

DATE			HEURE DÉBUT	HEURE FIN
8	03	2025	8 h 10	10 h 10

<b>CLASSE</b>	<b>MPSI</b>
---------------	-------------

<b>MATIERE</b>	<b>S.I.I.</b>
----------------	---------------

<b>PROFESSEUR</b>	<b>LILLONI 169</b>
-------------------	--------------------

<b>CONSIGNES</b>	Calculatrice	OUI <input checked="" type="checkbox"/>	NON <input type="checkbox"/>
	Documents	OUI <input type="checkbox"/>	NON <input checked="" type="checkbox"/>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sortie aux toilettes de 5 min maxi autorisée à partir de 9h15.</li> <li>- Pas de téléphone sinon exclusion immédiate.</li> <li>- Numérotter les pages des copies rendues</li> </ul>		

## ENTRAÎNEMENT D'UNE EXTRUDEUSE BI VIS

L'industrie des matières plastiques Polyéthylène et Polypropylène nécessite de produire une matière première ayant les propriétés physiques (chimiques, thermiques, mécaniques, rhéologiques) permettant de mettre en forme des objets ayant les propriétés physiques suffisantes.

Il faut pour cela, à partir des poudres de Polyoléfine (polyéthylène et polypropylène) quasi purs fournis par les réacteur de polymérisation en aval des raffineries pétrolières, produire des granulés de matières plastiques additivées - c'est à dire contenant d'autres composés chimiques (adjuvants, fibres, noir de carbone, etc...) - selon le cahier des charges fonctionnel de la pièce à mettre en forme.

Le système automatisé de production présenté figure 1 permet de réaliser ce mélange et de produire en continu plusieurs tonnes par heure de granulés pendant 364 jours par an.

Le principe de l'extrusion bavis est l'entraînement de la matière visqueuse entre les vis corotatives (tournant dans le même sens) et la paroi du fourreau (partie procédé).

La matière « pâteuse » à mélanger et à pousser dans l'espace entre les vis et le fourreau de l'extrudeuse nécessite un système d'entraînement de forte puissance et s'adaptant aux variations de couples à fournir au niveau des vis (partie entraînement).

Un système de grille et de couteau permet de mettre en forme des granulés entraînés dans un flux d'eau permettant de les faire passer de l'état pâteux, nécessaire à la mise en forme, à l'état solide final. Ils sont en suite séchés et stockés (équipement de mise en forme des granulés).

Pour une plus grande flexibilité de production, il existe des machines équipées d'une variation de vitesse de rotation des vis permettant d'obtenir un procédé de mélange adapté aux différents matériaux (charges différentes par exemple). On s'intéresse ici à la transmission de puissance assurée par la boîte de vitesse 205 R 97 utilisée sur la machine ZSK 250.

### Données techniques

Puissance consommée par les 2 moteurs	8MW
Diamètre des vis	248mm
Vitesse de rotation des vis	247 à 305 tr/min
Couple maximal par arbre	97500 Nm

Dans cette gamme de puissance électrique très élevée seuls les moteurs à courant continu permettent une variation de vitesse électrique.

Moteur à courant continu principal entraînant l'arbre 1	Moteur à courant continu à vitesse variable entraînant l'arbre 3												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 15%;">Pnom</td><td style="width: 35%;">6,4MW</td></tr> <tr><td>Unom</td><td>380 V</td></tr> <tr><td>Inom</td><td>17000 A</td></tr> </table>	Pnom	6,4MW	Unom	380 V	Inom	17000 A	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 15%;">Pnom</td><td style="width: 35%;">1,6MW</td></tr> <tr><td>Unom</td><td>3800 V</td></tr> <tr><td>Inom</td><td>420 A</td></tr> </table>	Pnom	1,6MW	Unom	3800 V	Inom	420 A
Pnom	6,4MW												
Unom	380 V												
Inom	17000 A												
Pnom	1,6MW												
Unom	3800 V												
Inom	420 A												

