

BREVET de TECHNICIEN SUPERIEUR

Conception des Processus de Découpe et d'Emboutissage

Épreuve E4 – Réponse préliminaire à une affaire

Session 2019

Coefficient 6 – Durée 6 heures

Aucun document autorisé

L'utilisation de tous les modèles de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé

DOSSIER SUJET

- **Sujet** (*mise en situation et questions à traiter par le candidat*)
 - **Mise en situation (30 minutes de lecture de sujet)**page 2
 - **Partie 1 (1 heure)**.....page 3 à 4
 - **Partie 2 (45 minutes)**.....page 5
 - **Partie 3 (45 minutes)**.....page 6 à 7
 - **Partie 4 (1 heure)**.....page 7 à 8
 - **Partie 5 (1 heure)**.....page 9 à 10
 - **Partie 6 (1 heure)**.....page 11 à 12
- **Documents techniques**.....page 13 à 37
- **Documents réponses**.....page 38 à 48

Le sujet comporte 6 parties indépendantes qui peuvent être traitées dans un ordre indifférent.

Toutefois, il est conseillé de commencer par la partie 1.

Mise en situation

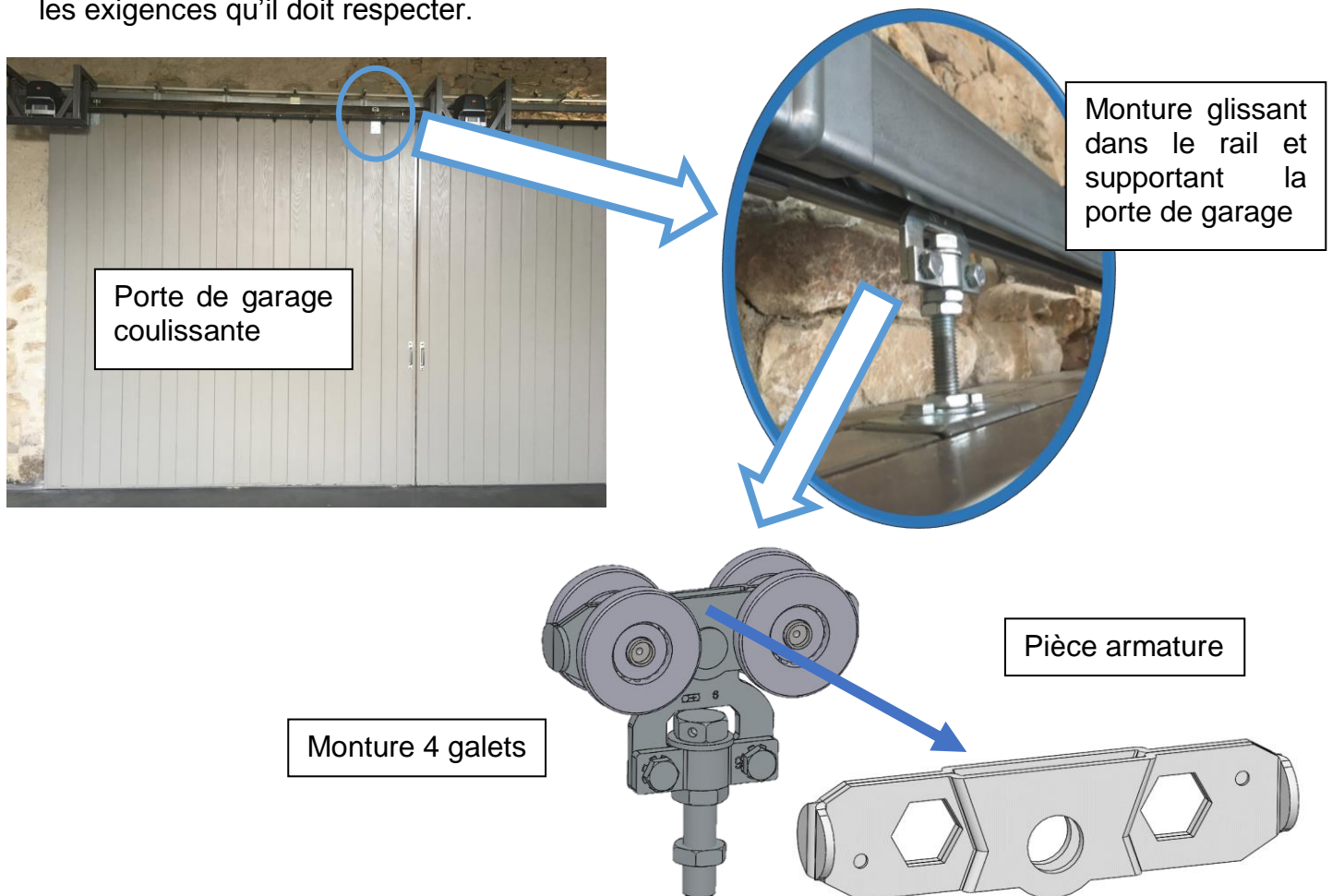
Une société de Besançon, est leader Européen des systèmes coulissants pour l'aménagement intérieur et extérieur.

