

# BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR

## PLASTURGIE

### U5 : INDUSTRIALISATION

#### DOCUMENTS REPONSES

**Cette liasse comporte 15 pages y compris celle-ci.**

**TOUTE CETTE LIASSE DOIT ETRE RENDUE.  
Vous devez en aucun cas dégrafer les documents qui la  
composent**

**Vous utiliserez les documents réponses. Si la place ne vous  
suffit pas, utilisez le verso de la feuille.**

**Les parties sont indépendantes et peuvent être traitées  
séparément.**

	<b>Temps conseillés</b>
<b>Temps de lecture</b>	<b>30 min</b>
<b>Partie A</b>	<b>50 min</b>
<b>Partie B</b>	<b>60 min</b>
<b>Partie C</b>	<b>20 min</b>
<b>Partie D</b>	<b>60 min</b>
<b>Partie E</b>	<b>20 min</b>
<b>Partie F</b>	<b>20 min</b>
<b>Partie G</b>	<b>40 min</b>

**A Choix de la feuille**

En fonction des spécifications demandées pour la barquette, la société FSP (extrudeur) décide de proposer un complexe multicouche à base de polypropylène, en proposant un nouveau produit de sa gamme utilisant comme couches extérieures du polypropylène nucléé.

La feuille multicouche ou complexe qu'elle propose, est le suivant :

- Polypropylène homopolymère nucléé + polybutylène
- Adhésif (PP + anhydride maléique)
- EVOH (copolymère d'éthylène et d'alcool vinylique)
- Adhésif (PP + anhydride maléique)
- Polypropylène homopolymère nucléé + polybutylène

Epaisseur proposée : 700 µm ± 25 µm

**A-1** Afin d'améliorer la qualité de diffusion de sa brochure pour le lancement de la nouvelle feuille proposée à base de polypropylène nucléé, la société FSP souhaite compléter sa fiche technique en étoffant le paragraphe transparence par une explication technique sur l'évolution de celle-ci en fonction des différents types de polypropylènes (homopolymère nucléé ou non et polypropylène statistique).

En vous aidant des documents techniques mis à votre disposition (doc DT2 à DT5) et de vos connaissances plasturgistes, complétez le tableau ci-dessous en faisant apparaître :

- L'influence de la composition du polymère sur la cristallinité (homopolymère ou copolymère statistique).
- L'influence de la cristallinité sur la transparence.
- Le rôle des agents nucléants sur la cristallinité.

Type de PP	Influence de la composition sur la cristallinité	Influence de la phase cristalline sur la transparence
PP homopolymère		
PP copolymère statistique		

Type de PP	Influence de la nucléation sur la phase cristalline	Influence de la phase cristalline sur la transparence
PP homopolymère nucléé		

**A-2** En fonction des caractéristiques du produit à fabriquer (DT1 ), justifiez auprès du client le choix du complexe proposé (type de polypropylène utilisé : PP homopolymère nucléé et de l'EVOH).

➤ Justification du choix du PP nucléé :

➤ Justification du choix de l'EVOH :

**A-3** Epaisseur de la feuille

Pour des raisons techniques et d'alimentarité, l'épaisseur minimale du multicouche proposée est de **700 µm**.

Vous devez vous assurer de la thermoformabilité de la feuille coextrudée d'épaisseur minimum imposée pour réaliser cet emballage.

En fonction des **spécifications de la barquette** (doc DT1) et de **l'étirabilité du polypropylène** (doc DT9), vous devez vérifier que le taux d'étirage est bien inférieur au taux d'étirage admissible pour un PP thermoformé en moule négatif.

	Réponses
Profondeur de la barquette en mm	
Largeur de la barquette en mm	
<b>Rapport d'emboutissage</b>	
Taux maximum admissible pour le PP	
<b>Conclusion sur l'épaisseur proposée</b>	

**A-4** Afin de simplifier les réglages en production, la société PLASTOBREIZ (thermoformeur) demande à la société FSP (extrudeur) de fabriquer une plaque avec des retraits identiques dans le sens d'extrusion et dans le sens perpendiculaire à l'extrusion.

La société FSP (extrudeur), répond qu'avec le type de matière utilisée, elle n'est pas en capacité d'éviter ce retrait différentiel.

Justifiez auprès de PLASTOBREIZ cette réponse.

