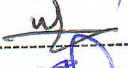
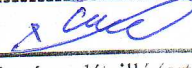


Feuille de notes M1 FMP

Matière : C.D.M. 21

- ☒ Examen
☐ C. Continu
☐ Rattrapage
☐ Examen de remplacement

Département de Génie Mécanique
Date: 22/05/2025
Semestre d'étude : S2
Salle: E13
Groupe 2

N°	Nom	Prénom	Signature	Notes/20
1	HABIB	OUERDIA		04,00
2	HAMEL	MOULOUD		01,50
3	HEDJAR	MOUSSA		04,50
4	HOCINI	Sami		06,50
5	LARBI CHERIF	KOCEILA		
6	MAALEM	HAROUN		07,00
7	MAZARI	YAZID		08,00
8	MENOUER	TAHAR		
9	OUACHEM	LYDIA		07,00
10	RABIAH	MASSINISSA		03,00
11	RAFIL	NOUREDDINE		
12	SAIDI	OUSSAMA		05,00
13	SAIL	Djedjiga		16,50
14	SARADOUNI	AMAR		00,50
15	SELMANI	SAID		04,00
16	TAFAT	YANIS		04,00
17	TAIBI	YOUNES		05,00
18	TEMZI	BELAID		03,00
19	TOUAHIR	YAHIA		
20	YAZAG	M'hamed		04,00
21	HOCINE	ABDELWAHED		00,00

Après chaque examens, les notes sont affichées ainsi que le corrigé et le barème détaillé (art 35 arrêté 171 du 09/02/2023)

Enseignant : M. S. STEBALI 

Date d'affichage : 25.05.2025

Date et salle de consultation des copies :

Lundi 26/05/2025
à 9h Salle E11

Le Chef de département
Département de Génie Mécanique
des Enseignements de Licence

Feuille de notes M1 FMP

Matière : C.D.M. 2



Examen



C. Continu



Rattrapage



Examen de remplacement

Date: 22/06/2025
Semestre d'étude: 32
Salle: E12
Groupe 1

N°	Nom	Prénom	Signature	Notes/20
1	AIT HAMOU	SALIM		
2	AMROUZ	YOUCEF		04,50
3	ANBER	NACIM		02,50
4	AZOUANI	ARAB		
5	BABOU	EL GHANI		04,00
6	BABOURI	Madjid		
7	BAHMED	SALAH		14,00
8	BAIZID	HADI		
9	BELDJENA	AMGHIDH		08,00
10	BENSAAD	DJILALI		03,50
11	BENZAOUCHE	ACHOUR		01,00
12	BOUDIB	SMAIL		04,50
13	CHEKABI	Laeticia		06,00
14	DJEBARI	LOUNES		01,50
15	DJELOUAHI	YOUVA		03,00
16	FAKHEUR	RAYANE		06,00
17	FELLAH	YANIS		03,50
18	GAHLOUZ	AMINE		
19	GUEMMOUN	NADIR		
20	GUESSAB	BILLAL		06,00
21	MAKHLOUFI	Yacine		
22	Ait Chekdid	Riadh		
23	MAHIDDINE	Abd el moudjib nacer		

Après chaque examens, les notes sont affichées ainsi que le corrigé et le barème détaillé (art 35 arrêté 171 du 09/02/2023)

Enseignant : M. S. DJEBALI

Date d'affichage: 25-05-2025

Date et salle de consultation des copies :

Lundi 20/05/2025
à 9h Salle E11

Département de Génie Mécanique
Le Chef de département
des Enseignements de Licence

Correction Examen Final de Coupe des métaux 2

Formation : Master 1 option FMP. Date : 22/05/2025 Durée : 1h30

Questions de cours /10

Q1- Etude de l'équilibre du copeau: (3pts)

- Placer les forces agissant sur le copeau (figure 1). Définir et identifier ces forces.
- Ecrire l'équation d'équilibre du copeau. (1.5pts)