Les produits développés par cette société sont :

- Systèmes coulissants légers pour portes d'intérieur (placard, porte de séparation...)
- Systèmes coulissants lourds pour portes industrielles, portails, volets...
- Motorisations
- Portes coulissantes en verre et pour hall d'immeuble.

Le produit à l'étude

Le produit à l'étude est une monture de fixation composée de 4 galets en acier montés sur roulements à billes. Les DT1 à DT5 présentent le cahier des charges de ce produit ainsi que les exigences qu'il doit respecter.



Objectif de l'étude

La pièce à l'étude est l'armature. Afin de rester compétitif, dans le cadre d'un nouvel appel d'offre, la société vous demande d'étudier une nouvelle version du processus de production. Cette réponse à une affaire a pour objectif de vous prononcer sur les choix stratégiques à mettre en place pour réduire les coûts de la pièce.

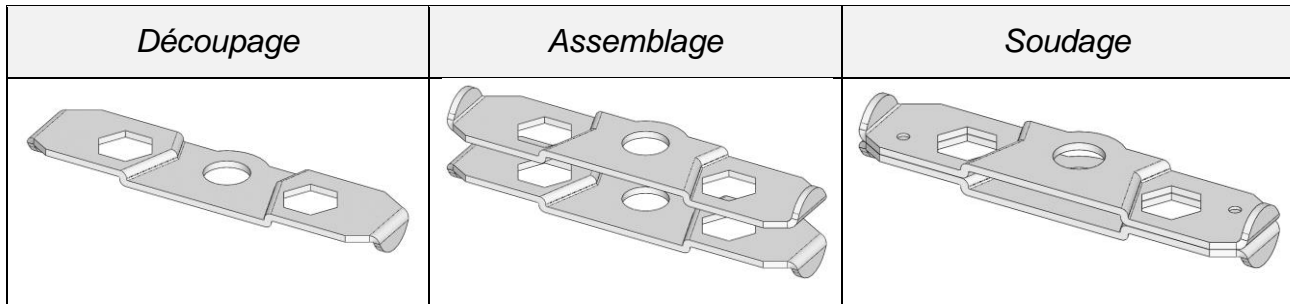
Plusieurs solutions sont exploitées :

- Suppression du soudage
- Changement de matière
- Modification de l'embouti

Partie 1. Existe-t-il un processus économiquement plus rentable que l'actuel ?

La société produit en série 60000 montures à galets par an et envisage d'optimiser son processus de fabrication pour devenir plus compétitif.

Le procédé actuel pour l'obtention des armatures consiste à découper deux flasques identiques et à les assembler par soudage par point par l'intermédiaire d'un posage permettant de les mettre en position.

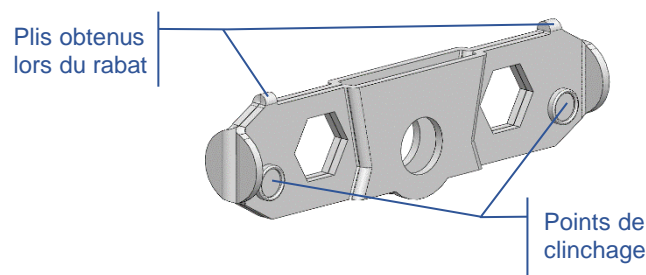


Le coût d'un flasque en découpage est actuellement de 0,0325€ et il en faut deux pour constituer une armature.

L'étape de soudage dure 27 secondes et monopolise un opérateur à 38€ de l'heure pour une tâche assez répétitive.