### **B Problème de production**

Lors de la fabrication du complexe, la nouvelle matière a engendré des problèmes de production.

En effet, des traces de flux sont apparues sur la feuille.

Ce type de défaut est directement lié à la fluidité de la matière

Pourtant après analyse du service qualité, il apparaît que le lot de matière incriminé a été déclaré conforme vis-à-vis des spécifications fournisseur lors de la réception :

Valeur fournisseur : MVR (230 °C ; 2,16 kg) =  $1,7 \pm 1 \text{ cm}^3 \cdot 10 \text{ min}^{-1}$

Valeur mesurée en réception :  $1,1 \text{ cm}^3 \cdot 10 \text{ min}^{-1}$

Afin de mettre en évidence de manière plus précise l'origine de la non qualité matière, on vous demande de comparer le gradient de vitesse dans la tête d'extrusion et lors de la mesure du MVR au fluidimètre.

**B-1** Calculer les gradients de vitesse dans la filière plate de la tête d'extrusion et dans la filière du fluidimètre et expliquer pourquoi la non-qualité matière n'a pas été détectée. ( formulaire DT8)

Données :

Pour le fluidimètre : Diamètre de la filière = 2,1 mm

Le débit Q en  $\text{mm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  est calculé à partir du MVR.

Pour l'extrudeuse :

Dimensions de la filière plate :

Hauteur :  $h = 1 \text{ mm}$

Largeur :  $W = 1120 \text{ mm}$

Vitesse d'extrusion :

$V = 11 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

Calcul du gradient de vitesse dans le fluidimètre :

Calcul du gradient de vitesse dans la filière plate de la tête d'extrusion:

Tableau récapitulatif	Débit en $\text{mm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	Gradient de vitesse $\text{s}^{-1}$
Dans le fluidimètre		
Dans la filière plate		

**B-2 Etude rhéologique**

Malgré le coût (250 € HT) on décide de sous traiter à un laboratoire indépendant, la mesure du comportement rhéologique du lot de matière par la mesure de la viscosité au rhéomètre capillaire.

**B-2-1** Comparer pour la vitesse calculée dans la filière de l'extrudeuse, les viscosités  $\eta$  obtenues vis-à-vis des données fabricant et de celles mesurées

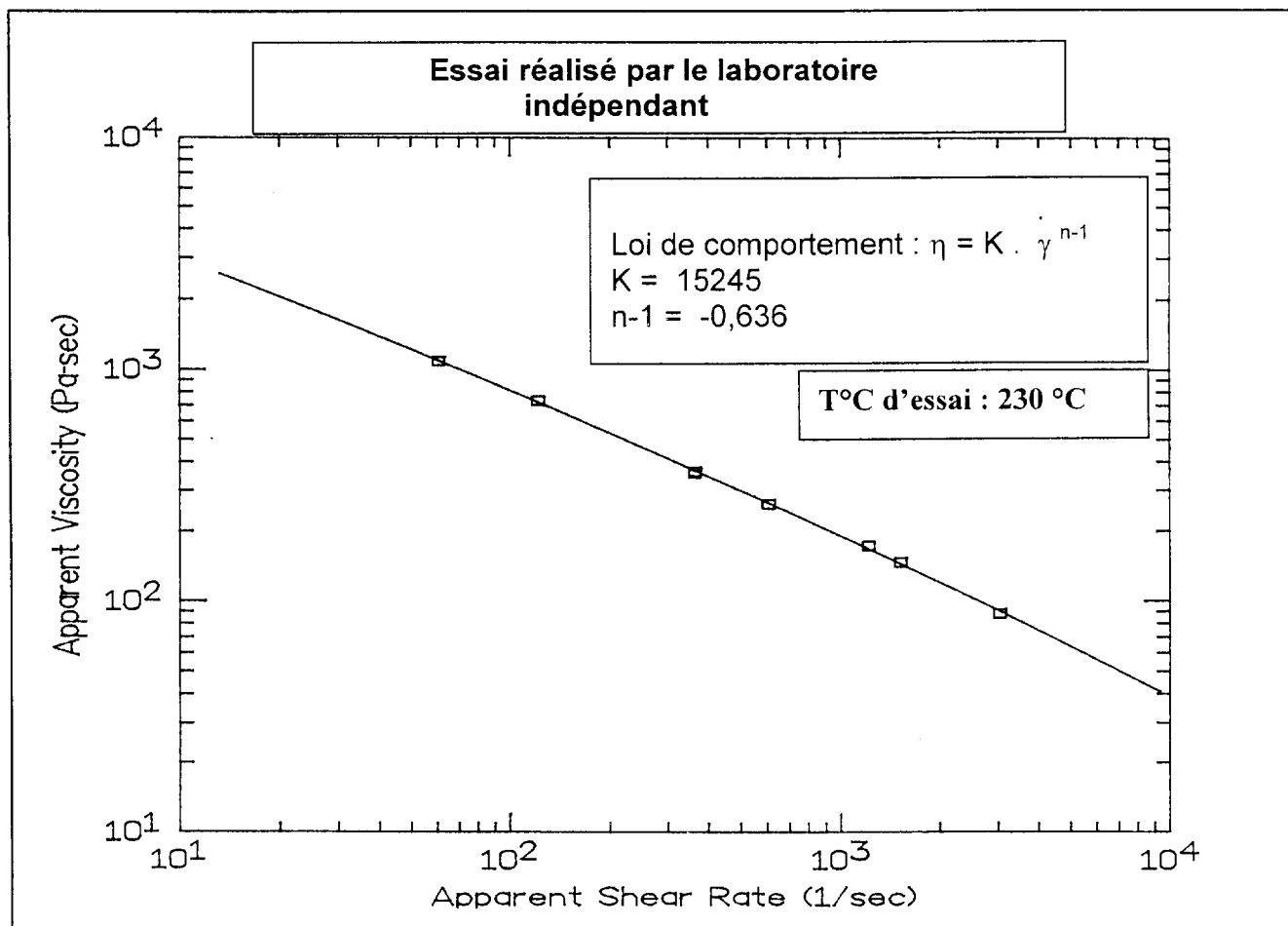
Méthode pouvant être utilisée pour déterminer la viscosité au choix :

