

République Tunisienne  
**Ministère de l'enseignement supérieur**  
 Direction Générale des Etudes Technologiques  
**Institut Supérieur des Etudes Technologiques de Sousse**

**Département :** Mécanique **Filière :** Génie mécanique **Option :** Plasturgie **Classe :** GMPL-2.1

<b><u>CODE</u></b>	<b>Nom :</b> .....	<b>Prénom :</b> .....
	<b>N° de la carte d'étudiant :</b> .....	<b>Date :</b> .....
	<b>N° de la salle :</b> .....	<b>N° de la place :</b> .....
	<b>Signature :</b> .....	

<b><u>CODE</u></b>	Département de génie mécanique	<b>EXAMEN</b> <b>PROCÉDÉS DE MISE EN FORME</b> <b>CONTINUS</b>	Janvier 2020
			<b>Durée: 1 h 30 min</b>
<b>Note :...../20</b>	Nombre de pages : <b>4</b>	Proposé par : <b>SLIM CHOUCHE</b>	Documents non autorisés

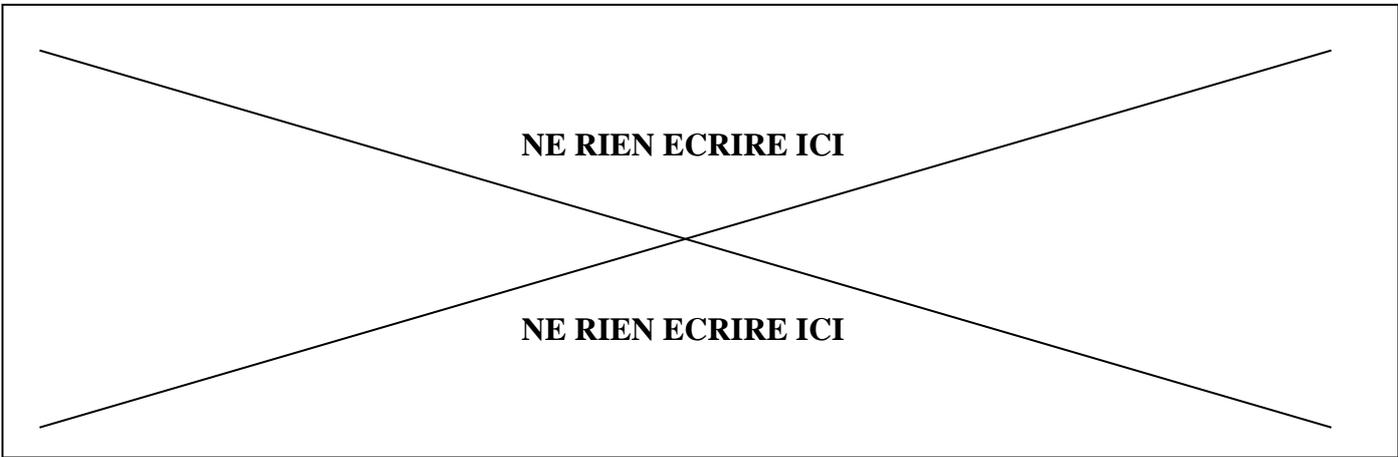
NB : L'examen comporte quatre exercices indépendants.

**EXERCICE 1 : (5 POINTS)**

A la sortie de l'extrudeuse il est nécessaire de conditionner, découper ou enrouler le profilé selon les prescriptions définies soit par le client, soit par l'entreprise elle-même.

Le paramètre de réglage est principalement la longueur du profilé conditionné. Souvent, la souplesse de certaines matières, conjuguée avec une tension d'enroulement inévitable, provoque un allongement du profilé d'où la surestimation de la longueur réellement conditionnée. Le tableau suivant résume le conditionnement de la machine d'extrusion. En s'aidant des termes suivants, **déterminer pour chaque élément** : sa fonction, ces paramètres de réglage et les moyens de mesure adéquats.