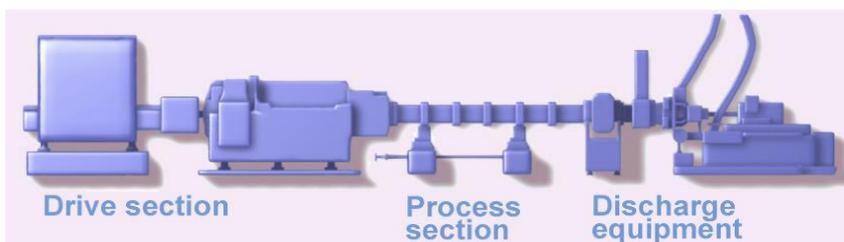


Figure 1 : structure de l'extrudeuse bavis

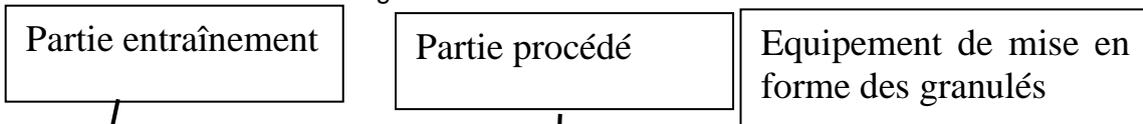
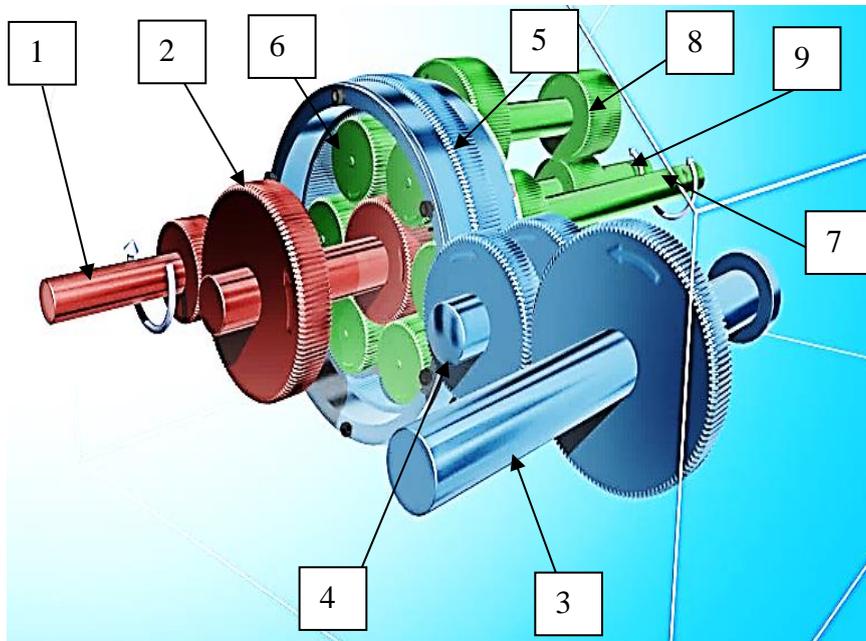
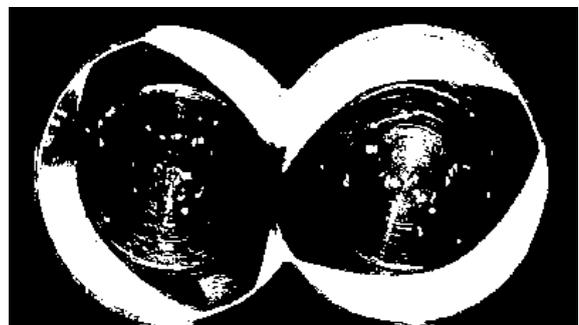


Figure 2 : Partie entraînement (ZSK 250)



numéro du solide	Désignation	Diamètres primitifs des pignons et roues dentés (en mm)
1	Arbre d'entrée moteur 1 principal	D1=500
2	Pignon 2a	D2a=1000
	Planétaire intérieure 2b	D2b=584
3	Arbre d'entrée moteur 3 variable	D3=1000
4	Arbre réducteur	D4=708
5	Couronne extérieure 5a	D5a=1833
	Couronne intérieure 5b	D5b=1500
6	satellite	D6=458
7	Porte satellite, arbre de sortie vis 7	
8	Arbre de transmission	
9	Arbre de sortie vis 9	

Figure 3 : Partie procédé



La structure de la transmission ZSK250 est alors représentée sur le schéma cinématique de la figure 4.