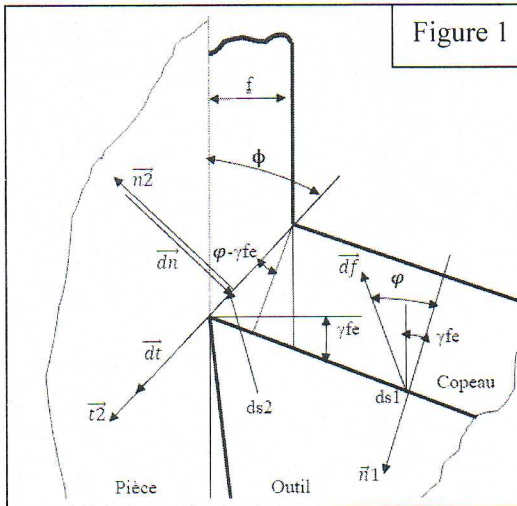


Figure 1

$\int_{s1} \vec{df}$: Résultante générale du torseur des efforts outil/copeau, celle-ci est connue en direction en fonction de Φ et γ_{fe} .

$\int_{s2} \vec{dn}$: Projection sur la normale au plan de cisaillement de la résultante générale du torseur des inter/efforts pièce/outil, celle-ci est connue en direction puisque perpendiculaire au plan de cisaillement.

$\int_{s2} \vec{dt}$: Projection dans le plan de cisaillement de la résultante du torseur des inter/efforts pièce/copeau, celle-ci est connue en direction puisque située dans le plan de cisaillement.

Equation d'équilibre du copeau :

$$\sum \vec{f}_{ext} = \vec{0} \Rightarrow \int_{s1} \vec{df} + \int_{s2} \vec{dn} + \int_{s2} \vec{dt} = \vec{0}$$

- Etablir les expressions de l'effort de coupe F_c et de l'effort d'avance F_f après les avoir placées sur la figure 2. (1.5pts)

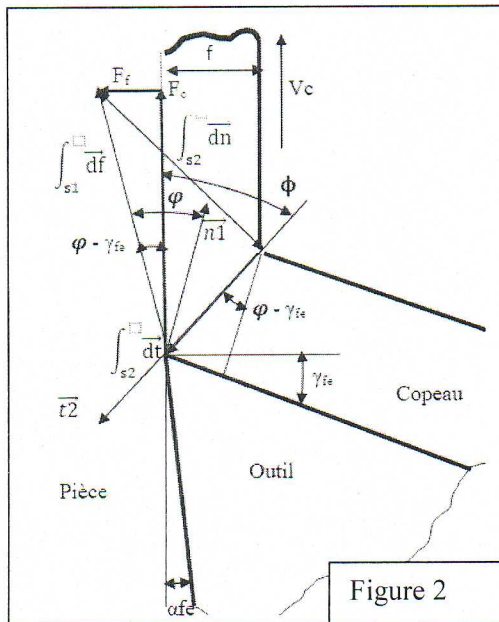


Figure 2

L'effort de coupe F_c est obtenu en projetant $\int_{s1} \vec{df}$ sur la direction de coupe (V_c) et l'effort d'avance F_f est obtenu en projetant $\int_{s1} \vec{df}$ sur la direction d'avance (f).

$$F_c = \int_{s1} df \cos(\phi - \gamma_{fe}) \quad F_c = \frac{\tau f a p \cos(\phi - \gamma_{fe})}{\cos [(\phi + (\phi - \gamma_{fe})) \sin \phi]}$$

$$F_f = \int_{s1} \vec{df} \sin(\phi - \gamma_{fe}) \quad F_f = \frac{\tau f a p \sin(\phi - \gamma_{fe})}{\cos [(\phi + (\phi - \gamma_{fe})) \sin \phi]}$$

Q2-Désignation abrégée des aciers rapides et la classe d'appartenance de chaque acier rapide (tableau ci-dessous). (2.5pts).

Désignation de l'acier fortement allié	Désignations abrégées des aciers rapides	Classe d'appartenance des aciers rapides
Z160 WKVC 12-05-05-04	12-0-05-05	5- Aciers sur carbures au cobalt
Z85 WDCV 06-05-04-02	06-05-02-	1- Aciers de base
Z80 WKCV 18-05-04-01	18-0-01-05	1- Aciers au cobalt
Z130 KWDCV 12-07-06-04-03	07-06-03-12	5- Aciers sur carbures au cobalt
Z130 WDCV 06-05-04-04	6-5-4	2- Aciers sur carbures

Q3- Rôle joué par la substance liante dans la composition des outils en carbure métallique. Substance liante la plus utilisée. (1.5 Pts)

Le liant lie ensemble les grains de carbure. La substance liante représentant 10 à 30 % de la composition procure la ténacité au carbure. La substance liante la plus utilisée est le cobalt .