MATÉRIEL	FONCTIONS	PARAMÈTRES DE RÉGLAGE	MOYENS DE MESURE
<b>Termes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Plastifier la matière</li> <li>▪ Mélanger matière</li> <li>▪ Transférer la matière vers la filière en la maintenant à un même niveau de température</li> <li>▪ Transporter matière</li> <li>▪ Mise en forme du polymère</li> <li>▪ Alimenter la vis en matière</li> <li>▪ Créer une pression en bout de vis</li> <li>▪ Filtrer les impuretés et les infondus</li> <li>▪ Supporter les filtres.</li> <li>▪ Changer le sens d'écoulement de la matière</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vitesse de rotation (tr/min)</li> <li>▪ Température de consigne des zones de régulation</li> <li>▪ Longueur de la vis</li> <li>▪ Diamètre des trous</li> <li>▪ Température</li> <li>▪ Trame</li> <li>▪ Eau de refroidissement ouverte ou fermée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tachymètre</li> <li>▪ Capteur de pression</li> <li>▪ Evolution de la Pression de la matière en bout de vis</li> <li>▪ Thermocouples</li> <li>▪ Thermomètre</li> <li>▪ Ampèremètre</li> </ul>
<b>Culasse et goulotte d'alimentation</b>	▪ .....	▪ .....	▪ .....
<b>VIS</b>	▪ .....	▪ .....	▪ .....
<b>Grille</b>	▪ .....	▪ .....	▪ .....
<b>Tamis (= filtres)</b>	▪ .....	▪ .....	▪ .....
<b>Tête d'extrusion</b>	▪ .....	▪ .....	▪ .....
<b>Filière</b>	▪ .....	▪ .....	▪ .....



---

**EXERCICE 2 : (6 POINTS)**

Pour assurer un fonctionnement sans risque de casse, la vis doit pouvoir résister au couple maximal pouvant être fourni par le moteur. Cette valeur est obtenue à puissance et à vitesse maximales.

Pour une vis 80-24D, on a les valeurs suivantes, en début de vis (là où le diamètre de la vis est le plus faible) :

- profondeur de filet = 8 mm ;
- diamètre du perçage  $d_p = 31$  mm ;
- le moteur possède une puissance maximale  $P_{max}$  de 79 kW pour une vitesse de rotation de la vis  $N_{max}$  de 120 tr/min ;
- Le pas  $B$  est de 80 mm et l'épaisseur du filet  $e$  de 5 mm ;
- La limite élastique de l'acier utilisé pour la fabrication de la vis est =700 MPa.

**1.** Calculer le moment de torsion  $M_t$  ;

.....

.....

.....

**2.** Calculer le diamètre du noyau de la vis  $d$  ;

.....

**3.** Calculer la contrainte de cisaillement  $\tau_c$  ;

.....

.....

.....

**4.** Calculer la contrainte de cisaillement admissible de l'acier utilisé (en prenant un coefficient de sécurité=1,5). Vérifier la résistance de la vis.

.....

.....

.....

5. Calculer la tangente de l'angle de filet  $\tan \theta$ . Déduire l'angle  $\theta$  ;

.....  
.....

6. Calculer la largeur du chenal  $W$  et la longueur déroulée d'un tour d'hélice  $Z$  ;

.....  
.....

7. Calculer le volume de matière entre deux filets côté trémie ;

.....  
.....

8. Calculer le volume de matière entre deux filets côté tête d'extrusion, sachant que la profondeur de filet est  $H_p=2,5$  mm) ; .....

.....  
.....

9. Déduire le taux de compression ; donner son expression simplifiée ;

.....  
.....

### **EXERCICE 3 : (6 POINTS)**

L'extrusion est de loin le plus important des procédés de mise en forme des polymères. Le schéma de principe d'une ligne d'extrusion monovis est présenté figure suivante.