- Loi de puissance (conseillée)
- Lecture sur les graphes

Détail des calculs :

Tableau récapitulatif :

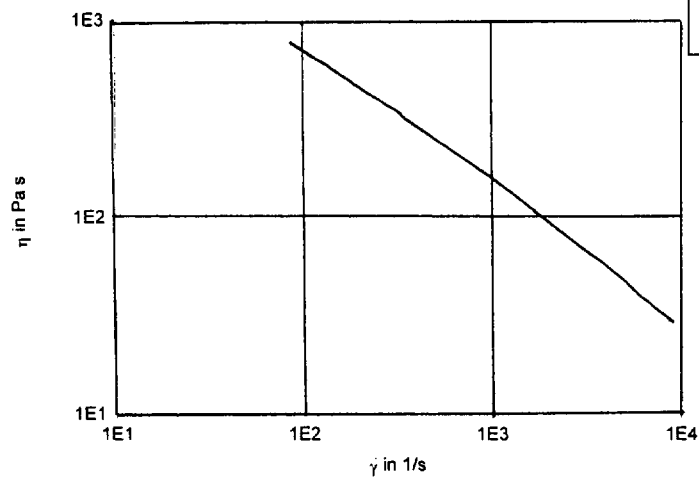
Viscosité fournisseur	
Viscosité mesurée	



Document technique fabricant



T°C d'essai : 230 °C



Note: The program stores curve points (see table). The diagram shows approximations.

Loi de comportement :  $\eta = K \cdot \dot{\gamma}^{n-1}$   
 $K = 12216$   
 $n-1 = -0,632$

B-2-2 Conclure sur l'origine des traces de flux.

B-2-3 Résolution du problème.

Quelle(s) solution(s) préconisez vous pour résoudre le problème ?

**C- Procédure de contrôle**

La procédure qualité de la société FSP prévoit la fourniture d'un certificat d'assurance qualité.