Dans l'optique de réduire les coûts de fabrication, il est envisagé de modifier ce processus afin d'éviter la phase de reprise pour l'assemblage par soudage.

Plusieurs solutions techniques ont été envisagées lors d'un brainstorming et une solution par découpage, pliage et clinchage intégrés à l'outil de découpe semble se profiler.



Ce nouveau processus nécessite un investissement de 31600€ pour le développement et fabrication de ce nouvel outil.

Le futur coût de l'armature en découpage est estimé à 0,13€.

Avant de lancer ce projet, la direction souhaite une étude de rentabilité pour justifier l'intérêt de cet investissement, l'outillage devant être amorti en 7 ans.

Partie 1.1. Analyse comparative des solutions d'assemblage

- Question 1.1.1.
Voir DT6
Répondre sur feuille de copie
- Proposer et critiquer** d'autres solutions d'assemblage qui auraient pu, tout comme le clinchage, se substituer au soudage par point.
- Question 1.1.2.
Voir DT7
Répondre sur feuille de copie
- Le DT7 présente une analyse comparative de solutions d'assemblage. Hormis le seul gain de temps envisagé par l'entreprise, **préciser** les intérêts économiques à choisir le clinchage TOX en substitution du soudage par point.
- Question 1.1.3.
Voir DT5 et DT7
Répondre sur feuille de copie
- D'après la norme EN1527 du DT5 et du rapport d'essai du DT7, la solution par point TOX est-elle adaptée ?
Justifier votre réponse.

Partie 1.2. Etude des coûts des processus de soudage ou clinchage

- Question 1.2.1.
Répondre sur DR1
- Déterminer** le coût d'obtention d'une armature assemblée pour chaque processus.
- Question 1.2.2.
Répondre sur DR1
- Déterminer** le seuil de rentabilité à partir duquel l'investissement pour le nouvel outillage devient rentable.

Partie 1.3. Etude d'amortissement du nouvel outillage

- Question 1.3.1.
Répondre sur DR1
- Déterminer** le coût d'obtention de l'armature en fonction de l'amortissement de l'outillage.
- Question 1.3.2.
Répondre sur DR1
- Conclure** quant à l'intérêt de modifier le processus d'obtention.

Partie 2. Comment choisir un matériau et un traitement compatible avec le nouveau processus?

La gamme actuelle étant prévue pour résister au milieu extérieur dans un environnement salin, l'acier inoxydable 304L a été choisi.

Le pliage à 180° prévu ne peut être accepté par ce matériau et provoque une rupture au niveau des plis.

Afin de proposer une version répondant à la plupart des applications industrielles non soumises à ce type d'environnement et compatible avec le nouveau processus, il est demandé d'étudier une solution alternative à l'acier inoxydable répondant aux exigences de la norme EN 1527 indiquées dans le SysML.

Les versions en acier inoxydable 304L destinées aux milieux les plus agressifs seront toujours produites en faible quantité avec le processus de découpage et soudage.

Partie 2.1. Recherche d'un matériau répondant aux exigences mécaniques

Question 2.1.1.

Répondre sur DR2

Voir DT1, DT2, DT5 et DT8

A partir des besoins énoncés dans le SysML des DT1, DT2 et DT5 et de l'étude réalisée sur CES dans le DT8, **choisir** une famille de matériau adaptée aux contraintes mécaniques exigeantes subies par l'armature.

Partie 2.2. Recherche d'un traitement de surface répondant à la norme

Question 2.2.1.

Répondre sur DR2

Voir DT9

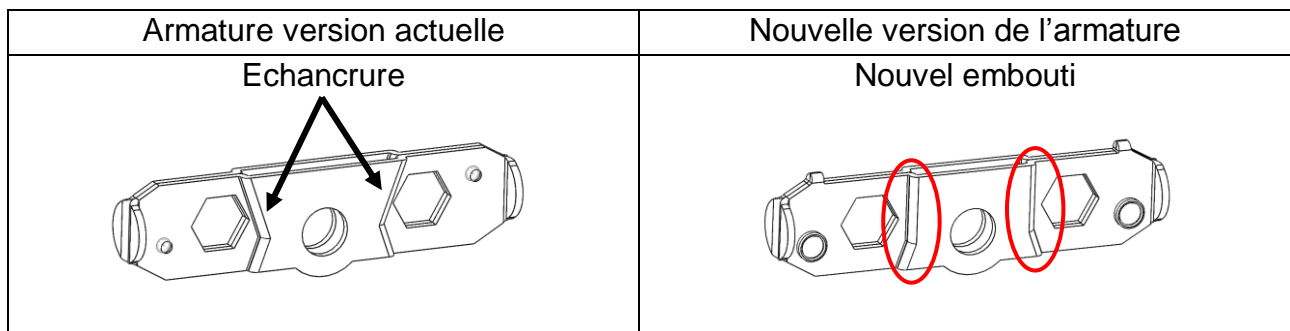
D'après le DT9 il est nécessaire d'appliquer un traitement de surface anticorrosion sur le matériau choisi précédemment pour répondre aux exigences de la norme EN 1527 indiquées dans le SysML.