Q4- Opération (ébauche ou finition) pour laquelle on utilise les carbures ayant la plus grande proportion de substance liante. Justification de la réponse. (1.5 Pts)

Les outils en carbure ayant la plus grande proportion de substance liante sont utilisés pour les opérations d'ébauche car ils ont une meilleure ténacité conférée par la substance liante.

Q5-Domaine d'utilisation d'une meule à structure ouverte et d'une meule à structure fermée. (1.5pts).

Les micros copeaux enlevés lors de l'opération d'usinage avec une meule se logent dans les pores. Il convient donc d'utiliser une meule avec des pores d'autant plus grands et plus nombreux que le volume de micro-copeaux enlevés est grand et inversement. La meule à structure ouverte, ayant une grande porosité, sera utilisée pour les travaux à grand débit de micro-copeaux et la meule à structure plus dense ou plus fermée sera utilisée pour les travaux de moindre débit de micro-copeaux.

Exercice 1: /5

1- Puissance du moteur de la machine

I- Puissance nécessaire à la coupe

$$P_c = Q \cdot K_{c.cor} / 612 \cdot 10^2$$

a- Débit de copeau :

$$Q = a_p \cdot a_e \cdot V_f = 20 \times 30 \times 400 = 240000 \text{ mm}^3/\text{min}$$

$$Q = 240000 \text{ mm}^3/\text{min} \quad /0.5\text{pt}$$

✓ Fréquence de rotation de la fraise :

$$N = \frac{1000 V_c}{\pi \cdot D} = \frac{188 \times 10^3}{\pi \times 300} = 199.57 \text{ trs/min}$$

$$N = 199.57 \text{ trs/min}$$

Nous choisirons la fréquence disponible la plus proche soit

$$N = 200 \text{ trs/min.} \quad /0.25\text{pt}$$

✓ Vitesse d'avance de la table de la machine- outil :

$$V_f = f_z \cdot Z \cdot N = 0.2 \times 10 \times 200 = 400 \text{ mm/min}$$

$$V_f = 400 \text{ mm/min} \quad /0.25\text{pt}$$

b- Effort spécifique de coupe moyen corrigé $K_{c.cor}$:

$$K_{c.tab} = 3200 \text{ MPa}, \gamma_{fe} = 4^\circ$$

✓ Correction de K_c due à l'angle de coupe γ_{fe} .

L'angle γ_{fe} de l'outil est plus grand que l'angle de référence d'où :

$$K_c(\gamma_{fe}) = K_c(tab) \times [(1 - (4 + 7) \times 1,5 / 100)] = 2672 \text{ MPa}$$

$$K_c(\gamma_{fe}) = 2672 \text{ MPa} \quad /0.5\text{pt}$$

✓ **Correction de K_c due à h_m :**

Emploi de la formule générale : $h_m = \sin K_r \frac{180 f_z a_e}{\pi \phi R}$

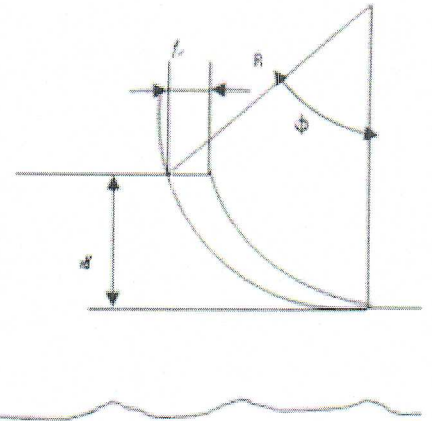
- L'angle de recouvrement est déterminé à partir de la figure ci contre.

$$\cos \phi = (R - a_e) / R = (150 - 30) / 150 = 0,8 \rightarrow \phi = 36.86^\circ \quad /0.25pt$$

