

BREVET de TECHNICIEN SUPÉRIEUR

Conception des processus de réalisation de produits

Épreuve E4 – CONCEPTION PRÉLIMINAIRE

SESSION 2026

Coefficient 6 – Durée 6 heures

Matériel autorisé :

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.

Aucun document n'est autorisé.

- **Sujet** (*mise en situation et questions à traiter par le candidat*) pages 2 à 13
 - **mise en situation et lecture du sujet (30 minutes)** ... pages 2 à 34
 - **partie 1 (45 minutes)** pages 4 et 5
 - **partie 2 (1 heure)** pages 5 et 6
 - **partie 3 (1 heure)** pages 7 et 8
 - **partie 4 (2 heures)** pages 8 à 12
 - **partie 5 (45 minutes)** pages 12 et 13
- **Documents techniques** pages 14 à 34
- **Documents réponses** pages 35 à 46

Le sujet comporte 5 parties indépendantes qui peuvent être traitées dans un ordre indifférent. Les durées sont données à titre indicatif.

Documents à rendre avec la copie :

Les documents réponses DR1 à DR13 (pages 35 à 46) seront à rendre même s'ils n'ont pas été utilisés.

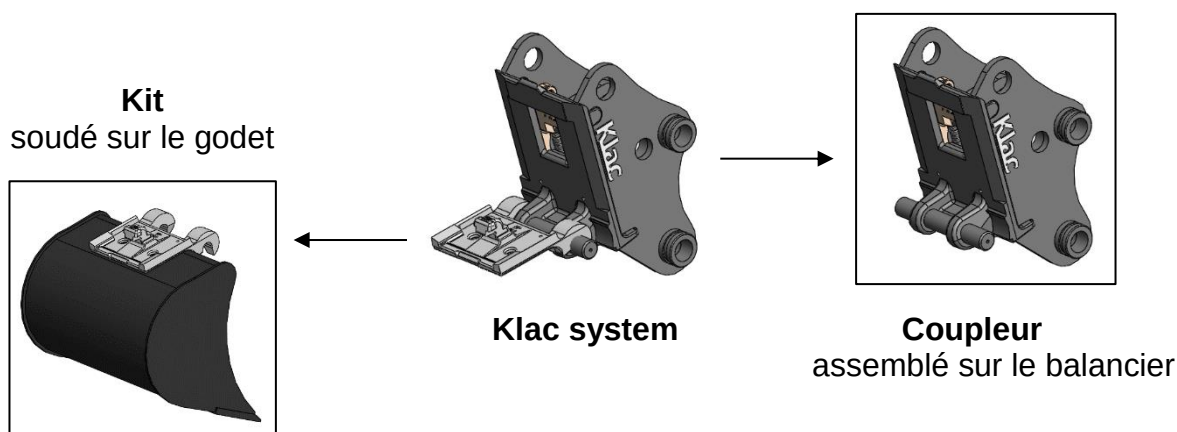
BTS Conception des Processus de Réalisation de Produits CPRP A et B		Session 2026
Épreuve E4 : Conception préliminaire	Code : 26CCE4COP	Page 1 sur 46

Mise en situation

La Société Klac industrie située à Saint-Cyr-en-Val, au sud d'Orléans, est une jeune entreprise spécialisée dans le développement de gammes d'accessoires pour les engins de travaux publics, notamment pour mini-pelles, tractopelles et pelles hydrauliques. Pas moins de 16 brevets ont été déposés en une vingtaine d'années et l'innovation reste un objectif primordial.

Le « Klac system » est un système innovant qui permet au conducteur d'engin de terrassement de changer de godets en quelques secondes. Il respecte la cinématique d'origine de la pelleuse et dispose d'un verrouillage automatique sécurisé. Sans entretien, il est composé de pièces garantissant robustesse et sécurité correspondant aux normes CE (voir DT1 1/2).

Le **Klac system** est composé d'un **kit** soudé sur le godet et d'un **coupleur** assemblé sur l'extrémité du bras de la mini-pelle, appelé balancier (voir DT1 2/2).



Compatibilité :

Le Klac system est compatible avec différentes marques d'engins de terrassement : CASE, MECALAC, NEW HOLLAND, KOMATSU, VOLVO, AMMANN, DOOSAN, CATERPILAR, KUBOTA, YANMAR, YUCHAI, DAEWOO, BOBCAT, JCB...

Afin de répondre aux besoins d'un nouveau client, l'entreprise Klac doit industrialiser une nouvelle version du Klac system modèle E. Le sujet de l'étude porte sur l'industrialisation de cette nouvelle version.

Informations techniques :

Gamme Klac System	Modèle C	Modèle D	Modèle E	Modèle F
Capacité pelle hydraulique (tonnes)	1 à 2 t	2 à 3,5 t	3,5 à 5,5 t	5,5 à 10 t

Principe de changement de godet par le conducteur :

1. Godet verrouillé



2. Déverrouillage avec clef



3. Godet déverrouillé



4. Pose du godet au sol



5. Désolidarisation du godet



6. Déplacement du bras



7. Prise du nouveau godet



8. Klac! le godet est verrouillé



9. Le terrassement peut démarrer



Partie 1 : Identifier les contraintes de production du Klac system ?

Durée indicative : 45 minutes

L'utilisation du Klac system consiste à accoupler la partie terminale du bras de la pelle hydraulique appelée balancier au godet. Cette opération nécessite au préalable la fixation du corps du coupleur sur le balancier et du kit sur le godet.

Question 1.1

DT1, 1/2
Feuille de copie

À l'aide du document technique **DT1**, **indiquer** le repère de l'exigence définissant l'accouplement du godet avec le balancier de la pelle hydraulique. **Énoncer** les trois conditions requises pour l'accouplement.

Question 1.2

DT4
DT5
DR1

À l'aide des documents techniques **DT4** et **DT5**, **colorier** ou **surligner** sur les 3 vues du document réponse **DR1** les surfaces du corps du coupleur et du kit permettant leurs liaisons respectivement avec le balancier et le godet.

Le **coupleur** est constitué d'un corps, d'une plaque de verrouillage, de deux ressorts, d'une clé moulée, de deux goupilles élastiques, d'une plaque signalétique, du logo Klac et de six rivets (voir DT2).

Les pièces passent systématiquement du magasin de stockage vers le poste d'assemblage. Le logo et les rivets sont des composants standards, identiques, quel que soit le modèle de coupleur.

Question 1.3

DT2
DT3
DR2

À l'aide des documents techniques **DT2** et **DT3**, **compléter** sur le document réponse **DR2**, le graphe de montage du coupleur.

Question 1.4

DT2
DT6
Feuille de copie

À l'aide des documents techniques **DT2** et **DT6**, **vérifier**, lors du montage du coupleur, que le risque lié à la manutention est réduit pour le plus grand nombre d'opérateurs. **Justifier** votre réponse.

Le Corps du coupleur (rep. 101) est un sous-ensemble mécano-soudé, constitué d'un support, d'un arbre traité, d'un doigt de plaque, de deux portes-goupilles moulés, de deux oreilles, de deux bossages, de deux cylindres intérieurs et de trois cylindres extérieurs (voir DT4).

Afin de réduire les en-cours et de respecter un temps de production inférieur à une journée de 8h, le secteur Méthodes envisage de planifier la production du coupleur avec un jalonnement au plus tôt. Les doigts de plaques (rep. 3) et portes-goupilles (rep. 4), réalisés en sous-traitance, sont supposés être disponibles et donc non pris en compte dans la planification interne de l'entreprise.

Question 1.5

DT2
DT4
DR3

À l'aide des documents techniques **DT2** et **DT4**, **compléter**, sur le document réponse **DR3**, le diagramme de Gantt avec un jalonnement au plus tôt. **En déduire** le temps de production du coupleur et **conclure** sur le respect du temps de production.

Partie 2 : Etudier des solutions de réalisation de la production des CYLINDRES EXTERIEURS

Durée indicative : 1 h

L'objet de cette étude concerne la production des Cylindres extérieurs (rep. 8) sur un tour bi-broche Mazak. Les cylindres extérieurs sont réalisés par lots de 15 pièces avant d'être assemblés sur le corps par soudage.

Question 2.1

DT1, 2/2
DT4
DT7
Feuille de copie

À l'aide des documents techniques **DT1 2/2** et **DT4**, **indiquer** la désignation du matériau utilisé pour les cylindres extérieurs (rep. 8). À l'aide du document technique **DT7**, **justifier** la pertinence de ce matériau pour l'industrialisation de cette pièce.

La solution 1 consiste à usiner cette pièce sur la broche principale du tour bi-broche.

Question 2.2

DT4
DT9 1/5
DT10
DR4

À l'aide des documents techniques **DT4**, **DT9 1/5** et **DT10**, **calculer**, sur le document réponse **DR4**, la longueur totale minimale de la barre à scier pour l'obtention des 15 pièces « cylindre extérieur ».

La solution 2 consiste à usiner cette pièce en lopins sur les deux broches.

Question 2.3

DT4
DT9 2/5
DT10
DR5

À l'aide des documents techniques **DT4**, **DT9 2/5** et **DT10**, **calculer**, sur le document réponse **DR5**, la longueur minimale du lopin à scier Cb pour l'obtention de la pièce « cylindre extérieur ».

Pour la suite, quel que soit le résultat trouvé à la question 2.3, en tenant compte de l'épaisseur de la lame de scie, on considère que la longueur de la barre, pour la solution 2 en lopins, est de 615 mm pour 15 pièces.

Question 2.4

DR4

Calculer, sur le document réponse **DR4**, le pourcentage du gain matière apporté par la solution la plus économique.

On étudie la faisabilité de la solution 2 en lopins sur le tour bi-broche.

Question 2.5

DT4
DT9 2/5
DT10
DR6

À l'aide des documents techniques **DT4**, **DT9 2/5** et **DT10**, **représenter**, sur le document réponse **DR6**, la mise en position isostatique (symbolisation niveau 1 ou 1^{ère} partie de norme) nécessaire à la sous-phase 10A.

Question 2.6

DT4
DT9 2/5
DT10
DR6

À l'aide des documents techniques **DT4**, **DT9 2/5** et **DT10**, **proposer** et **dessiner**, sur le document réponse **DR6**, une solution de porte-pièce pour la réalisation de la sous-phase 10B. **Justifier** cette solution d'après le dessin de définition de la pièce.

L'entreprise Klac vise une production de coupleurs de 50 000 unités, pour l'ensemble des modèles de sa gamme. Le coût du matériau utilisé pour les cylindres extérieurs est de 2,10 € · kg⁻¹.

Question 2.7

DT4
DT7
DT9 2/5
DT10
Feuille de copie

À l'aide des documents techniques **DT4**, **DT7**, **DT9 2/5** et **DT10**, **conclure** sur l'intérêt économique de réaliser la pièce « cylindre extérieur » sur le tour bi-broche Mazak® suivant le processus proposé en solution 2.

Partie 3 : Valider une solution technico-économique pour la découpe des OREILLES

Durée indicative : 1h

L'objectif de cette étude est de réfléchir à une étude technico-économique de découpe plasma des Oreilles (rep. 5) sur commande numérique.

Question 3.1
DT4
DT9 3/5
DR7

À l'aide des documents techniques **DT4** et **DT9 3/5**, **indiquer**, sur le document réponse **DR7**, pour quelle raison on commence par la découpe de tous les alésages Ø40 ébauches avant les formes extérieures.

Les coupleurs étant tous différents, ils sont fabriqués suivant les commandes par lots multiples de 5. Une solution de découpe plasma non optimisée est proposée.

Question 3.2
DR7

Calculer, sur le document réponse **DR7**, le pourcentage de perte matière de cette solution non optimisée.

L'entreprise envisage de se doter d'un logiciel d'optimisation couplé avec le système existant. Le coût d'acquisition du logiciel est de 10 000 €. Une solution optimisée de ce même lot est proposée sur le document réponse DR7.

Question 3.3
DR7

Indiquer, sur le document réponse **DR7**, la surface de la plaque nécessaire à la réalisation de 5 coupleurs (soit 10 oreilles) pour la solution optimisée.

Question 3.4
DR7

Calculer, sur le document réponse **DR7**, le pourcentage du gain matière apporté avec la solution optimisée.

Pour la suite, quel que soit le résultat trouvé à la question 3.4, on considère que le gain matière est de 20% avec la solution optimisée.

Question 3.5
DR7

Tracer, sur le document réponse **DR7**, la droite représentant l'évolution du coût en fonction du nombre de jours de production, pour la solution optimisée.

Question 3.6

DR7

Déterminer, sur le document réponse **DR7**, le nombre de jours nécessaires pour la rentabilité de cet investissement.

L'entreprise Klac vise une production de coupleurs de 50 000 unités, pour l'ensemble des modèles de sa gamme. La cadence moyenne de production est estimée à 50 coupleurs / jour.

Question 3.7

DR7

Conclure, sur le document réponse **DR7**, sur l'intérêt de l'investissement du logiciel d'optimisation retenu.

Partie 4 : Définir le processus à retenir pour la réalisation du SUPPORT

Durée indicative : 2 h

L'objectif de cette étude est la définition des procédés d'obtention du support (rep. 1).

Partie 4.1 : Choix du procédé de fonderie.

L'entreprise veut identifier le procédé de fonderie optimal.

Le support est en acier moulé. Pour la version étudiée du Klac system modèle E, une production de 50 000 unités est envisagée. Le coût de l'outillage doit être le plus faible possible. Étant donné les reprises en usinage, un état de surface rugueux est acceptable en fonderie. L'intervalle de tolérance des cotes de la pièce support (rep. 1) brute est de 1,5 mm maximum.

Question 4.1.1

DT4
DT5
DR8

À l'aide des documents techniques **DT4** et **DT5**, **hachurer**, sur le document réponse **DR8**, les zones des graphiques qui correspondent aux procédés qui ne sont pas adaptés. **En déduire**, en justifiant, le procédé de fonderie le plus adapté.

L'entreprise mène une réflexion sur la réalisation des alésages Ø40 F8.

Question 4.1.2

DT4
DT5
DR9

À l'aide des documents techniques **DT4** et **DT5**, **identifier**, sur la vue en perspective du document réponse **DR9**, les alésages Ø40 F8 en traçant leurs axes respectifs.

Après consultation du sous-traitant fondeur, deux solutions sont envisagées pour la réalisation des alésages Ø40 F8 :

- Solution 1 : noyauter les alésages au Ø36 afin de limiter, par la suite, les opérations d'usinage.
- Solution 2 : ne pas noyauter les pièces. Dans ce cas, les alésages Ø40 F8 seront usinés en pleine matière. Le sous-traitant propose une réduction de prix de 10% pour cette solution en comparaison à la solution 1.

Question 4.1.3

DR9

Compléter, sur le document réponse **DR9**, le tableau afin de comparer les deux solutions suivant deux critères : coût d'obtention du brut et coût d'usinage relatif. **En déduire** la solution la plus économique à retenir.

Pour la solution retenue, le sous-traitant fondeur propose des aménagements de forme sur la pièce support (Rep. 1) liés aux contraintes du procédé.

Question 4.1.4

DR9

Afin d'analyser la proposition du fondeur, sur la coupe C-C du document réponse **DR9**, **surligner** en vert, les dépouilles et **tracer** en rouge, le plan de joint de la pièce moulée.

Partie 4.2 : Choix du processus d'usinage.

Une première proposition est d'usiner 4 supports simultanément sur le CUCN 4 axes Matsuura® afin de réduire leur temps de montage et démontage. Sur la palette, 2 supports sont réalisés en phase 10 avec un posage spécifique et 2 autres supports sont finis en phase 20 avec un autre posage spécifique.

Question 4.2.1

DT9 4/5
DR10

Suivant le processus prévisionnel proposé sur **DT9 4/5**, **renseigner** les temps de changements d'outils et de rotations palettes dans le tableau du document réponse **DR10**, suivant les deux stratégies proposées :

- Stratégie 1 : une rotation ordonnancée de la palette entraîne de nombreuses sorties d'outils.
- Stratégie 2 : une seule sortie outil par cycle entraîne de nombreuses rotations palettes.

Les changements d'outils et rotations palette sont dissociés et ne peuvent donc pas être réalisés simultanément.

Question 4.2.2
DR10 | **Calculer**, sur le document réponse **DR10**, pour chaque stratégie, le temps total des changements d'outils et de rotations palette.

Question 4.2.3
DR10 | **Conclure**, sur le document réponse **DR10**, sur la stratégie d'usinage optimale à retenir.

La remise en position lors de la reprise en phase 20 (voir **DT9 4/5**), de la solution optimisée, engendre une dispersion de remise en position de 0,03 mm par rapport à la référence B.

Question 4.2.4
DT5
DR11 | À l'aide du document technique **DT5**, **compléter** l'analyse de la spécification sur le document réponse **DR11**. **Conclure**, sur le document réponse **DR11**, sur le risque de non-conformité de la spécification.

	Ø 0,05 CZ	B
---	-----------	---

Une seconde proposition consiste à usiner 4 pièces simultanément sur le CUCN 4 axes (axe B) en une seule phase et un seul posage, avec un nouveau porte-pièce spécifique.

Question 4.2.5
DT5
DT11
DR12 | À l'aide des documents techniques **DT5** et **DT11**, **indiquer** en les nommant, sur le document réponse **DR12**, les axes machine.

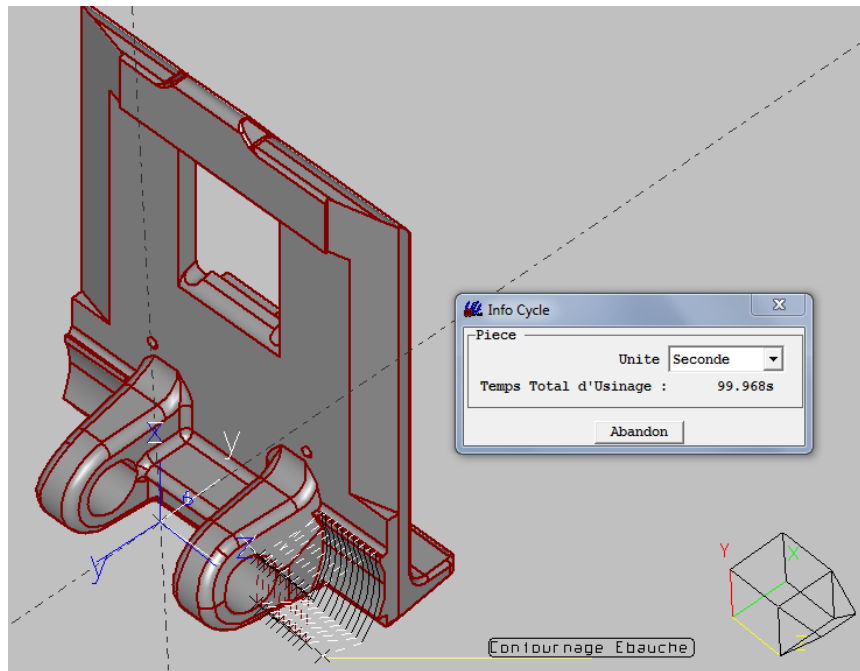
Question 4.2.6
DT5
DR12 | Avec cette nouvelle solution, on propose de transformer le balayage des pentes à 15° en un surfacage avec une fraise de forme. À l'aide du document technique **DT5**, **esquisser**, sur la vue coupe A-A du document réponse **DR12**, la fraise de forme.

