

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR****PLASTURGIE****U5 : INDUSTRIALISATION**

Durée : 5 heures

Coefficient : 4

***Aucun document autorisé***

*Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Ce sujet comporte :*

- 1 DOSSIER TECHNIQUE (15 pages)
- 1 DOSSIER RÉPONSE (19 pages)
- ↳ Partie 1. : *temps préconisé : 60 min*
- ↳ Partie 2. : *temps préconisé : 70 min*
- ↳ Partie 3. : *temps préconisé : 50 min*
- ↳ Partie 4. : *temps préconisé : 25 min*
- ↳ Partie 5. : *temps préconisé : 70 min*
- ↳ Partie 6. : *temps préconisé : 25 min*

Les pages DR1 à DR19 sont à rendre même non remplis.  
La liasse ne doit pas être dégrafée.

**CALCULATRICE AUTORISÉE**

*Sont autorisées toutes les calculatrices de poche, y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimantes.*

*Le candidat n'utilise qu'une seule machine sur la table. Toutefois, si celle-ci vient à connaître une défaillance, il peut la remplacer par une autre.*

*Afin de prévenir les risques de fraude, sont interdits les échanges de machine entre les candidats, la consultation des notices fournies par les constructeurs ainsi que les échanges d'information par l'intermédiaire des fonctions de transmission des calculatrices.*

## DOSSIER TECHNIQUE

### Platine multi-supports sous capot moteur



# DOSSIER TECHNIQUE

## Platine multi-supports sous capot moteur

### Sommaire

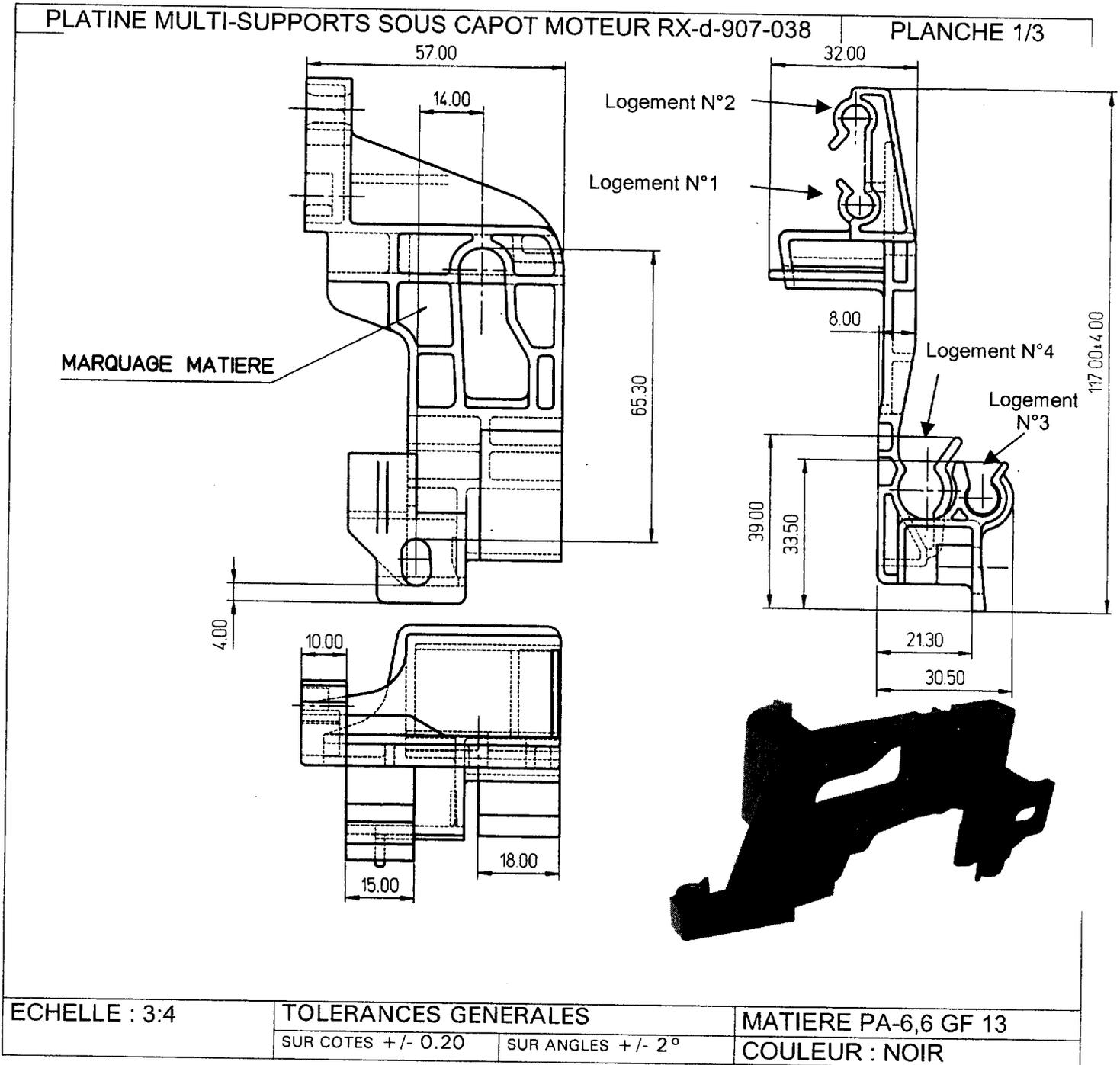
Contexte et présentation du produit.....	1
Production prévisionnelle .....	4
Fonctions de la pièce.....	4
Guide matière et propriétés .....	5
Tableau de propriétés du Zytel® 70G13HS1L.....	7
Détermination du taux de cendres.....	8
Analyse rhéologique .....	9
Parc machines : caractéristiques des presses à injecter de l'îlot.....	12
Polyamides : Détermination de la teneur en eau ISO 960 : 1988 (F) .....	14
Plastiques : détermination de l'absorption d'eau NF EN ISO 62 Mai 1999 .....	14
Matériels de contrôle dimensionnel .....	15

Remarque : une partie des données techniques est extraite de l'ouvrage « Injection des matières plastiques » de Jean François Pichon, avec son aimable autorisation.

### Contexte et présentation du produit

La société Primaplast est un équipementier européen automobile de premier rang. Cette entreprise conçoit et réalise des pièces techniques pour l'industrie automobile.

Elle est chargée du développement, de l'industrialisation et de la production d'une pièce appelée « platine multi-supports sous capot moteur RX-d-907-038 » destinée à s'intégrer dans l'environnement d'un moteur diesel très haute pression de dernière génération d'un grand fabricant automobile.







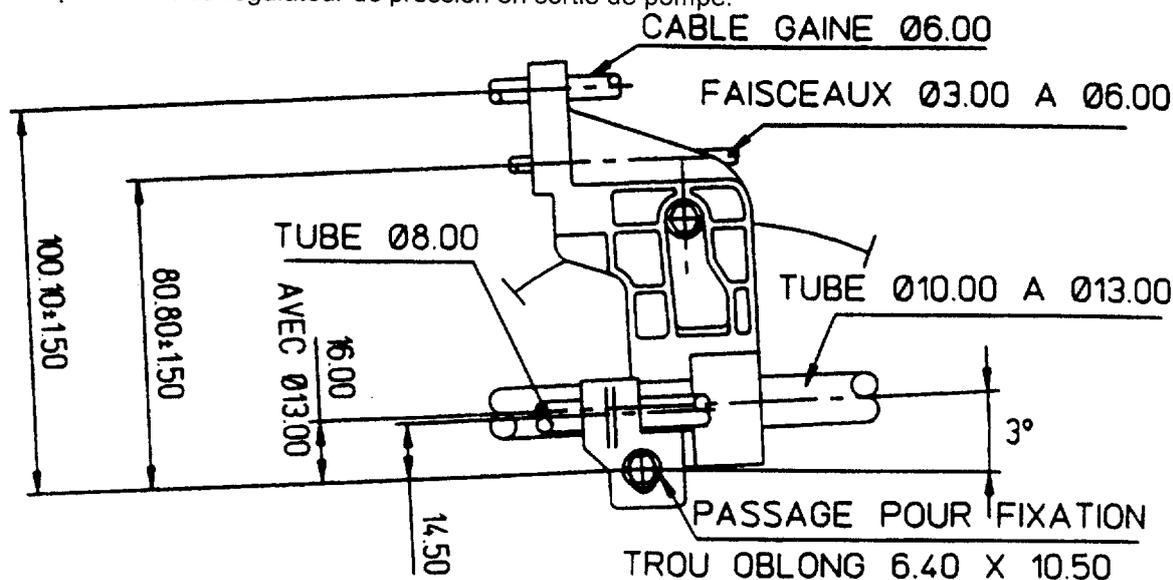
## Production Prévisionnelle

La production prévisionnelle est de 400 000 unités par an pendant 5 ans (amortissement de l'outillage).

## Fonctions de la pièce

Cette pièce doit assurer les fonctions suivantes :

- ✓ Se fixer à l'emplacement prévu sous le capot moteur ;
- ✓ Maintenir une partie du faisceau électrique ;
- ✓ Maintenir la gaine du câble d'accélérateur ;
- ✓ Maintenir deux durites, une pour l'alimentation en gazole, l'autre pour le retour du carburant provenant du régulateur de pression en sortie de pompe.



Mise en situation – Echelle 1 : 2

- ☞ Effort d'introduction des tubes, gaines, faisceaux dans leurs logements : **7 daN maximum**
- ☞ Effort d'arrachement des tubes, gaines, faisceaux de leurs logements : **5 daN minimum**

Cette pièce doit de plus résister aux contraintes de l'environnement moteur définies par la norme B62 0100, explicitées ci-dessous. Les fonctions de maintien en place des différents éléments et de fixation sur le côté du moteur doivent être assurées :

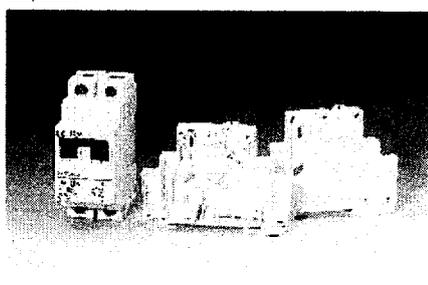
- 1) pour une température continue d'utilisation de 115 °C, et pour une température maximale de 130 °C pendant 1h, en présence :
  - d'huile moteur SAE10/30 selon la norme B71 2210
  - de liquide de refroidissement concentré à 50% de glycol selon la norme B71 5110
  - de liquides hydrauliques selon B71 2430 / 2710
  
- 2) pour une température continue d'utilisation de 23 °C, en présence :
  - D'essence sans plomb selon la norme B71 3140
  - De gazole selon la norme B71 3140
  - D'alcool selon la norme B71 3140

## Guide matière et propriétés

### DuPont™ Zytel® 70G13HS1L

Résine type "Nylon" PA-6,6 GF 13

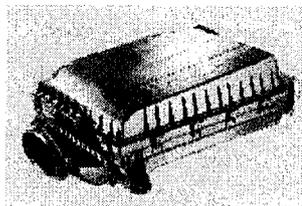
® Registered trademarks of E.I. du Pont de Nemours and Company  
The miracles of science™ is a trademark of E.I. du Pont de Nemours and Company  
Du Pont de Nemours International S.A., CH-1218 Le Grand-Saconnex, Genève



### Introduction

ZYTEL® est la marque déposée de Dupont pour sa gamme complète de résines nylon (polyamides).