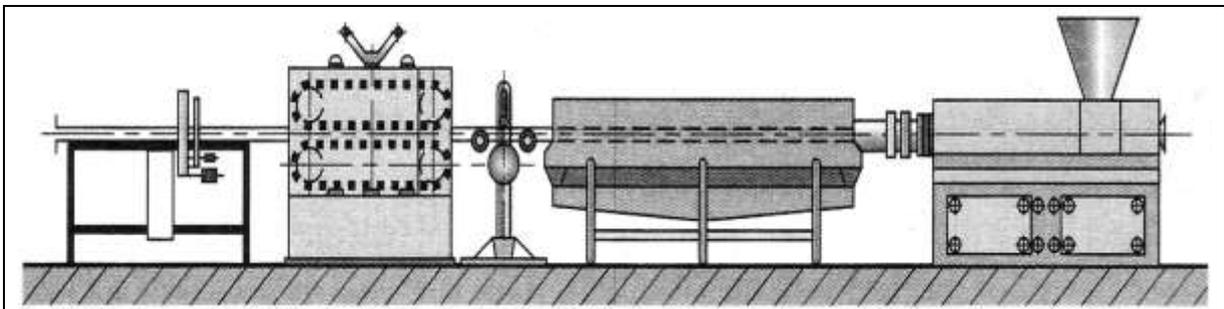


Figure 1. Ligne d'extrusion.

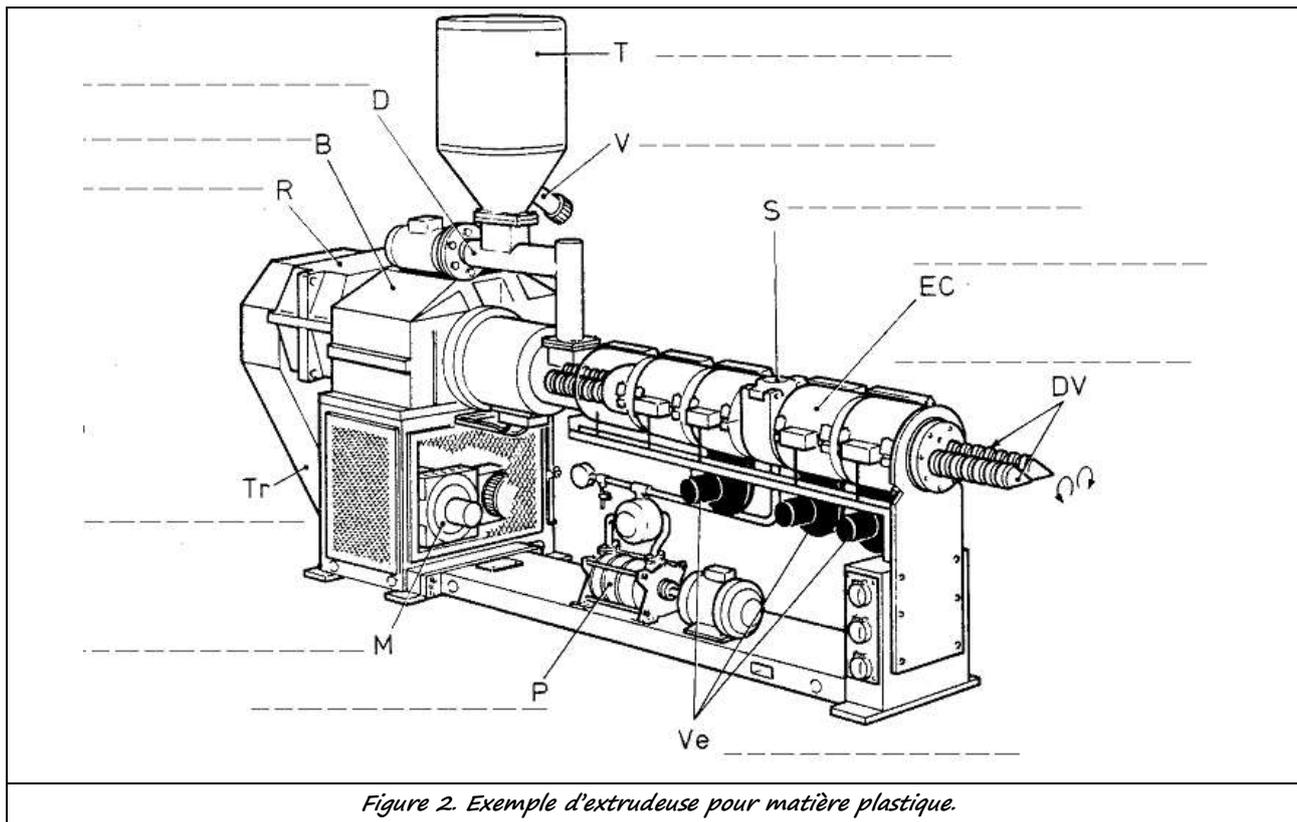
1. Les lignes d'extrusion se composent généralement de six parties. Lesquelles ?