Question 4.2.7

DT5
DR12

Cet usinage va entraîner une modification de forme de la pièce.
À l'aide du document technique **DT5**, **dessiner** sur la vue de face du document réponse **DR12**, la modification de la forme liée à l'usinage de la pièce dans le but d'obtenir une dérogation nécessaire.

L'ébauche de la réalisation de la forme R 58,2 mm, profondeur 53 mm se réalise par contournage en bout avec une fraise 2 tailles de diamètre 50 mm, 5 dents. On se propose d'ébaucher cette forme en plongée, par tréflage avec cette même fraise.



Question 4.2.8

DT5
DT13
DR13

À l'aide des documents techniques **DT5** et **DT13**, **déterminer**, sur le document réponse **DR13**, l'avance maximale par tour par dent de la fraise, en tréflage.

Question 4.2.9

DT5
DT13
DR13

À l'aide des documents techniques **DT5** et **DT13**, afin d'ébaucher cette forme par 9 tréflages, **calculer**, sur le document réponse **DR13**, le temps de réalisation de cette opération pour un côté. On ne tiendra compte que des plongées en avance travail, avec une distance d'approche de 2 mm.

Question 4.2.10	À l'aide des documents techniques DT5 et DT13 , calculer , sur le document réponse DR13 , le gain apporté pour l'ébauche des 2 faces sachant que le coût horaire machine est de 70 €.
DT5 DT13 DR13	

La puissance de broche du centre d'usinage MATSUURA 4 axes est de 22 kW.

Question 4.2.11	À l'aide du document technique DT13 , calculer la puissance nécessaire à la coupe lors de l'usinage en tréflage. Conclure sur la possibilité de réaliser l'usinage en tréflage sur le centre d'usinage envisagé.
DT9 4/5 DT13 Feuille de copie	

Partie 5 : Définir les outillages à retenir pour la réalisation du CORPS

Durée indicative : 45 min

L'objectif de l'étude est de définir des outillages pour le soudage et l'usinage du corps (rep. 101) en analysant les problématiques rencontrées.

Partie 5.1 : Justification de l'emploi d'un outillage de soudage.

Afin de pointer et de souder les éléments du corps (pièces rep. 1 à 8), un outillage spécifique sera réalisé par un sous-traitant.

Question 5.1.1	À l'aide du document technique DT4 , indiquer la désignation du matériau utilisé pour les oreilles (rep. 5) et les bossages (rep. 6). À l'aide du document technique DT8 , justifier la pertinence de ce matériau pour l'industrialisation de ces deux pièces.
DT4 DT8 Feuille de copie	

Question 5.1.2	À l'aide des documents techniques DT2 et DT4 , indiquer la spécification dimensionnelle qui positionne les deux oreilles l'une par rapport à l'autre.
DT2 DT4 Feuille de copie	

Question 5.1.3	À l'aide des documents techniques DT2 et DT4 , justifier la nécessité de prévoir un outillage de soudage.
DT2 DT4 Feuille de copie	

BTS Conception des Processus de Réalisation de Produits CPRP A et B		Session 2026
Épreuve E4 : Conception préliminaire	Code : 26CCE4COP	Page 12 sur 46

Partie 5.2 : Justification de l'emploi d'un outillage de perçage.

Lors du perçage du trou Ø45 F8 (ébauché au Ø40), localisé en partie haute du corps (rep. 101), un risque est identifié pouvant engendrer d'une part, des bris d'outils et d'autre part, des non-conformités de fabrication.

Question 5.2.1 | À l'aide des documents techniques **DT4**, **DT9(5/5)** et **DT14**, **indiquer** le type de sollicitation mécanique subie par le corps (rep. 101) lors de ce perçage.

DT4
DT9(5/5)
DT14
Feuille de copie

Question 5.2.2 | À l'aide des documents techniques **DT4** et **DT12**, **indiquer** la spécification géométrique du corps (rep. 101) potentiellement impactée par la déformation lors de ce perçage.

DT4
DT12
Feuille de copie

Une simulation, par la méthode des éléments finis, a été réalisée sur le corps (rep. 101) dans les conditions correspondant à l'opération de perçage du trou Ø45 F8 (ébauché au Ø40), localisé en partie haute du corps (rep. 101).

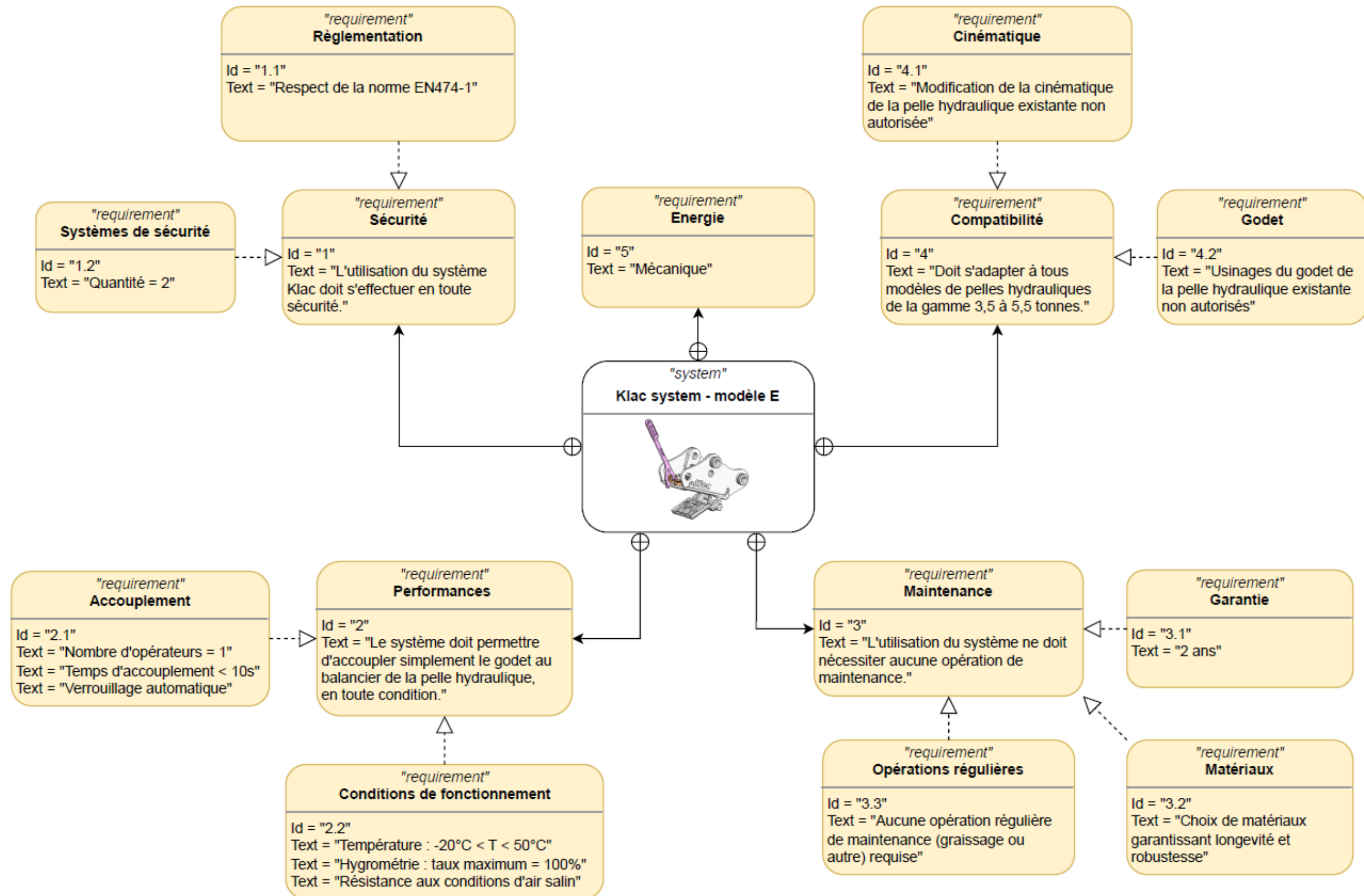
Question 5.2.3 | À l'aide du document technique **DT14**, **indiquer** la valeur maximale du déplacement lors de ce perçage. À l'aide des documents techniques **DT4** et **DT8**, **conclure** sur le risque de non-conformité associé à cette opération de perçage. **Proposer** 3 solutions permettant de limiter les déplacements.

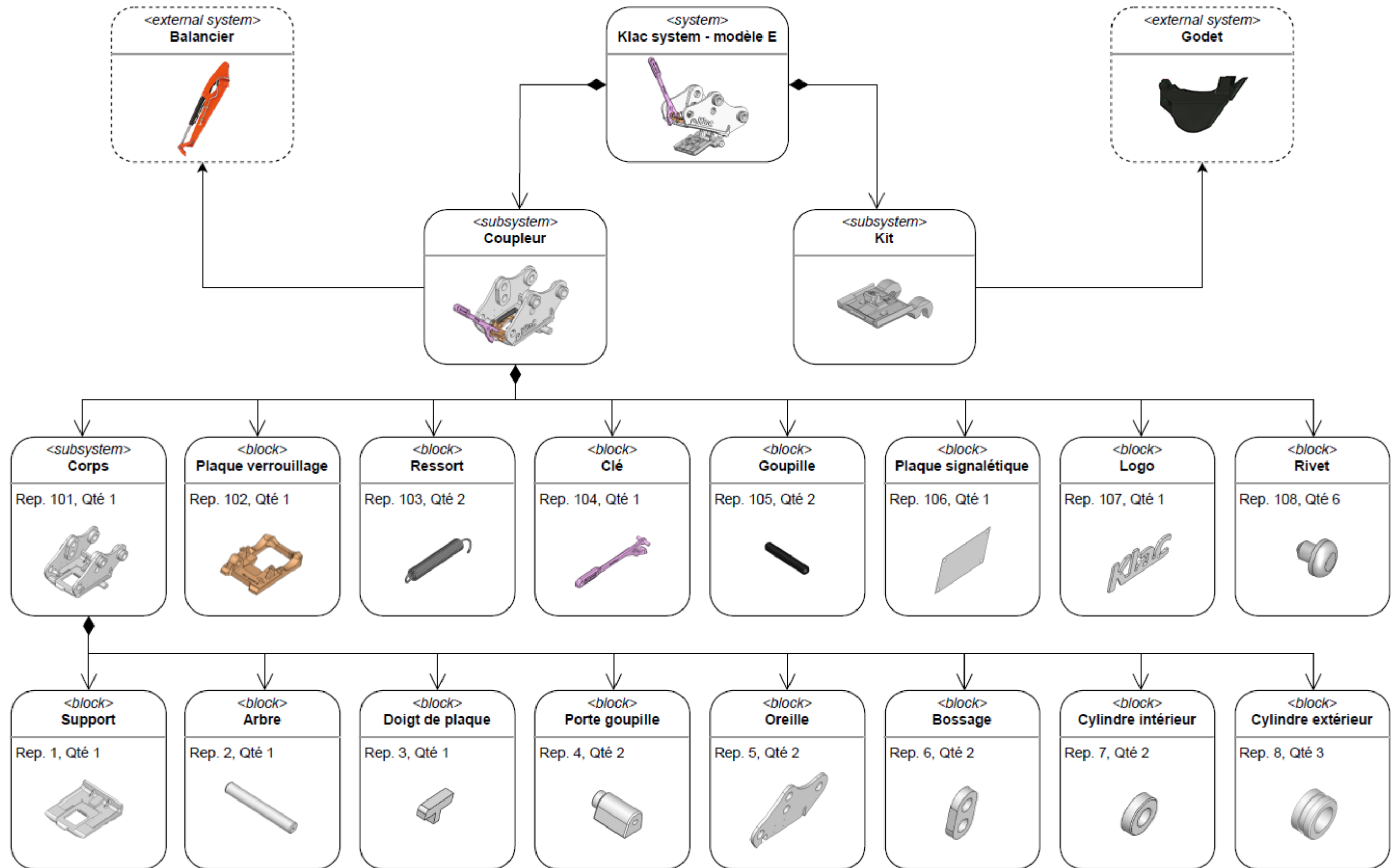
DT4
DT8
DT14
Feuille de copie

Des analyses complémentaires ont permis d'identifier un risque d'origine vibratoire lors du perçage du trou Ø45 F8, localisé en partie haute du corps (rep. 101). Pour faire face à ce risque, l'entreprise envisage d'insérer un mécanisme intermédiaire « raidisseur » entre les deux oreilles (rep. 5) du corps.

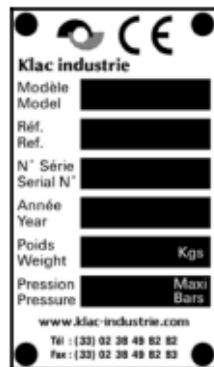
Question 5.2.4 | À l'aide des documents techniques **DT4**, **DT12** et **DT15**, **justifier** la nécessité d'utiliser un mécanisme raidisseur réglable.

DT4
DT12
DT15
Feuille de copie



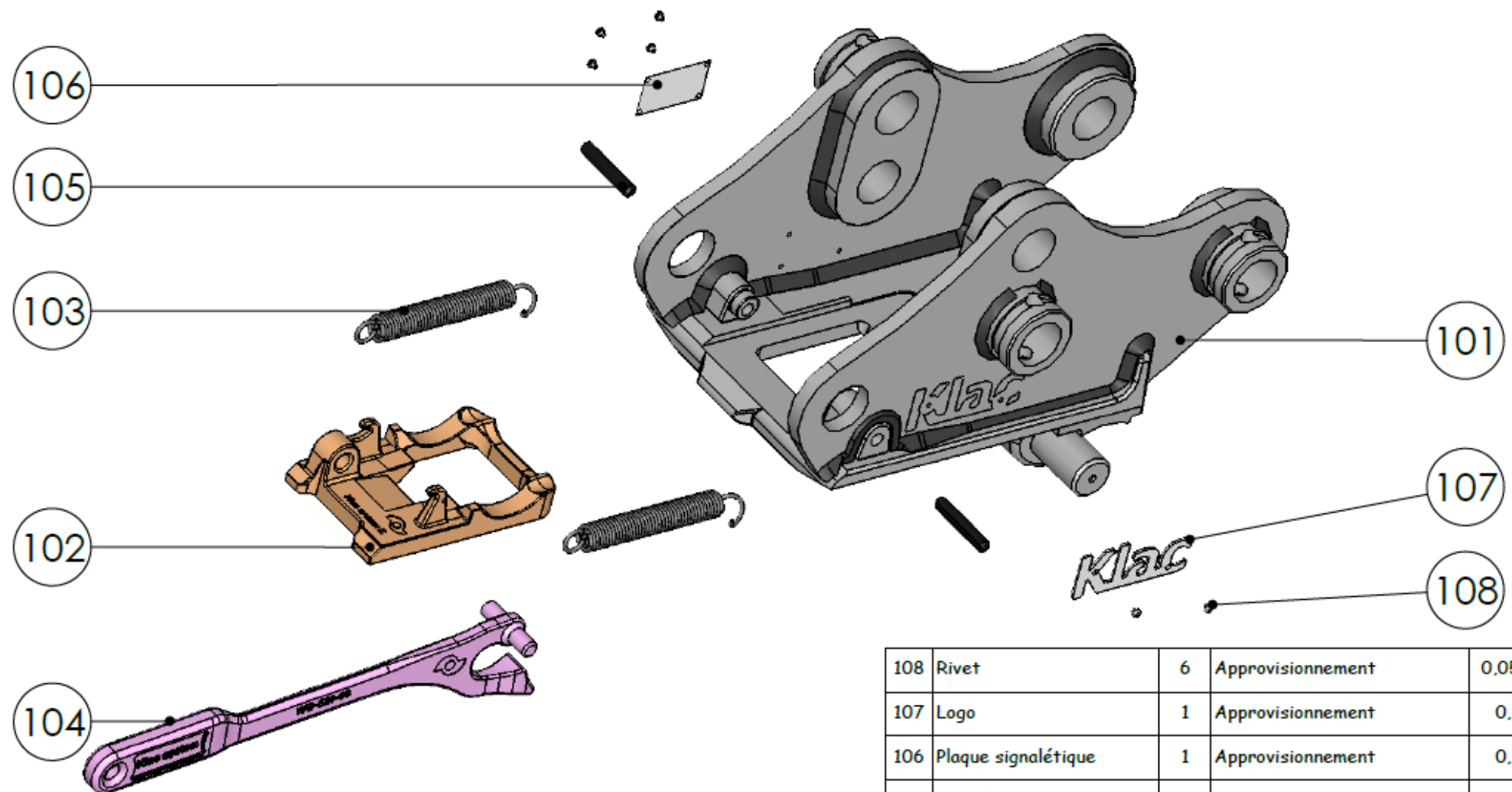


Plaque
signalétique



Code couleurs

A	Non peint
AM	Gris CNH (Fiat Kobelco)
B	BLEU Klac (RAL5013)
BG	Gris Bob Cat (RAL7021)
C	Blanc Renault (RAL0326)
D	Bleu (RAL5005)
F	ORANGE Fiat Kobelco (RAL2009)
G	GRIS Hitachi (RAL7016)
H	ORANGE Hitachi
I	Ivoire Klac (RAL1015)
J	Jaune (RAL1007)
K	Rouge Kubota
L	BLEU Kubota
N	NOIR (RAL9005)
P	Gris VOLVO
T	ROUGE Takeuchi
V	VERT Yanmar (RAL6012)
W	APPRET (RAL3014)



108	Rivet	6	Approvisionnement	0,05 kg
107	Logo	1	Approvisionnement	0,1 kg
106	Plaque signalétique	1	Approvisionnement	0,1 kg
105	Goupille élastique Ø8x50	2	Approvisionnement	0,05 kg
104	Clé moulée	1	Acier moulé G5355	0,8 kg
103	Ressort	2	Corde piano C65 Galva Ø 2,5	0,1 kg
102	Plaque de verrouillage	1	Acier moulé G20 Mn6 V usiné	1,0 kg
101	Corps (1,2,...8) cf DT4	1	Ensemble mécanosoudé	11,9 kg
Rep	Désignation	Qté	Matériau	Masse

Tolérance générale :