Depuis l'invention du nylon par Dupont dans les années 30, elle est devenue le plus couramment employé de tous les polymères techniques.



En raison de leur excellent équilibre des propriétés, les pièces en nylon trouvent de nombreux domaines d'application : véhicules à moteur, éléments électriques/électronique, appareils domestiques, meubles et construction.

### Produits et propriétés

Des résines en nylon de ZYTEL® sont classifiées par leur composition chimique dans les groupes suivants :

- PA 66
- PA 6
- Mélanges des PA 66/6
- PA 612
- PA amorphe transparent
- PA semi-aromatique hautes températures

Les caractéristiques principales des nylons de ZYTEL® sont :

- Haute résistance mécanique
- Excellent équilibre de rigidité/de dureté
- Bonne résistance à hautes températures
- Bonnes propriétés électriques et d'inflammabilité
- Bonne résistance à l'abrasion et aux produits chimiques, notamment aux hydrocarbures.

Les propriétés telles que le point de fusion, l'absorption d'humidité et le module d'élasticité sont principalement déterminées par le type chimique de nylon. En outre, des nylons peuvent être aisément modifiés et renforcés, pour créer un éventail de produits avec des propriétés adaptées pour des processus et des usages finals spécifiques. L'eau est un plastifiant pour les polyamides. Les polyamides atteignent leurs caractéristiques de déformation élastique que lorsqu'ils ont complètement effectué leur reprise d'humidité.

## Description physique

Les résines en nylon de ZYTEL® sont les matériaux granulaires pleins, typiquement de forme cylindrique de dimensions nominales de 3 x 2,5 millimètres. Les compositions sont disponibles naturelles ou colorées en masse.

## Conditionnement

Les résines en nylon de ZYTEL® sont disponibles dans 4 types de conditionnements standards :

- par 40 sacs de 25 kilogrammes
- octabin de 1000 kilogrammes
- octabin de 1000 kilogrammes avec déchargement par le fond
- Expéditions en vrac par camion citerne pour silo.

## Traitement

Les résines en nylon de ZYTEL® sont fournies en conditionnements étanches à l'humidité, de sorte que sécher ne devrait normalement pas être nécessaire. Cependant, les résines en nylon sont hygroscopiques et absorbent l'humidité au contact de l'atmosphère. Si une absorption excessive d'humidité s'est produite, la résine doit être séchée avant transformation à 80° C jusqu'à moins de 0.2% d'humidité.

### Zytel® 70G13HS1L polyamide 66 13% de fibres de verre

#### Caractéristiques :

- Usage universel ;
- Stabilité à la chaleur ;
- Stabilité thermique, bonne ;
- Imprimable ;
- Soudable par rotation ;
- Soudable par ultrasons ;

- Soudable par vibrations.

#### Utilisations :

- Pièces techniques ;
- Applications dans le transport, l'automobile ;
- Applications industrielles ;
- Pièces mécaniques, machines...

## Alimentation des pièces injectées

L'alimentation par canaux chauds est possible mais nécessite du matériel spécifique à cause du comportement à chaud du polyamide (risques de dégazage) et de la présence de fibres de verre qui peut entraîner une usure prématurée des systèmes standards. Ce type d'alimentation représente un coût supplémentaire important.

Seules les buses à obturateur sont autorisées. Les buses ouvertes présentent en effet trop de risques pour la mise en œuvre de ce type de polymère et sont donc à éviter.

## Risques

Le démontage de la buse machine ou de systèmes de canaux chauds doit s'effectuer avec un masque et des gants de protection car le PA, lorsqu'il se dégrade, fait des projections de matière fondue.

Le dosage parfois irrégulier se corrige par une contrepression adaptée et une vitesse de rotation réduite. En dernier ressort on peut utiliser un profil décroissant de température du fourreau.

Contre cône de buse indispensable.

**La combustion dégage des gaz très toxiques.**

Produits de dégradation à 300 °C faiblement toxiques.

**Tableau de propriétés du Zytel® 70G13HS1L**

Propriétés physiques	Valeur	Commentaires
Densité	1,23 g/cc	DAM (1) ; ISO 1183
Taux de fibres de verre	13 %	Massique / ISO 3451-1 et 3451-4
Retrait linéaire longitudinal	0,005 cm/cm	Parallèle; 2.0 mm; ISO 294-4
Retrait linéaire transversal	0,01 cm/cm	2.0 mm; ISO 294-4
Coefficient $K\Delta v$ (ou r) (2)	0,82	
<b>Propriétés mécaniques</b>		
Contrainte en traction maximale	117 MPa	DAM; ASTM D 638
Contrainte en traction à la rupture	120 MPa	DAM; ISO 527
Contrainte en traction à la rupture	75 MPa	50% RH; ISO 527
Allongement à la rupture	12 %	50% RH; ISO 527
Allongement à la rupture	2,7 %	DAM; ISO 527
Module de traction	3,5 GPa	50% RH; ISO 527
Module de traction	5,5 GPa	DAM; ISO 527
Module de flexion	4,9 GPa	DAM; ISO 178
Contrainte de flexion à la rupture	100 MPa	50% RH; ISO 178
Contrainte de flexion limite élastique	60 MPa	50% RH; ISO 178
Choc Izod, entaillé (ISO)	4,5 kJ/m <sup>2</sup>	DAM; ISO 180/1A
Choc Izod, entaillé basse température (ISO)	4,5 kJ/m <sup>2</sup>	-40°C; DAM; ISO 180/1A
Point de fusion	262 °C	10°C/min; DAM; ISO 11357-1/-3
Flexion sous charge à 0,46 MPa	258 °C	DAM; ISO 75-1/-2
Flexion sous charge à 1,8 MPa	238 °C	DAM; ISO 75-1/-2
Flexion sous charge à 1,8 MPa	242 °C	DAM; ASTM D 648
Point Vicat	250 °C	50N, 50°C/h ISO 306
<b>Propriétés de mise en œuvre</b>		
Température de mise en œuvre	285 - 305 °C	DAM
Température outillage	70 - 120 °C	DAM
Cisaillement admissible en rotation (vitesse tangentielle au sommet du filet de la vis de plastification)	0,1 à 0,5 m/s	
Taux d'humidité	Max 0,2 %	DAM
Absorption d'eau	2,2 %	ISO62, équilibre à 50% RH 23°C
Absorption d'eau	6,9 %	ISO62, immergé 23°C
Température de séchage	80°C / 4h	
Air sec nécessaire	Oui	
Taux de rebroyé maxi conseillé	20%	
<b>Description</b>		
Additif	Stabilisant thermique	
Couleur	Noir	
Forme	granulés	
Procédé	Injection	

(1) DAM signifie « draft amendment » c'est-à-dire projet d'amendement (de la norme).

(2) Ce coefficient correspond au rapport de variation de volume de la matière entre 20°C et sa température moyenne d'injection. On utilise  $K\Delta v$  (ou r) pour le calcul prévisionnel de la course de dosage.

## Détermination du taux de cendres

Extraits choisis des NORMES INTERNATIONALES © ISO 3451-1 et 3451-4 : 1997(F)

### Principe

Matériaux chargés et renforcés de fibres de verre : calcination directe par combustion de la matière organique et traitement du résidu à haute température (600 ±25) °C jusqu'à obtention d'une masse constante (ISO 3451-1:1997, méthode A)

### Appareillage

- ☞ **Creusets en silice, porcelaine ou platine**, inertes vis-à-vis du matériau soumis à l'essai, d'un diamètre de 50 mm à 60 mm (partie supérieure) et d'une hauteur égale au diamètre.
- ☞ **Four à moufle**, thermostaté permettant d'obtenir des températures de (600 ±25) °C, (850±50) °C.
- ☞ **Balance analytique**, ayant une précision de 0,1 mg.
- ☞ **Hotte aspirante**.

### Prise d'essai

Prélever une quantité d'échantillon pour essai suffisante pour produire 5 mg à 200 mg de cendres (voir tableau 1). Dans le cas de matériaux renforcés, prélever 2 g ou plus. Si l'on ne connaît pas le taux de cendres approximatif, le déterminer au préalable et en déduire la taille de la prise d'essai à choisir dans le tableau 1.

Tableau 1 — Masse de la prise d'essai

Taux de cendres approximatif %	Prise d'essai	Masse de cendres obtenue
	g	mg
≈0,01	200	5 à 10
>0,01 à 0,05	100	10 à 50
>0,05 à 0,1	50	25 à 50
>0,1 à 0,2	25	25 à 50
>0,2 à 1	10	20 à 100
>1 à 10	5	50 à 500
>10	2	200

### Mode opératoire

(...) Les matériaux comportant des matières de charge ou les matériaux renforcés doivent être séchés avant calcination en étant chauffés à 100 °C jusqu'à obtention d'une masse constante.(...) Introduire l'échantillon dans le four à moufle chauffé au préalable à la température prescrite et calciner pendant 30 min.(...) Répéter l'opération jusqu'à obtenir une masse constante (variation inférieure à 0,5 mg)

### Nombre d'essais

Répéter l'essai autant de fois que nécessaire jusqu'à ce que les résultats de deux déterminations successives ne diffèrent pas entre eux de plus de 10 % de leur moyenne.

### Expression des résultats

Le taux de cendres ou de cendres sulfatées, exprimé en pourcentage en masse, est donné par la formule

$$\frac{m_1}{m_0} \times 100$$

$m_0$  est la masse, en grammes, de la prise d'essai séchée;  
 $m_1$  est la masse, en grammes, de cendres obtenue.

## Analyse rhéologique

**Très important :** toute l'analyse rhéologique a été effectuée sur une seule pièce, le nombre d'empreintes n'étant pas encore connu au moment de sa réalisation.

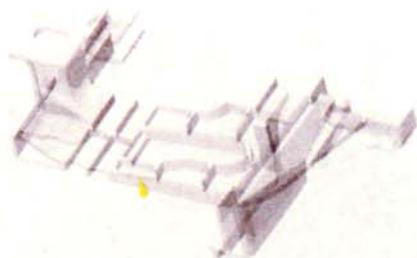
Pour pouvoir être exploités, les résultats devront être modifiés afin de tenir compte du nombre d'empreintes et du type d'alimentation.

Le choix final s'est porté sur un **moule 4 empreintes** alimenté classiquement. Le **volume de la carotte et des canaux vaut 12,15 cm<sup>3</sup>**.

