
 - Surface brute = 0,5
- ✓ Les surépaisseurs d'usinage :
 - $C_{p\text{mini}} = 2$

En se référant à l'Avant Projet d'Etude de Fabrication (page2/24) de **la roue conique d'entraînement**.

Sur Document Réponse 4 (page 16/26) :

- B.1 Installer les conditions BM ($C_{p\text{mini}}$)
- B.2 Localiser les dispersions (ΔB , Δl_i et Δl_i).

Sur Document Réponse 5 (page 17/26) :

B.3 Vérifier la validité de l'A.P.E.F et optimiser les valeurs des Δl_i (les ΔB_i et Δl_i ne seront pas optimisées).

Sur Document Réponse 6 (page 18/26) :

- B.4 Calculer les conditions moyennes BM et BE.
- B.5 Calculer les cotes fabriquées installées.

Partie C : Gamme d'usinage.

Sur Documents Réponses 7, 8 et 9 (pages 19/26, 20/26 et 21/26) :

- C.1 Compléter les feuilles de gamme d'usinage du Projet d'Etude de Fabrication (PEF) en indiquant :
 - C.1.1 La nomenclature ;
 - C.1.2 La désignation des opérations ;
 - C.1.3 Les surfaces usinées en trait de couleur verte ;
 - C.1.4 La mise en position première norme ;
 - C.1.5 Les cotes fabriquées (C_f) sans calcul ;
 - C.1.6 Les outillages de coupe et de contrôle.

Partie D : Etude de la phase 300.

Sur Document Réponse 10 (page 22/26) :

- D.1 Compléter sur le croquis de la phase les PREF, les DEC, les jauges outil et le trajet de l'outil.
- D.2 Compléter le programme en commande numérique relative à la phase 300 tout en vous aidant du DT4.

Sur Document Réponse 11 (page 23/26) :

D.3 Compléter le contrat de phase prévisionnel de la phase 300 en indiquant :

- D.3.1. La nomenclature.
- D.3.2. Les surfaces usinées en trait de couleur verte.
- D.3.3. La mise et le maintien en position 2^{ème} norme.
- D.3.4. Les cotes fabriquées (Cf),
- D.3.5. L'ordre chronologique des opérations.
- D.3.6. Le nom de l'outil.
- D.3.7. Les conditions de coupe. (Voir Document Technique DT3)

Partie E : Etude de la phase 400.**Sur Document Réponse 12 (page 24/26) :**

E.1 Compléter le croquis de la phase 400 permettant le cycle d'usinage indiqué, sachant que :

- L'engagement et le dégagement ($e = e' = 2\text{mm}$).
- L'approche (A) et le dégagement (D) se font sur 300mm.
- L'outil : fraise 3 tailles, épaisseur 8H8, $\varnothing = 80\text{mm}$ et $z = 16$

E.2 Calculer la longueur de coupe (**Lc**) relative à la réalisation de la rainure.

Sur Document Réponse 13 (page 25/26) :

E.3 Compléter l'étude de phase.

E.4 Tracer le simogramme.

Partie F : Etude de la phase 500.**Sur Document Réponse 14 (page 26/26) :**

F.1 Compléter le schéma des dispersions relatif à l'usinage de F2.

F.2 Calcul de la cote de réglage Cr, pour cela :

- F.2.1 - Calculer $\Delta F_{2\text{opt}}$
- F.2.2 - Calculer IT_{Cr}
- F.2.3 - Calculer Cr_{mini}
- F.2.4 - Calculer Cr_{Maxi}
- F.2.5 - Déterminer Cr

On donne : $\Delta a = 0,04$, $\Delta r = 0,02$, $\Delta s = 0,02$, $\Delta B3 = 0,5$ et $\Delta F_{2\text{opt}} = 0,1$