Masse totale : 14,5 kg



Modèle E

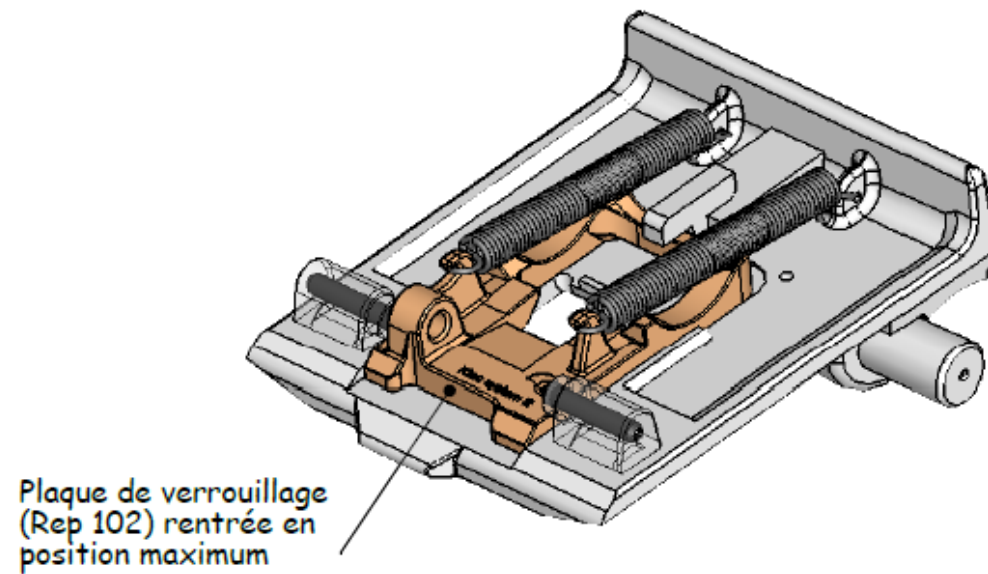
Coupleur



KLAC SYSTEM

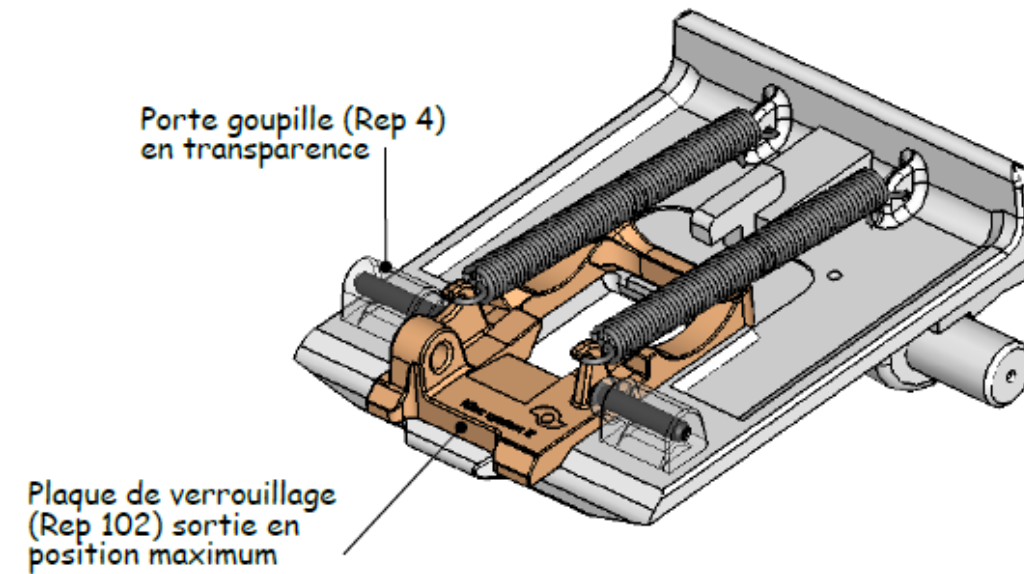
Accouplement kit / coupleur verrouillé

Représentation partielle du coupleur



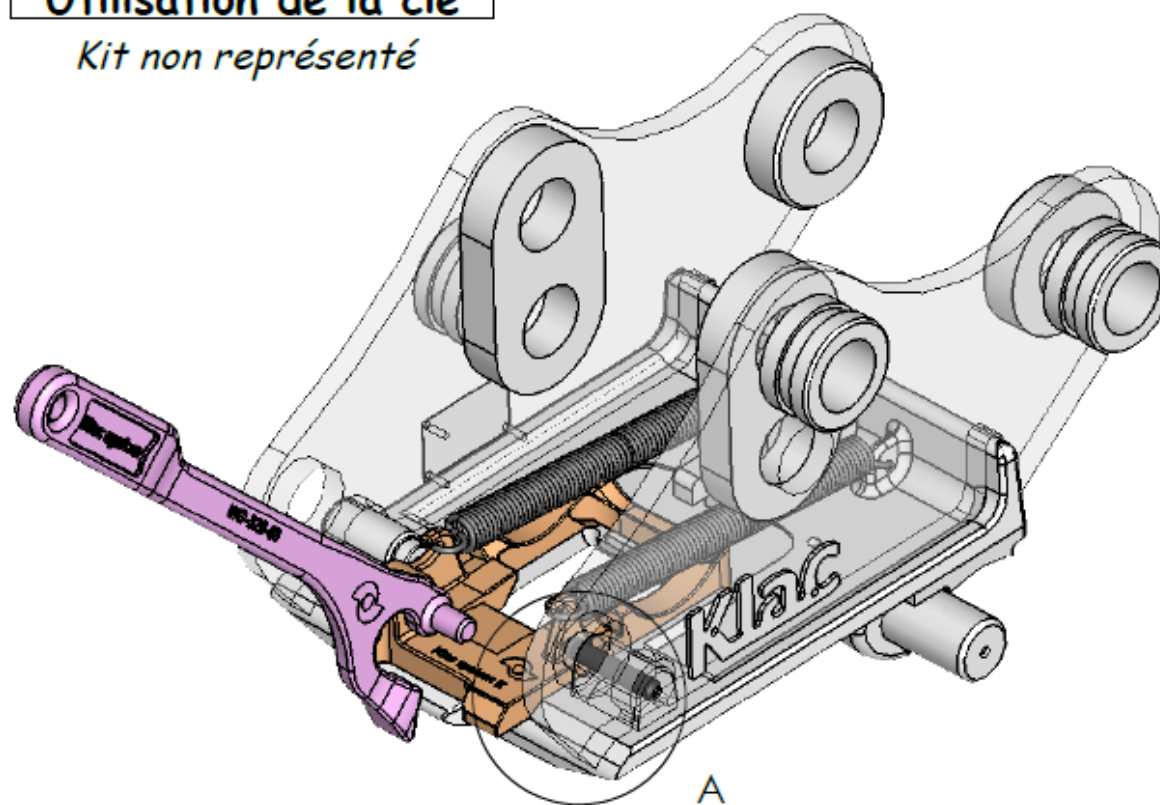
Accouplement kit / coupleur déverrouillé

Représentation partielle du coupleur

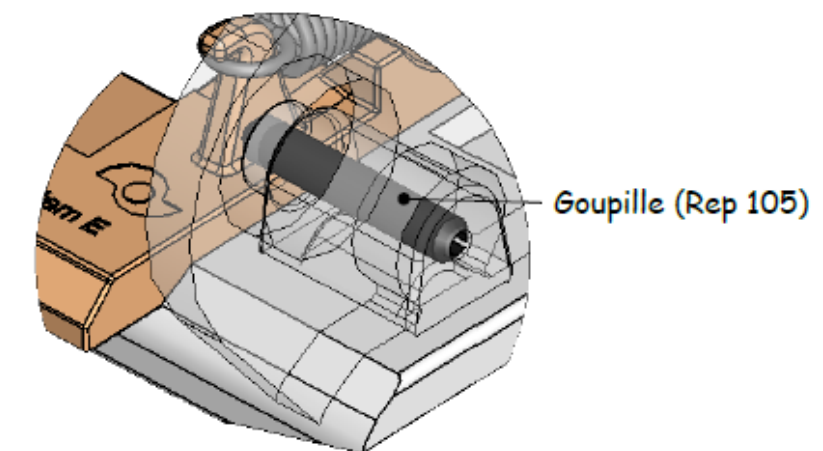


Utilisation de la clé

Kit non représenté

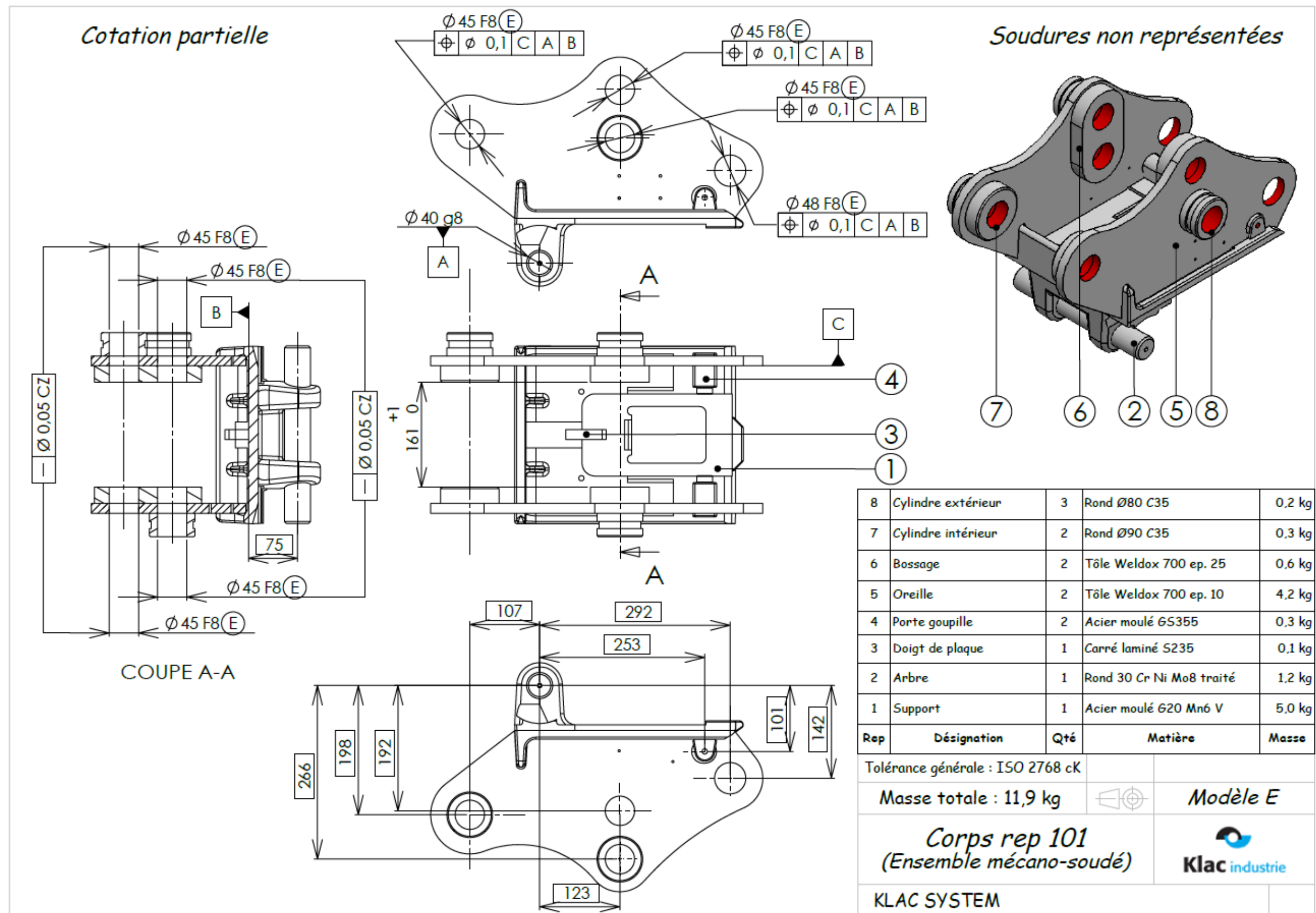


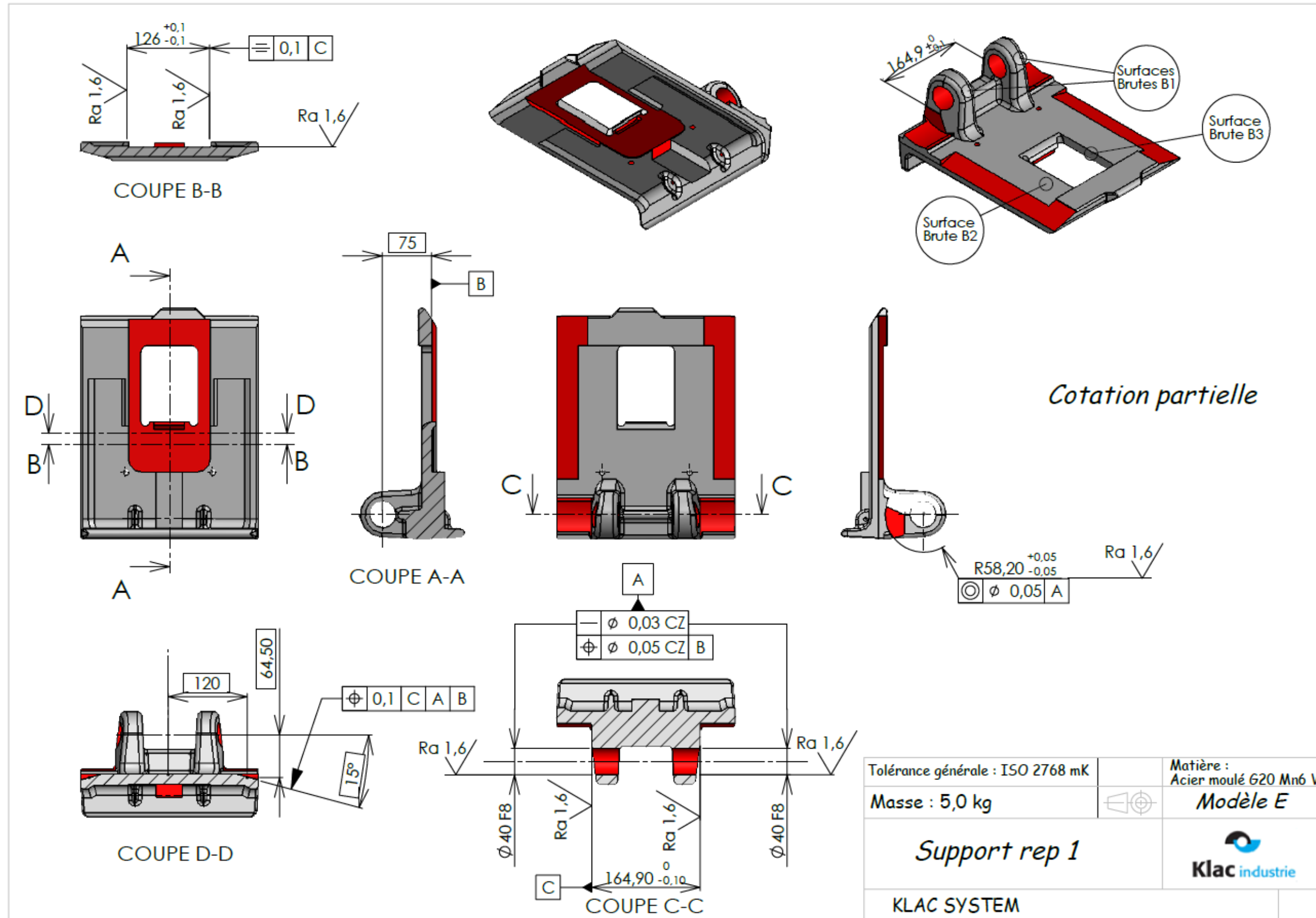
DÉTAIL A



La goupille (Rep 105) évite le basculement de la plaque de verrouillage.

		Modèle E
Fonctionnement de la plaque de verrouillage		Klac industrie
KLAC SYSTEM		





5.1 Principes généraux de l'évaluation de la manutention manuelle

5.1.1 Classement de la manutention manuelle en trois zones de risque

La Figure 1 ci-dessous présente les zones de risques délimitées par des valeurs maximales exprimées en masse (en kg) pour la manutention et en force pour le pousser/tirer (en daN).

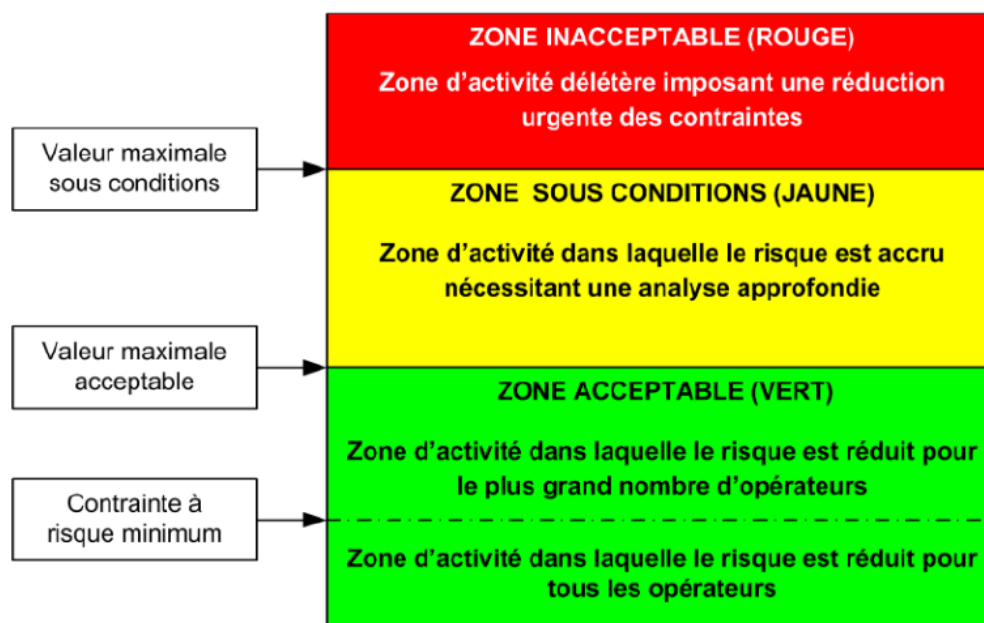


Figure 1 — Zones de risques définies en fonction des différentes valeurs seuils de référence

[...]

5.2 Transport manuel de charges

5.2.1 Valeurs seuils de référence pour la masse unitaire

Il convient de déterminer les risques encourus lors des manutentions à partir des valeurs seuils de référence (Tableau 1 ci-dessous).

Tableau 1 — Valeurs seuils de référence pour la masse unitaire selon les zones de risques définies en 5.1.1

	Valeurs seuils de référence kg
Valeur maximale sous conditions	25
Valeur maximale acceptable	15
Contrainte à risque minimum	5

[...]

ACIER C35 :

L'acier C35 est un acier au carbone, à moyenne teneur, de masse volumique $7850 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Il est utilisé en mécanique générale de par sa bonne usinabilité et ses caractéristiques mécaniques. Il est apte aux traitements thermiques.