Nom de la pièce :	PMS RX-d-907-038	
Fournisseur matière :	DuPont Engineering Polymers (Moldflow Verified)	
Catégorie de matières :	Zytel 70G13HS1L	
Température moule :	100,00 °C	
Température matière :	300,00 °C	
Adéquation du modèle :	Le modèle de pièce convient parfaitement à l'analyse.	
Durée des mouvements outillage :	3 s	
Temps d'injection :	1,15 s	
Pression d'injection :	10,47 MPa	
Volume de la pièce :	19,92.cm <sup>3</sup>	
Force de fermeture au remplissage :	1,37 tonne	
Force de fermeture estimée sous une pression de compactage de 20% :	(2,09 MPa) 0,45 tonne	
Force de fermeture estimée sous une pression de compactage de 80% :	(8,38 MPa) 1,79 tonne	
Force de fermeture estimée sous une pression de compactage de 120 % :	(12,56 MPa) 2,69 tonne	
Surface soumise à la force de fermeture :	20,97.cm <sup>2</sup>	
Durée du cycle :	12,38 s	
Risque de formation de retassures :	4 % du modèle sont susceptibles de présenter des retassures.	

### MODÈLE TRANSPARENT

Platine multi supports RX-d-907-038 Modèle transparent



20 mm



### MODÈLE SOLIDE

Platine multi supports RX-d-907-038 Modèle solide

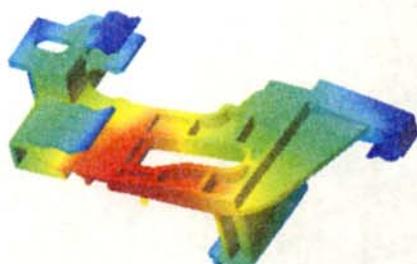


20 mm



### TEMPS DE REMPLISSAGE

Platine multi supports RX-d-907-038 Temps de remplissage [sec]



20 mm



### QUALITÉ DU REMPLISSAGE

Platine multi supports RX-d-907-038 Qualité du remplissage



20 mm



### TEMP. DU FRONT D'ÉCOULEMENT

Platine multi supports RX-d-907-038 Temp. du front d'écoulement [deg C]

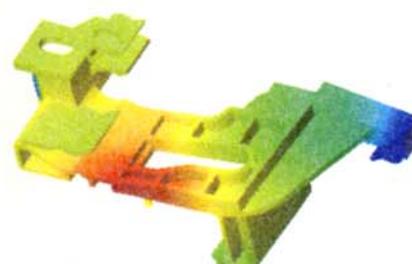


20 mm



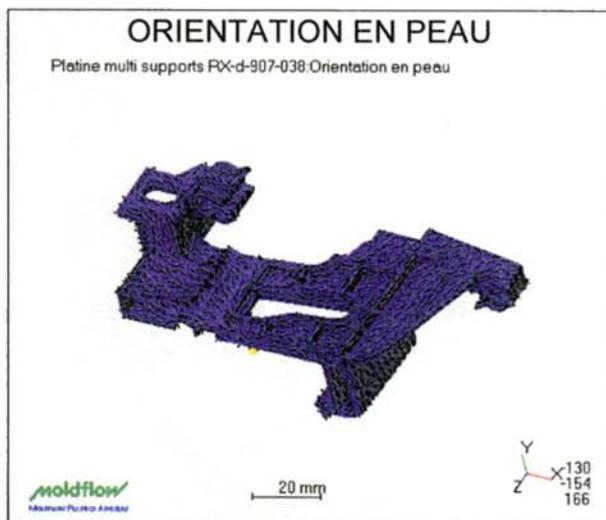
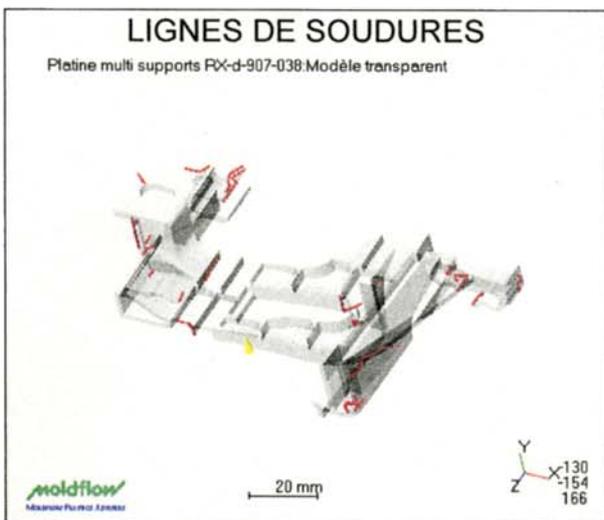
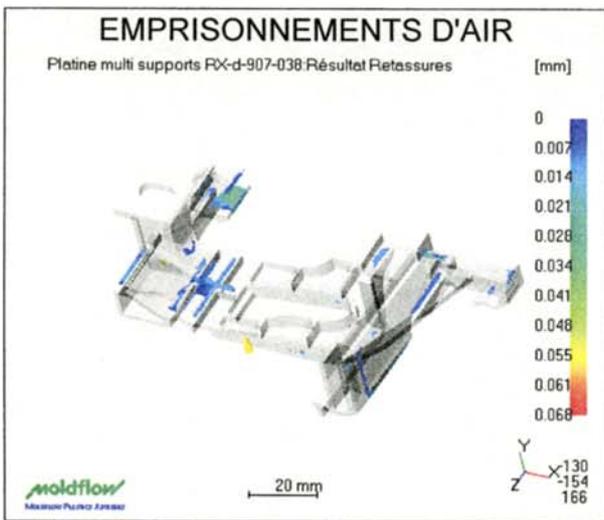
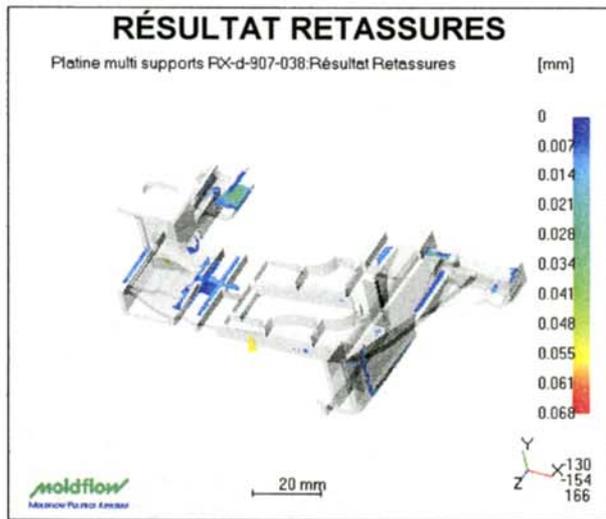
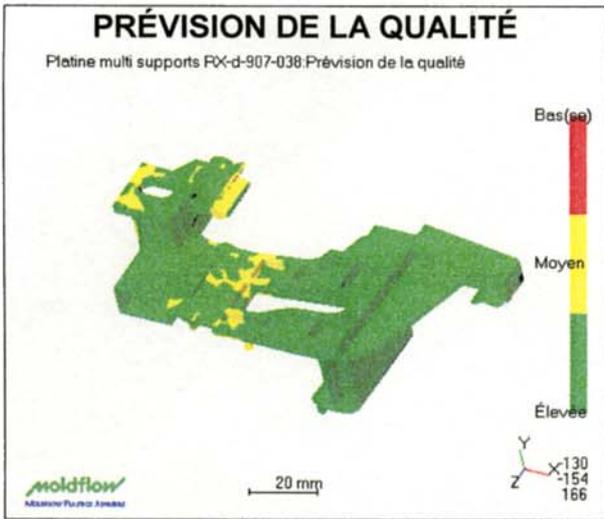
### PRESSION D'INJECTION

Platine multi supports RX-d-907-038 Pression d'injection [MPa]

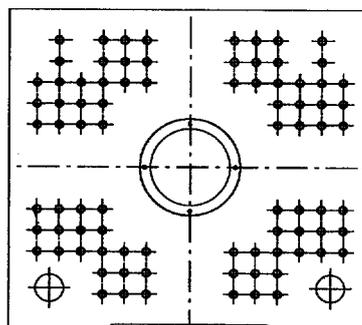
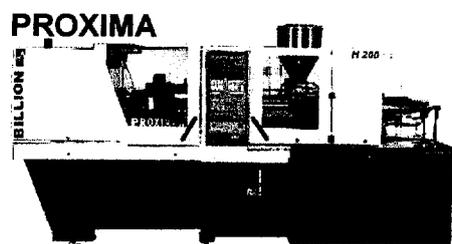


20 mm





## Parc machines : caractéristiques des presses à injecter de l'îlot



### BILLION PROXIMA H120-40T

Injection		H120
Diamètre de vis	mm	25
Rapport L/D		20
Volume théorique injectable	cm <sup>3</sup>	61
Pression maxi sur la matière	bar	1 945
Débit de plastification théorique par tour	cm <sup>3</sup>	1,3
Débit maxi d'injection	cm <sup>3</sup> /s	88
Débit maxi d'injection avec accumulateurs	cm <sup>3</sup> /s	196
Vitesse de rotation vis maxi	rpm	400
Course des vis	mm	125
Course de la buse	mm	200
Force d'appui de la buse	kN	60
Puissance de chauffe fourreau	kW	5,7
Nombre de zones de chauffe fourreau (buse incluse)		4
Puissance moteur électrique de vis	Kw	Non
Puissance moteur du groupe hydraulique	kW	11
Puissance totale installée	kW	17
Capacité accumulateurs	l	option
Capacité réservoir d'huile	l	200

### Fermeture 40T

Force de verrouillage	kN	400
Dimensions des plateaux H x V	mm	580 x 520
Passage évacuation pièces	mm	405
Passage entre colonnes H bas	mm	405
Course d'ouverture	mm	270
Espace maxi entre plateaux	mm	630
Epaisseur des moules mini	mm	180
Epaisseur des moules maxi	mm	360
Force d'ouverture moule (approche/déverrouillage)	kN	16,12 / 55,21
Force d'éjection hydraulique	kN	23,9
Course d'éjection hydraulique	mm	100
Temps de cycle à vide	s	1,65

### Encombrement des machines H120-40T

Longueur x Largeur x hauteur (hors tout)	m	3,52 x 1,3 x 1,72
Masse approximative (hors huile et moule)	t	3,9

### BILLION PROXIMA H310-50T

Injection		H310
Diamètre de vis	mm	35
Rapport L/D		20
Volume théorique injectable	cm <sup>3</sup>	168
Pression maxi sur la matière	bar	2 025
Débit de plastification théorique par tour	cm <sup>3</sup>	3,3
Débit maxi d'injection	cm <sup>3</sup> /s	101
Débit maxi d'injection avec accumulateurs	cm <sup>3</sup> /s	288
Vitesse de rotation vis maxi	rpm	330
Course des vis	mm	175
Course de la buse	mm	250
Force d'appui de la buse	kN	60
Puissance de chauffe fourreau	kW	9,4
Nombre de zones de chauffe fourreau (buse incluse)		4
Puissance moteur électrique de vis	Kw	Non
Puissance moteur du groupe hydraulique	kW	15
Puissance totale installée	kW	24
Capacité accumulateurs	l	option
Capacité réservoir d'huile	l	200