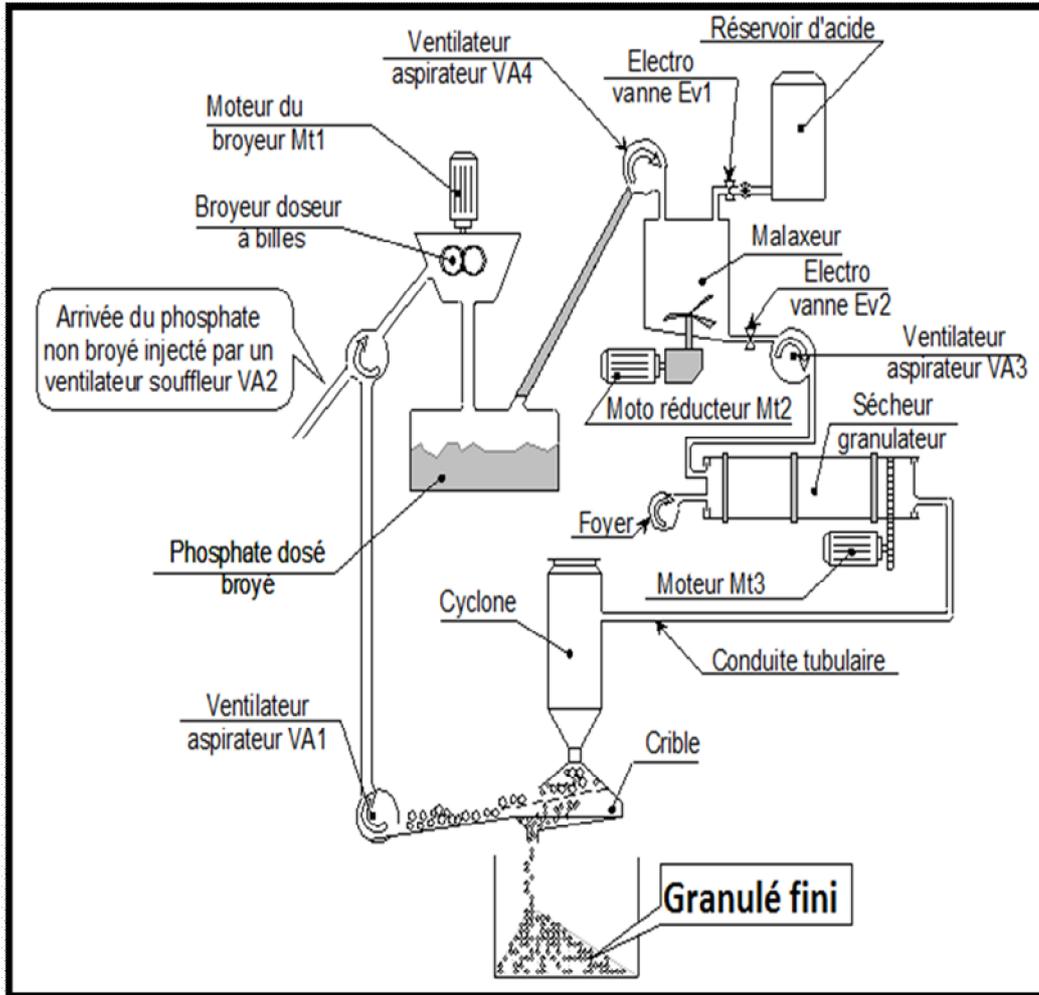
Documents Techniques

Les documents techniques sont au nombre de 4

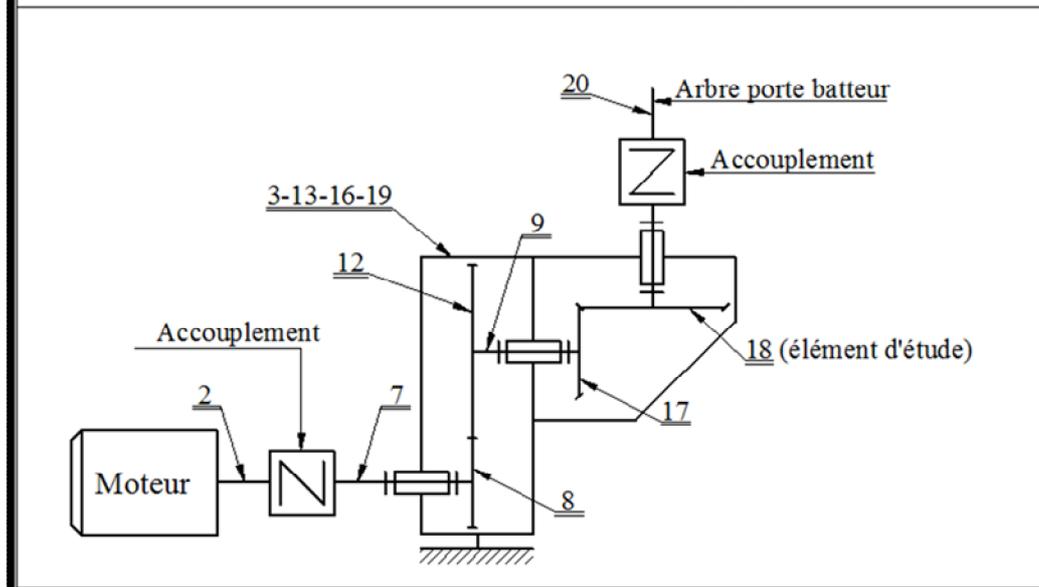
- DT1 : Présentation du système ;
- DT2 : Dessin de définition support d'étude ;
- DT3 : Conditions de coupe ;
- DT4 : Fonctions préparatoires et les fonctions auxiliaires.