Composition chimique :

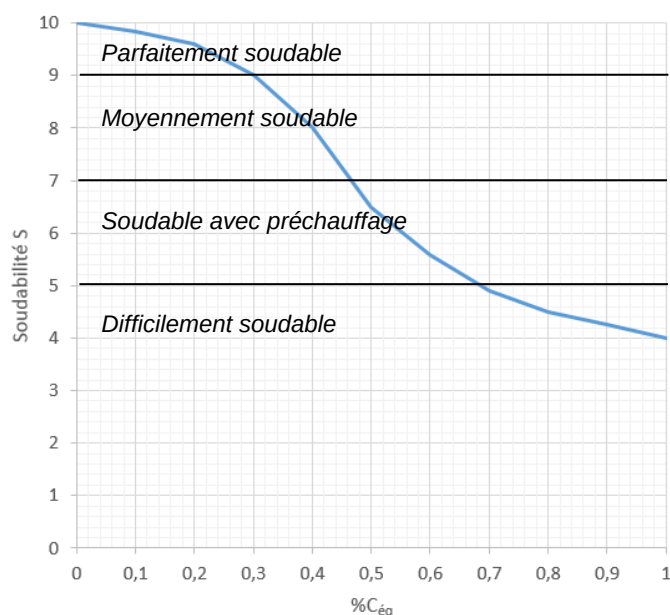
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
%	%	%	%	%	%	%	%
0,35	0,40	0,60	0,03	0,03	0,40	0,10	0,40

SOUDABILITÉ :

La soudabilité S désigne l'aptitude des métaux à être assemblés par fusion. La soudabilité varie en sens inverse de la teneur équivalente en carbone $\%C_{\text{éq}}$.

$$\%C_{\text{éq}} = \%C + \frac{\%Mn}{6}$$

Aptitude à la soudabilité :



DT8 : Fiche technique - WELDOX 700

WELDOX 700 est un acier de construction générale avec une limite d'élasticité minimum de 700 N·mm⁻² destiné à des applications où sa haute limite d'élasticité permet des réductions de poids. La tôle a une très bonne aptitude au pliage à froid et une très bonne soudabilité.

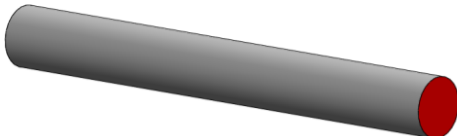
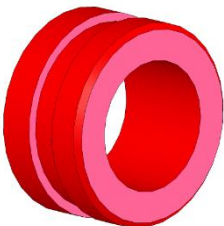
WELDOX 700 peut être livré avec une garantie jusqu'à -60 °C. WELDOX 700 remplit toutes les exigences de nuances et de qualité des aciers correspondant à la norme EN 10137.

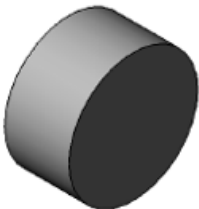
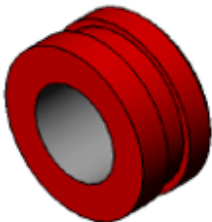
DOMAINES D'UTILISATION :

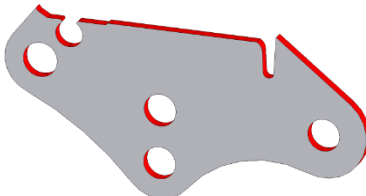
Tombereaux, grues mobiles, chargeuses, camions bennes et semi-remorques, engin de terrassement, excavatrices, engins forestiers, godet, grues, wagons de chemin de fer, ducs d'albe, conduites forcées, tubes soudés, conduites, ponts, ossatures métalliques dans le bâtiment, constructions offshore, ventilateurs, pompes, équipement de levage etc.

RÉSISTANCE :

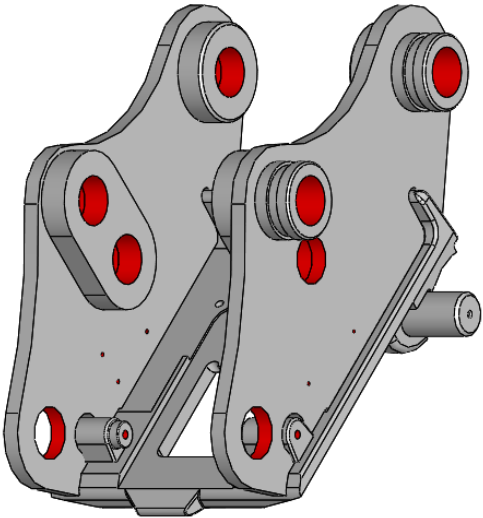
Épaisseur de tôle	Limite d'élasticité	Résistance à rupture	Allongement
mm	N·mm ⁻²	N·mm ⁻²	%
4 - 50	700	780 - 930	14
50 - 100	650	780 - 930	14
100 - 130	630	700 - 900	14

PROCESSUS PRÉVISIONNEL	Pièce : Cylindre Extérieur Rep. 8 <i>Solution 1</i>
<u>PHASE 00</u> : Sciage barre Brut Ø80	M.O. : Scie alternative 
<u>PHASE 10</u> : Tournage Dressage Contournage Gorge Perçage Tronçonnage	T.C.N. : Tour bi-broche Mazak, Broche principale 

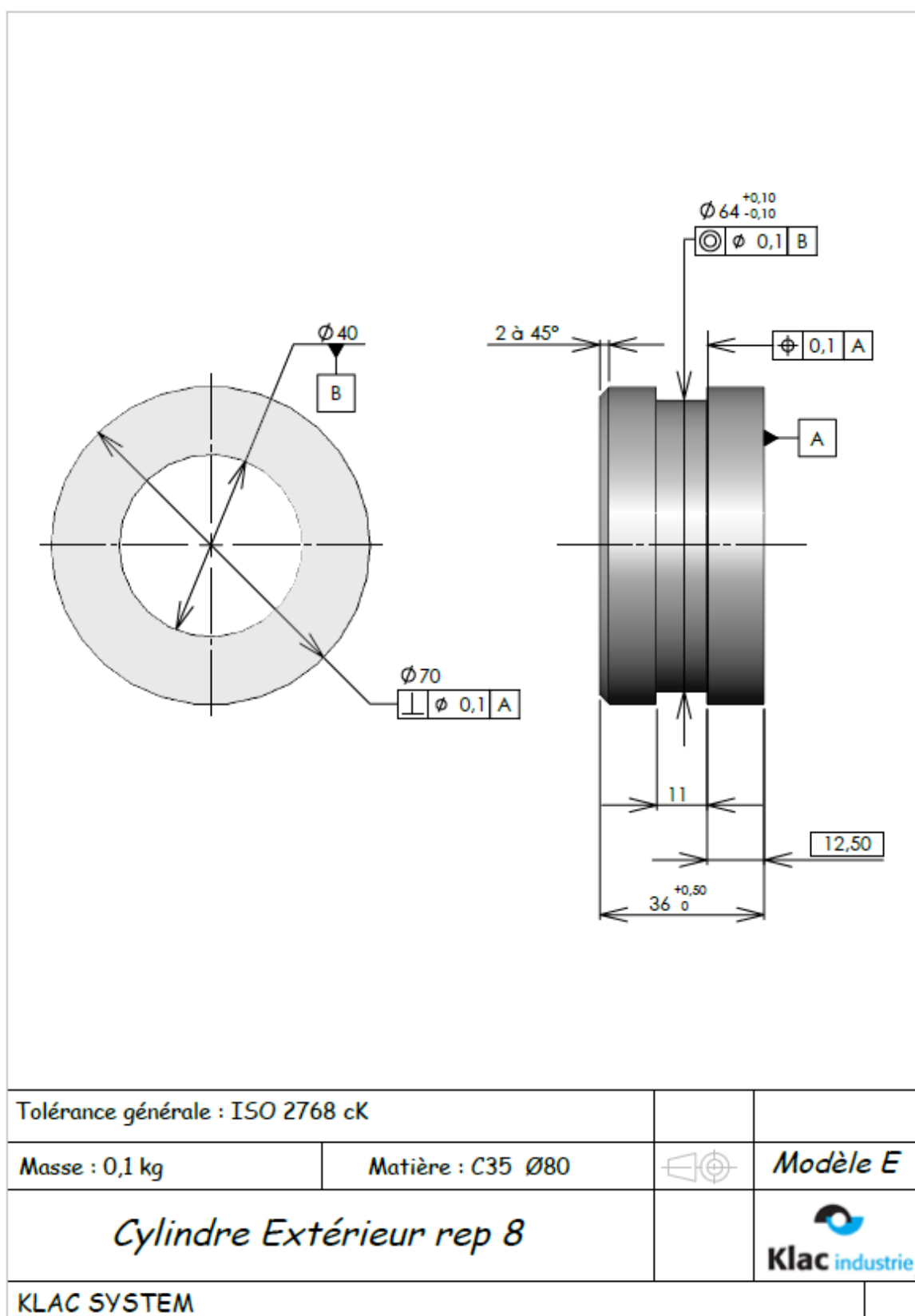
PROCESSUS PRÉVISIONNEL	Pièce : Cylindre Extérieur Rep. 8 <i>Solution 2</i>
<u>PHASE 00</u> : Sciage lopin Brut Ø80	M.O. : Scie alternative 
<u>PHASE 10A</u> : Tournage Dressage Chanfreinage Perçage	T.C.N. : Tour bi-broche Mazak, Broche principale 
<u>PHASE 10B</u> : Tournage Dressage Contournage Gorge	T.C.N. : Tour bi-broche Mazak, Broche secondaire 

PROCESSUS PRÉVISIONNEL	Pièce : Oreille Rep. 5
<u>PHASE 00</u> : Découpage plasma Alésages Eb Ø40. Profil extérieur.	M.C.N. : Découpe plasma 

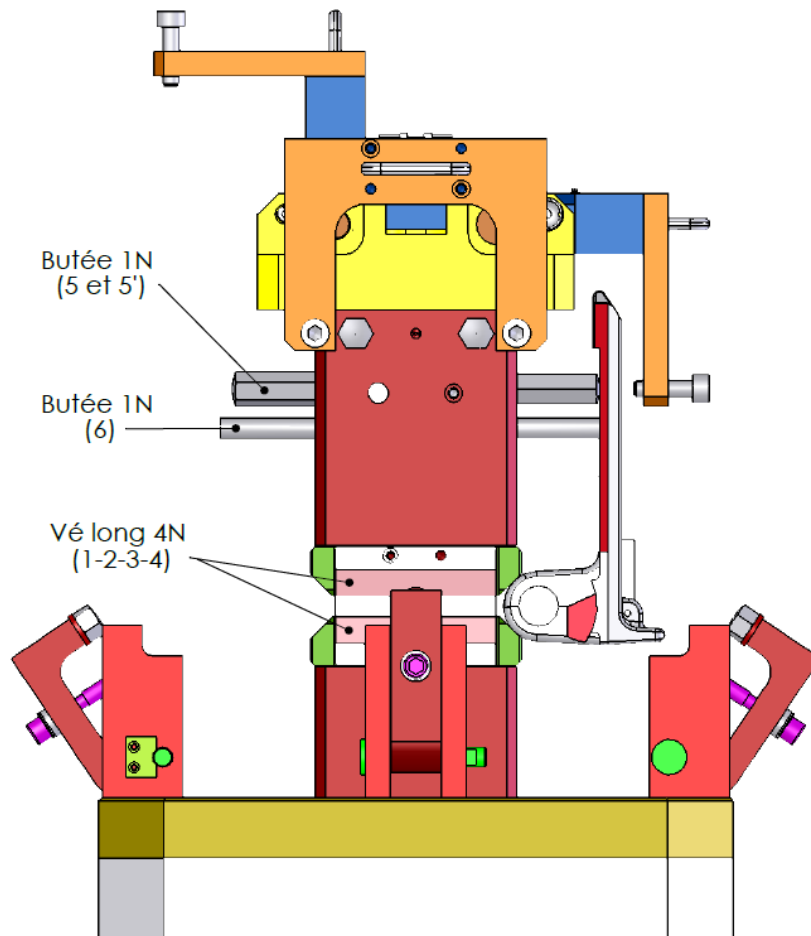
[illegible]

PROCESSUS PRÉVISIONNEL	Pièce : Corps Rep. 101
<u>PHASE 10</u> : Fraisage Perçage, Alésage des trous Ø45F8 Perçage des trous Ø3.3 Perçage des trous Ø4 Perçage des trous Ø8	C.U.C.N. : 4 axes Matsuura 

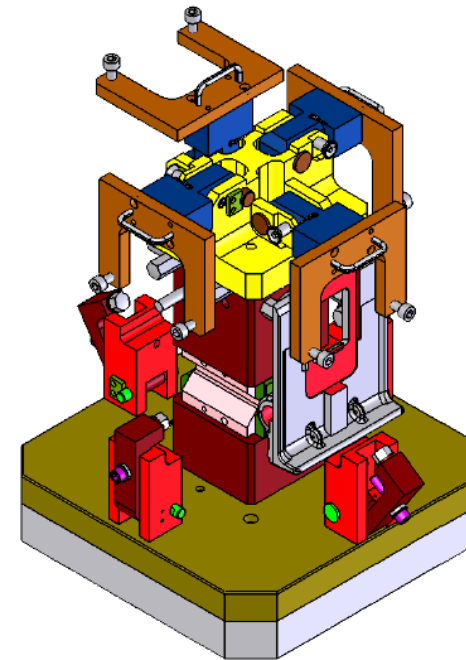
DT10 : Dessin de définition du cylindre extérieur



DT11 : Dessin d'ensemble du porte-pièce du support, solution 2



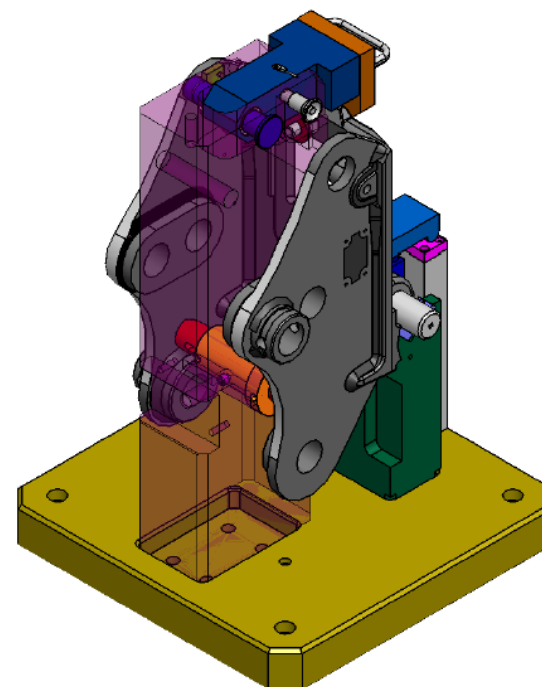
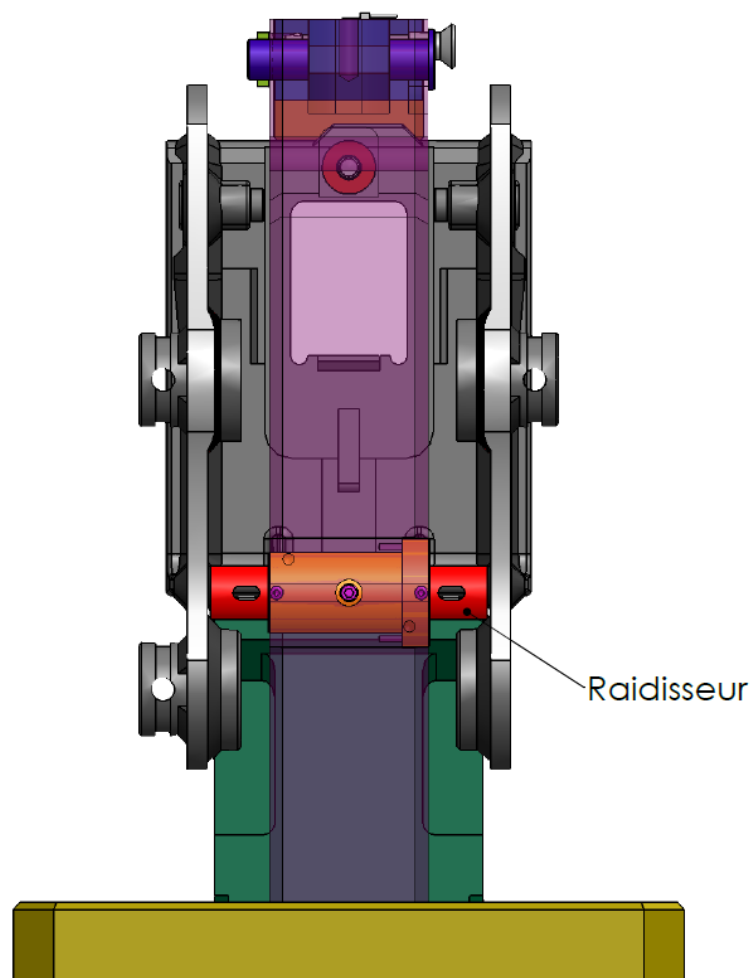
Porte-pièce 4 supports



Tolérance générale :		Matière :	
Masse :		Modèle E	
Porte-pièce Support Solution 2			
KLAC SYSTEM			

BTS Conception des Processus de Réalisation de Produits CPRP A et B		Session 2026
Épreuve E4 : Conception préliminaire	Code : 26CCE4COP	Page 29 sur 46

DT12 : Dessin d'ensemble du porte-pièce du corps



Tolérance générale :	Matière :
Masse :	Modèle E
Porte-pièce Corps	klac industrie
KLAC SYSTEM	

BTS Conception des Processus de Réalisation de Produits CPRP A et B	Session 2026
Épreuve E4 : Conception préliminaire	Code : 26CCE4COP
	Page 30 sur 46

Hypothèses :**Processus avec contournage ou tréflage :**

- **Outil** : Fraise de diamètre $D = 50 \text{ mm}$, $L_{\text{sortie}} = 70 \text{ mm}$, $Z = 5 \text{ dents}$
- **Coût du processus** : $70 \text{ €} \cdot \text{h}^{-1}$

Processus existant avec contournage :

- **Temps technologique** : $T_t = 1,66 \text{ min}$ (100 s) pour un côté de la pièce

Nouveau processus avec tréflage :

- **Vitesse de coupe** : $V_c = 100 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$
- **Avance par tour et par dent** :
 - Si $L_{\text{sortie}} < 3 \cdot D$ alors $f_z = 0,22 \text{ mm} \cdot \text{tr}^{-1} \cdot \text{dent}^{-1}$
 - Si $L_{\text{sortie}} \geq 3 \cdot D$ alors $f_z = 0,15 \text{ mm} \cdot \text{tr}^{-1} \cdot \text{dent}^{-1}$

Formules :**Puissance de coupe P_c (kW) en tréflage :**

$$P_c = \frac{f_z \cdot V_c \cdot D \cdot k_c}{240\,000}$$

f_z : Avance par tour par dent de la fraise ($\text{mm} \cdot \text{tr}^{-1} \cdot \text{dent}^{-1}$)

V_c : Vitesse de coupe ($\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$)

D : Diamètre de la fraise (mm)

k_c : Coefficient spécifique de coupe ($\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$)

$$k_c = k_{c1} \cdot (f_z \cdot \sin K_r)^{-m_c} \cdot \left(1 - \frac{\gamma_0}{100}\right)$$

k_{c1} : Coefficient spécifique de coupe ($\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$) pour une section de copeau de 1 mm^2

m_c : Coefficient de la courbe de croissance k_c

K_r : Angle d'attaque ($^\circ$)