- |  |
|--|
| - Complétez le document d'assurance qualité ci-après en analysant les résultats d'essais (doc DT6 à DT8) : |
|--|

Essai	Valeur mesurée ou calculée	Valeur de conformité	Conforme (Oui / Non)
Epaisseur	Mini : 690 $\mu\text{m}$ Maxi : 720 $\mu\text{m}$	700 $\pm$ 25 $\mu\text{m}$	Oui
Adhésion			
Structure (% EVOH)	Epaisseur film mesurée sur la coupe: Epaisseur EVOH mesurée sur la coupe: % EVOH		
Retrait Sens d'extrusion	Calculs :		
Sens transversal			
Traction	Calculs :	20 MPa  150 %	

*N.B : vous détaillerez vos calculs*



## D- Thermoformage

### D-1 Estimation des paramètres

L'emballage étant destiné à un produit alimentaire, secteur très concurrentiel, il est important de minimiser les coûts de cet emballage. Il vous est demandé d'estimer les paramètres de transformation afin d'assurer une production optimale.

#### D-1-1 Estimation de la plage de température de formage

A partir de la courbe type représentant l'évolution du logarithme du module d'élasticité longitudinal ou module d'Young « E » en fonction de la température de la matière fournie PP homopolymère (doc DT10), déterminez une plage de formage permettant le préréglage de la thermoformeuse,

Plage de formage  $\leq T \leq$

#### D-1-2 Estimation du temps de cycle $T_{cy}$ (la chauffe est effectuée en temps masqué).

En fonction de l'épaisseur de la feuille à thermoformer (doc DT6) et des données techniques sur les différents **tables 1, 2, 3** (doc DT11), **et 4** (doc DT9), vous devez évaluer le temps de cycle de la thermoformeuse :

	Réponses
Temps de formage	Tf =
Temps de refroidissement	Tr =
Épaisseur de la feuille	e =
Facteur matière, multiplicateur pour temps de chauffe et de refroidissement	Fm =
Facteur étirage matière	Fe =
<b>Temps de cycle en secondes (arrondir à la seconde près)</b>	<b>Tcy =</b>

#### D-1-3 Détermination du réglage des émetteurs

Vous devez déterminer le réglage entre 0 % et 100 % des 12 émetteurs infrarouges de la thermoformeuse permettant le chauffage de la zone formée dans le domaine de température de formage en fonction de (doc DT12 à DT14) :

- L'enthalpie massique de la matière.
- La masse de la feuille à chauffer.
- L'énergie nécessaire pour le formage.
- La puissance des émetteurs.

**NB : 100 % = 250 W pour un émetteur**

	Réponses
Enthalpie massique de la matière à la température en sortie de préchauffeur en $J.g^{-1}$	$h_e$
Enthalpie massique de la matière à la température de transformation en $J.g^{-1}$	$h_s$
<b>Variation d'enthalpie massique de formage de la matière en <math>J.g^{-1}</math></b>	$\Delta h = (h_s - h_e) =$
Surface de la zone formée en $cm^2$	$S =$
Volume de la zone formée en $cm^3$	$V =$
Masse de la zone formée en g	$m =$
<b>Energie nécessaire pour amener la matière à sa température de formage en joules</b>	$Q =$
Temps de chauffage avant formage en seconde	$t =$
Puissance de chauffe utile en watts	$P_u =$
Puissance de chauffe absorbée en watts	$P_a =$
Puissance de chauffe partielle pour une rangée d'émetteurs de la thermoformeuse en watts	$P_p =$
<b>Réglage des émetteurs en %</b>	

## D 2 Lancement de production

La société cliente de PLASTOBREIZ impose des livraisons par lots de 100 000 barquettes pour une production annuelle de 400 000. Il est nécessaire de déterminer le temps de changement de série afin de minimiser le coût de revient de la barquette.

**D 2-1** À partir du modèle de Wilson (doc DT14), déterminer le temps optimum de changement pour la fabrication d'un lot de barquettes.

Calcul :

Temps de changement optimal :

**D 2-2** Déterminer  $Q_e$  à produire à chaque campagne sachant que les impératifs technologiques induisent un changement de production d'une durée de 5 heures. Conclure.

Calcul :

Quantité à produire par campagne :

Conclusion :

### **E- Casse des produits**

Lors de la livraison des premiers produits dans les supermarchés (choucroute), un lot arrive avec les emballages cassés.

Après analyse de nombreux paramètres, on détermine que l'origine de la casse provient de la température trop basse de transport. En effet, on a mesuré une température mal réglée de 0°C dans le camion frigorifique incriminé.