Déterminer un traitement à appliquer à l'armature.

Après avoir consulté des négociants en matériau, la société a retenu la matière décapée NF EN 10111 DD11 DKP présentant les bonnes caractéristiques pour la matière et le traitement de surface.

Partie 3. La modification de l'embouti influe-t-elle sur les performances et la faisabilité de l'armature ?

La conception de la nouvelle version de l'armature permet de supprimer l'échancrure, et de définir une nouvelle forme d'embouti.



Le plan de définition de la nouvelle version de l'armature est présenté dans le DT10. Nous étudierons dans cette partie si les modifications de la forme permettent à l'armature de répondre aux exigences de performances et de faisabilité.

Partie 3.1. Etude mécanique de la nouvelle forme

- | | |
|---|---|
| <p>Question 3.1.1.
Voir DT2
Répondre sur feuille de copie</p> | <p>En utilisant le DT2, rechercher la force que supporte l'armature ainsi que la contrainte élastique du matériau.</p> |
| <p>Question 3.1.2.
Voir DT11
Répondre sur DR3</p> | <p>Une simulation mécanique avec la version actuelle et la nouvelle version a été réalisée (présentée sur le DT11) afin de rechercher celle qui répond le mieux au cahier des charges. Identifier sur le DR3, les zones les plus sollicitées en les entourant en rouge. Relever la contrainte maximale sur les deux simulations.</p> |
| <p>Question 3.1.3.
Répondre sur feuille de copie</p> | <p>Expliquer pour quelle(s) raison(s) les contraintes sont différentes entre les deux modèles.</p> |
| <p>Question 3.1.4.
Répondre sur feuille de copie</p> | <p>Ce type de produit doit avoir un coefficient de sécurité d'au moins 4 afin de répondre aux exigences des normes.
Calculer et vérifier que le coefficient de sécurité de la nouvelle version de l'armature respecte ces règles.</p> |

Partie 3.2. Etude de la faisabilité de la nouvelle forme

Plusieurs simulations d'emboutissage ont été réalisées grâce au logiciel Autoform. Les résultats sont présentés sur les DT11.

- | | |
|--|--|
| <p>Question 3.2.1.
Voir DT11
Répondre sur feuille de copie</p> | <p>Après analyse des 3 courbes CLF (Courbes Limites de Formage), donner le mode de déformation principal.</p> |
|--|--|

Question 3.2.2.
Répondre sur DR3

- Compléter** le tableau d'analyse des simulations d'emboutissage du DR3 :
- Après interprétation de chaque CLF, **indiquer** le comportement que la pièce va subir (colonne 1)
 - Après lecture des graphiques d'amincissement, **calculer** l'amincissement maximum de la pièce en mm
 - **Conclure** pour chaque simulation si le paramétrage en effort du serre-flan permet d'emboutir la pièce correctement.