γ_0 : Angle de coupe effectif ($^\circ$)

DT13 (2/2) : Formules relatives à l'usinage**Données de la matière usinée :**

Désignation AFNOR	Composition chimique (%)				
	C	Mn	Si	Cr	Mo
G20 Mn6 V	0,18-0,25	1,2-1,6	0,3-0,5	-	-
G28 Mn6	0,25-0,34	1,2-1,6	0,3-0,5	-	-
G42 Cr Mo 4	0,38-0,45	0,5-0,8	0,3-0,5	0,8-1,2	0,15-0,3
G26 Cr Mo 4	0,22-0,30	0,5-0,8	0,3-0,5	0,8-1,2	0,15-0,3
G34 Cr Mo 4	0,30-0,34	0,5-0,8	0,3-0,5	0,8-1,2	0,15-0,3

ISO	Matière	k_{c1} (N·mm ⁻²)	m_c
P	Aciers non alliés		
	C = 0,10 – 0,25 %	1500	0,25
	C = 0,26 – 0,55 %	1600	0,25
	C = 0,56 – 0,80 %	1700	0,25

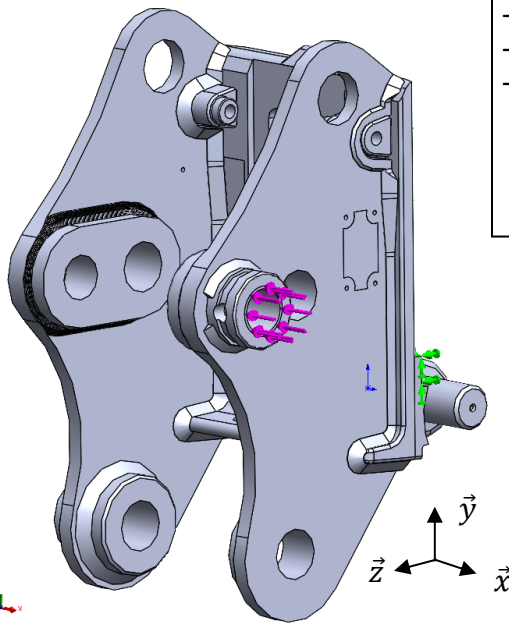
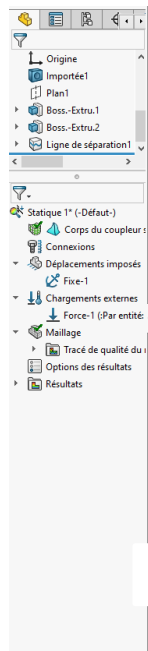
Données de la fraise :

Diamètre : $D = 50$ mm, Nombre de dents : $Z = 5$

Angle d'attaque : $K_r = 88^\circ$, Angle de coupe effectif : $\gamma_0 = 15^\circ$

DT14 : Simulation du comportement du coupleur lors de l'usinage

Conditions :



Matériau oreilles :

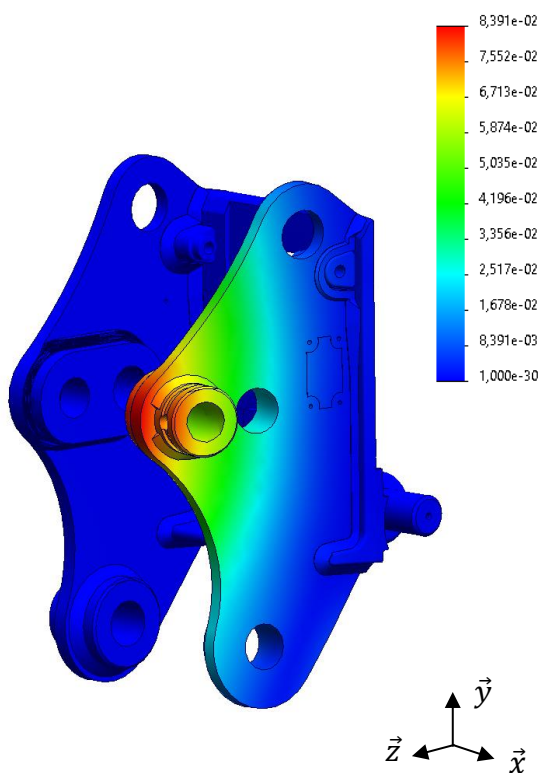
- Désignation : WELDOX 700
- Module de Young : $E = 200\,000\text{ MPa}$
- Résistance élastique : $Re = 700\text{ MPa}$

Chargement :

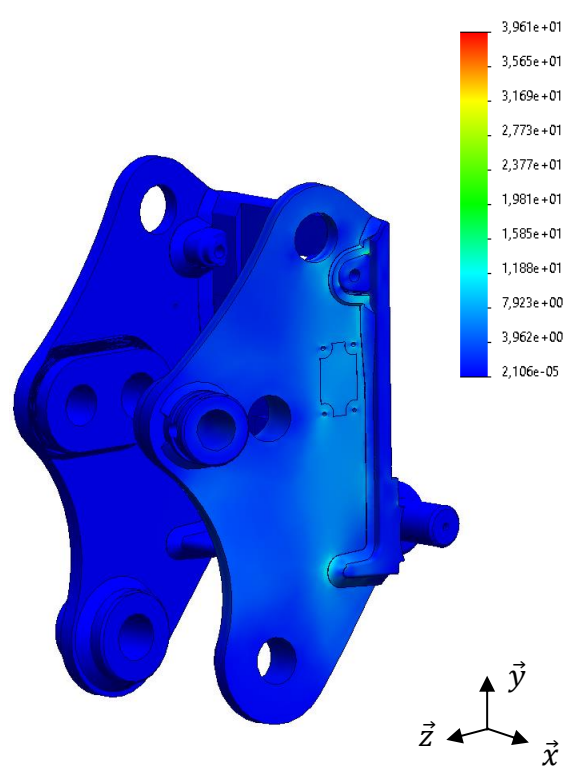
- Effort axial exercé par le foret

Résultats :

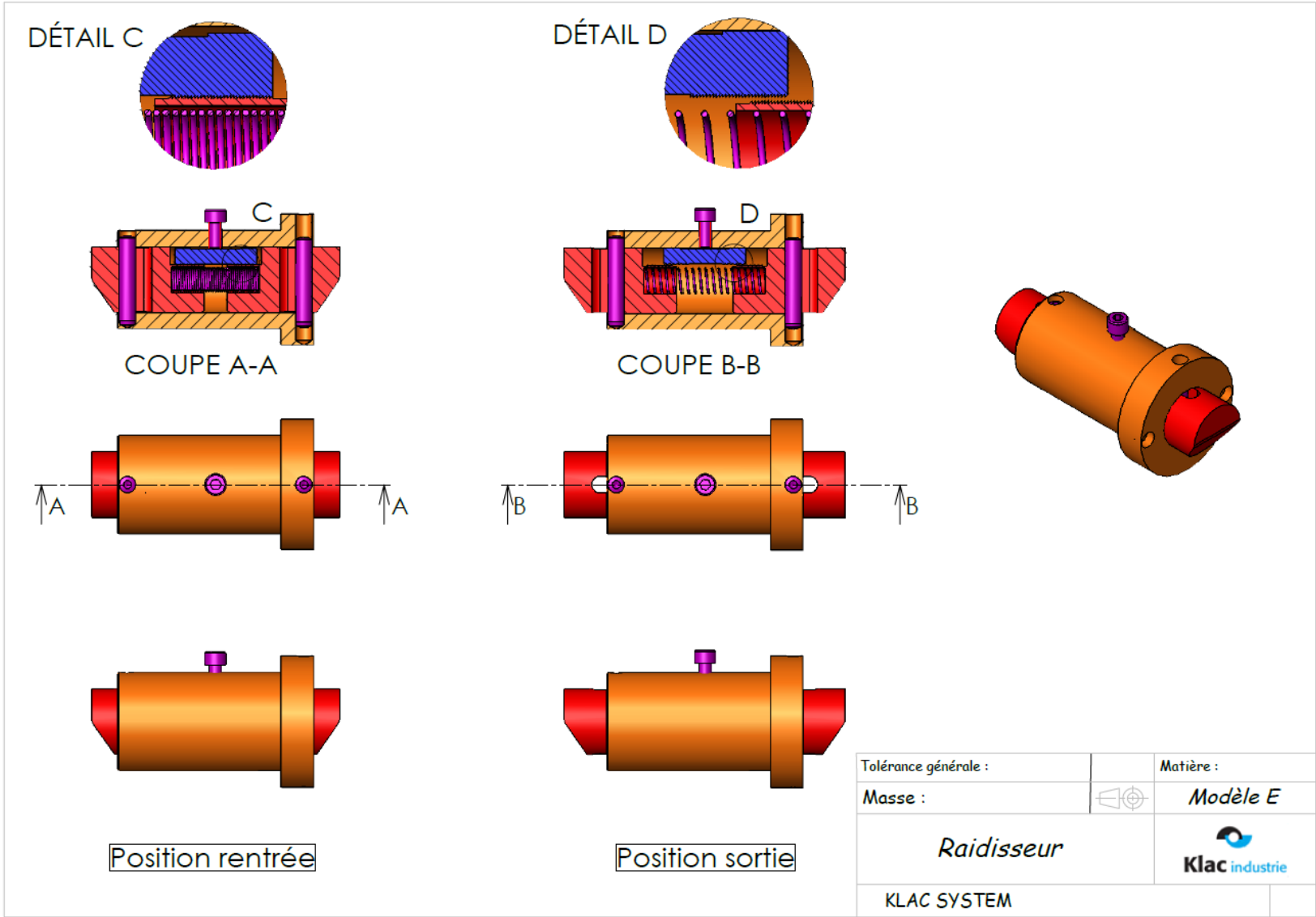
Déplacements résultants (mm) :



Contraintes de Von Mises (MPa) :

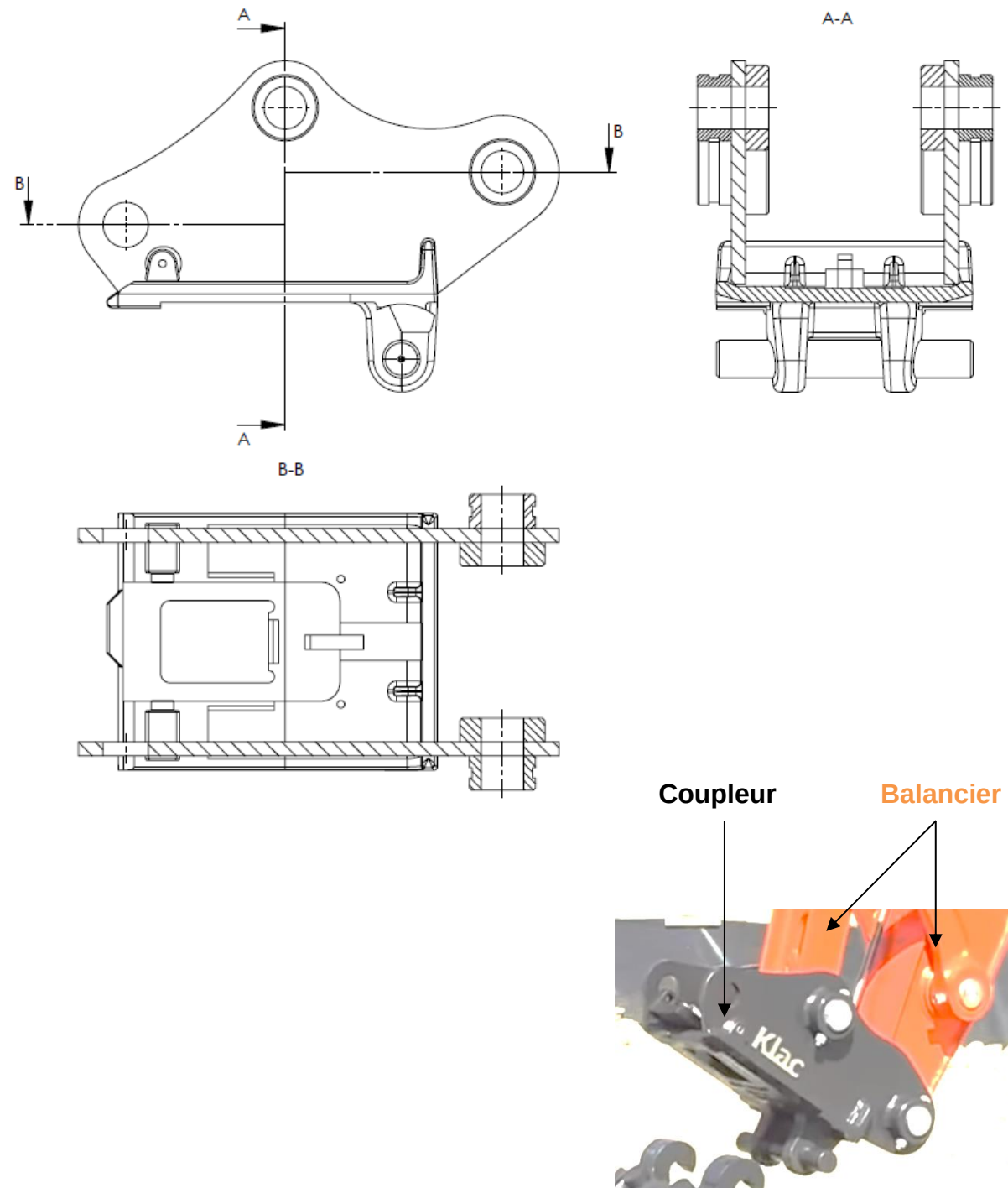


DT15 : Outillage de perçage

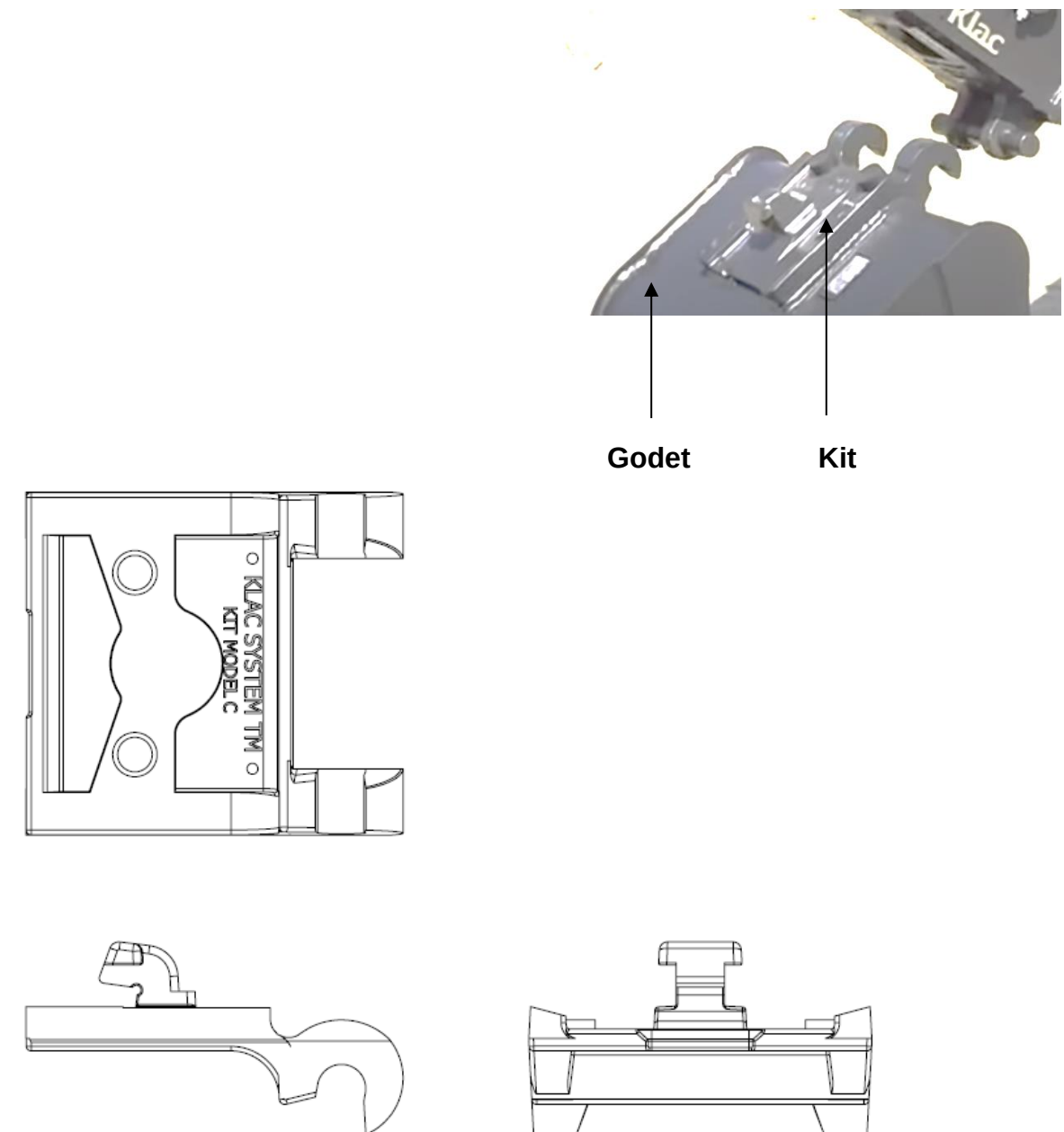


DR1 : Question 1.2 : Colorier ou surligner, sur les 3 vues, les surfaces du corps du coupleur et du kit permettant leurs liaisons respectivement avec le balancier et le godet.