Document Technique 1

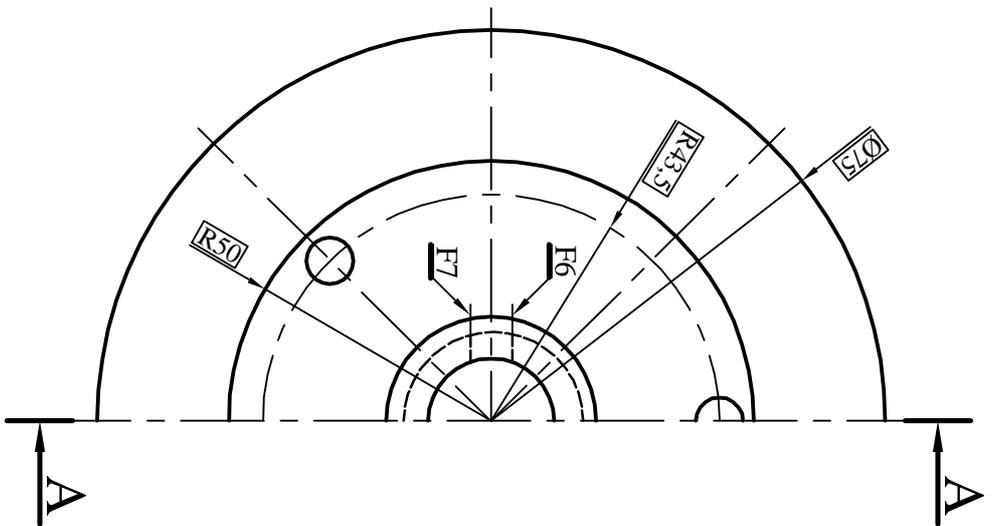
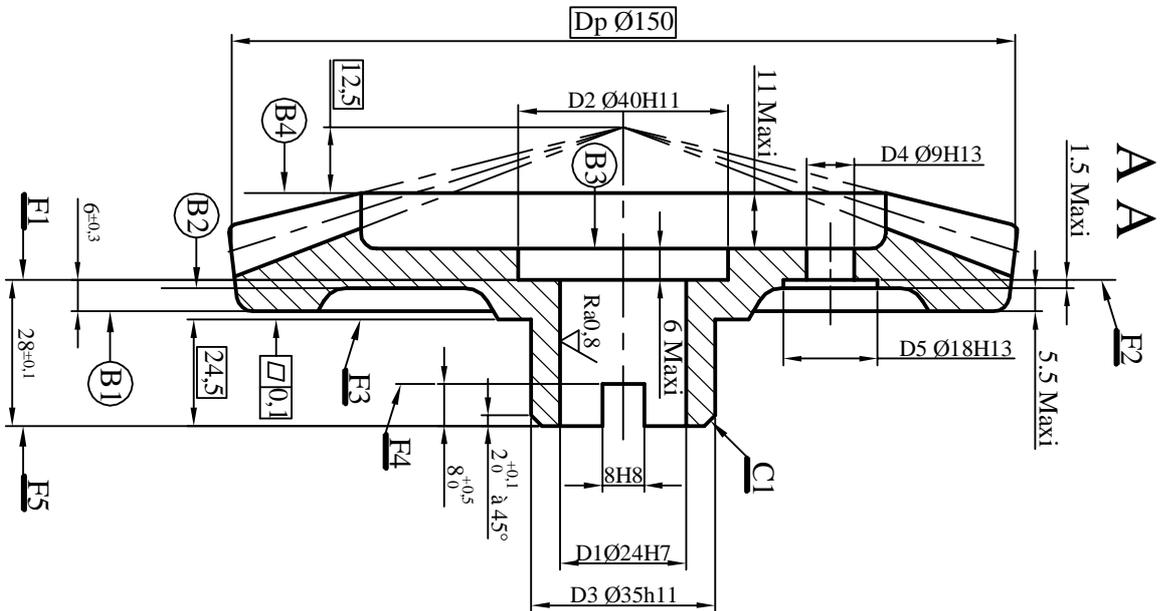
Présentation du système



Moteur réducteur à engrenage conique (Mt2)



Document Technique 2



- Caractéristiques du pignon conique**
- Module : $m = 3$
 - Nombre de dents : 50
 - Ø primitif : $dp = 150$
 - Ø de tête : $da = 152$
 - Ø de pied : $df = 147$
 - Hauteur de la dent : $h = 6,75$
 - Largeur de la dent : $b = 26$
 - Longueur : $L = 78$
 - Angle primitif : $\delta = 70^\circ$
 - Angle d'attaque $\alpha = 20^\circ$

- $8H8 = 8^{+0,022}_0$
- $D1 \text{ } \varnothing 24H7 = 24^{+0,021}_0$
- $D2 \text{ } \varnothing 40H11 = 40^{+0,16}_0$
- $D3 \text{ } \varnothing 35h11 = 35^{0}_{-0,16}$
- $D4 \text{ } \varnothing 9H13 = 9^{+0,220}_0$
- $D5 \text{ } \varnothing 18H13 = 18^{+0,330}_0$

D1	\perp	$\varnothing 0,5$	B1
D2	\odot	$\varnothing 0,01$	D1
D3	\odot	$\varnothing 0,05$	D1
Dp	\odot	$\varnothing 0,05$	D1
F6 - F7	\equiv	0,1	D1
D4	\oplus	$\varnothing 0,1$	D1
D5	\odot	$\varnothing 0,1$	D4
Dp	\swarrow	0,05	D1

Très important

Pour des raisons de facilité de lecture du dessin de définition, la cotation a été volontairement allégée.

Tolérance générale pour le brut ISO 2768-1-V

Ra générale pour les surfaces usinées 3,2 sauf indications.

Ra générale pour les surfaces brutes 6,4.