L'épaisseur moyenne sera :

$$h_m = \sin K_r \frac{180 f_z a_e}{\pi \phi R} = 0.94 \times 180 \times 0,2 \times 30 / \pi \times 36.86 \times 150 = 0,058 \text{ mm}$$

$$h_m = 0,058 \text{ mm} \quad /0.25pt$$



✓ **Calcul du facteur de correction f_h relatif à h_m**

$$f_h = 0,62 \times h_m^{-0,3} \Rightarrow f_h = 0,62 \times 0,060^{-0,3} = 1,45$$

$$f_h = 1.45 \quad /0.25pt$$

L'effort spécifique moyen corrigé sera donc :

$$K_{cmco} = K_{cm(yfe)} \times f_h = 2672 \times 1,44 = 3874.4 \text{ Mpa}$$

$$K_{cmco} = 3874.4 \text{ Mpa} \quad /0.5pt$$

c- Puissance nécessaire à la coupe :

$$P_c = Q \cdot K_{c.cor} / 612 \cdot 10^2 = 24 \times 10^4 \times 3847,68 / 612 \cdot 10^2 = 15199.73 \text{ W} \Rightarrow$$

$$P_c = 15.2 \text{ kW} \quad /0.25pt$$

Cette puissance est la puissance nécessaire à la coupe.

II- Puissance du moteur de la machine

En tenant compte du rendement de la transmission de puissance du moteur à la pointe de l'outil on calcule la puissance que doit développer le moteur de la machine.

$$P_c \leq P_M \cdot \eta, \text{ la puissance du moteur est donc : } P_M \geq P_c / \eta = 15.2 / 0.9 = 16.89 \text{ kW}$$

La puissance du moteur doit donc être $\geq 16.89 \text{ KW}$

/0.5pt

2- Valeur maximale de la profondeur de passe que nous pourrions utiliser si $P_M = 10 \text{ KW}$. /1.5pts

A partir de la condition : $P_M \geq P_c / \eta$, avec $P_c = Q \cdot K_{c.cor} / 612 \cdot 10^2$ et $Q = a_p \cdot a_e \cdot V_f$

$$\text{On écrit : } P_M \geq P_c / \eta = Q \cdot K_{c.cor} / 612 \cdot 10^2 \Rightarrow a_p \cdot a_e \cdot V_f \cdot K_{c.cor} / 612 \cdot 10^2 \eta$$

$$a_p \leq \frac{612 \cdot 10^2 \cdot P_M}{a_e \cdot V_f \cdot K_{c.cor}} = \frac{612 \cdot 10^2 \cdot 10^4}{30 \cdot 400 \cdot 3874.4} = 13.163 \text{ mm}$$

$$a_p \leq 13.163 \text{ mm}$$

L'usinage se fera donc en 2 passes.

Exercice 2 : /5

1- Calcul de la profondeur de passe maximale compatible avec la puissance du moteur :

Pour que la coupe ait lieu il faut que la puissance du moteur électrique soit : $P_M \geq P_c / \eta$

P_M : puissance du moteur de la fraiseuse $P_M = 10 \text{ kW}$, P_c : puissance de coupe et η : rendement = 0.8

$$P_c = Q \cdot K_{cmcor} / 612 \cdot 10^2, \quad Q = a_e \cdot a_p \cdot V_f, \quad V_f = f_z \times Z \times N, \quad N = 1000 V_c / \pi D$$

La puissance de coupe s'écrit :

$$P_c = 10 \cdot a_e \cdot a_p \cdot f_z \cdot Z \cdot V_c \cdot K_{cmcor} / 612 \cdot \pi D$$

La condition sur la coupe devient :

$$P_M \geq 10 \cdot a_e \cdot a_p \cdot f_z \cdot Z \cdot V_c \cdot K_{cmcor} / 612 \cdot \pi D \cdot \eta$$

De cette condition on tire la valeur de la profondeur de passe a_p compatible avec la puissance du moteur :

$$a_p \leq 612 \cdot \pi D \cdot P_M \cdot \eta / 10 \cdot a_e \cdot f_z \cdot Z \cdot V_c \cdot K_{cmcor}$$

a- Calcul de Vc réelle : Vcr

- Détermination de la vitesse réelle de rotation de la broche :

$$N = 1000 V_c / \pi D = 1000 \cdot 125 / 3.14 \times 200 = 199.04 \text{ trs/min}, \quad \text{On prend } N_r = 200 \text{ trs/min} \quad /0.25\text{pt}$$