Surfaces pour la liaison du corps du coupleur sur le balancier :



Surfaces de contact du kit sur le godet :



Modèle CCYC : ©DNE
NOM DE FAMILLE :

(en majuscules)

PRENOM :

(en majuscules)

N° candidat :

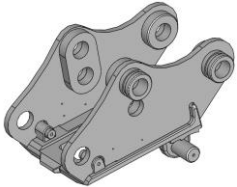
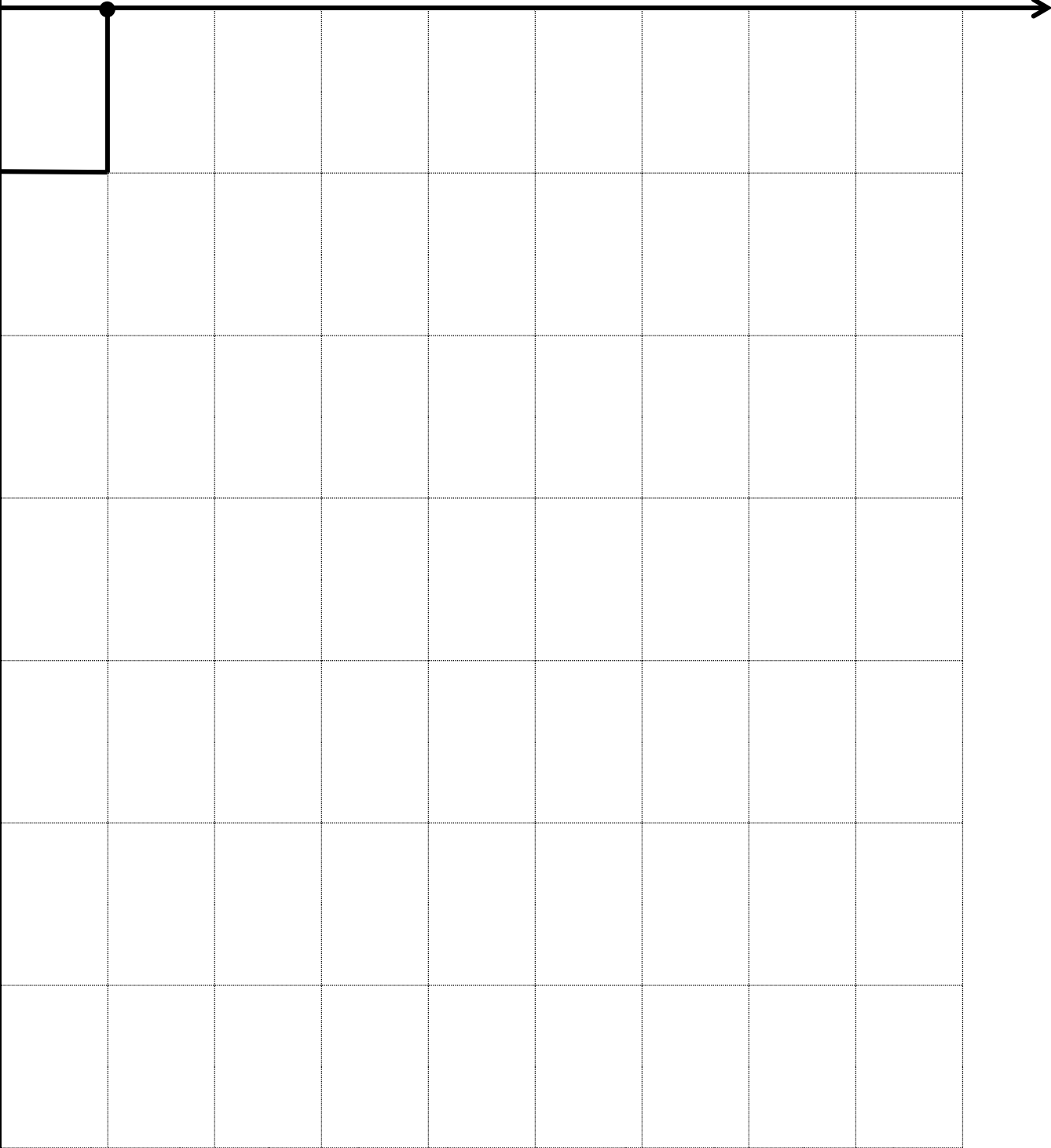
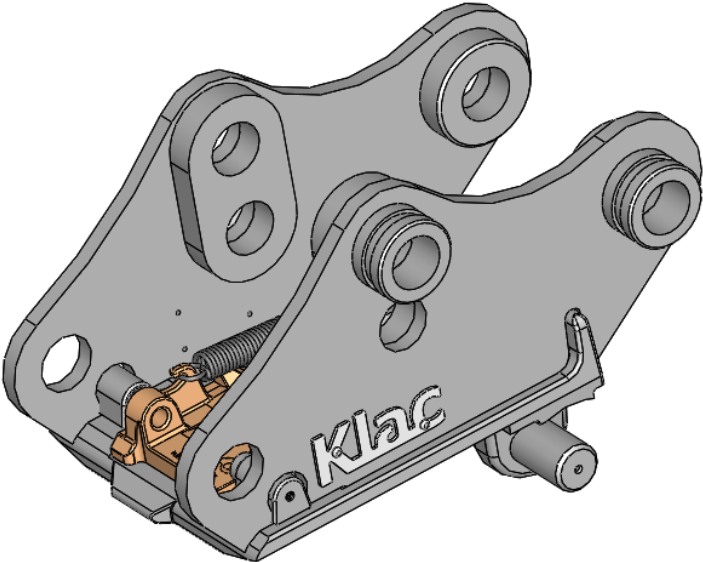
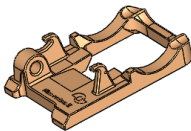
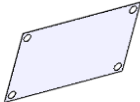
N° d'inscription :



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Corps Rep. 101 Nombre: 1			
Plaque de verrouillage Rep. 102 Nombre: 1			
Ressort Rep. 103 Nombre : 2			
Goupille Rep. 105 Nombre : 2			
Plaque signalétique Rep. 106 Nombre : 1			
Rivet Rep. 108 Nombre : 4			
Logo Rep. 107 Nombre : 1			
Rivet Rep. 108 Nombre : 2			

Modèle CCYC : ©DNE
NOM DE FAMILLE :

(en majuscules)

PRENOM :

(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

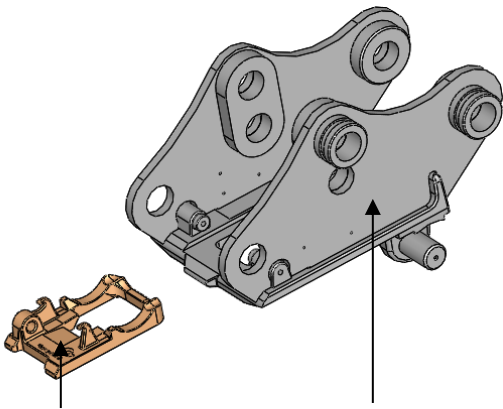
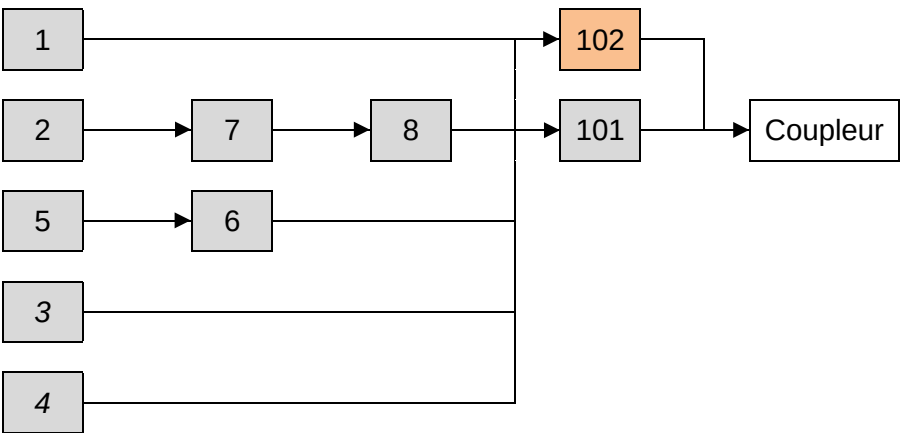
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

DR3 : Planification de la production du coupleur.

Temps :

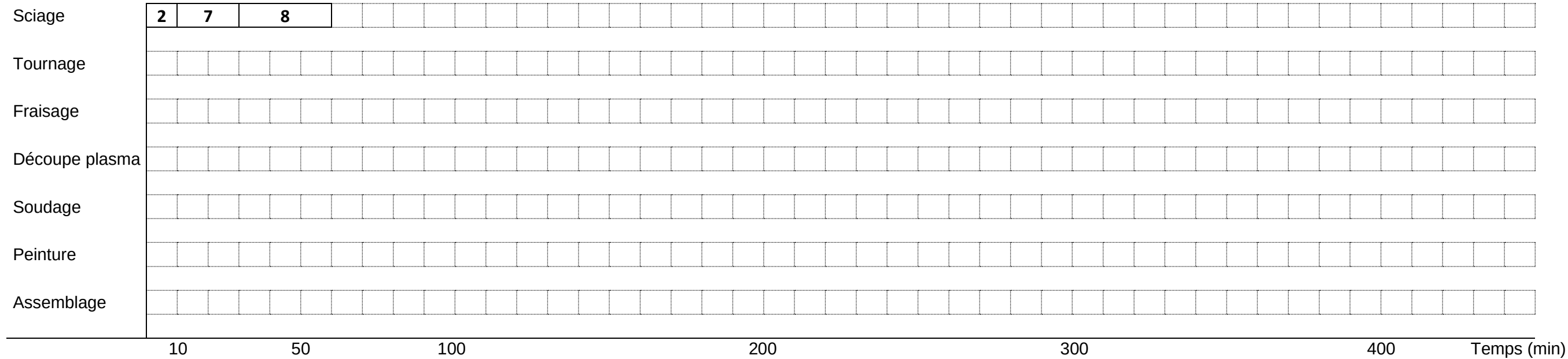
Rep. pièce	Désignation	Opération	Temps (min)
1	Support	Fraisage	60
2	Arbre traité	Sciage	10
		Tournage	30
3	Doigt de plaque	Sous-traité (supposé disponible)	
4	Porte-goupille	Sous-traité (supposé disponible)	
5	Oreilles	Découpe plasma	30
6	Bossages	Découpe plasma	30
7	Cylindres intérieurs	Sciage	20
		Tournage	60
8	Cylindres extérieurs	Sciage	30
		Tournage	90
101	Corps	Soudage	60
		Fraisage	60
		Peinture	30
102	Plaque de verrouillage	Fraisage	60
-	Coupleur	Assemblage (cf. DR2)	60

Ordonnancement :



Production du coupleur = Plaque de verrouillage (102) + Corps (101)

DR3 : Question 1.5 : Compléter le diagramme de Gantt avec un jalonnement au plus tôt.



DR3 : Question 1.5 : En déduire le temps de production du coupleur et conclure.

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE :
(en majuscules)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

PRENOM :
(en majuscules)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

N° candidat :

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

N° d'inscription :

--	--	--

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

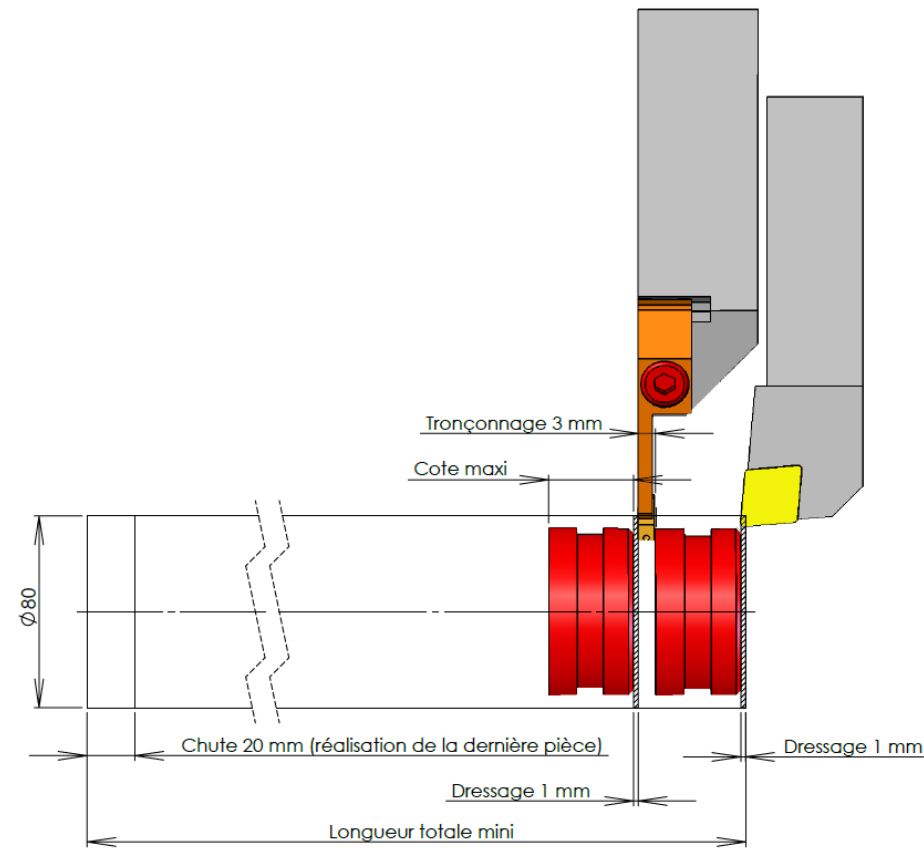


Né(e) le :

		/			/				
--	--	---	--	--	---	--	--	--	--

DR4 : Question 2.2 : Calculer la longueur totale minimale de la barre pour l'obtention des 15 pièces « cylindre extérieur ».

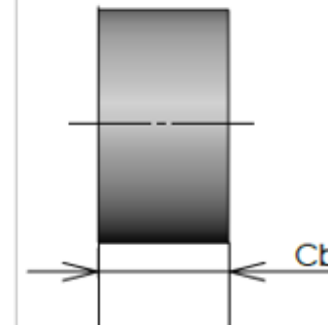
Calcul :



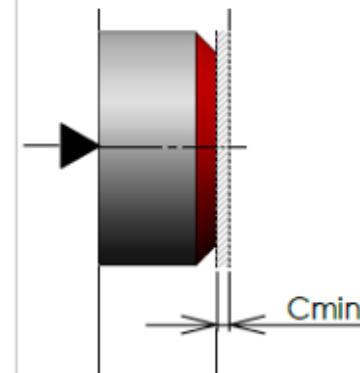
DR4 : Question 2.4 : Calculer le pourcentage du gain matière apporté par la solution la plus économique.

DR5 : Question 2.3 : Calculer la longueur du brut mini du cylindre extérieur.

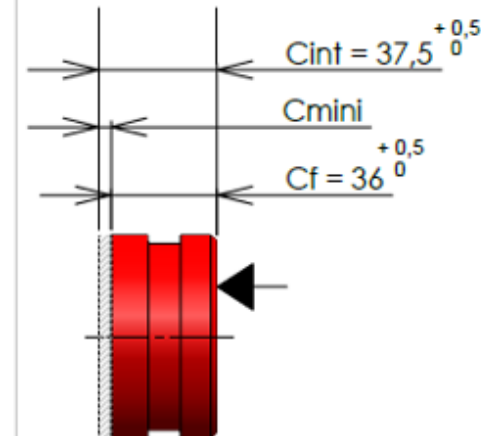
Phase 00 :
Sciage brut $\varnothing 80$ mm



Sous-phase 10A :
Tournage broche principale



Sous-phase 10B :
Tournage broche secondaire



Q2.3 : Calculer la longueur du brut Cb mini :

Données :

Copeau mini : $C_{mini} = 1$ mm

IT Sciage (Ph00) = 1 mm

IT Cote intermédiaire (Ph10A) = 0,5 mm

IT Cote fabriquée (Ph10B) = 0,5 mm

Masse : 0,1 kg

Matière : C35 $\varnothing 80$ mm



Modèle E

Cylindre Extérieur rep 8

KLAC SYSTEM



Modèle CCYC : ©DNE
NOM DE FAMILLE :

(en majuscules)

PRENOM :

(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Né(e) le :



Esquisse d'un mors dur sans les vis de fixation

Broche principale
Sous-phase 10A

Q2.5 : Représenter la mise en position isostatique (symbolisation de niveau 1 ou 1^{ère} partie de la norme) nécessaire à la sous-phase 10A.

Broche secondaire
Sous-phase 10B

Q2.6 : Dessiner une solution de porte-pièce pour la sous-phase 10B.

Q2.6 : Proposer une solution de porte-pièce pour la sous-phase 10B. Justifier cette solution d'après le dessin de définition de la pièce.

Cylindre Extérieur Rep. 8		
Matière : C35 Ø80		
Usinage sous-phases 10A et 10B Tour bi-broche Mazak		
KLAC SYSTEM		Modèle E

Modèle CCYC : ©DNE
NOM DE FAMILLE :

(en majuscules)

PRENOM :

(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Né(e) le :



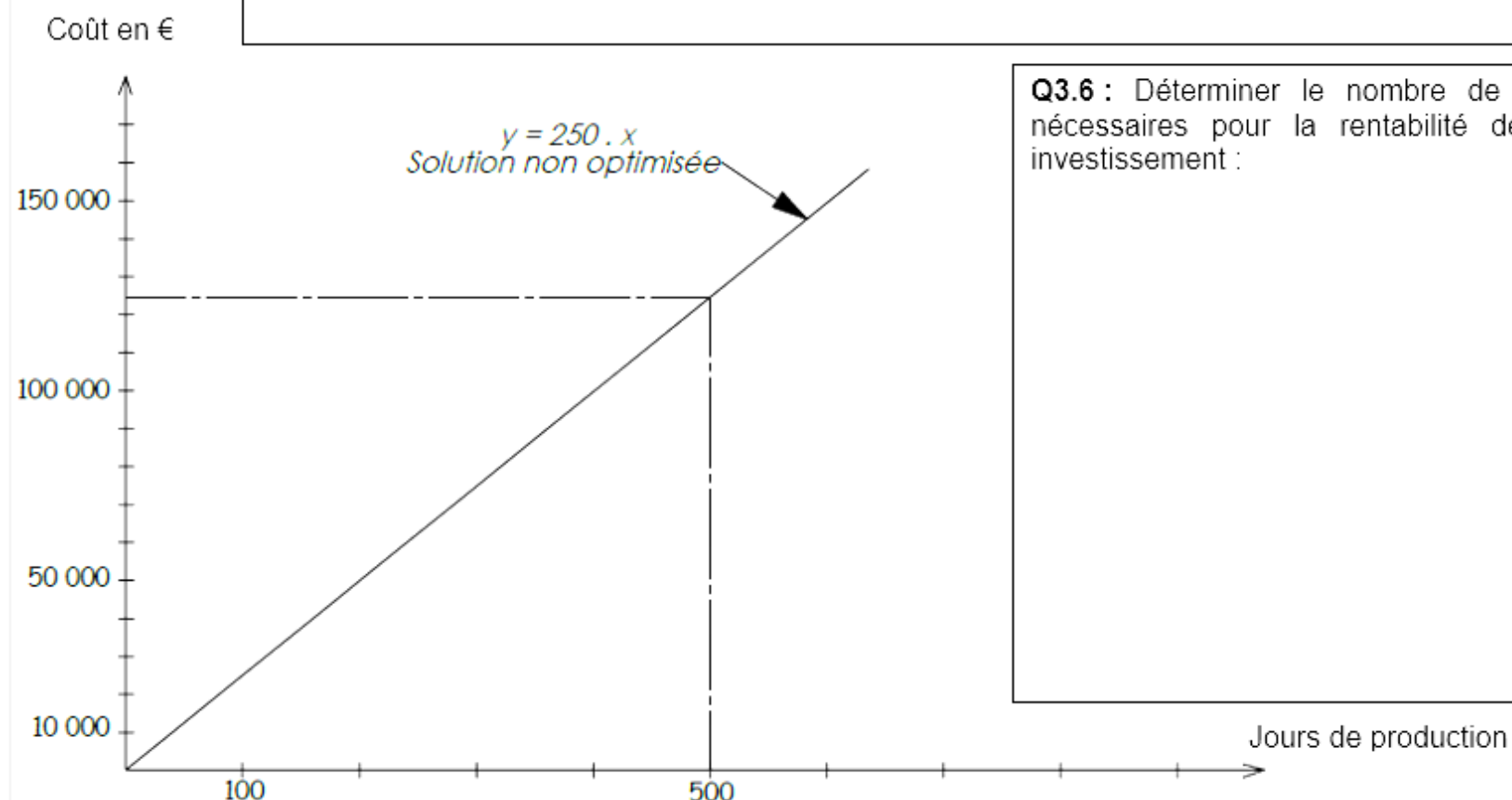
Q3.1 : Pour quelle raison commence-t-on par la découpe de tous les alésages Ø40 Eb avant les formes extérieures :