18	1	Roue conique d'entraînement		16 Cr Mo 4	Estampé
REP	NB	DESIGNATION		MATIERE	OBSERV.
ECHELLE 1:1		Unité de malaxage			
ETABLISSEMENT :					
		Dessiné par :		Le -/-/-/-	
		Vérifié par :		Le -/-/-/-	
		BUREAU DES METHODES			

Document Technique3

TOURNAGE

Outil à plaquette Carbure		
MATIERE	Vitesse de coupe EBAUCHE	Avance EBAUCHE
Acier non allié	250	0,4
Acier faiblement allié	180	0,4
Acier fortement allié	150	0,4
Fontes	200	0,4
Alliage d'Aluminium	600	0,4
Outil ARS		
MATIERE	Vitesse de coupe EBAUCHE	Avance EBAUCHE
Acier non allié	50	0,1
Acier faiblement allié	30	0,2
Acier fortement allié	25	0,2
Fontes	30	0,2
Alliage d'Aluminium	100	0,3

AVANCE

Super finition	$f = 0,05 - 0,15$ mm/tr	$ap = 0,2 - 2$ mm
Finition	$f = 0,1 - 0,3$ mm/tr	$ap = 0,5 - 2$ mm
½ Finition	$f = 0,2 - 0,5$ mm/tr	$ap = 1,5 - 4$ mm
Ebauche	$f = 0,4 - 1,5$ mm/tr	$ap = 3 - 15$ mm

LES OPERATIONS DE TOURNAGE

Finition :	4/3 Vc Eb
Perçage :	3/4 Vc Eb
Alésage :	3/4 Vc Eb
Filetage :	1/3 Vc Eb
Tronçonnage :	1/2 Vc Eb
Alésoir machine :	1/4 Vc Eb

FRAISAGE

Outil à plaquette Carbure		
MATIERE	Vitesse de coupe EBAUCHE	Avance EBAUCHE
Acier non allié	200	0,2
Acier faiblement allié	180	0,2
Acier fortement allié	160	0,2
Fontes	120	0,2
Alliage d'Aluminium	400	0,2
Outil ARS		
MATIERE	Vitesse de coupe EBAUCHE	Avance EBAUCHE
Acier non allié	50	0,1
Acier faiblement allié	40	0,15
Acier fortement allié	25	0,15
Fontes	40	0,15
Alliage d'Aluminium	120	0,2

AVANCE FRAISAGE

$$f_z \text{ Fin} = \frac{f_z E_b}{2} \quad \text{et} \quad \text{Fraise 3T} = f_z \times 0,4$$

Document Technique 4**Les fonctions préparatoires et les fonctions auxiliaires****Extrait des fonctions préparatoires G (ISO)**

CODE	DÉSIGNATION	RÉVOCATION
G00	Interpolation linéaire en rapide	GO1-02-03-33
GO1*	Interpolation linéaire à la vitesse programmée	GOO-02-03-33
G02	Interpolation circulaire à la vitesse tangentielle programmée, sens anti- trigonométrique	GOO-01-03-33
G03	Identique à G02 mais en sens trigonométrique	GOO-01-02-33
G04	Temporisation programmable avec l'adresse F	Fin de bloc
G09	Arrêt précis en fin de bloc avant l'enchaînement sur le bloc suivant	Fin de bloc
G12	Survitesse par manivelle	Fin de bloc
G16*	Définition de l'axe de l'outil à l'aide des adresses PR	Fin de bloc
G17*	Choix du plan XY pour l'interpolation circulaire et la correction de rayon	G18 — G19
G18	Choix du plan ZX pour l'interpolation circulaire et la correction de rayon	G17 — G19
G19	Choix du plan YZ pour l'interpolation circulaire et la correction de rayon	G17 — G18
G31	Filetage au grain	G80 à G89
G40*	Annulation de correction suivant le rayon	G41-G42
G41	Correction de rayon d'outil à gauche du profil	G40-G42
G42	Correction de rayon d'outil à droite du profil	G41-G40
G51	Validation ou invalidation de la fonction miroir à l'aide des adresses d'axes	Fin de bloc
G52	Programmation absolue des cotes par rapport à l'origine mesure	Fin de bloc
G53	Suspension du zéro programme par rapport au zéro machine	G54
G54*	Validation du zéro programme par rapport au zéro machine	G53
G71*	Entrée des données en métrique	G70
G90*	Programmation absolue par rapport à l'origine programme	G91
G91	Programmation relative par rapport au point de départ du bloc	G90
G92	Limitation de la vitesse de broche	M2
G92	Présélection de l'origine programme	Fin de bloc
G92	Présélection de l'origine programme	Fin de bloc
G93	Vitesse d'avance exprimée en inverse du temps (VIL)	G94
G94*	Vitesse d'avance exprimée en mm/min	G93-95
G95	Vitesse d'avance exprimée en mm/tour	
G97	Vitesse de la broche exprimée en tour/min	

Extrait des fonctions auxiliaires M (ISO)

CODE	DÉSIGNATION	RÉVOCATION
MOO	Arrêt programmé	Action sur DCY
MO1	Arrêt optionnel	Action sur DCY
M02	Fin de programme pièce	% ou EOR
M03	Rotation broche sens anti-trigonométrique	M4-M5-MO-M19
M04	Rotation broche sens trigonométrique	M3-M5-MO-M19
M05*	Arrêt de broche	M3-M4
M06	Changement d'outil	
M07	Arrosage N°2	M9-MO
M08	Arrosage N°1	M9-MO
M09*	Arrêt des arrosages	M7-M8