**E-1 Expliquez comment cette température a pu entraîner la rupture des pièces.**

**E-2** Suite à cet incident, le client principal, impose aux fournisseurs la garantie d'une livraison sans casse des produits.

En concertation avec les différents donneurs d'ordre, la société FSP propose de changer la composition du complexe. La nouvelle feuille utilisée est la suivante :

- Polypropylène copolymère statistique+ polybutylène
- Adhésif (PP + anhydride maléique)
- EVOH (copolymère d'éthylène et d'alcool vinylique)
- Adhésif (PP + anhydride maléique)
- Polypropylène copolymère statistique + polybutylène

Justifier ce changement (doc DT2 à DT5),

➤ Vis-à-vis de la résistance aux chocs

➤ Vis-à-vis de la transparence

**E-3** Le changement de complexe va entraîner une modification des paramètres de transformation chez le thermoformeur :

Quels paramètres devront être modifiés ?

Justifier ces modifications.

**F- Détermination du taux de polybutylène**

Le changement de polymère entraîne une modification de la force d'arrachement de l'opercule. L'entreprise souhaitant conserver les réglages de sa machine de thermo scellage, il est nécessaire de déterminer le taux de polybutylène à intégrer dans le nouveau PP afin de respecter les conditions d'operculage (15 N pour 15 mm).

Le service qualité décide de mettre en place un plan d'expériences, afin de déterminer l'influence des paramètres sur la force d'arrachement de l'opercule. Les paramètres retenus par le groupe de travail sont le pourcentage de polybutylène, la température et la pression. Tous les paramètres sont à deux niveaux, la table L<sub>8</sub> est retenue (méthode Taguchi). Les interactions sont supposées ne pas exister.

Paramètres :      A Pourcentage de polybutylène (niveau 1 :15% ; niveau 2 :25 %)  
                           B température matière (niveau 1 : 130 °C ; niveau 2 : 140 °C)  
                           C Pression (niveau 1 : 0,4 MPa ; niveau 2 : 0,6 MPa)

Résultats obtenus :

	A	B	C					Y
1	1	1	1	1	1	1	1	16
2	1	1	2	2	2	2	2	17
3	1	2	2	1	1	2	2	15
4	1	2	2	2	2	1	1	18
5	2	1	2	1	2	1	2	13
6	2	1	2	2	1	2	1	12
7	2	2	1	1	2	2	1	14
8	2	2	1	2	1	1	2	13

Y est la réponse à la configuration choisie, exprimée en Newton/15 mm

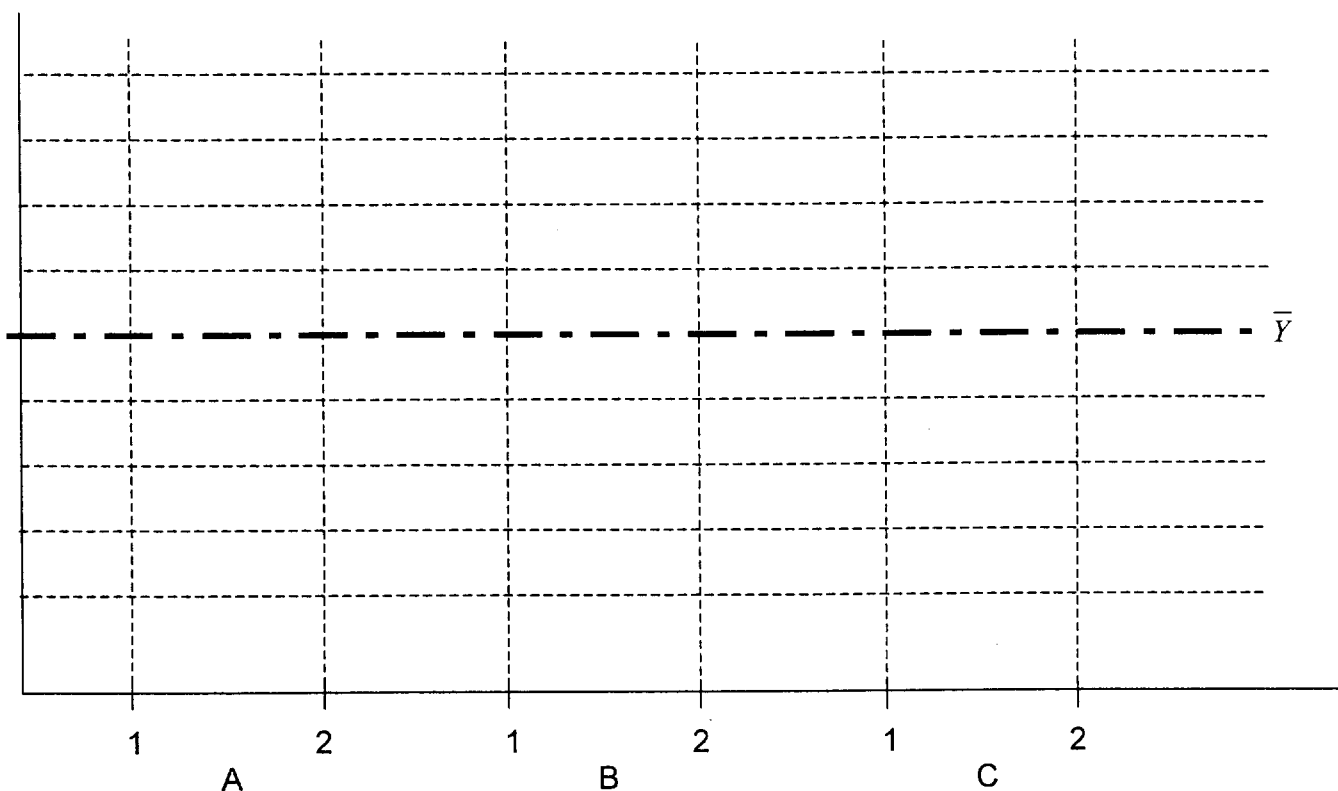
**F1- Calculer les effets de chacun des paramètres.**