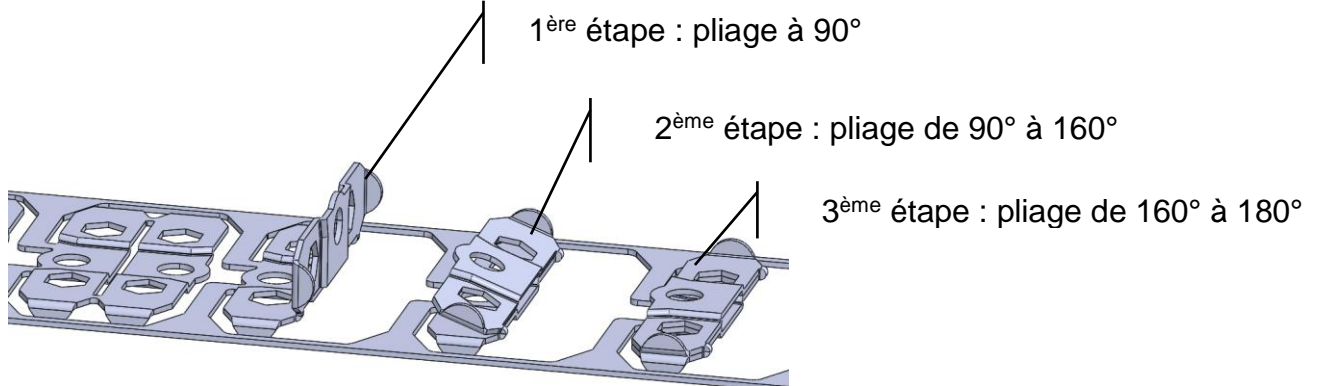
Partie 3.3. Conclusion partie 3

Question 3.3.1.
Répondre sur feuille de copie

En vous basant sur les analyses effectuées précédemment, **conclure** si la nouvelle forme de l'embouti permet de respecter les exigences de résistance et de mise en forme.

Partie 4. Comment réaliser le pliage à 180° d'un flasque sur l'autre ?

Le pliage de la nouvelle version de l'armature est réalisé en 3 postes pour permettre une rotation à 180° d'un flasque sur l'autre :



Partie 4.1. Analyse de solutions permettant de faire le pliage

La réalisation du pliage de 90° à 160° peut être réalisée avec les deux solutions techniques présentées dans le DT12.

Les schémas sont à l'état début du pliage, la partie active est donc en contact sur la pièce en position 90° (la position 90° est en orange et la position 160° est en vert).

Question 4.1.1.
Répondre sur DR4

Tracer sur le DR4 les schémas cinématiques en position fin de pliage à 160°.

Question 4.1.2.
Répondre sur DR4

Donner la course du poinçon de renvoi des deux solutions en complétant le tableau du DR4.

Partie 4.2. Calcul de l'effort du poinçon de renvoi sur la bascule

La solution 1 est à l'étude dans cette partie. L'effort de formage nécessaire pour plier de 90° à 160° est de 0.3T. Les liaisons sont supposées parfaites et le frottement est négligé.

- Question 4.2.1. | À partir des documents DT12 et DR5, **justifier** la direction de l'action mécanique du poinçon de renvoi sur la bascule $\vec{C}_{\text{poinçon de renvoi} \rightarrow \text{bascule}}$
 Voir DT12
 Répondre sur feuille de copie
- Question 4.2.2. | À l'aide du DT12, **tracer** sur le schéma du DR5 la direction de l'action mécanique de la pièce au début du rabat sur la bascule (notée $\vec{B}_{\text{pièce} \rightarrow \text{bascule}}$)
 Voir DT12
 Répondre sur DR5
- Question 4.2.3. | **Déterminer** graphiquement la droite d'action de la matrice sur la bascule sur le DR5 (notée $\vec{A}_{\text{matrice} \rightarrow \text{bascule}}$)
 Répondre sur DR5
- Question 4.2.4. | **Déterminer** graphiquement sur le DR5 les intensités de l'effort du poinçon de renvoi sur la bascule $\vec{C}_{\text{poinçon de renvoi} \rightarrow \text{bascule}}$ et l'effort de la matrice sur la bascule $\vec{A}_{\text{matrice} \rightarrow \text{bascule}}$
 Répondre sur DR5
- Question 4.2.5. | **Compléter** le tableau récapitulatif des efforts du DR5.
 Répondre sur DR5
- Question 4.2.6. | **En déduire** l'effort que devra développer la cale de renvoi pour réaliser le pliage.
 Répondre sur feuille de copie

Partie 4.3. Conclusion partie 4

Le choix d'une presse doit se faire en considérant les efforts et l'énergie nécessaires à la découpe. Il est important de maîtriser cet aspect énergétique, afin d'avoir un processus robuste. C'est pourquoi le choix de la solution permettant de réaliser le pliage à 180° est déterminé par calcul énergétique.

Pour la solution 1, nous prendrons les résultats suivants pour la suite de l'étude :

Course du poinçon de renvoi : 9 mm

Effort développé par le poinçon de renvoi : 1900 N

Le frottement est négligé et nous supposons que l'effort ne varie pas pendant le rabat de la pièce.