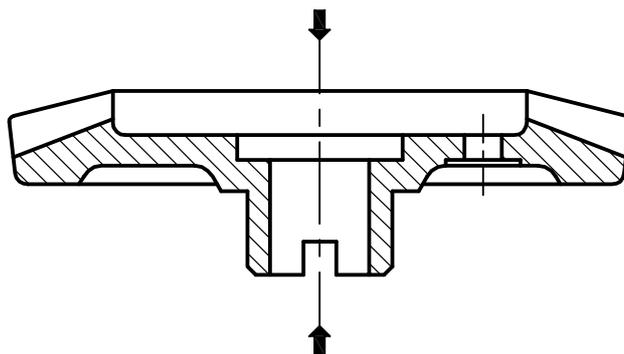
Documents Réponses

Les documents réponses sont au nombre de 14

- DR1- - - - - Questions A.1, A.2, A3, A4 et A.5 (page 13/26) ;
- DR2- - - - - Question A.6 (page 14/26) ;
- DR3- - - - - Question A.6 (page 15/26) ;
- DR4- - - - - Questions B.1 et B2 (page 16/26) ;
- DR5- - - - - Question B.3 (page 17/26) ;
- DR6- - - - - Questions B.4 et B5 (page 18/26) ;
- DR7- - - - - Questions C.1, C.2, C.3, C.4, C.5 et C.6 (page 19/26) ;
- DR8- - - - - Questions C.1, C.2, C.3, C.4, C.5 et C.6 (page 20/26) ;
- DR9- - - - - Questions C.1, C.2, C.3, C.4, C.5 et C.6 (page 21/26) ;
- DR10- - - - - Questions D.1 et D.2 (page 22/26) ;
- DR11- - - - - Question D3 (page 23/26) ;
- DR12- - - - - Questions E.1 et E.2 (page 24/26) ;
- DR13- - - - - Questions E.3 et E.4 (page 25/26) ;
- DR14- - - - - Questions F.1, F.2.1, F.2.2, F.2.3, F.2.4 et F.2.5 (page 26/26).

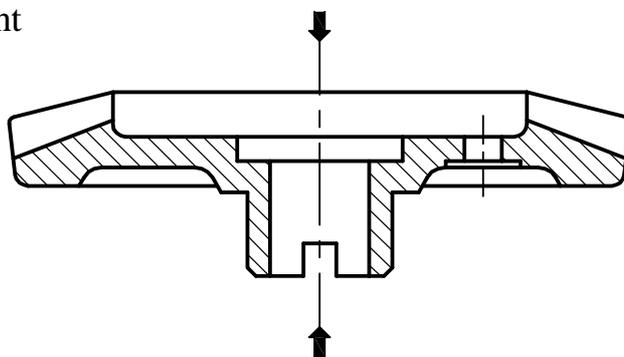
Règle n°1 :

- Sens de l'estampage



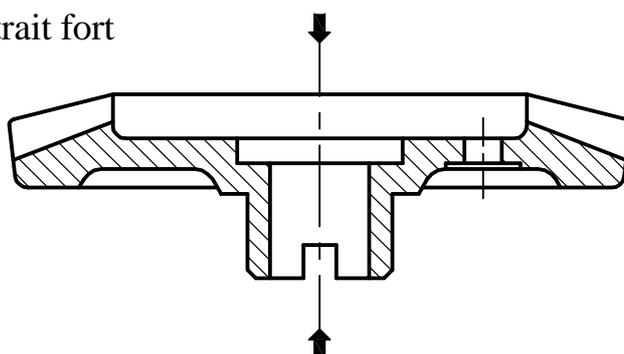
Règle n°2 :

- Choix du plan de joint



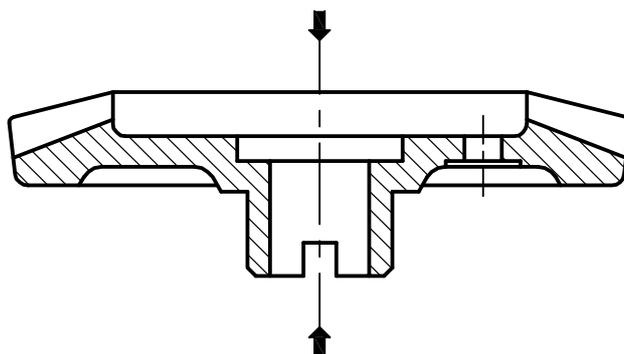
Règle n°3 :

- Matières,
- Surfaces usinées en trait fort



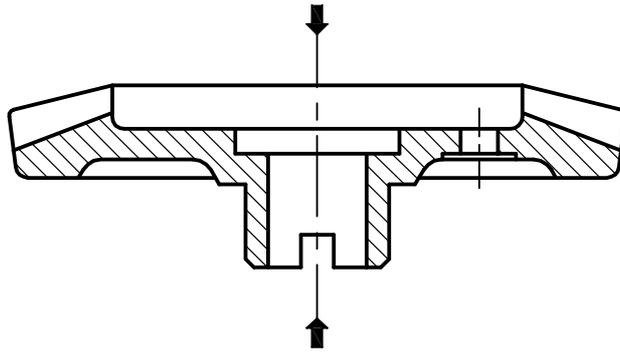
Règle n°4 :