L'arbre d'entrée moteur 1 principale tourne à vitesse constante  $\omega_{10} = N_1$

L'arbre d'entrée moteur 3 tourne à vitesse variable de  $\omega_{20} = N_2 \in [0, N_{2_{\max}}]$

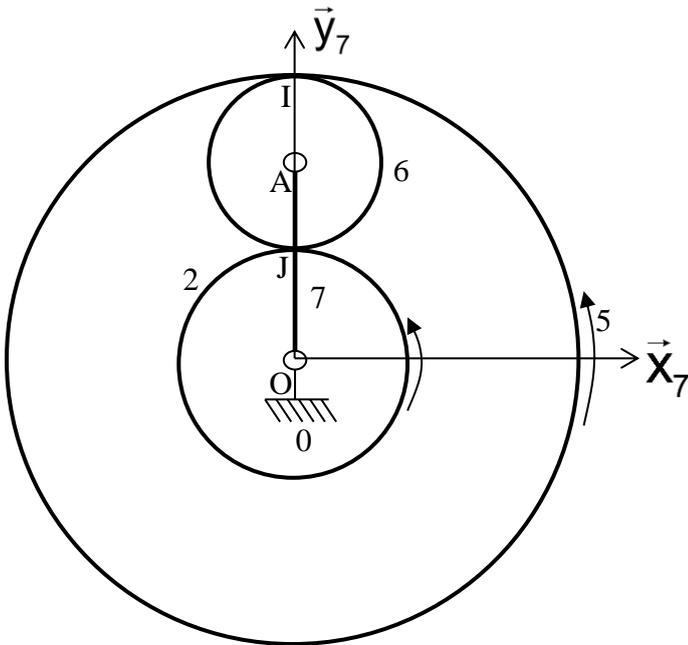


Figure 4 : Schéma cinématique de la transmission

On considère les liaisons :

$L_{02}$ ,  $L_{07}$ ,  $L_{05}$  toutes les 3 comme des liaisons pivots d'axe  $(O, \vec{z}_7)$

$L_{67}$  comme une liaison pivot d'axe  $(A, \vec{z}_7)$

$L_{26}$ ,  $L_{56}$  comme des liaisons engrenages respectivement en J et I modélisables cinématiquement par des liaisons ponctuelles avec roulement sans glissement.

Le cercle primitif de 5 représenté figure 4 est de diamètre  $D_{5b}$

**Question 1 : La puissance consommée par la machine représente la puissance musculaire de combien de cyclistes environ (à 20000 unités près 😊).**

**Question 2 : Etablir le graphe de liaison du mécanisme schématisé figure 4.**

**Question 3 : Traduire vectoriellement les roulements sans glissement en I et J.**

**Question 4 : Ecrire alors tous les torseurs cinématiques des liaisons sous la forme**

$$\{V_{i/j}\} = \begin{Bmatrix} \omega_{ij} \vec{z}_7 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_M = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ \omega_{ij} & 0 \end{Bmatrix}_{M \text{ dans la base } 7} .$$

**On précisera le point de réduction.**

**Question 5 : Démontrer que  $\vec{V}(J,6/7) = \vec{V}(J,2/7)$  et que  $\vec{V}(I,6/7) = \vec{V}(I,5/7)$**

**Question 6 : En déduire par utilisation des changements de points adéquats**

$$D_{2b} \cdot \omega_{27} = -D_6 \cdot \omega_{67} \text{ et } D_{5b} \cdot \omega_{57} = D_6 \cdot \omega_{67}$$

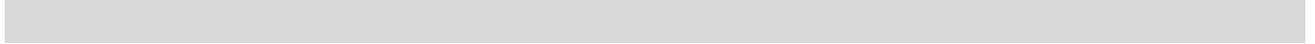
**Question 7 : Etablir la relation entre  $\omega_{20}$ ,  $\omega_{50}$  et  $\omega_{70}$  et les diamètres donnés du mécanisme nécessaires.**

La vitesse de rotation des vis est de 247 à 305 tr/min

La vitesse minimale de rotation des vis est obtenue pour la vitesse de rotation dite nominale de l'arbre d'entrée 1  $N_1$  et une vitesse nulle de l'arbre 3.

La vitesse maximale est obtenue pour la vitesse de rotation nominale de l'arbre d'entrée 1 et une vitesse maximale de l'arbre 3 notée  $N_{2max}$ .