### Fermeture 50T

Force de verrouillage	kN	500
Dimensions des plateaux H x V	mm	580 x 520
Passage évacuation pièces	mm	405
Passage entre colonnes H bas	mm	405
Course d'ouverture	mm	270
Espace maxi entre plateaux	mm	630
Epaisseur des moules mini	mm	180
Epaisseur des moules maxi	mm	360
Force d'ouverture moule (approche/déverrouillage)	kN	16,12 / 55,21
Force d'éjection hydraulique	kN	23,9
Course d'éjection hydraulique	mm	100
Temps de cycle à vide	s	1,65

### Encombrement des machines H310-50T

Longueur x Largeur x hauteur (hors tout)	m	3,7 x 1,3 x 1,72
Masse approximative (hors huile et moule)	t	4

**BILLION PROXIMA H430-100T**

Injection		H430
Diamètre de vis	mm	35
Rapport L/D		20
Volume théorique injectable	cm3	168
Pression maxi sur la matière	bar	2 645
Débit de plastification théorique par tour	cm3	3,3
Débit maxi d'injection	cm3/s	111
Débit maxi d'injection avec accumulateurs	cm3/s	289
Vitesse de rotation vis maxi	rpm	300
Course des vis	mm	175
Course de la buse	mm	300
Force d'appui de la buse	kN	60
Puissance de chauffe fourreau	kW	9,4
Nombre de zones de chauffe fourreau (buse incluse)		4
Puissance moteur électrique de vis	Kw	non
Puissance moteur du groupe hydraulique	kW	18,5
Puissance totale installée	kW	option
Capacité accumulateurs	l	28
Capacité réservoir d'huile	l	275

Fermeture		100T
Force de verrouillage	kN	1001
Dimensions des plateaux H x V	mm	710 x 650
Passage évacuation pièces	mm	490
Passage entre colonnes H bas	mm	490
Course d'ouverture	mm	380
Espace maxi entre plateaux	mm	820
Épaisseur des moules mini	mm	230
Épaisseur des moules maxi	mm	440
Force d'ouverture moule (approche/déverrouillage)	kN	24,3 / 79,1
Force d'éjection hydraulique	kN	37,3
Course d'éjection hydraulique	mm	150
Temps de cycle à vide	s	1,9 (3)

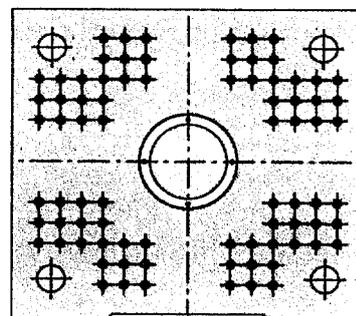
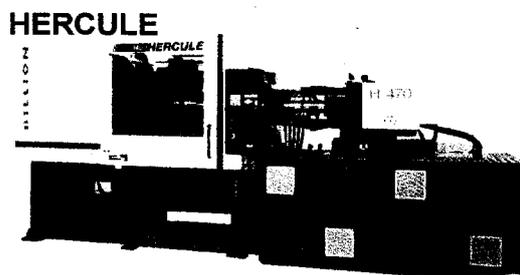
Encombrement des machines		
Longueur x Largeur x hauteur (hors tout)	m	4,5 x 1,5 x 1,96
Masse approximative (hors huile et moule)	t	6,9

**BILLION HERCULE H780-200T**

Injection		H780
Diamètre de vis	mm	50
Rapport L/D		22,3
Volume théorique injectable	cm3	422
Pression maxi sur la matière	bar	1 843
Débit de plastification théorique par tour	cm3	10
Débit maxi d'injection	cm3/s	
Débit maxi d'injection avec accumulateurs	cm3/s	700
Vitesse de rotation vis maxi	rpm	300
Course des vis	mm	215
Course de la buse	mm	370
Force d'appui de la buse	kN	67
Puissance de chauffe fourreau	kW	15,3
Nombre de zones de chauffe fourreau (buse incluse)		6
Puissance moteur électrique de vis	Kw	option
Puissance moteur du groupe hydraulique	kW	30
Puissance totale installée	kW	45,3
Capacité accumulateurs	l	32
Capacité réservoir d'huile	l	500

Fermeture		200T
Force de verrouillage	kN	2010
Dimensions des plateaux H x V	mm	870x870
Passage évacuation pièces	mm	
Passage entre colonnes H x V	mm	610x610
Course d'ouverture	mm	560
Espace maxi entre plateaux	mm	1140
Épaisseur des moules mini	mm	280
Épaisseur des moules maxi	mm	580
Force d'ouverture moule	kN	290
Force d'éjection hydraulique	kN	50
Course d'éjection hydraulique	mm	150
Temps de cycle à vide	s	2,2

Encombrement des machines		
Longueur x Largeur x hauteur (hors tout)	m	6,2x1,8x2,2
Masse approximative (hors huile et moule)	t	10



## Norme européenne / Norme française (extraits choisis)

### Polyamides : Détermination de la teneur en eau ISO 960 - 1988 (F)

#### Domaine d'application

La présente Norme internationale prescrit des méthodes pour la détermination de la teneur en eau des polyamides (PA) et copolyamides tels que granulés et pièces. Les méthodes sont applicables pour la détermination de la teneur en eau à partir de 0,01 % (m/m). Lors de la transformation des PA, la teneur en eau joue un rôle important; il est nécessaire qu'elle soit faible pour prévenir la dégradation. Par ailleurs, on utilise ces méthodes pour déterminer le taux d'humidité des éprouvettes et produits finis.

#### Principe

La méthode C est la méthode de référence.

La méthode C est une méthode d'extraction par dissolution dans un mélange de méthyl-3 phénol et de toluène et dosage de l'eau par la méthode de Karl Fischer. Elle a l'avantage d'être applicable aux granulés et poudres de toutes tailles et aux produits finis avec une légère réduction, ou sans réduction de leur dimension.

#### Nombre d'essais

Effectuer deux déterminations par échantillon. Opérer sur des prises d'essai de 2 à 10 g, selon la teneur présumée en eau.

### Plastiques : détermination de l'absorption d'eau NF EN ISO 62 Mai 1999

#### Principe

Les éprouvettes sont immergées dans de l'eau distillée à 23 °C ou dans de l'eau distillée bouillante, ou encore exposées à des atmosphères à 50 % d'humidité relative, à des températures définies et pendant des laps de temps spécifiés. La quantité d'eau absorbée par l'éprouvette est déterminée par mesurage de sa variation de masse, c'est-à-dire la différence entre sa masse après exposition à l'eau et sa masse initiale, et elle est exprimée en pourcentage de la masse initiale. Si besoin est, il est également possible de déterminer la quantité d'eau perdue après séchage des éprouvettes.

Certaines applications peuvent nécessiter des atmosphères ayant une humidité relative comprise entre 70 % et 90 % et une température située entre 70 °C et 90 °C. Il est possible d'utiliser des atmosphères ayant une humidité relative et une température supérieures à celles recommandées dans la présente Norme internationale, si ces conditions ont fait l'objet d'un accord entre les parties intéressées. Si des conditions d'humidité relative et de température autres que celles recommandées sont utilisées, elles doivent faire l'objet d'une description complète (avec les tolérances appropriées) dans le rapport d'essai.

#### Appareillage

**Balance**, précise à  $\pm 0,1$  mg

**Étuve**, à ventilation forcée ou à vide, réglable à  $(50,0 \pm 2,0)$  °C ou à toute autre température convenue

**Récipients**, contenant de l'eau distillée, ou de l'eau de pureté équivalente, équipés d'un dispositif de chauffage réglable à la température spécifiée.

**Dessiccateur**, avec déshydratant (par exemple P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

**Équipement de mesurage des dimensions des éprouvettes** (si nécessaire), ayant une précision de  $\pm 0,1$  mm.

## Matériels de contrôle dimensionnel

**Pied à coulisse MITUTOYO DIGITAL**  
capacités : 150, 450, 1000 mm

**Jauge de profondeur MITUTOYO DIGITAL**  
capacités : 0 - 450 mm

**Comparateur + support MITUTOYO DIGITAL**  
réglage fixe  
capacités : 0 - 12 mm

**Micromètre d'intérieur + rallonges MITUTOYO DIGITAUX**  
capacités : 6 - 25 mm

**Micromètre d'extérieur MITUTOYO DIGITAUX**  
capacités : 0 - 100 mm

**Cales parallèles en acier MITUTOYO CLASSE 2**  
47 pièces

**Piges d'alésage MECA (2/100)**  
capacités : 1 - 17,81 mm

**Marbre granit noir Classe 0 HECKEL**  
dimensions : 1500 x 1000 mm

### **Projecteur de profil PPM100**

PPM100 est le tout nouvel appareil de la gamme de vidéo projecteur de profil PPM, avec un champ plus grand (100 x 80 mm) et toujours ultra-rapide et simple d'utilisation.

Il est destiné à la prise de mesure automatique avec une précision de  $\pm 1/100$  mm, affiche toutes les cotes d'un coup de façon automatisée et en moins de 5 secondes, aucun réglage, aucune pièce mobile, aucun risque d'erreur.



### **Projecteur de profil PJ-H30 chez MITUTOYO**

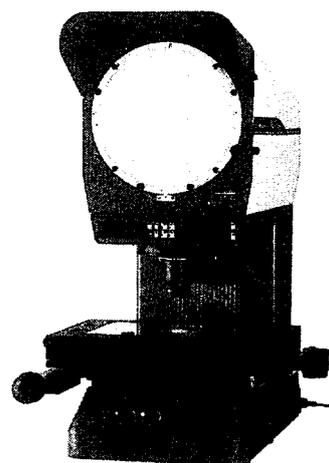
Le projecteur PJ-H30 est livré avec une table de dimensions variant de 100 x 100 mm à 300 x 170 mm. Ces tables disposent d'un système de débrayage unique. En effet, le corps de l'appareil monte pour faire la mise au point alors que la table reste fixe. Cet avantage permet de disposer sur les tables des pièces de poids élevés. (Jusqu'à 15kilos).

Le PJ-H30 est particulièrement adapté aux contrôles nécessitant une précision élevée.

Le PJ-H30 est équipé d'un détecteur d'arête, ce qui permet d'éliminer les erreurs de mesure dues à un positionnement manuel imprécis sur un projecteur de profil.