- Calcul de Vcr :

$$V_{cr} = \pi D N_r / 1000 = \pi 200 \cdot 200 / 1000 = 125.6 \text{ m/min} \quad \mathbf{V_{cr} = 125.6 \text{ m/min}}$$

b- Calcul de Kcmcor:

$$K_{cTab} = 3000 \text{ MPa}.$$

✓ Correction de Kcm en fonction de l'angle de coupe latéral γ_{fe} de la fraise utilisée :

$$K_{cm \gamma_{fe}} = K_{cTab} (1 - 1.5 \cdot 15 / 100) = 3000 (1 - 1.5 \times 15 / 100) = 2325 \text{ MPa} \quad \mathbf{K_{cm \gamma_{fe}} = 2325 \text{ Mpa}} \quad /0.5\text{pt}$$

✓ Correction de Kcm en fonction de l'épaisseur moyenne du copeau calculée h_m :

Pour cela calculons l'épaisseur moyenne h_m . Nous sommes en présence d'une opération de surfacage, h_m s'écrit : $h_m = \sin K_r e 180 f_z a_e / \pi \phi R$ avec ϕ : angle de recouvrement exprimé en degrés et R : rayon de la fraise

▪ Calcul de l'angle de recouvrement ϕ :

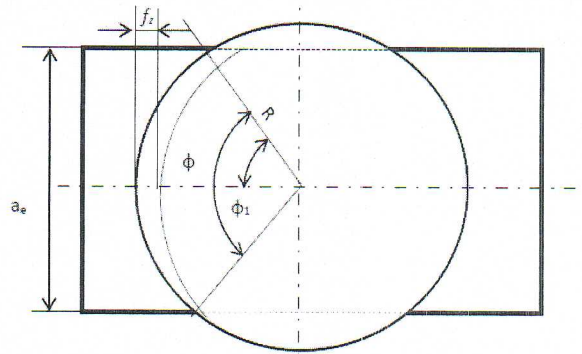
$$\sin \phi_1 = a_e / 2R = 150 / 2 \cdot 100 = 0.75 \rightarrow \phi_1 = 48.59^\circ, \\ \phi = 2\phi_1 = 97.18^\circ \quad \mathbf{\phi = 97.18^\circ} \quad /0.25\text{pt}$$

▪ Calcul de h_m :

$$h_m = \sin K_r e 180 f_z a_e / \pi \phi R = 180 \cdot 0.3 \cdot 150 / \pi 97.18 \cdot 100 = 0.265 \\ \mathbf{h_m = 0.265 \text{ mm}} \quad /0.25\text{pt}$$

▪ Détermination du coefficient de correction f_h :

$$f_h = 0.62 h_m^{-0.3} = 0.62 \times 0.265^{-0.3} = 0.923 \\ \mathbf{f_h = 0.923} \quad /0.25\text{pt}$$



$$K_{cmcor} = K_{cm \gamma_{fe}} \times f_h = 2325 \times 0.923 = 2145.95 \text{ Mpa}$$

$$\mathbf{K_{cmcor} = 2145.95 \text{ Mpa}} \quad /0.25\text{pt}$$

c- Calcul de ap max :

$$a_p \leq 612 \pi D \eta P M / 10 a_e f_z Z V_c K_{cmcor} = 612.3 \cdot 14 \cdot 200 \cdot 0.8 \cdot 10000 / 10 \times 150 \times 0.3 \times 10 \times 125.6 \times 2145.95 = 2.54 \text{ mm}$$

$$a_{pmax} \leq 2.54 \text{ mm}$$

$$\text{on prend } \mathbf{a_{pmax} = 2.5 \text{ mm}} \quad /2\text{pts}$$

2- Nombre de passes N/0.25pt

$$N = (e - a_{p\text{finition}}) / a_{pmax} = (5 - 1) / 2.5 = 1.6 \text{ passes}$$

$$\text{soit } \mathbf{N = 2 \text{ passes}} \quad /1.25\text{pts}$$