- Le brut moyen



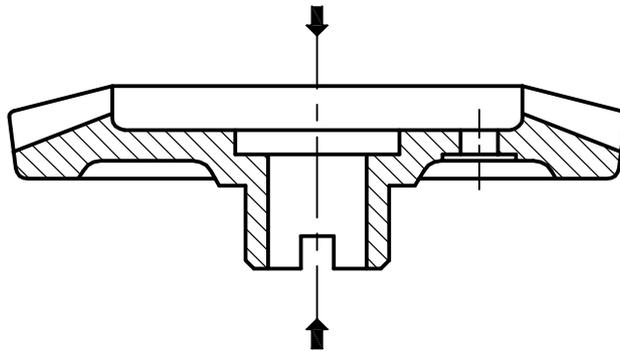
Règle n°5 :

- Les dépouilles



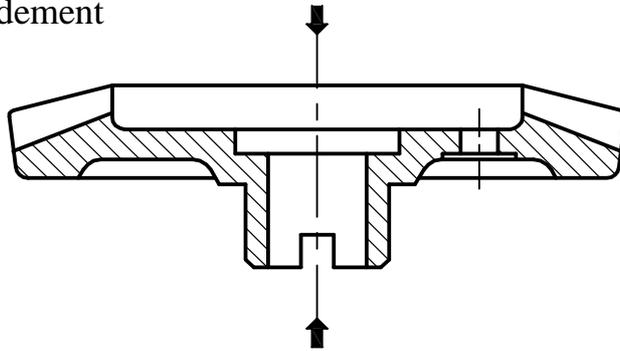
Règle n°6 :

- La toile



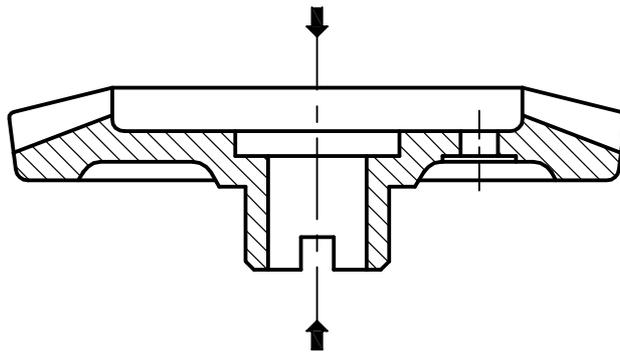
Règle n°7 :

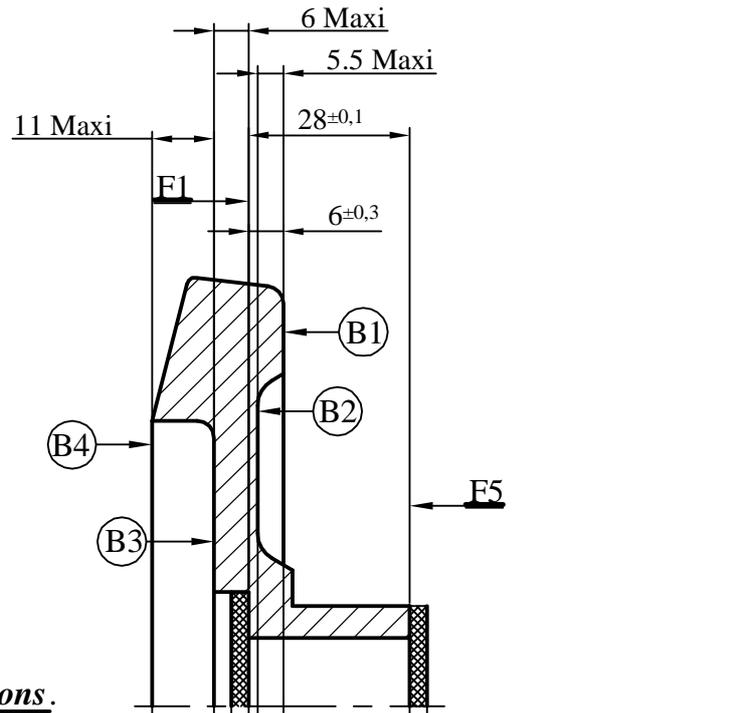
- Les rayons de raccordement



Règle n°8 :