- Question 4.3.1. | **Calculer** l'énergie (en J) nécessaire pour réaliser le rabat avec la solution 1.
 Répondre sur feuille de copie

Pour la solution 2, l'énergie nécessaire au rabat est de 28J.

- Question 4.3.2. | Expliquer pourquoi la solution 1 est choisie ?
 Répondre sur feuille de copie

Partie 5. Comment définir le nouveau processus de réalisation de l'armature ?

Le processus actuel de réalisation de l'armature est défini par le plan méthode DT13. Cette partie a pour but d'établir le processus d'obtention de la nouvelle armature.

Partie 5.1. Critiques de propositions de plans méthode

Les DT14, DT15 et DT16 présentent des propositions de plans méthode du nouveau processus de réalisation de la pièce. L'attache de la pièce à la bande est différente dans les 3 propositions. Parmi 3 plans méthode, 2 comportent des problèmes de faisabilité (chronologie de découpe non fonctionnelle, poinçons fragiles...).

Question 5.1.1.

Voir DT14 DT15 et DT16

Répondre sur DR6 et DR7

Compléter les tableaux des DR6 et DR7 :

- Analyse de l'attache : **choisir** si l'attache de la pièce à la bande est adaptée ou inadaptée et **expliquer** pourquoi.
- Analyse de la chronologie des opérations : **choisir** si le déroulement des opérations est adapté ou inadapté et **justifier** pourquoi.

Les erreurs constatées seront entourées sur les DR6 et DR7.

Question 5.1.2.

Voir DT7, DT14, DT15, DT16

Répondre sur feuille de copie

Le DT7 présente le principe du clinchage TOX. La position du point de clinchage est différente sur les 3 plans méthode DT14, DT15 et DT16.

Choisir le plan méthode où le point TOX est bien positionné. **Expliquer** pourquoi les 2 autres plans méthode ne sont pas retenus.

Partie 5.2. Validation du nouveau processus de production

Le plan méthode 3 (DT16) sera choisi pour la suite de l'étude. Ce plan doit respecter des dispositions afin d'éviter notamment les déformations du bord de bande et des zones découpées.

Question 5.2.1.

Voir DT17

Répondre sur DR8

Le DT 17 présente les règles de Arthur Seltmann, permettant de déterminer les largeurs de chutes.

Compléter le tableau du DR8 afin que le processus proposé respecte ces règles.

Question 5.2.2.

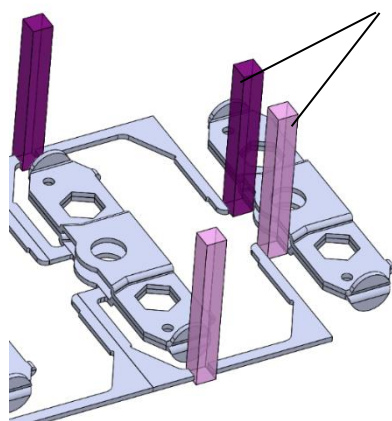
Répondre sur DR7

Le pilotage de la bande est à prévoir afin d'assurer la remise en position dans l'outil.

Proposer et **dessiner** sur le plan méthode 3 du DR7 un pilotage efficace de la bande.

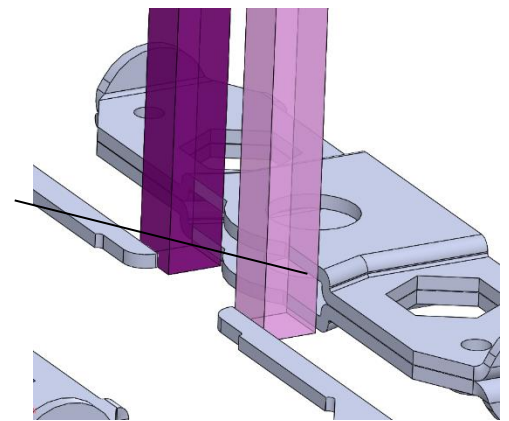
Remarque : les efforts de poinçonnage des trous de pilote ne seront pas pris en compte dans la suite de l'étude.

Lors de la séparation de la pièce, les poinçons repérés ci-dessous risquent de produire une bavure sur la partie supérieure de la pièce précédemment rabattue.