Q3.2 : Calculer le pourcentage de perte matière de la solution non optimisée :

Q3.3 : Indiquer la surface de la plaque nécessaire à la réalisation de 10 oreilles pour la solution optimisée :

Q3.4 : Calculer le pourcentage du gain matière apporté avec la solution optimisée :

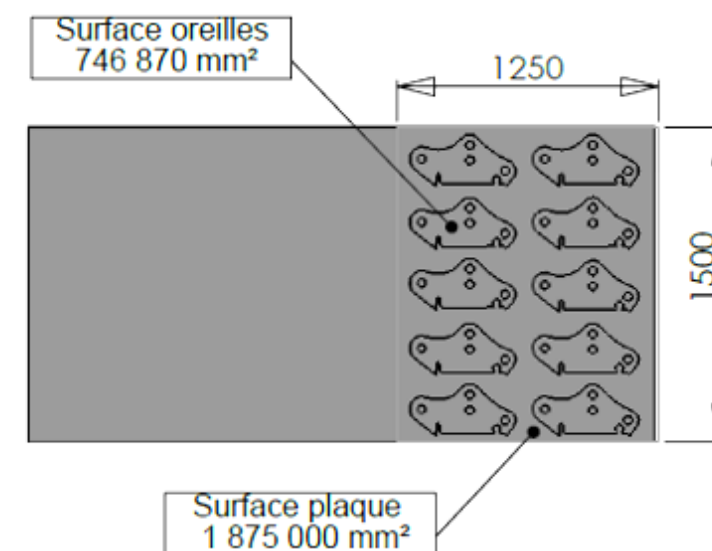
Q3.5 : Tracer, ci-dessous, la droite représentant l'évolution du coût en fonction du nombre de jours de production, pour la solution optimisée :



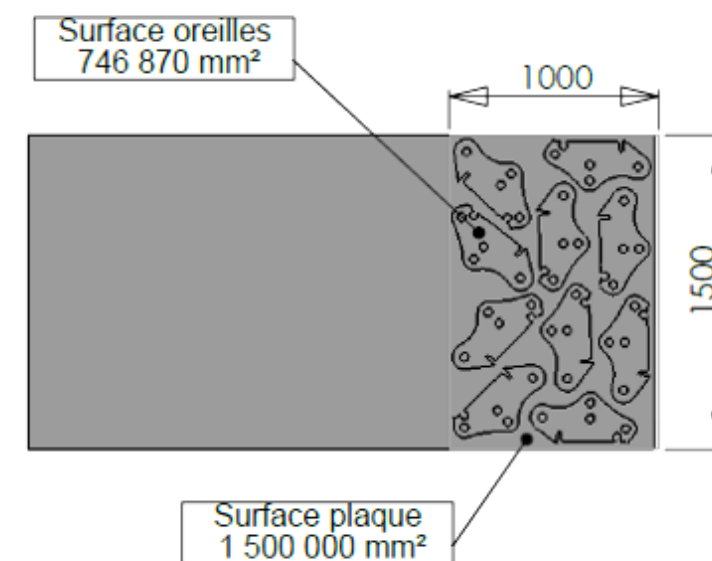
Q3.6 : Déterminer le nombre de jours nécessaires pour la rentabilité de cet investissement :

Q3.7 : Conclure sur l'intérêt de l'investissement du logiciel d'optimisation retenu :

Solution non optimisée
Coût moyen journalier matière première
découpée plasma 250€ / jour :



Solution optimisée
Coût acquisition logiciel 10 000€ :



Découpage plasma
des oreilles

KLAC SYSTEM

Klac industrie

Modèle E

Modèle CCYC : ©DNE
NOM DE FAMILLE :

(en majuscules)

PRENOM :

(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

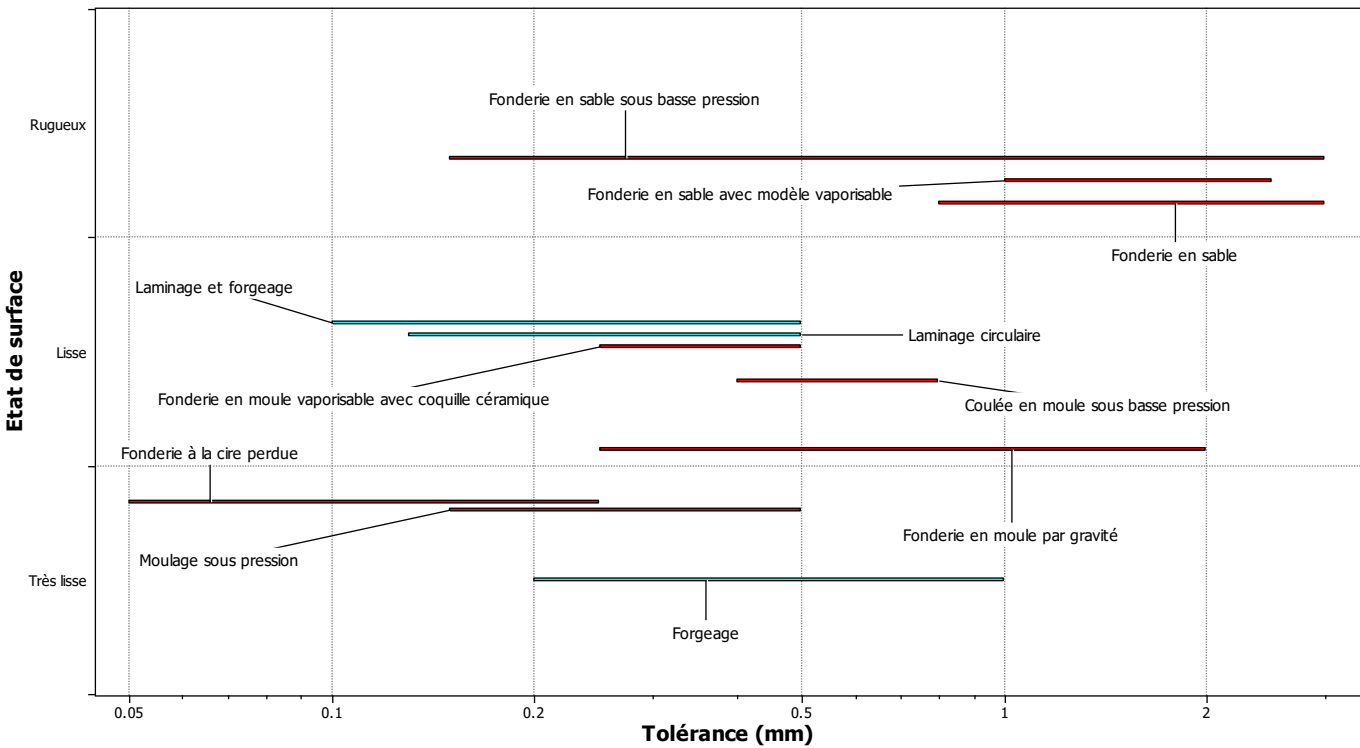
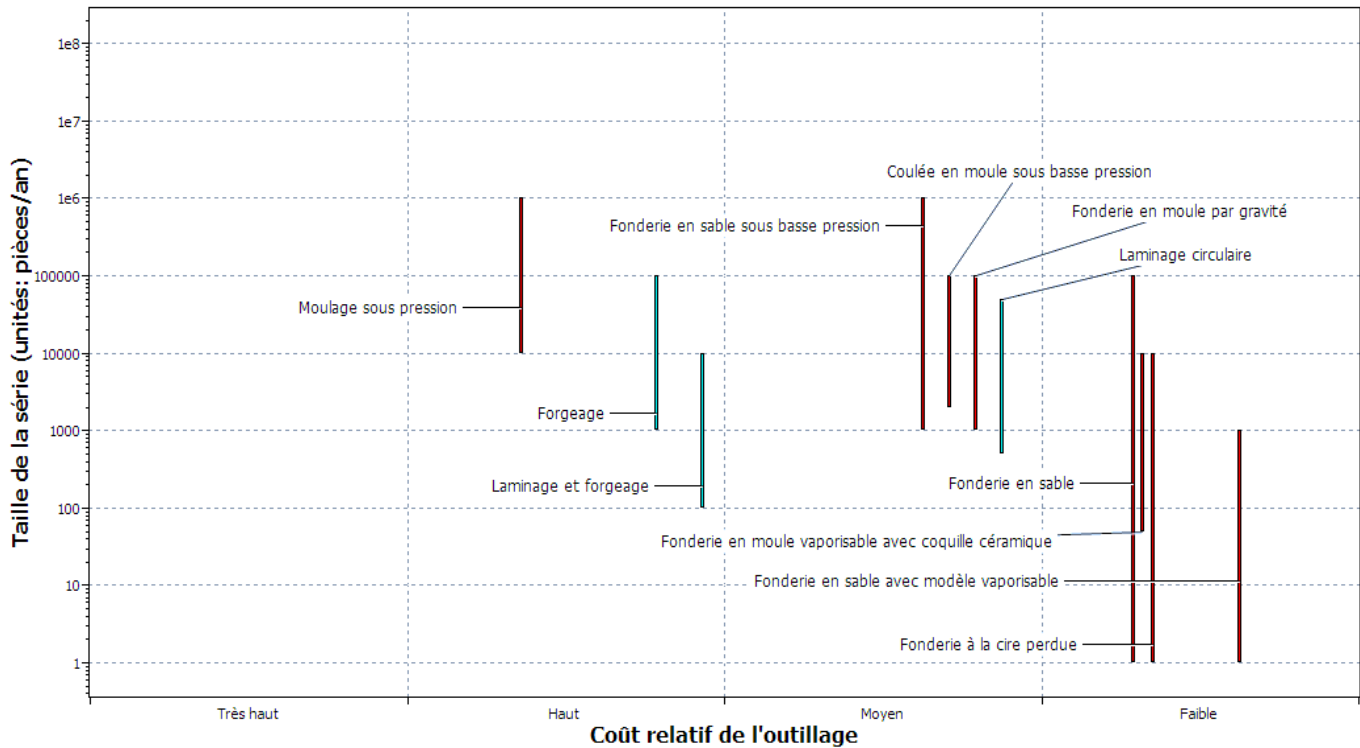


Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

DR8 : Question 4.1.1 : **Hachurer** les zones des graphiques qui correspondent aux procédés qui ne sont pas adaptés.



DR8 : Question 4.1.1 : **En déduire**, en justifiant, le procédé de fonderie le plus adapté.

Procédé de fonderie le plus adapté :

Justification :

Modèle CCYC : ©DNE
NOM DE FAMILLE :

(en majuscules)

PRENOM :

(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

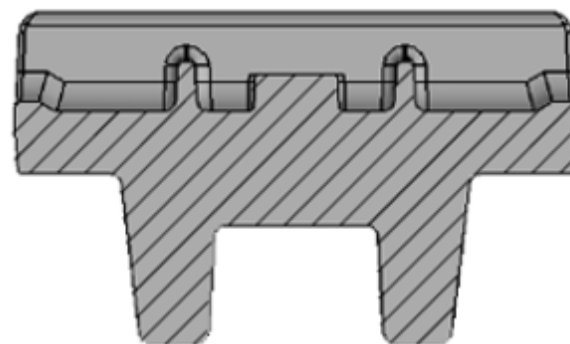
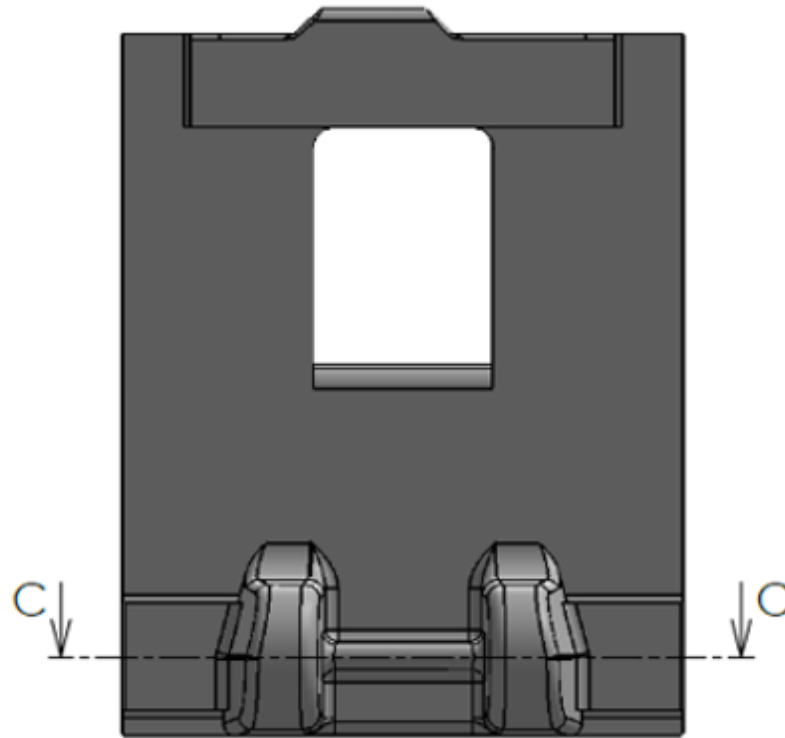


Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

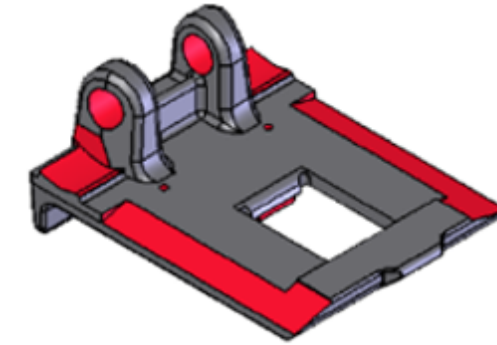
**Représentation du Support
brut, solution 2**



COUPE C-C

Q4.1.2 : Identifier, sur la vue en perspective, les alésages Ø40 F8 en traçant leurs axes respectifs.

**Représentation du Support
après usinage**



Q4.1.3 :

	Solution 1 : Fonderie noyautée	Solution 2 : Alésage totalement usiné
Coût de la pièce brute	50 €	
Surcoût d'usinage lié à l'ébauche des alésages Ø40 F8	0 €	2 €

En déduire la solution la plus économique à retenir.

Tolérance générale :

Masse : 5,0 kg

Matière :
Acier moulé G20 Mn6 V



Modèle E

Support rep 1



KLAC SYSTEM

Modèle CCYC : ©DNE
NOM DE FAMILLE :

(en majuscules)

PRENOM :

(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

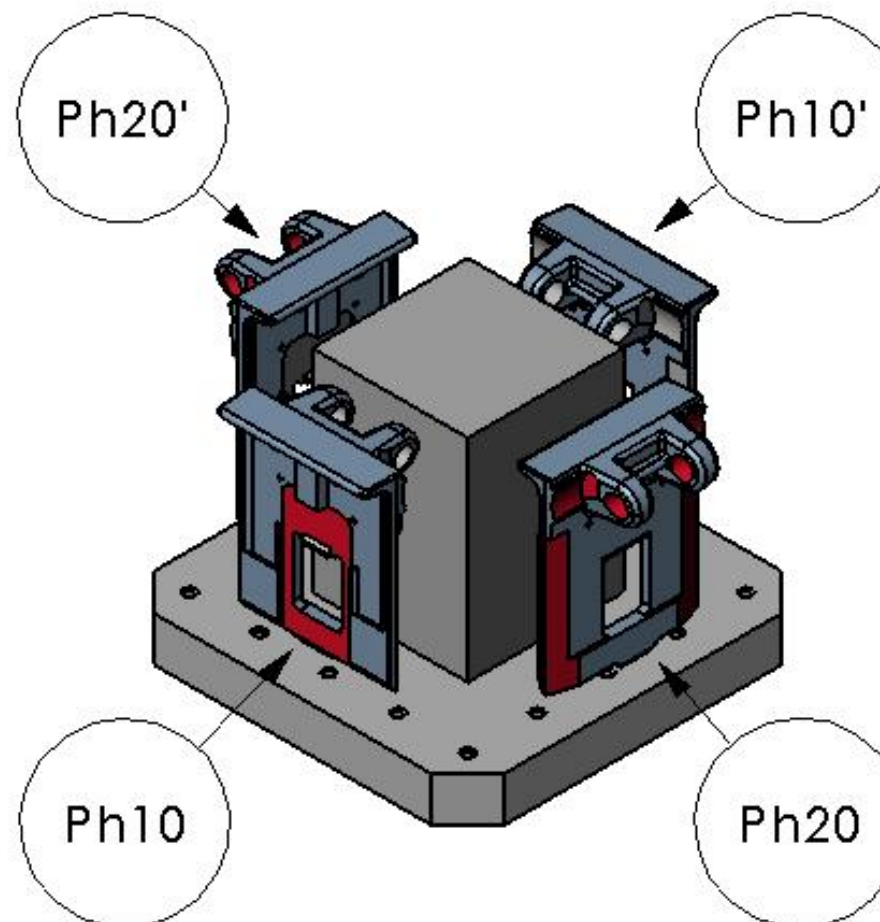
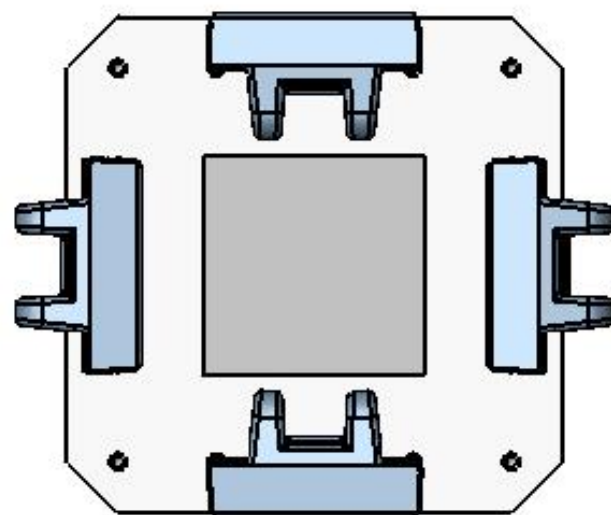
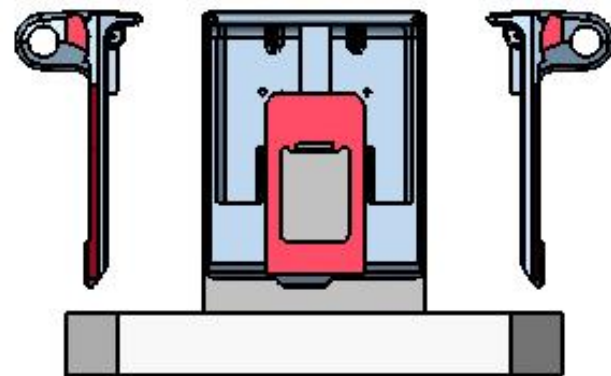
Né(e) le :



Q 4.2.1:

Q 4.2.1:

Processus Prévisionnel stratégie 1	N° Out	Rot Pal	Tps Chgt Out	Tps Rot Pal	Processus Prévisionnel stratégie 2	N° Outil	Rot Pal	Tps Chgt Out	Tps Rot Pal
Balayage de 1	T1	B0	6s	3s	Balayage de 1	T1	B0	6s	3s
Contourage de la pente 2	T2	B0	6s		Balayage de 1'	T1	B180		3s
Percage des trous 3 et 4	T3	B0			Contourage de la pente 2	T2	B180		
Contourage ébauche de 9 et 10	T4	B0			Contourage de la pente 2	T2	B0		
Ebauche de 11 et 12	T5	B0			Percage des trous 3' et 4'	T3	B0		
Contourage finition de 9 et 10	T6	B0			Percage des trous 3' et 4'	T3	B180		
Balayage de la pente 7	T7	B75			Contourage ébauche de 9' et 10'	T4	B180		
Percage des trous 6 et 5'	T8	B90			Contourage ébauche de 9 et 10	T4	B0		
Balayage de la pente 8	T7	B105			Ebauche de 11 et 12	T5	B0		
Balayage de 1'	T1	B180			Ebauche de 11' et 12'	T5	B180		
Contourage de la pente 2'	T2	B180			Contourage finition de 9' et 10'	T6	B180		
Percage des trous 3' et 4'	T3	B180			Contourage finition de 9 et 10	T6	B0		
Contourage ébauche de 9' et 10'	T4	B180			Balayage de la pente 7	T7	B75		
Ebauche de 11' et 12'	T5	B180			Balayage de la pente 8	T7	B105		
Contourage finition de 9' et 10'	T6	B180			Balayage de la pente 7'	T7	B255		
Alésage finition 11', 11, 12 et 12'	T9	B180			Balayage de la pente 8'	T7	B285		
Balayage de la pente 7'	T7	B255			Percage des trous 5 et 6'	T8	B270		
Percage des trous 5 et 6'	T8	B270			Percage des trous 6 et 5'	T8	B90		
Balayage de la pente 8'	T7	B285			Alésage finition 11', 11, 12 et 12'	T9	B180		



Q 4.2.2 : Calculer, pour chaque stratégie, le temps total des changements d'outils et de rotations palette.