- Bilan économique





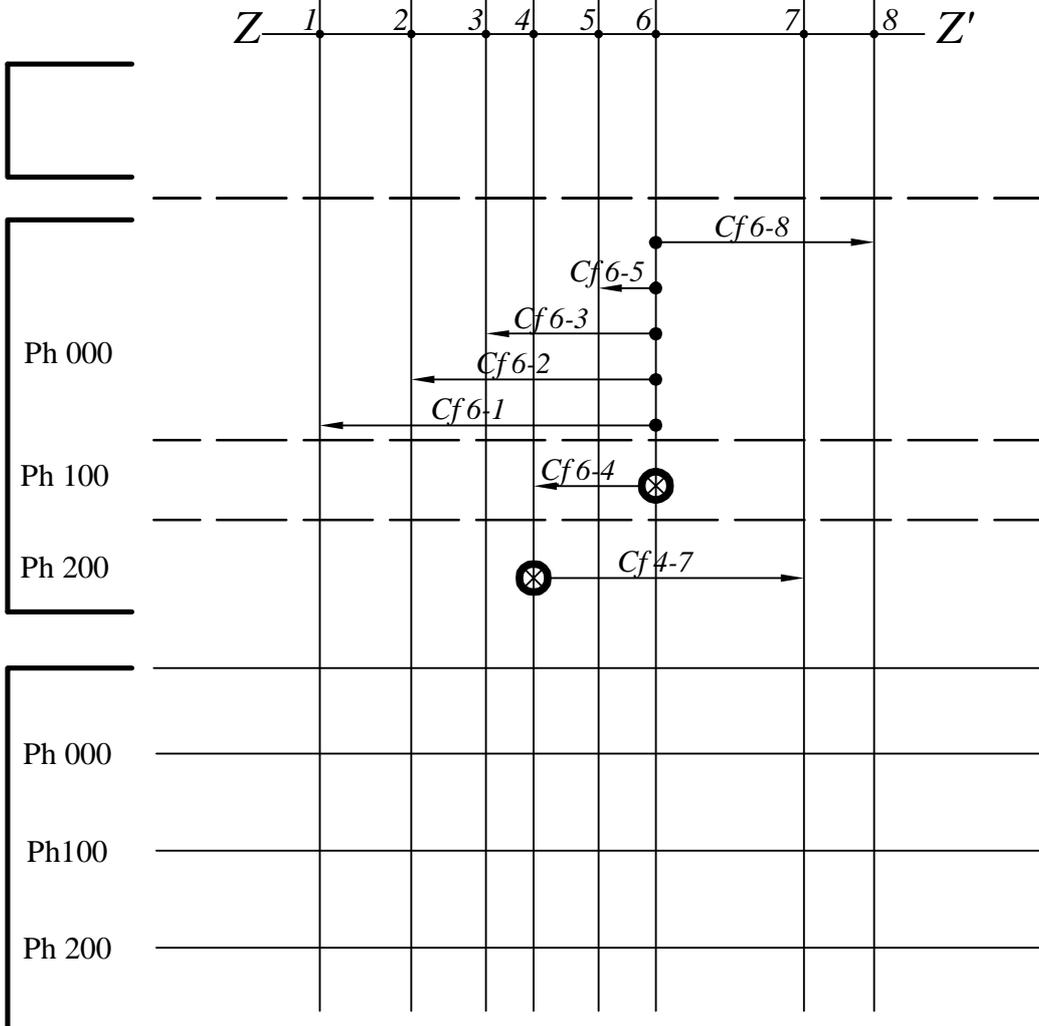
B.1 Condition BM.

B.2 Localisation des dispersions.