#### Caractéristiques techniques :

- Objectif 10 x livré en standard, en option 5x, 20x, 50x, 100x
- Nouveau système d'éclairage épiscopique
- Résolution au  $\mu\text{m}$
- Diamètre de l'écran 306 mm
- Affichage de X/Y et de l'angle
- Sortie digimatic RS-232C



# DOSSIER RÉPONSE

## Platine multi-supports sous capot moteur

### Sommaire

<b>A - Conception, Bureau d'études</b> .....	1
1) <u>Choix de la matière</u> .....	1
2) <u>Choix du type d'alimentation</u> .....	2
3) <u>Détermination du nombre d'empreintes</u> .....	3
<b>B - Préparation de la production</b> .....	4
1) <u>Vérification du taux de charges</u> .....	4
2) <u>Choix de la presse à injecter</u> .....	5
3) <u>Préréglages</u> .....	6
<b>C - Mise au point</b> .....	8
1) <u>Vérification du temps d'injection</u> .....	8
2) <u>Étude du temps de maintien</u> .....	9
3) <u>Étude de la courbe d'injection</u> .....	10
<b>D - Présérie</b> .....	11
1) <u>Essai DSC</u> .....	12
2) <u>Essai taux d'humidité</u> .....	13
<b>E - Production et suivi statistique</b> .....	14
1) <u>Choix de la grandeur mesurée</u> .....	14
2) <u>Test de normalité</u> .....	15
3) <u>Étude de capabilité</u> .....	15
4) <u>Établissement de la carte</u> .....	16
5) <u>Utilisation</u> .....	17
6) <u>Analyse</u> .....	17
<b>F - Optimisation</b> .....	18
1) <u>Étude de l'influence du taux de rebroyé sur les propriétés mécaniques</u> .....	18
2) <u>Essai de moulage</u> .....	19

Pour l'ensemble du sujet vos réponses doivent être justifiées par des arguments techniques.

## A - Conception, Bureau d'études

### 1) Choix de la matière

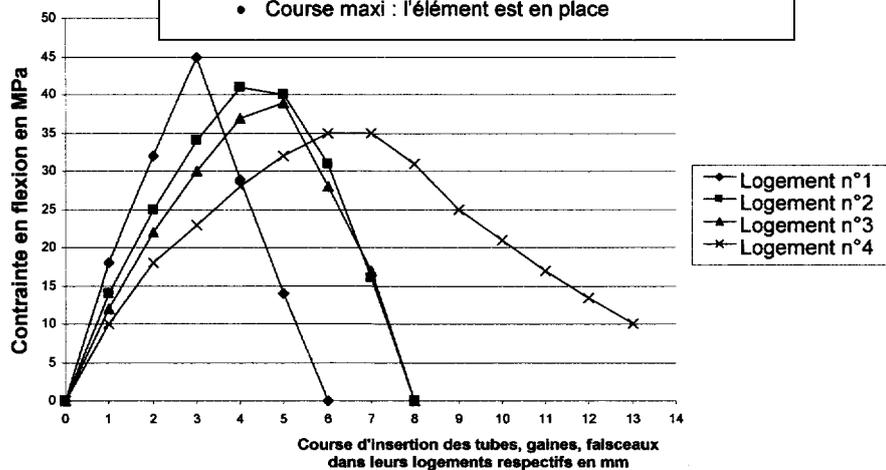
A partir du cahier des charges de la pièce DT 4 et de la documentation matière DT 7 donnez les éléments techniques permettant la validation du choix de la matière, en fonction :

a) des contraintes thermiques de la pièce en précisant des valeurs chiffrées.

b) des contraintes de flexion constatées sur la pièce par calcul de structure. A partir des courbes et du document DT 7, peut-on valider la matière ?

Contrainte exercée sur la platine multi-support lors de l'insertion des tubes, gaines, faisceaux; calculée par logiciel de simulation RDM

- Course = 0 : l'élément est hors de son logement
- Course maxi : l'élément est en place



**2) Choix du type d'alimentation**

Le bureau des méthodes désire que les pièces soient dégrappées automatiquement. Deux solutions sont proposées :

- soit un système de dégrappage automatique intégré à l'outillage ;
- soit une alimentation sans déchets de type canaux chauds.

a) En vous aidant du document ressources DT 6, décrivez précisément le risque encouru par un opérateur qui interviendrait dans un moule équipé d'un système de canaux chauds ouverts (sans obturateurs).

b) Quelle peut être l'influence de la fibre de verre sur le système d'alimentation par canaux chauds ?

c) Effectuez un choix entre les deux systèmes en tenant compte des critères de coût et de sécurité. Nommez le type d'alimentation choisi et faites en un schéma explicatif clair.

**3) Détermination du nombre d'empreintes.**

Afin de réduire les temps de fabrication, une étude de coût en fonction du nombre d'empreintes est pratiquée. Le projet prévoit de recycler en continu les carottes et canaux, de ce fait le coût matière est le même pour toutes les solutions et n'intervient donc pas dans les critères de comparaison. Les données suivantes ont été estimées par le mouliste et par le bureau des méthodes :

Remplissez le tableau ci-dessous :

- a) Déterminez la cadence horaire de production pour chaque solution outillage.
- b) Déduisez en le coût total (machine et outillage) par pièce pour la série prévue en DT 4.

	<b>Solution 1</b> Moule 2 empreintes	<b>Solution 2</b> Moule 4 empreintes	<b>Solution 3</b> Moule 6 empreintes	<b>Solution 4</b> Moule 8 empreintes
Étude moule et réalisation outillage	121 200 €	161 500 €	201 600 €	241 600 €
Taux horaire machine	35 €/h	40 €/h	45 €/h	50 €/h
Temps de cycle estimé	13 s			
a) Cadence de production (pièces/h)				
b) Coût total (machine + outillage) par pièce pour la série prévue				

c) Quelle solution choisissez-vous ?

## B - Préparation de la production

### 1) Vérification du taux de charges

Cette pièce technique répond à des caractéristiques précises en termes de module d'élasticité et de tenue en température. Celles-ci sont influencées par le taux de fibres de verre. Pour anticiper ce risque de non conformité, le taux de charges de chaque nouveau lot de matière est systématiquement mesuré conformément aux normes NF EN ISO 3451 dont quelques extraits choisis sont présentés en DT 8.

Les valeurs expérimentales des essais sont présentées dans l'ordre chronologique :

Mesure N°	$m_0$ (g)	$m_1$ (g)
1	2,0511	0,2012
2	2,0136	0,2592
3	2,1241	0,2853

#### Critère d'acceptation du lot :

Le nouveau lot est accepté si l'écart entre le résultat et la valeur attendue ne dépasse pas 5%

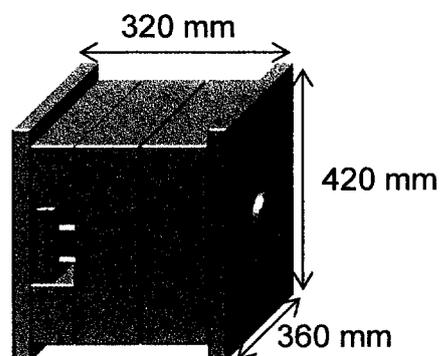
a) Déterminez les limites d'acceptation du lot.

b) Calculez le taux de fibre mesuré et analysez le résultat : le lot est-il accepté ?

**2) Choix de la presse à injecter.**

La solution outillage retenue finalement est un moule 4 empreintes alimenté classiquement par carotte et canaux.

Le moule a les dimensions suivantes :



a) À partir des données du logiciel de rhéologie, déterminez le volume de la moulée.

b) À partir des données du logiciel de rhéologie, estimez la force de verrouillage en kN. On considèrera que la pression de la matière dans les canaux d'alimentation nécessite une augmentation de la force de verrouillage de 20%

## c) Choix de la presse

Choisissez la presse la plus compatible avec votre production parmi celles qui sont disponibles sur votre îlot et dont les caractéristiques sont données en DT 12 et DT 13. Justifiez votre choix à l'aide de critères précis qui vous permettent de préférer tel matériel à tel autre.

**3) Préréglages**

On vous demande d'essayer l'outillage et de produire une présérie de pièces. Vous opérerez sur une presse réservée pour les essais et vous devez déterminer les valeurs de quelques paramètres de préréglage pour démarrer en sécurité et gagner du temps.

La presse qui vous est attribuée, est équipée d'une **vis de diamètre 35 mm**, et la **température du moule est réglée à 100°C**.

## a) Vitesse de rotation vis

À partir d'une **propriété de mise en œuvre** du tableau de données matière DT 7, calculez les valeurs maximales et minimales possibles de vitesse de rotation vis.

## b) Course de dosage

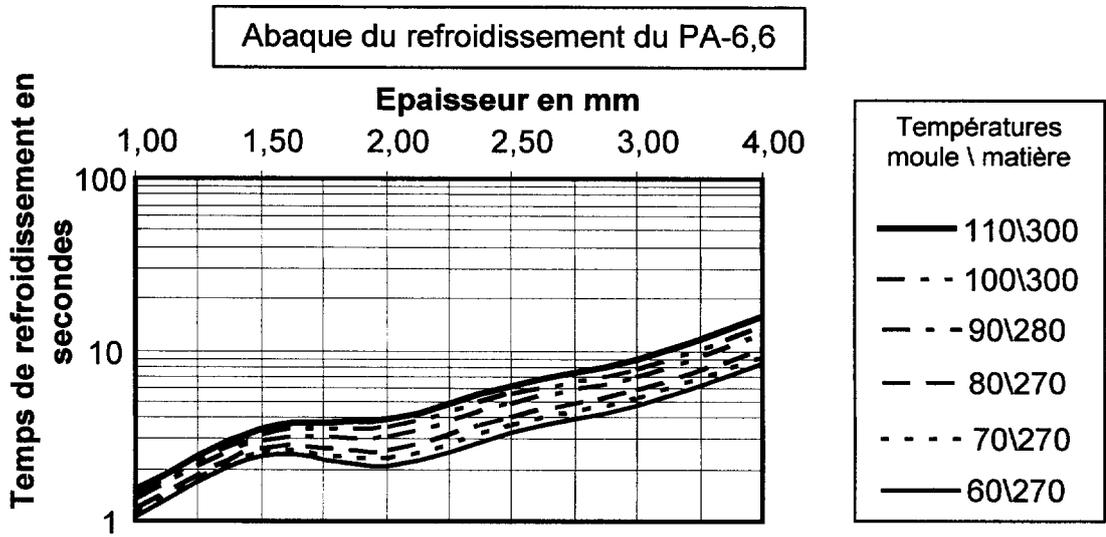
À l'aide des données matière en DT 7, des données rhéologiques en DT 9 et en prenant un matelas de 10 mm, calculez la course de dosage en mm.

c) Vitesse moyenne d'injection

Calculez la vitesse moyenne d'injection (vitesse moyenne de translation de la vis en cm/s) qui permette d'obtenir le temps d'injection théorique donné par la rhéologie en DT 9.

d) Temps de refroidissement

À l'aide de l'abaque ci-dessous et du dessin de définition en DT 2, estimez le temps de refroidissement



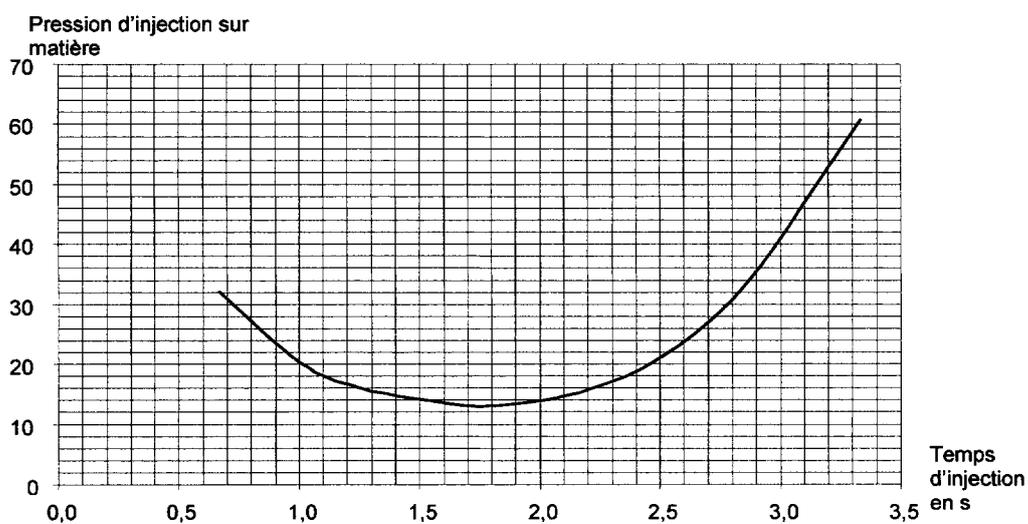
e) Estimation du temps de cycle

À l'aide des résultats précédents et des données rhéologiques, estimez la durée du cycle. Ce résultat est-il en accord avec le temps trouvé par le logiciel de rhéologie qui utilisait des réglages par défaut.