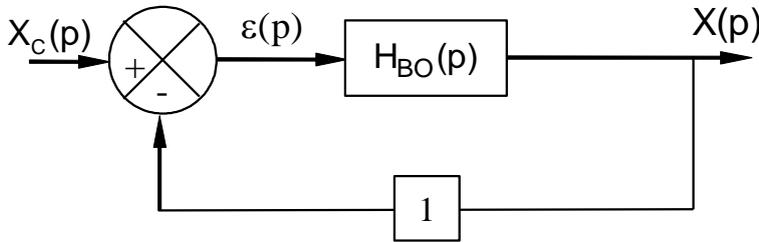
**Question 8 : En déduire en tr/min la vitesse de rotation nominale du moteur principal  $N_1$  et la vitesse de rotation maximale du moteur à vitesse variable.**



# ASSERVISSEMENT DE POSITION

(axe asservi du type Control'X)

On représente un asservissement de position à l'aide du schéma fonctionnel suivant /



$$\text{Avec } H_{BO}(p) = \frac{Kc}{p(1+0,05.p)}$$

**Question 1 :** Tracer les diagrammes de Bode asymptotiques et réels de  $H(p) = \frac{1}{1+0,05.p}$  en précisant les noms des abscisses et ordonnées ainsi que leurs unités sur le document réponse DR1.

**Question 2 :** Tracer l'allure des diagrammes de Bode asymptotiques et réels en gain et en phase de  $H_{BO}(p)$  pour  $Kc = 1 \text{ rad.s}^{-1}$  en précisant les noms des abscisses et ordonnées ainsi que leurs unités sur le document réponse DR2.

**Question 3.1 :** Rappeler l'énoncé du critère du revers avec l'illustration du cours des diagrammes de Bode des cas instable, stable et quasi instable correspondante.

**Question 3.2 :** L'asservissement est-il stable d'après ce critère ?

**Question 3.3 :** Calculer la marge de phase pour  $Kc = 40 \text{ s}^{-1}$  et la représenter sur le document réponse DR2.

**Question 4 :** Calculer  $H_{BF}(p) = \frac{X(p)}{X_c(p)}$  pour  $Kc = 40 \text{ s}^{-1}$ . La mettre sous la forme canonique du second ordre. Déterminer les paramètres canoniques. Faire les applications numériques pour  $Kc = 40 \text{ s}^{-1}$

**Question 5 :** Tracer les diagrammes de Bode asymptotiques correspondant en précisant les noms des abscisses et ordonnées ainsi que leurs unités sur le document réponse DR3.

**Question 6 :** Rappeler les expressions littérales du cours et déterminer les valeurs numériques de pulsation et gain en décibels à la résonance. Placer le point correspondant sur le diagramme du document réponse DR3.

**Question 7.1 :** Rappeler le théorème de la valeur finale.

**Question 7.2 :** Exprimer  $\varepsilon(p)$  en fonction de  $X_c(p)$  et  $H_{BO}(p)$

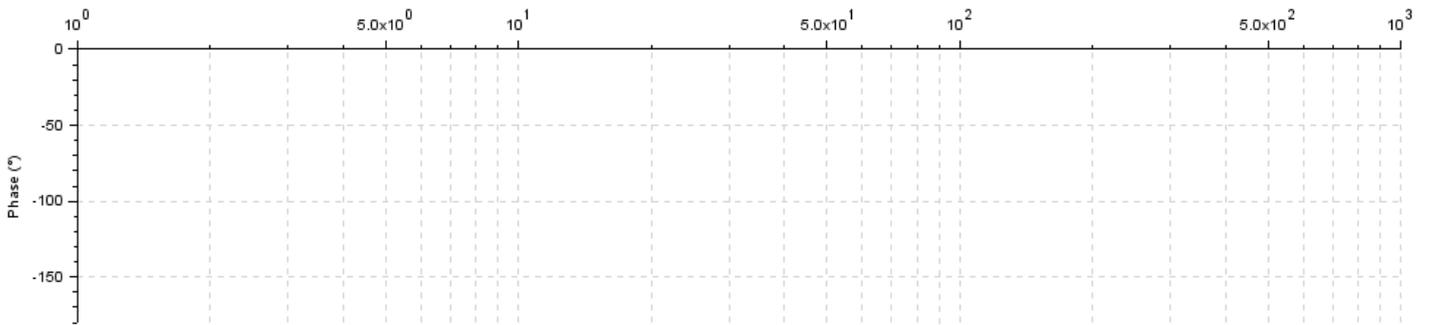
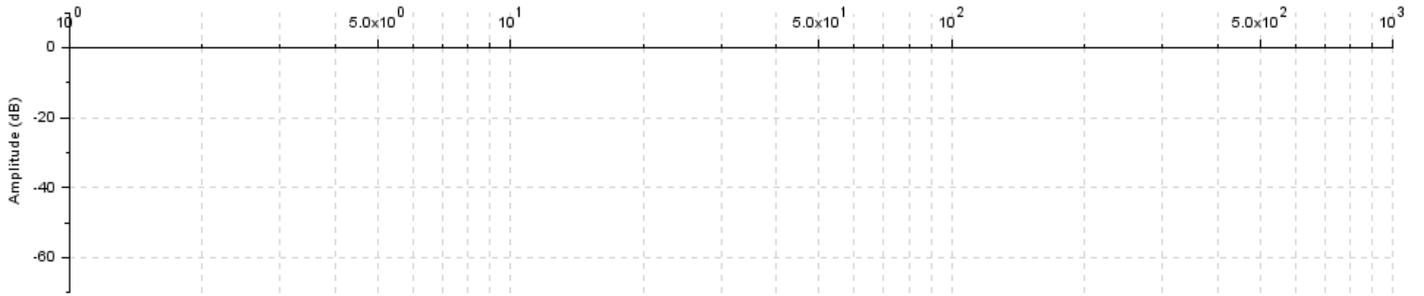
**Question 7.3 :** Déterminer l'écart statique pour une entrée échelon unitaire  $x_c(t)=1$ .