Stratégie1 :

Stratégie2 :

Q 4.2.3 : Conclure sur la stratégie d'usinage optimale à retenir.

Tolérance générale :

Masse : 5,0 kg

Matière :
Acier moulé 620 Mn6 V



Modèle E

Support rep 1



KLAC SYSTEM

Modèle CCYC : ©DNE
NOM DE FAMILLE :

(en majuscules)

PRENOM :

(en majuscules)

N° candidat :

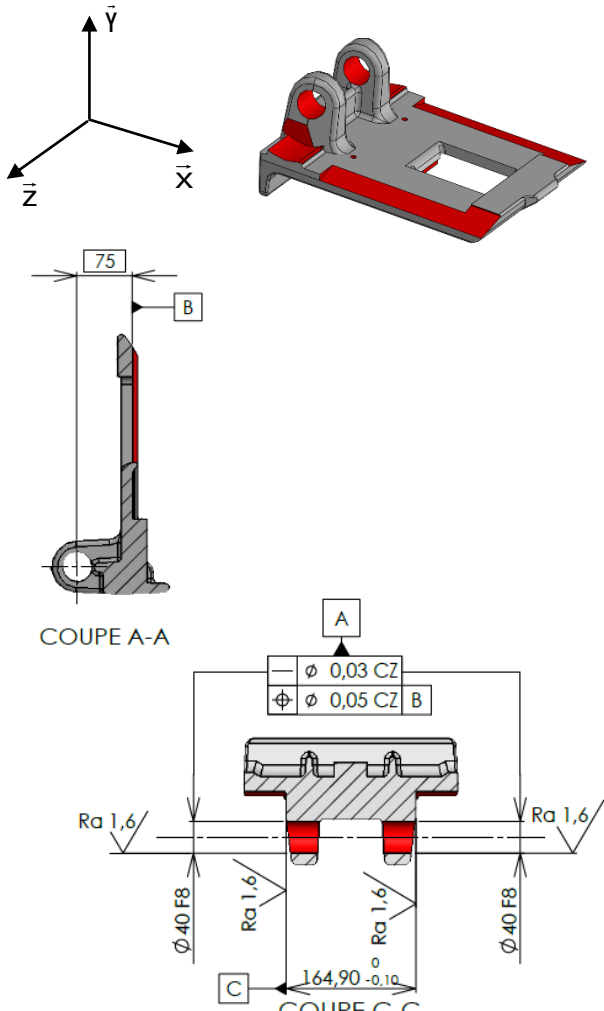
N° d'inscription :



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

TOLÉRANCEMENT NORMALISÉ	Analyse d'une spécification par zone de tolérance				
Symbole de la spécification :	Éléments non Idéaux		Éléments Idéaux		
Type de spécification Forme Position Orientation Battement	Élément(s) tolérancé(s)	Élément(s) de référence	Référence(s) spécifiée(s)	Zone de tolérance	
Condition de conformité : L'élément tolérancé doit se situer tout entier dans la zone de tolérance.	unique groupe	unique multiples	simple commune système	simple composée	Contraintes orientation et position par rapport à la référence spécifiée
Schéma Extrait du dessin de définition  The technical drawing includes a 3D perspective view of a mechanical part with a coordinate system (X, Y, Z). Below it is a side view with a dimension of 75 and a feature labeled B. A section view labeled 'COUPE A-A' shows a cross-section of the part. Another section view labeled 'COUPE C-C' shows a cross-section with dimensions: Ra 1,6, Ø 40 F8, Ra 1,6, Ra 1,6, Ø 40 F8, and a hole with dimensions 164,90 ±0,10. Tolerances are specified for features A and B: A has a circular runout tolerance of 0,03 CZ and a circular position tolerance of 0,05 CZ B. Feature C has a circular runout tolerance of 0,05 CZ B.					

Q4.2.4 : Conclure sur le risque de non-conformité de la spécification.

	Ø 0,05 CZ	B
---	-----------	---

Modèle CCYC : ©DNE
NOM DE FAMILLE :

(en majuscules)

PRENOM :

(en majuscules)

N° candidat :

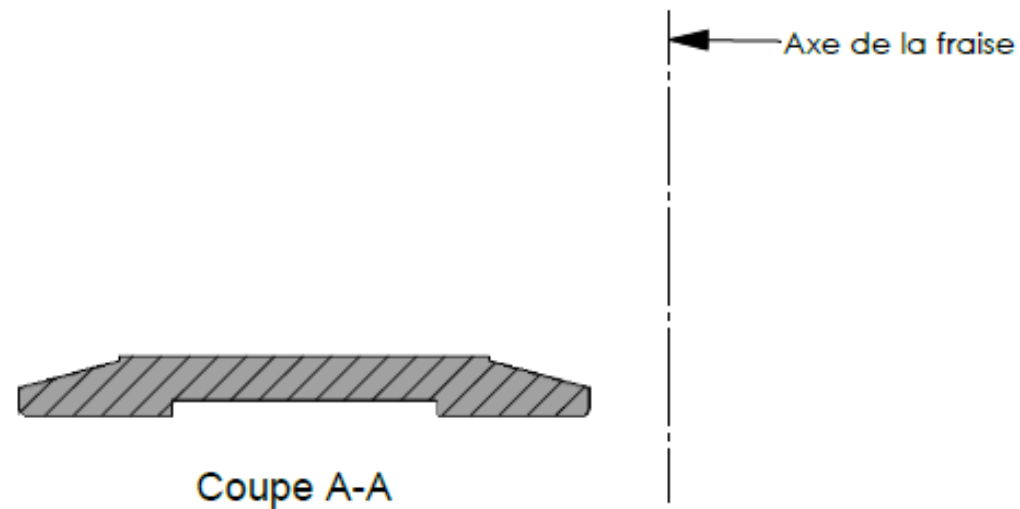
N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

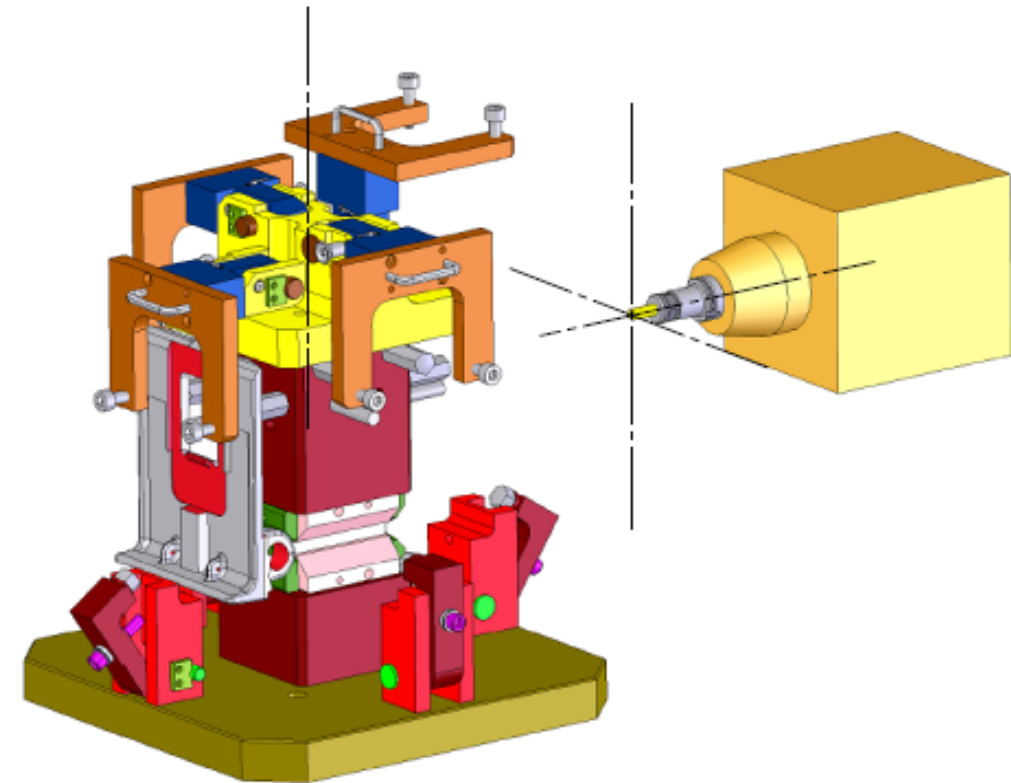
Né(e) le :



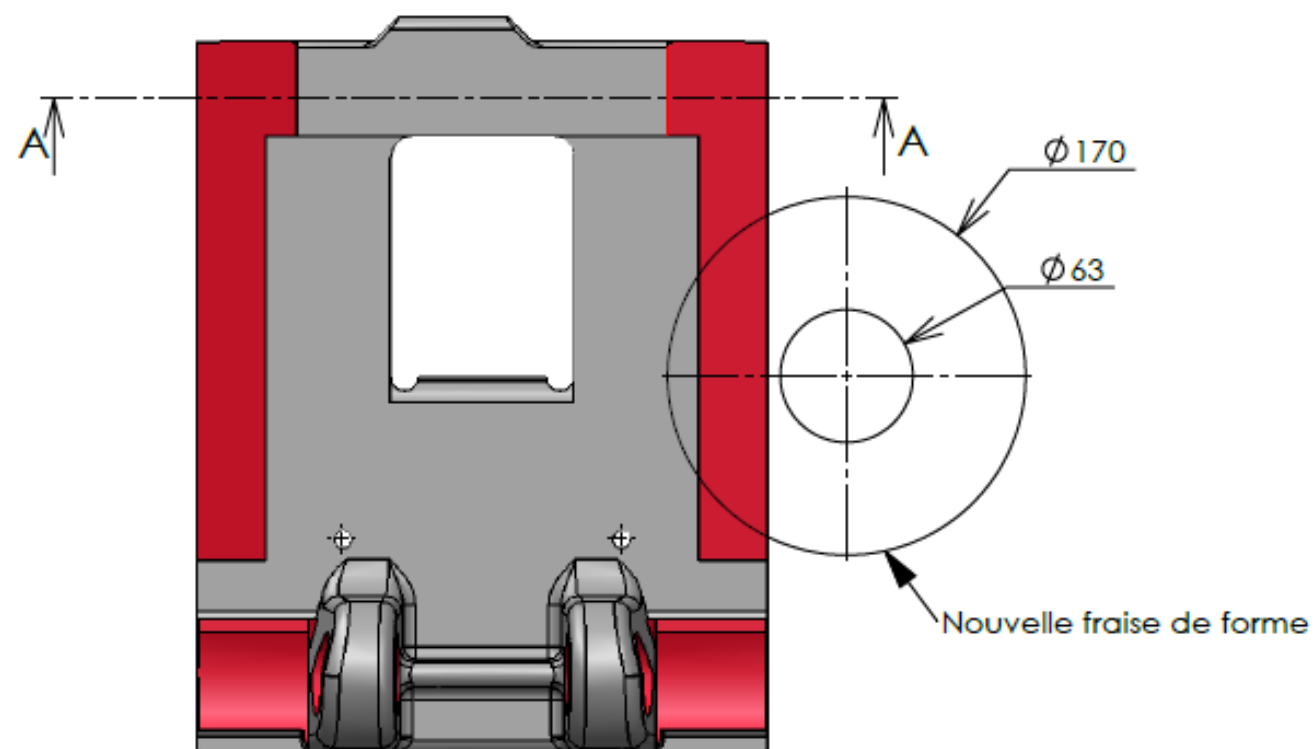
Q4.2.6 : Esquisser la fraise de forme.



Q4.2.5 : Indiquer, en les nommant, les axes machine.



Q4.2.7 : Esquisser la forme dérogée.



Tolérance générale :	Matière : Acier moulé G20 Mn6 V
Masse : 5,0 kg	Modèle E
Support rep 1	
KLAC SYSTEM	
	

Modèle CCYC : ©DNE
NOM DE FAMILLE :

(en majuscules)

PRENOM :

(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

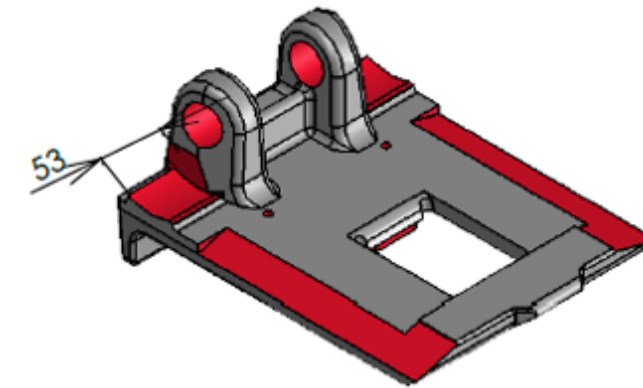


Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

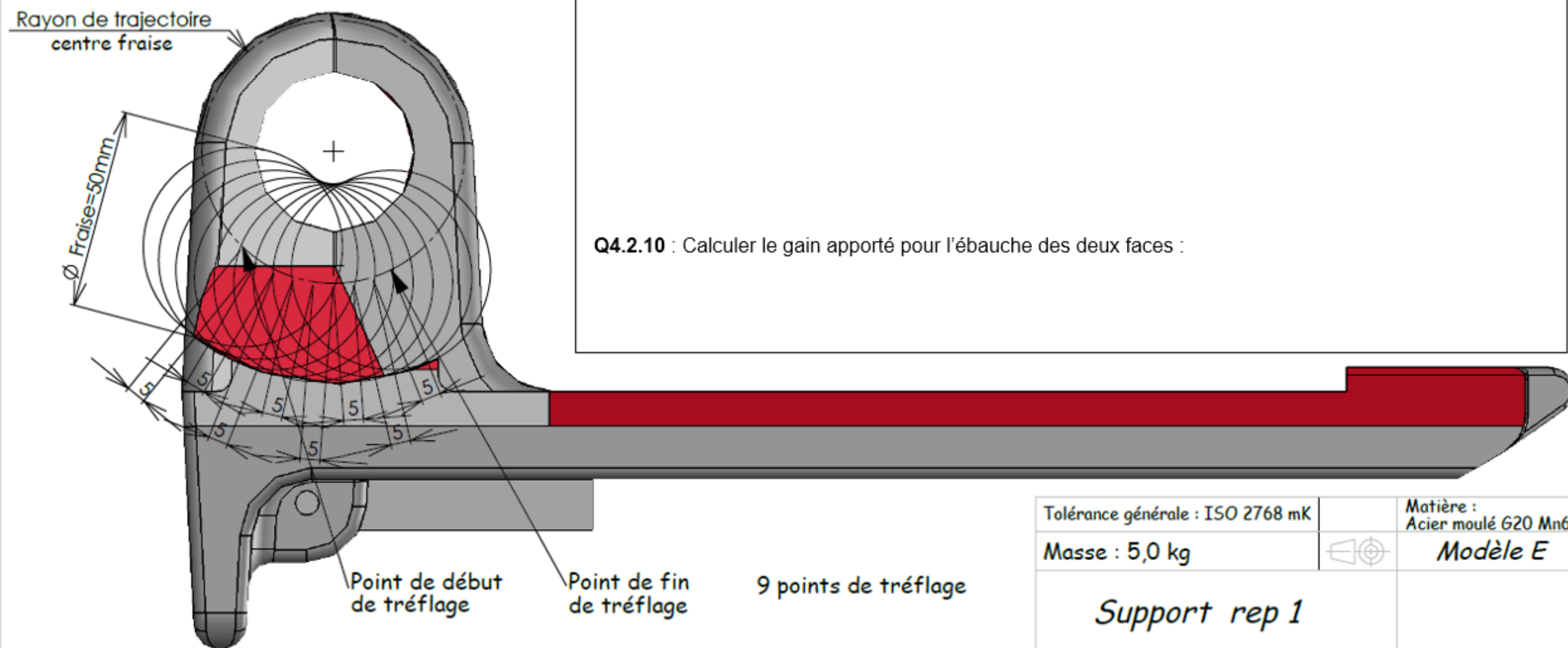
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Q4.2.8 : Déterminer l'avance maximale par tour par dent de la fraise, en tréflage :



Q4.2.9 : Calculer le temps de réalisation de cette opération pour un coté :

Q4.2.10 : Calculer le gain apporté pour l'ébauche des deux faces :



Tolérance générale : ISO 2768 mK	Matière : Acier moulé 620 Mn6 V
Masse : 5,0 kg	Modèle E
Support rep 1	
KLAC SYSTEM	

Modèle CCYC : ©DNE
NOM DE FAMILLE :

(en majuscules)

PRENOM :

(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)