## C - Mise au point

### 1) Vérification du temps d'injection

La courbe suivante a été tracée en faisant varier la vitesse d'injection et en mesurant la pression d'injection :



a) Cette courbe vous paraît-elle cohérente ? Justifiez votre réponse.

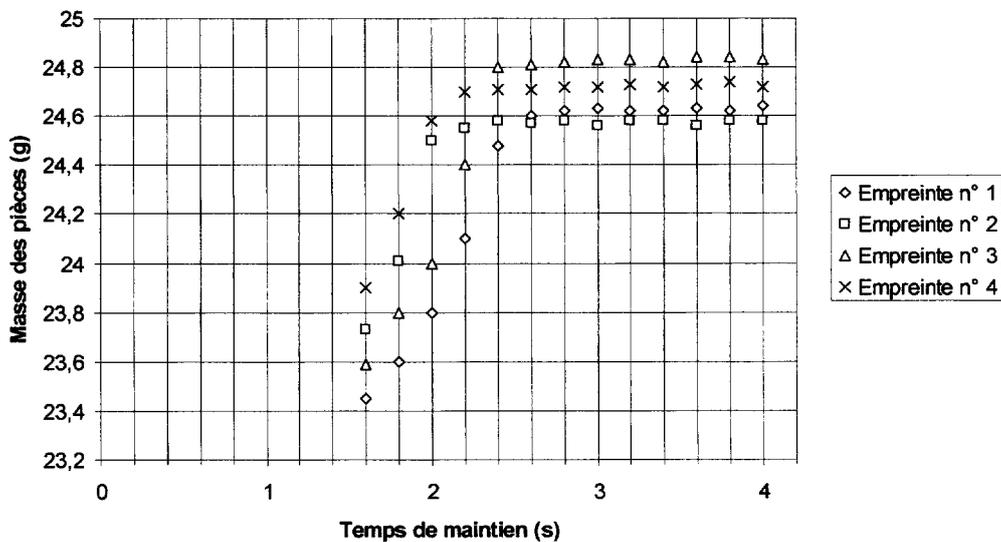
b) Quel est le temps d'injection mesuré optimal ? Justifiez votre réponse.

c) Ce temps est-il cohérent avec celui déterminé par le logiciel de rhéologie, sachant que le temps de réponse de la presse est estimé à environ 0,3s ?

**2) Étude du temps de maintien**

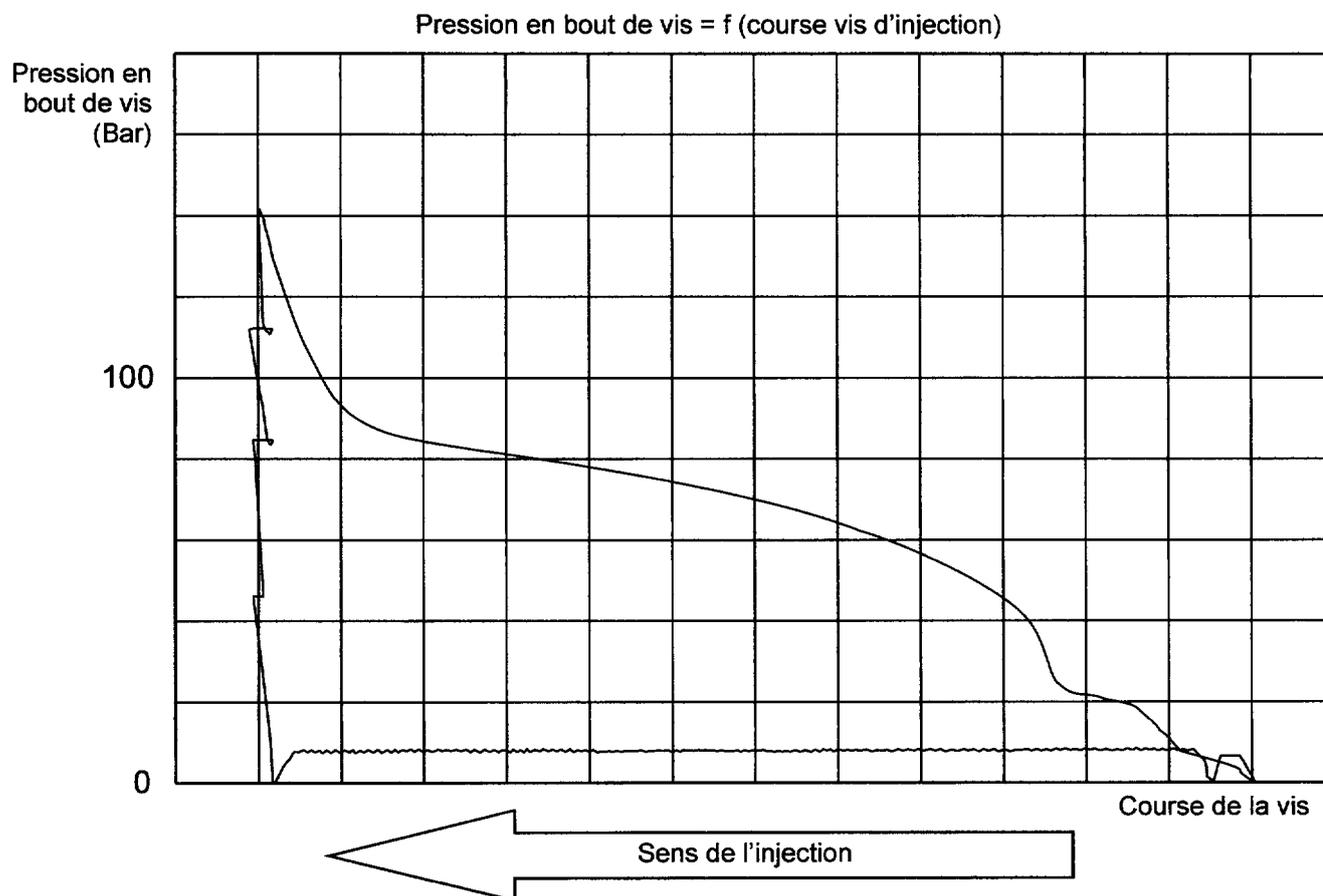
Les mesures suivantes de masse des pièces ont été faites en faisant décroître le temps de maintien. Analysez les courbes obtenues, déterminez et justifiez le temps de maintien optimal.

**Etude du temps de maintien**



**3) Étude de la courbe d'injection**

On trace la courbe d'injection pour valider la mise au point. La courbe suivante a été enregistrée après la stabilisation du procédé.



Validez-vous la mise au point à l'aide de la courbe ? Indiquez les différents points ou phases qui vous aident à cette validation et expliquez pourquoi. Vous pouvez vous aider des prévisions rhéologiques en DT 9 à 11.

## **D - Présérie**

La présérie fabriquée a été immédiatement livrée au client afin qu'il valide les fonctions de la pièce. Ce dernier après une série d'essai refuse les pièces et retourne le lot à cause d'un problème de casse des logements de clipsage des tuyaux lors de l'insertion et du démontage de ceux-ci dans les logements prévus.

Une analyse du défaut est réalisée conjointement par les techniciens de la production et ceux du service qualité.

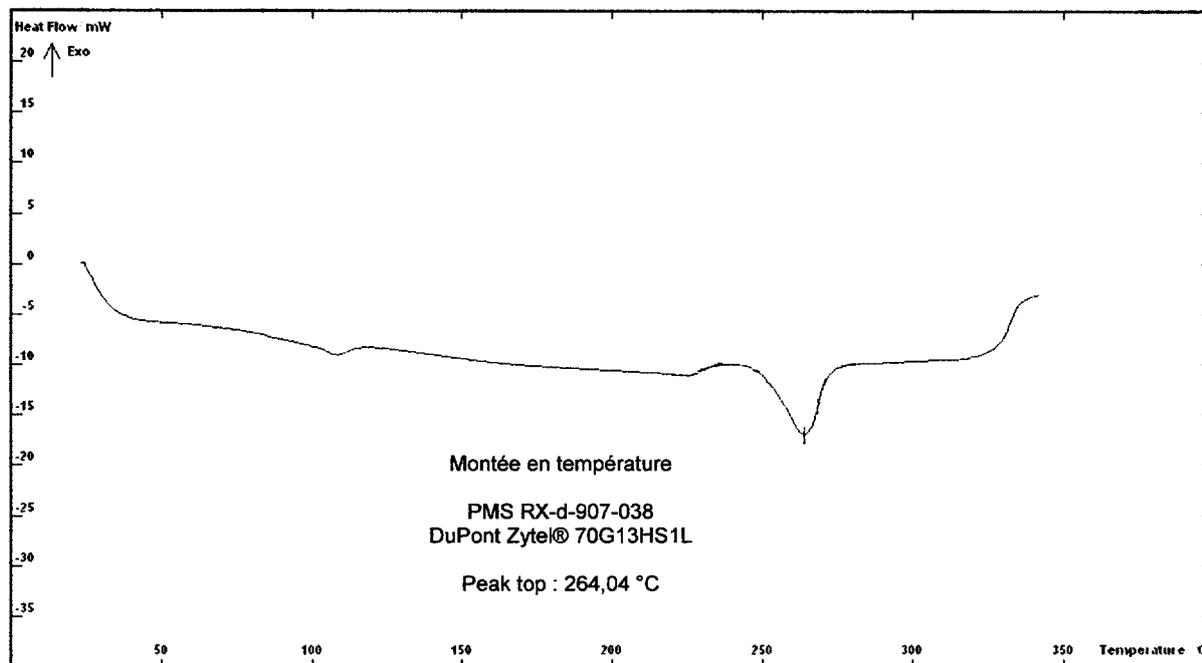
Deux hypothèses de l'origine du défaut sont retenues :

- Mauvaises conditions de mise en œuvre ;
- Reprise d'humidité des pièces insuffisante.