.....  
.....  
.....

2. La vis représente l'élément principal de l'extrudeuse. Elle se compose de trois zones différentes. Déterminer le nom et le rôle de chaque zone ;

.....  
.....  
.....

3. La figure 2 montre une extrudeuse bivis. Identifier le nom des principaux éléments de cette machine ;



**EXERCICE 4 : (3 POINTS)**

La butée principale montée directement sur l'arbre de sortie du réducteur, est destinée à contenir la poussée arrière de la vis. Celle-ci pouvant être importante (de 40 à 800 bars).

Sur une ligne d'extrusion de tube PVC, le capteur de pression indique 200 bars en bout de vis ( $\varnothing$  45 mm).

1. Quelle force supporte la butée installée sur cette extrudeuse (en tonnes) ?

.....

.....

.....

.....

2. Citer les différents types de grilles (4) ;

.....

.....

.....

.....

## **CORRECTION**

### **EXERCICE 1 : (5 POINTS)**

<b>MATERIEL</b>	<b>FONCTIONS</b>	<b>PARAMETRES DE REGLAGE</b>	<b>MOYENS DE MESURE</b>
<b>Termes</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Plastifier la matière</li><li>▪ Mélanger matière</li><li>▪ Transférer la matière vers la filière en la maintenant à un même niveau de température</li><li>▪ Transporter matière</li><li>▪ Mise en forme du polymère</li><li>▪ Alimenter la vis en matière</li><li>▪ Créer une pression en bout de vis</li><li>▪ Filtrer les impuretés et les infondus</li><li>▪ Supporter les filtres.</li><li>▪ Changer le sens d'écoulement de la matière</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Vitesse de rotation (tr/min)</li><li>▪ Température de consigne des zones de régulation</li><li>▪ Longueur de la vis</li><li>▪ Diamètre des trous</li><li>▪ Température</li><li>▪ Trame</li><li>▪ Eau de refroidissement ouverte ou fermée</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Tachymètre</li><li>▪ Capteur de pression</li><li>▪ Evolution de la Pression de la matière en bout de vis</li><li>▪ Thermocouples</li><li>▪ Thermomètre</li><li>▪ Ampèremètre</li></ul>
<b>Culasse et goulotte d'alimentation</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Alimenter la vis en matière</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Eau de refroidissement ouverte ou fermée</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Thermomètre</li></ul>
<b>VIS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Plastifier la matière</li><li>▪ Transporter matière</li><li>▪ Mélanger matière</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Vitesse de rotation (tr/min)</li><li>▪ Température</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Tachymètre</li><li>▪ Ampèremètre</li><li>▪ Capteur de pression</li></ul>
<b>Grille</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Supporter les filtres.</li><li>▪ Changer le sens d'écoulement de la matière.</li><li>▪ Créer une pression en bout de vis</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Longueur de la vis</li><li>▪ Diamètre des trous</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Evolution de la Pression de la matière en bout de vis</li></ul>
<b>Tamis (= filtres)</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Filtrer les impuretés et les infondus</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Trame</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Capteur de pression</li></ul>
<b>Tête d'extrusion</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Transférer la matière vers la filière en la maintenant à un même niveau de température</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Température de consigne des zones de régulation</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Thermocouples</li></ul>
<b>Filière</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Mise en forme du polymère</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Température de consigne des zones de régulation</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Thermocouples</li></ul>