**Question 7.4 :** Déterminer l'écart statique pour une entrée rampe d'équation horaire  $x_c(t)=3.t$

**NOM :**

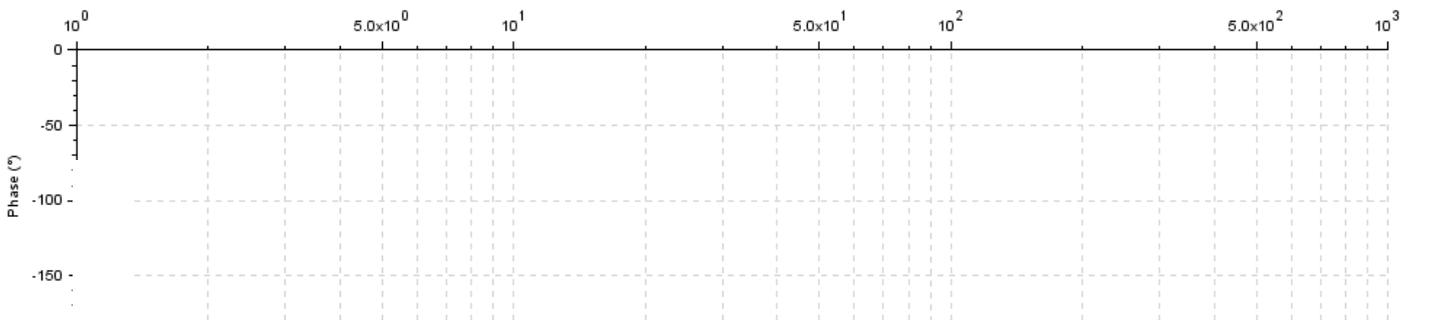
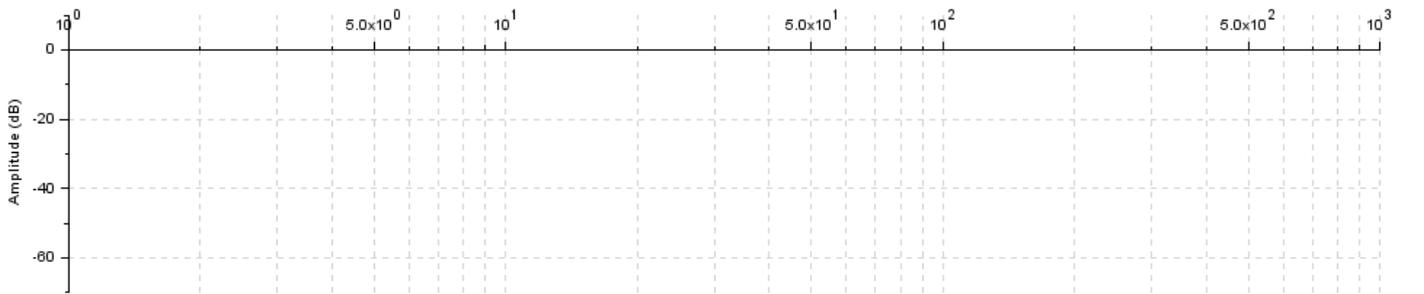
**DR1**

$$H(p) = \frac{1}{1 + 0,05.p}$$



**DR2**

$$H_{BO}(p) = \frac{40}{p(1 + 0,05.p)}$$



NOM :

DR3

$$H_{BF}(p) = \frac{X(p)}{X_c(p)}$$