Poinçons de séparations

Zone supérieure de la pièce risquant d'être redécoupée



Question 5.2.3.
Répondre sur DR7

Proposer sur le DR7 une modification de la pièce sous forme de dessin pour éviter ce problème.

Partie 5.3. Pré-dimensionnement de l'architecture outil

Il est demandé de prédéfinir le dimensionnement de l'outillage de production.

Question 5.3.1.
Voir DT18
Répondre sur feuille de copie

A partir du DT 18, **calculer** l'épaisseur minimum de la matrice du nouvel outil.

Question 5.3.2.
Voir DT18
Répondre sur feuille de copie

En vous aidant du DT 18, **calculer** la largeur D (dimension entre le bord de la matrice et un passage dans la matrice).
En **déduire** la largeur minimum de la matrice.

Question 5.3.3.
Voir DT16
Répondre sur feuille de copie

En utilisant le plan méthode DT16, **déterminer** la longueur de la matrice.

Question 5.3.4.
Voir DT19
Répondre sur feuille de copie

A partir du DT 19, **choisir** la référence d'une plaque-outil standard.

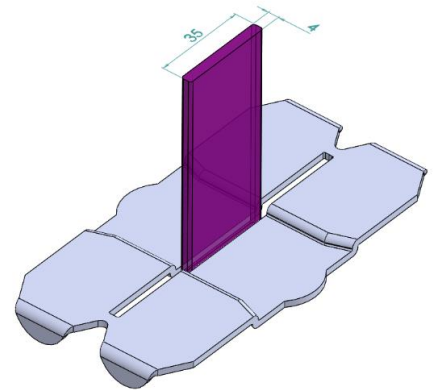
Partie 6. Comment concevoir les postes du nouvel outillage ?

Cette partie a pour but de définir et d'analyser le poste 5 de découpe – pliage.

Partie 6.1. Définition du poste de découpe par rapport à la résistance mécanique du poinçon

Le poinçon de détournage suivant est élancé et peut être soumis au flambement. Le but de cette partie est de vérifier sa résistance. Les dimensions de la section du poinçon sont :

- Section : 4 x 35 mm



Question 6.1.1. | En utilisant le DT10, calculer l'effort de découpage du poinçon.
Voir DT10
Répondre sur feuille de copie

Question 6.1.2. | En utilisant le DT 20, déterminer la hauteur maximale que le poinçon peut avoir.
Voir DT20
Répondre sur feuille de copie

On prendra pour la suite $l = 25\text{mm}$ comme hauteur libre. Le DR9 est à compléter afin de proposer une solution permettant d'éviter le problème de flambage de ce poinçon. Une vis M6 sera implantée pour le maintien en position de ce poinçon (les dimensions des vis CHC M6 sont définies sur le DT19).

Question 6.1.3. | **Compléter** sur le DR9 le dessin de montage de ce poinçon.
Répondre sur DR9

Partie 6.2. Définition du poste de pliage par rapport aux exigences géométriques de la pièce

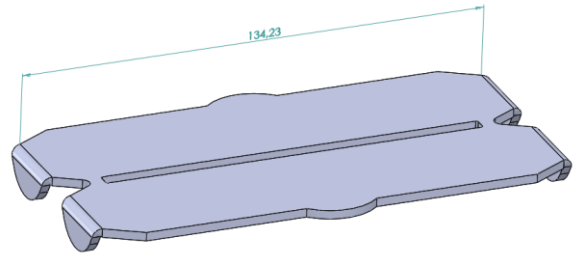
La pièce comporte des plis à ces extrémités. Ces plis sont tolérancés dans le plan de définition DT10.

Question 6.2.1. | Après lecture et analyse du DT10, **décoder** la spécification suivante sur le DR10 :
Voir DT10
Répondre sur le DR10

$\perp 0.1 C$

Question 6.2.2. | **Identifier**, à partir du SysML DT2, à quelle exigence cette spécification fait référence.
Voir DT2
Répondre sur feuille de copie

La longueur entre plis de la pièce est de 134.23mm



Question 6.2.3.
Voir DT10 et DT21
Répondre sur feuille de copie

En vous aidant du plan de définition de l'armature DT10 et du DT21, **calculer** la longueur à plat de la pièce et l'angle de surpliage β .

Question 6.2.4.
Répondre sur feuille de copie

Proposer sous forme de schémas ou de commentaires, 2 solutions permettant de réaliser ce pliage tout en compensant le retour élastique.