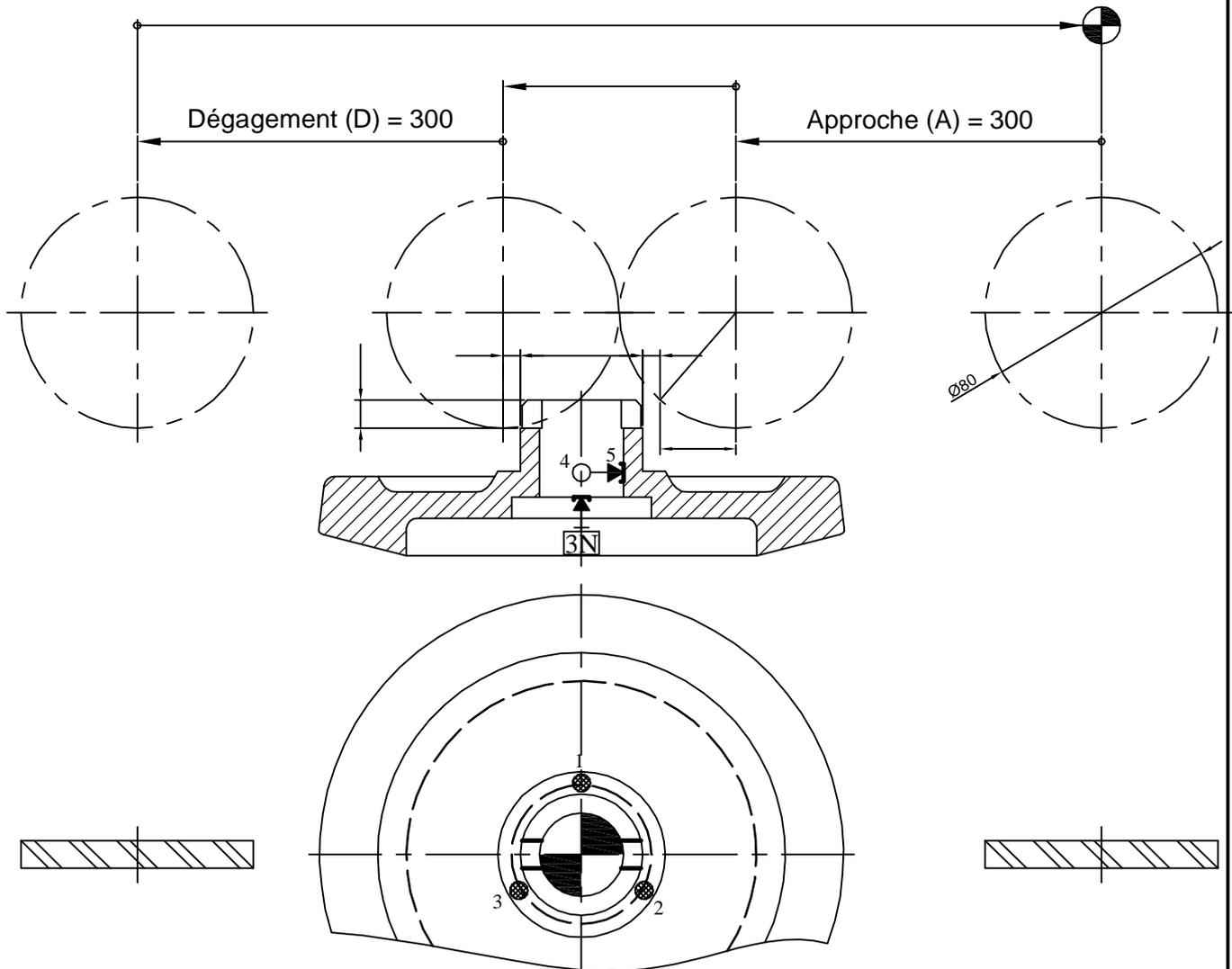
Cp mini

APEF

Δli



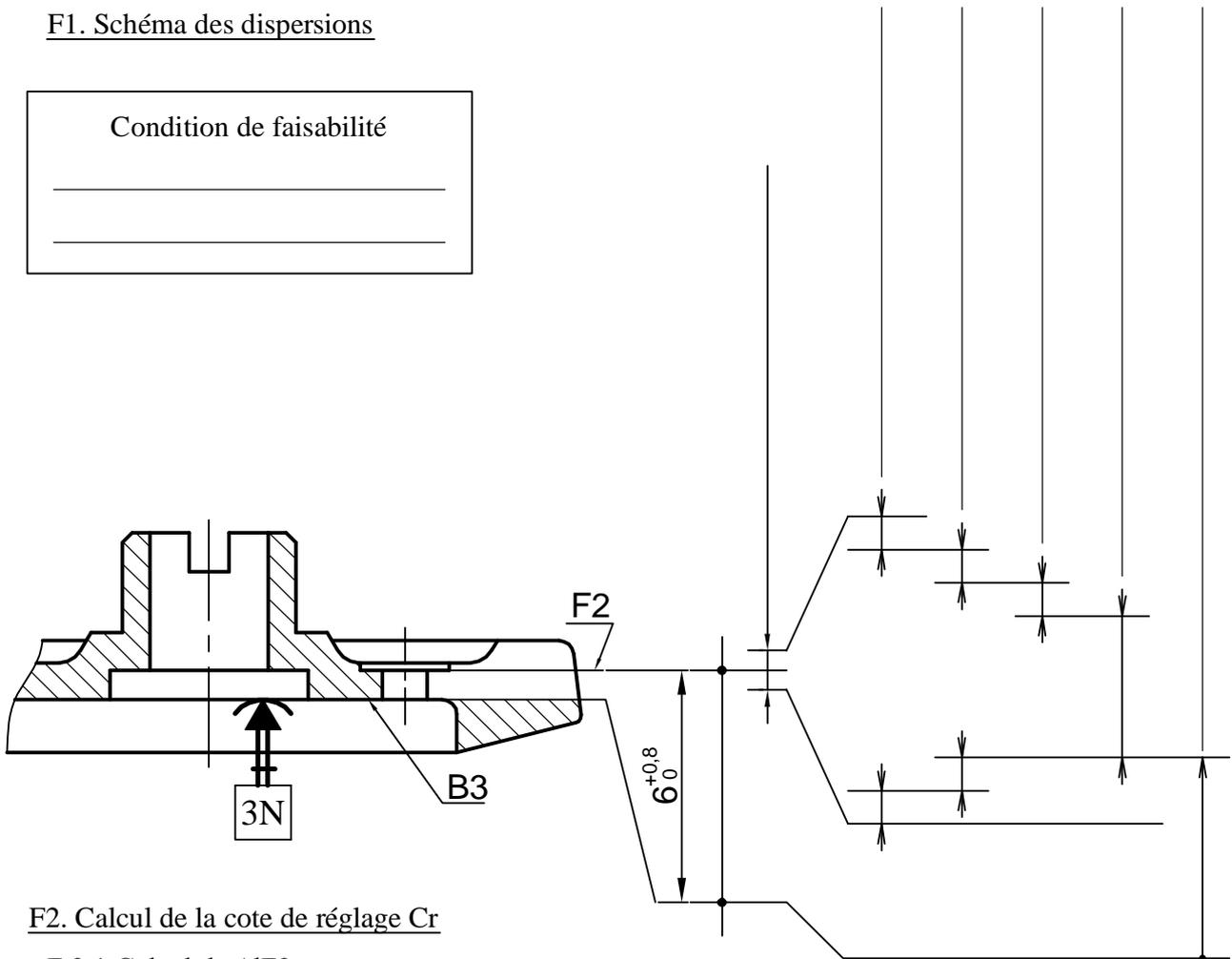
E.1 Croquis de la phase 400.



E.2 Calcul de la longueur de coupe Lc.

F1. Schéma des dispersions

Condition de faisabilité



F2. Calcul de la cote de réglage Cr

F.2.1 Calcul de $\Delta F2_{opt}$:

F.2.2 Calcul de l'IT Cr :

F.2.3 Calcul de Cr mini :

F.2.4 Calcul de Cr Mixi :

F.2.5 Valeur de Cr :

Cr =