	Niveau 1	Niveau 2
Effet du facteur: - A Pourcentage de polybutylène	<input type="text"/>	<input type="text"/>
- B Température matière	<input type="text"/>	<input type="text"/>
- C Pression	<input type="text"/>	<input type="text"/>

**F2- Compléter le graphe des effets**

Graphe des effets

Echelle entre deux lignes 0,5 N / 15 mm



**F3- En vous aidant du graphe des effets et en conservant les réglages de la machine de thermo soudage (130°C ; 0,4MPa), calculer l'effet souhaité et déterminer le pourcentage de polybutylène afin de répondre au cahier des charges qui stipule une force d'arrachement de 15 N / 15 mm. (doc DT14 )**

Calcul de l'effet souhaité

Pourcentage de polybutylène

**G- Gestion de la production****G1- Approvisionnement**

*(Vous détaillerez vos calculs pour toutes les questions ci après)*

Déterminez le nombre de rouleaux de feuilles PP nécessaires pour la production annuelle:

Données: La thermoformeuse utilise des rouleaux de diamètre 1200 mm avec un mandrin de 200 mm.

**G1-1:** En fonction de la configuration machine et outillage (DT 13) et des données, déterminez la longueur de feuille nécessaire pour la production des 400 000 pièces.

**G1-2:** Calculez en arrondissant au rouleau supérieur, le nombre de rouleaux à commander.

On donne:

*Estimation de la longueur d'un rouleau dans la configuration FSP*

$L = (\text{Périmètre mandrin} \times \text{nombre de couches}) + (\text{Périmètre moyen} \times \text{nombre de couches})$

$\text{Périmètre moyen} = \frac{\text{Périmètre bobine} - \text{Périmètre mandrin}}{2}$

**G 2: Optimisation**

Les rebuts liés à la découpe sont trop importants. Ils entraînent une part trop grande de la matière première dans le coût pièce. Après concertation avec les différents services, on décide de ramener la largeur de la laize, de 650 mm à 525mm.

En utilisant la documentation technique mise à votre disposition, en particulier de DT1 à DT3 et DT 13 vous devez:

**G2-1:** Déterminer le pourcentage des rebuts de découpe avec une laize de 650 mm et de 525 mm.

*N.B: pour simplifier le calcul, la barquette est assimilée à un rectangle.*

**G2-2:** Calculez, pour la largeur de 650 mm, la part du coût matière (en €) dans le prix final de la barquette (*coût matière : 0.9€ par Kg*).

**G2-3:** Déterminer le coût final de la barquette avec une largeur de 525 mm.