**1.**

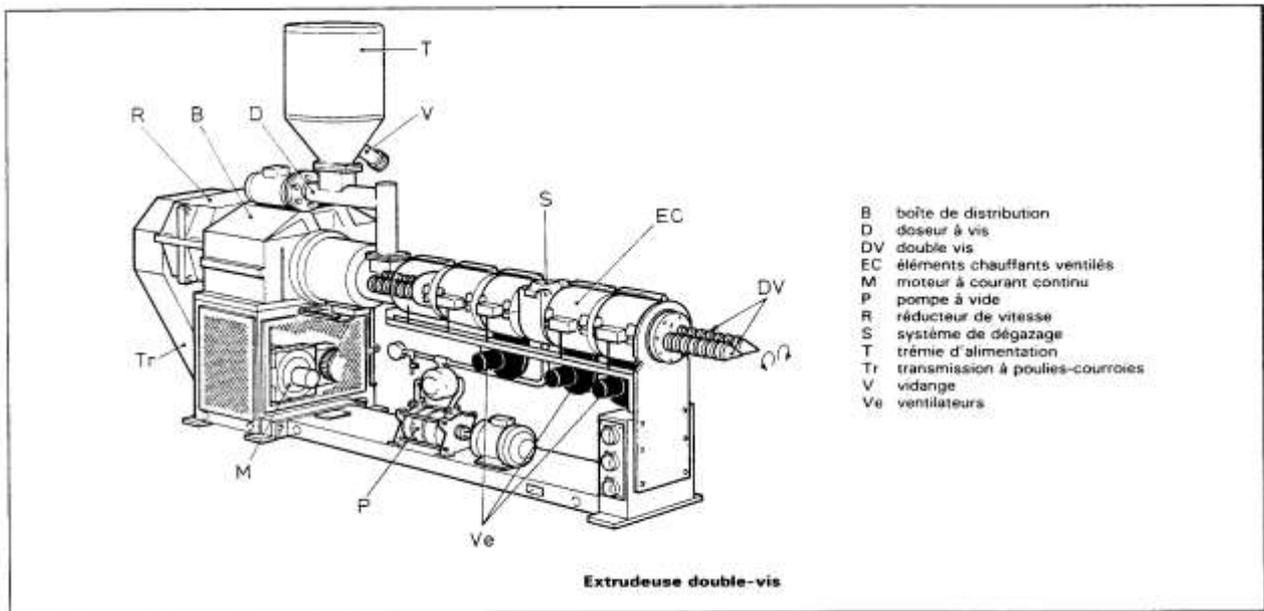
**2. Les lignes d'extrusion se composent généralement de la façon suivante :**

- Une ou plusieurs extrudeuses, mono-vis ou bi-vis
- Une filière d'extrusion
- Un dispositif de conformation
- Un bac de refroidissement
- Un banc de tirage
- Un banc de découpe
- Un banc de réception ou enrouleur

**3. La vis se compose de 3 zones différentes :**

- **une zone d'alimentation :**  
Transport solide des granulés  
Assure le débit matière
- **une zone de compression :**  
Fusion de la matière
- **et une zone d'homogénéisation :**  
Transport liquide, donne la régularité du débit

**4.**



**5. On donne les caractéristiques suivantes :**

- Le noyau d'une vis en zone d'alimentation diamètre 30mm
- Le noyau d'une vis en zone d'homogénéisation diamètre 40mm
- Le diamètre de la vis 45mm

**Donner le taux de compression de cette vis :**

On donne les caractéristiques suivantes :

- Le noyau d'une vis en zone d'alimentation diamètre 30mm
- Le noyau d'une vis en zone d'homogénéisation diamètre 40mm
- Le diamètre de la vis 45mm

Donner le taux de compression de cette vis :

$$T_c = \frac{45^2 - 30^2}{45^2 - 40^2} = \frac{2025 - 900}{2025 - 1600} = \frac{1125}{425} = 2,64$$

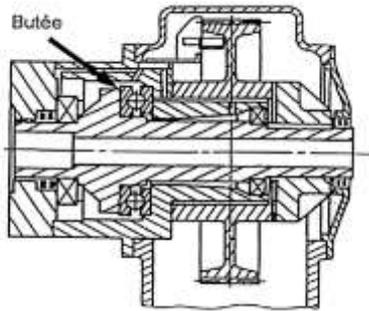
g) Tableau usuel des taux de compression :