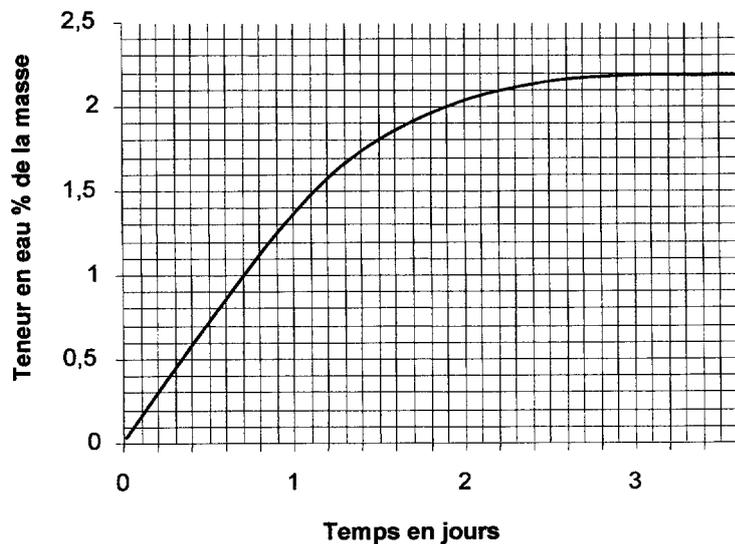
Un laboratoire indépendant est chargé d'effectuer les essais. Vous devez exploiter les résultats des essais et conclure.

**1) Essai D.S.C.**

Afin de valider les conditions de mise en œuvre, cette courbe de D.S.C. a été effectuée selon la norme NF EN ISO 11 357.



À partir de la courbe de montée en température effectuée sur un morceau de pièce, validez-vous les conditions de mise en œuvre ?

**2) Essai taux d'humidité****Teneur en eau**

Teneur en eau 23°C / 50% RH  
RH : humidité relative de l'air

**a) Analyse**

Les documents de suivi montrent que la présérie rejetée a été fabriquée en matinée, et qu'elle a été essayée chez le client l'après midi même de la production. Cela peut-il expliquer le problème de non qualité rencontré ?

**b) Adaptation du conditionnement**

Les pièces sont conditionnées dans des sacs plastiques étanches, puis dans des cartons, 200 pièces par sac, un sac par carton. Afin de forcer la reprise d'humidité une quantité d'eau doit être versée dans le sac avant son scellage puis le carton est gardé dans un stock tampon le temps que la reprise d'eau soit effective.

- Définissez la quantité d'eau en ml à ajouter à chaque sac.

- Définissez le temps de stockage tampon nécessaire à 23°C.

**E - Production et suivi statistique**

Mise en place de la maîtrise statistique du procédé MSP (SPC en anglais).

**1) Choix de la grandeur mesurée**

L'entreprise décide de contrôler un des 4 emplacements de maintien des gaines ou durits, le plus délicat à obtenir est le logement N°4 qui reçoit le tuyau de diamètre 10 à 13 mm. La cote contrôlée est la distance entre les lèvres qui est de  $6,5 \pm 0,2$ .

Justifiez le choix de cette cote.

Choisissez l'instrument de contrôle que l'on doit utiliser parmi ceux proposés en DT 15.

## 2) Test de normalité

Après stabilisation du procédé, on prélève de 30 pièces consécutives de l'empreinte n° 2 (car c'est celle qui produit le plus de variations dimensionnelles) et on mesure l'écartement de la lèvre. Les résultats nous donnent une répartition normale. Peut-on envisager de mettre en place un suivi M.S.P. ? Justifiez votre réponse.

## 3) Étude de capabilité

On effectue un tirage de 30 pièces consécutives.

La valeur de la moyenne des mesures sur cet échantillon est :  $m_0 = 6,452$

La valeur de l'écart type des mesures de cet échantillon est :  $S_0 = 0,022$

$$C_m = \frac{I_T}{6.S_0} \qquad C_{mk} = \text{Min} \left( \frac{T_s - m_0}{3.S_0}, \frac{m_0 - T_i}{3.S_0} \right)$$

Avec  $I_T$  : intervalle de tolérance,  $T_s$  : tolérance supérieure,  $T_i$  : tolérance inférieure,  $m_0$  : moyenne,  $S_0$  : écart type.

À partir des données précédentes, effectuer le calcul des capabilités  $C_m$  et  $C_{mk}$ .

Conclure sur les aptitudes de la machine en termes de centrage et de dispersion.



**5) Utilisation**

Terminez de remplir la carte. Le procédé est-il sous contrôle ?

**6) Analyse**

Commentez les points remarquables et leurs implications dans le procédé.

## F - Optimisation

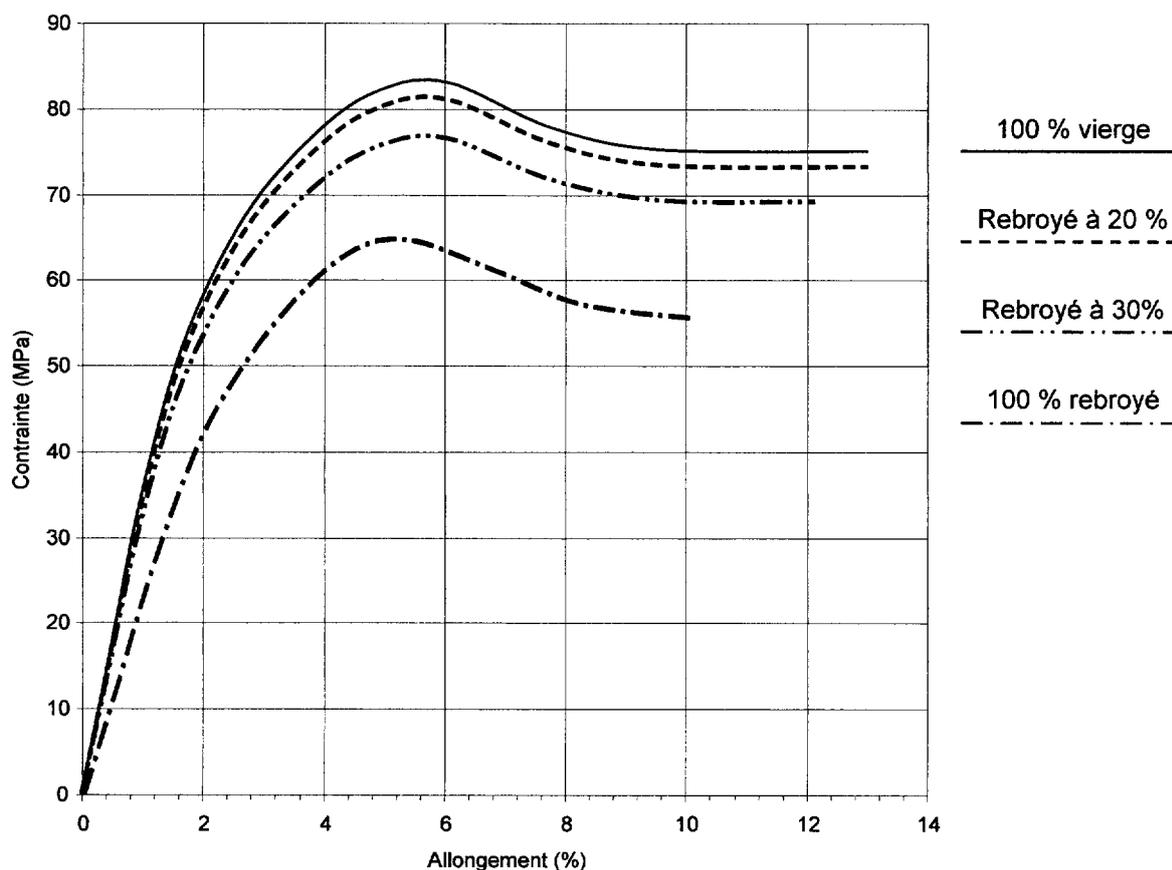
On se pose la question de la proportion maximale de matière rebroyée que l'on pourrait utiliser et de son incidence sur le produit fini.

Ceci permettrait de recycler certains déchets de l'atelier comme des pièces non conformes injectées avec ce type de polyamide chargé, ou bien comme des carottes et canaux de productions nécessitant absolument 100% de matière vierge de cette matière.

On vous demande donc de réaliser une étude et des essais.

### 1) Étude de l'influence du taux de rebroyé sur les propriétés mécaniques

Courbe de traction  
DuPont Zytel® 70G13HS1L NC010 Nylon 66, 13% Glass Fiber  
50% RH ISO 527



Une série d'essais de traction est réalisée pour différents taux de rebroyé. On s'assure conformément à la norme ISO 527 que la reprise d'eau dans de l'air à 50% d'humidité relative à 23°C a bien eu lieu.

a) Dans un premier temps, on désire recycler les déchets (carottes et canaux) en continu sur le poste de production par broyage et réintroduction dans la matière vierge. Calculez le taux de matière rebroyée dans le produit fini. On vous rappelle que le volume de la carotte et des canaux vaut  $12,15 \text{ cm}^3$ .

b) Ce taux est-il compatible avec les données matières DT 7 ?

c) À partir des courbes de la page précédente, que préconisez-vous quant à l'utilisation de matière rebroyée pour ce produit et dans quelle quantité ?

## 2) Essai de moulage

Une série de pièces est produite avec une matière rebroyée à 30% pour réaliser des essais de montage. Le régleur signale l'apparition de légères bavures.

Pouvez-vous expliquer ce phénomène ?

## **D - Présérie**

La présérie fabriquée a été immédiatement livrée au client afin qu'il valide les fonctions de la pièce. Ce dernier après une série d'essai refuse les pièces et retourne le lot à cause d'un problème de casse des logements de clipsage des tuyaux lors de l'insertion et du démontage de ceux-ci dans les logements prévus.

Une analyse du défaut est réalisée conjointement par les techniciens de la production et ceux du service qualité.