Matière	Tc
PS-ABS	2,5 à 3
PVC rigide	2,5
PVC souple	2,2 à 3,5
PE hd bd	3 à 3,5
PA	3 à 4
PP	3,5 à 4
PC	2,5 à 2,8

## **EXERCICE 2 : (5 POINTS)**

1. **La butée** principale montée directement sur l'arbre de sortie du réducteur, est destinée à contenir la poussée arrière de la vis. Celle-ci pouvant être importante (de 40 à 800 bars). Sur une ligne d'extrusion de tube PVC, le capteur de pression indique 200 bars en bout de vis ( $\varnothing 45$  mm).

**Quelle force encaisse la butée installée sur cette extrudeuse ?**



a) Mise en situation :

Sur une ligne d'extrusion de tube PVC, le capteur de pression indique 200 bars en bout de vis ( $\varnothing 45$  mm). Quelle force encaisse la butée installée sur cette extrudeuse ?

$$F = P \times S_{vis} \quad S_{vis} = \pi R^2 = \pi 22,5^2 = 1588 \text{ mm}^2 = 15,88 \text{ cm}^2$$

$$F = 200 \times 15,88 = 3176 \text{ daN} \approx 3,2 \text{ tonnes}$$

## 2. **Les grilles :**

Les grilles sont des éléments très importants en extrusion. Elle se compose d'une ou deux plaques percées de trous de diamètre de 0,8 à 5 mm (suivant le diamètre de la vis, du débit et du type de matière). La forme, le nombre, le diamètre et la longueur des trous sont très importants. Cela va conditionner certains réglages de machine.

**Rôle des grilles :**

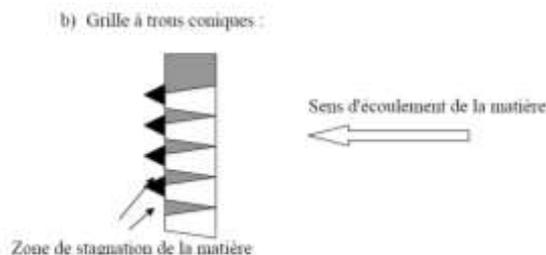
- (1) **Filter les impuretés et les infondus**
- (2) **Faire monter en pression la matière en bout de vis (améliorer le malaxage et l'homogénéisation de la matière)**
- (3) **Casser le mouvement hélicoïdal de la matière**
- (4) **Elément d'étanchéité et de centrage entre la tête d'extrusion et le bout du fourreau.**

## 3. **Citer les différents types de grilles ;**

### a) **Grille à trous cylindriques :**

Facile à usiner, coût de revient bas, profil déconseillé pour certaines matières.

### b) **Grille à trous coniques :**

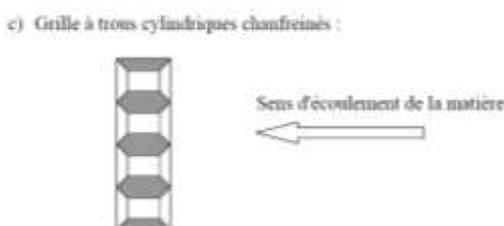


Plus délicat à usiner, coût plus élevé, rarement utilisé.

Plus délicat à usiner, coût plus élevé, rarement utilisé.

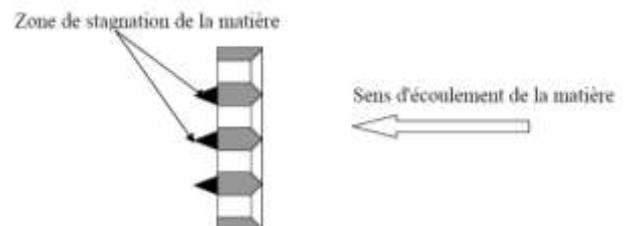
### c) **Grille à trous cylindriques chanfreinés :**

*Grille chanfreinée de chaque côté*



*Grille chanfreinée de chaque côté*

*Grille chanfreinée du côté de l'écoulement matière*



*Grille chanfreinée du côté de l'écoulement matière*