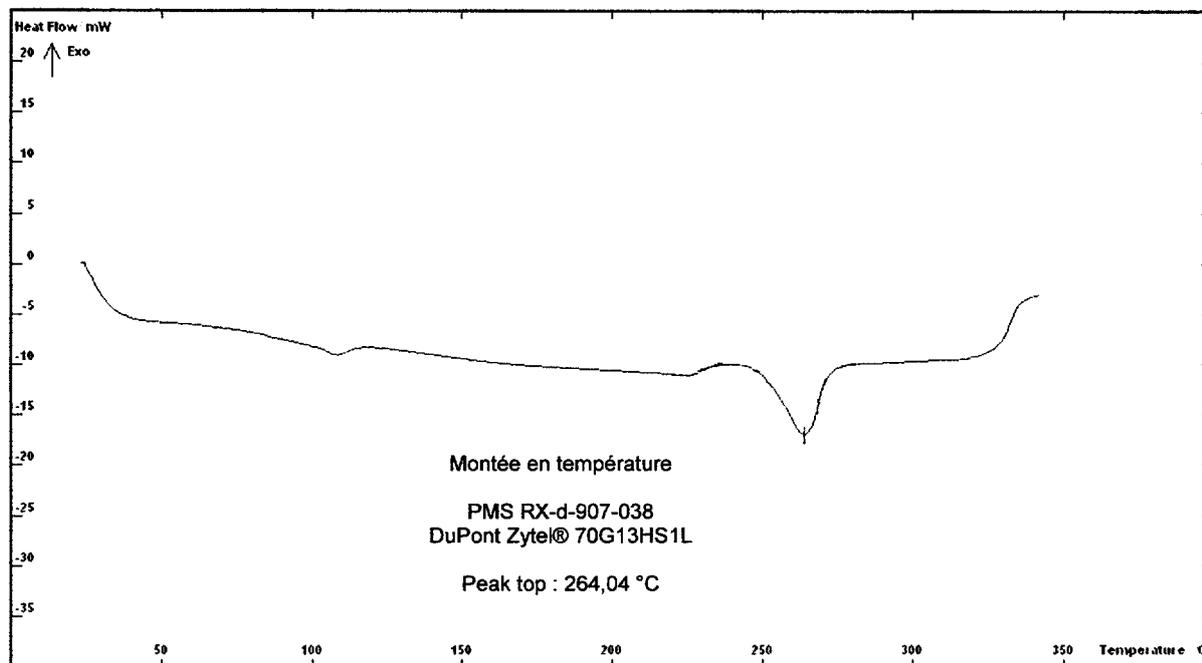
Deux hypothèses de l'origine du défaut sont retenues :

- Mauvaises conditions de mise en œuvre ;
- Reprise d'humidité des pièces insuffisante.

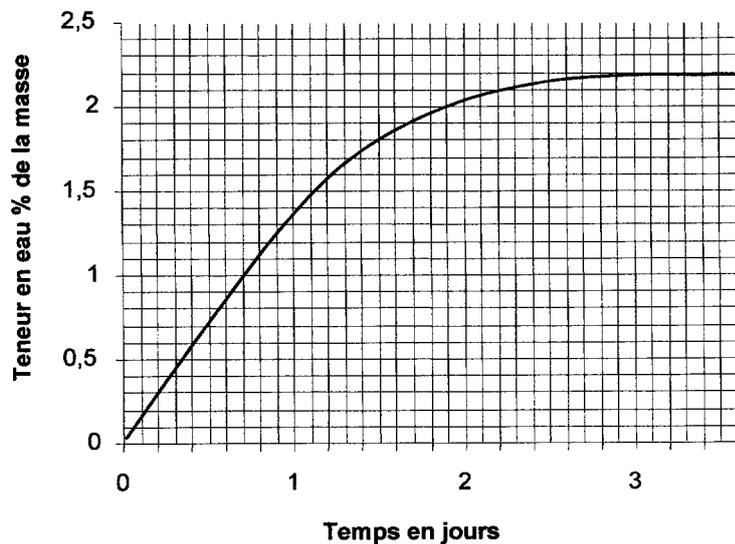
Un laboratoire indépendant est chargé d'effectuer les essais. Vous devez exploiter les résultats des essais et conclure.

**1) Essai D.S.C.**

Afin de valider les conditions de mise en œuvre, cette courbe de D.S.C. a été effectuée selon la norme NF EN ISO 11 357.



À partir de la courbe de montée en température effectuée sur un morceau de pièce, validez-vous les conditions de mise en œuvre ?

**2) Essai taux d'humidité****Teneur en eau**

Teneur en eau 23°C / 50% RH  
RH : humidité relative de l'air

**a) Analyse**

Les documents de suivi montrent que la présérie rejetée a été fabriquée en matinée, et qu'elle a été essayée chez le client l'après midi même de la production. Cela peut-il expliquer le problème de non qualité rencontré ?

**b) Adaptation du conditionnement**

Les pièces sont conditionnées dans des sacs plastiques étanches, puis dans des cartons, 200 pièces par sac, un sac par carton. Afin de forcer la reprise d'humidité une quantité d'eau doit être versée dans le sac avant son scellage puis le carton est gardé dans un stock tampon le temps que la reprise d'eau soit effective.

- Définissez la quantité d'eau en ml à ajouter à chaque sac.

- Définissez le temps de stockage tampon nécessaire à 23°C.

**E - Production et suivi statistique**

Mise en place de la maîtrise statistique du procédé MSP (SPC en anglais).

**1) Choix de la grandeur mesurée**

L'entreprise décide de contrôler un des 4 emplacements de maintien des gaines ou durits, le plus délicat à obtenir est le logement N°4 qui reçoit le tuyau de diamètre 10 à 13 mm. La cote contrôlée est la distance entre les lèvres qui est de  $6,5 \pm 0,2$ .

Justifiez le choix de cette cote.

Choisissez l'instrument de contrôle que l'on doit utiliser parmi ceux proposés en DT 15.

## 2) Test de normalité

Après stabilisation du procédé, on prélève de 30 pièces consécutives de l'empreinte n° 2 (car c'est celle qui produit le plus de variations dimensionnelles) et on mesure l'écartement de la lèvre. Les résultats nous donnent une répartition normale. Peut-on envisager de mettre en place un suivi M.S.P. ? Justifiez votre réponse.

## 3) Étude de capabilité

On effectue un tirage de 30 pièces consécutives.

La valeur de la moyenne des mesures sur cet échantillon est :  $m_0 = 6,452$

La valeur de l'écart type des mesures de cet échantillon est :  $S_0 = 0,022$

$$C_m = \frac{I_T}{6.S_0} \qquad C_{mk} = \text{Min} \left( \frac{T_s - m_0}{3.S_0}, \frac{m_0 - T_i}{3.S_0} \right)$$

Avec  $I_T$  : intervalle de tolérance,  $T_s$  : tolérance supérieure,  $T_i$  : tolérance inférieure,  $m_0$  : moyenne,  $S_0$  : écart type.

À partir des données précédentes, effectuer le calcul des capabilités  $C_m$  et  $C_{mk}$ .

Conclure sur les aptitudes de la machine en termes de centrage et de dispersion.



**5) Utilisation**

Terminez de remplir la carte. Le procédé est-il sous contrôle ?

**6) Analyse**

Commentez les points remarquables et leurs implications dans le procédé.

## F - Optimisation

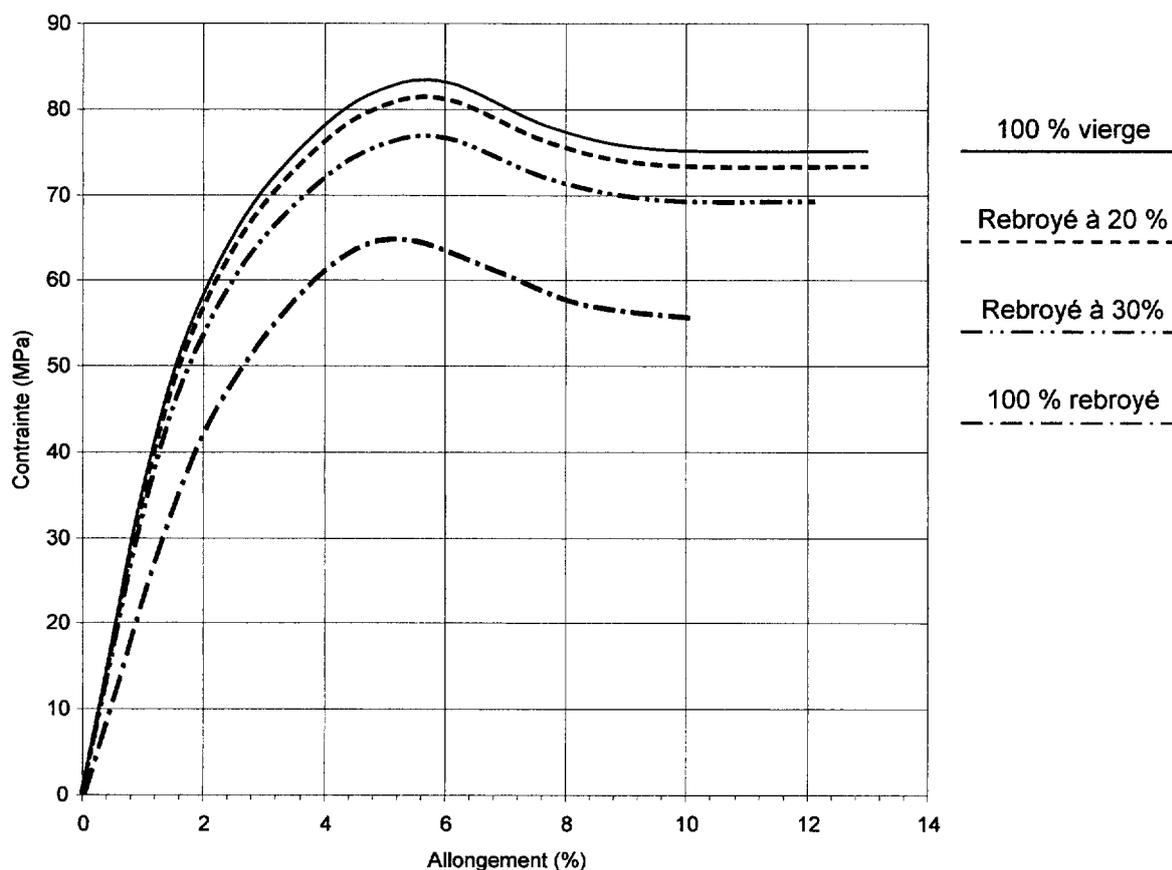
On se pose la question de la proportion maximale de matière rebroyée que l'on pourrait utiliser et de son incidence sur le produit fini.

Ceci permettrait de recycler certains déchets de l'atelier comme des pièces non conformes injectées avec ce type de polyamide chargé, ou bien comme des carottes et canaux de productions nécessitant absolument 100% de matière vierge de cette matière.

On vous demande donc de réaliser une étude et des essais.

### 1) Étude de l'influence du taux de rebroyé sur les propriétés mécaniques

Courbe de traction  
DuPont Zytel® 70G13HS1L NC010 Nylon 66, 13% Glass Fiber  
50% RH ISO 527



Une série d'essais de traction est réalisée pour différents taux de rebroyé. On s'assure conformément à la norme ISO 527 que la reprise d'eau dans de l'air à 50% d'humidité relative à 23°C a bien eu lieu.

a) Dans un premier temps, on désire recycler les déchets (carottes et canaux) en continu sur le poste de production par broyage et réintroduction dans la matière vierge. Calculez le taux de matière rebroyée dans le produit fini. On vous rappelle que le volume de la carotte et des canaux vaut  $12,15 \text{ cm}^3$ .

b) Ce taux est-il compatible avec les données matières DT 7 ?

c) À partir des courbes de la page précédente, que préconisez-vous quant à l'utilisation de matière rebroyée pour ce produit et dans quelle quantité ?

## 2) Essai de moulage

Une série de pièces est produite avec une matière rebroyée à 30% pour réaliser des essais de montage. Le régleur signale l'apparition de légères bavures.

Pouvez-vous expliquer ce phénomène ?