

**BREVET de TECHNICIEN SUPÉRIEUR**  
**Conception des processus de réalisation de produits**

**Épreuve E4 – CONCEPTION PRÉLIMINAIRE**

**SESSION 2024**

Coefficient 6 – Durée 6 heures

**Matériel autorisé :**

Aucun document autorisé

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.

L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collègue » est autorisé.

- **Sujet** (*mise en situation et questions à traiter par le candidat*) ..... pages 2 à 14
- **Documents techniques** ..... pages 15 à 36
- **Documents réponses** ..... pages 37 à 45

**Le sujet comporte 4 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 38 à 45) seront à rendre même s'ils n'ont pas été utilisés.**

BTS Conception des Processus de Réalisation de Produits CPRP a et b		Session 2024
Épreuve E4 : Conception préliminaire	Code : 24CCE4COP	Page 1 sur 45

# BREVET de TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## Conception des processus de réalisation de produits

### Épreuve E4 – CONCEPTION PRÉLIMINAIRE

**SESSION 2024**

Coefficient 6 – Durée 6 heures

## SUJET

- Présentation du support (temps de lecture : 0h30) Pages 3 et 4
- Partie 1 (temps conseillé : 1h00) Pages 5 et 6
- Partie 2 (temps conseillé : 1h00) Pages 7 et 8
- Partie 3 (temps conseillé : 3h00) Pages 9 à 12
- Partie 4 (temps conseillé : 0h30) Pages 13 et 14

Le sujet comporte 4 parties indépendantes qui peuvent être traitées dans un ordre indifférent.

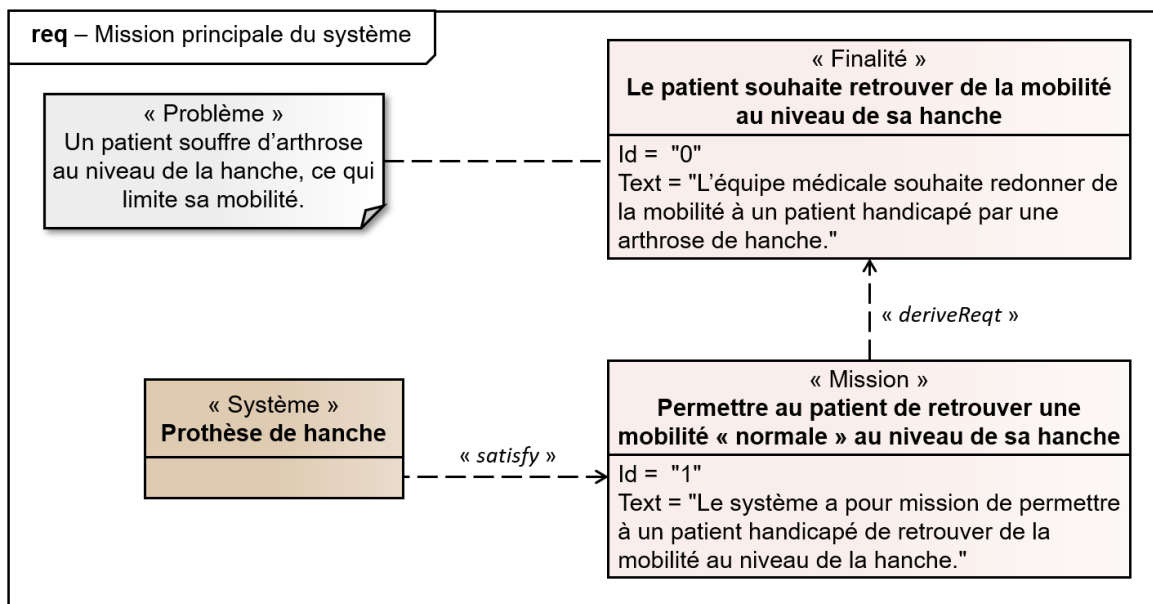
BTS Conception des Processus de Réalisation de Produits CPRP a et b		Session 2024
Épreuve E4 : Conception préliminaire	Code : 24CCE4COP	Page 2 sur 45

# Prothèse de hanche

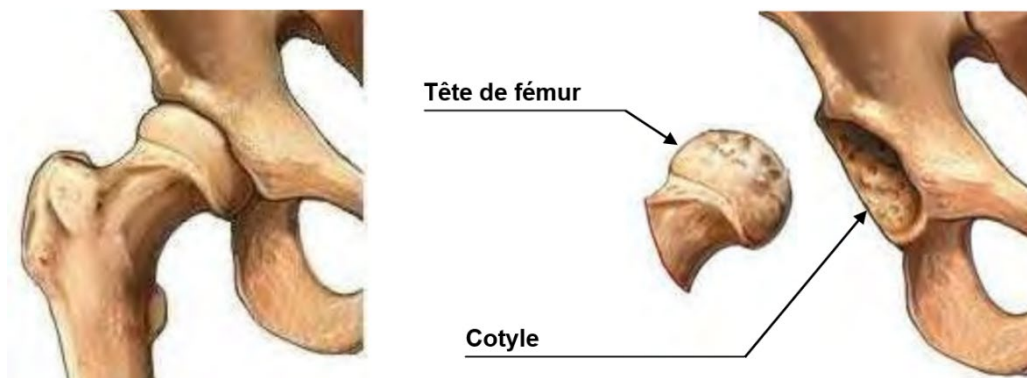
Le support de cette épreuve est une prothèse de hanche conçue et réalisée par l'entreprise Lisi Medical spécialisée dans la fabrication de dispositifs médicaux (implants et instruments) en lien avec la chirurgie osseuse et les technologies chirurgicales avancées.



Voici un diagramme qui présente la mission à laquelle répond la prothèse de hanche :



Une hanche osseuse est composée de deux parties : la tête de fémur de forme sphérique et le cotyle qui est la cavité du bassin dans laquelle la tête de fémur s'emboîte et s'articule.

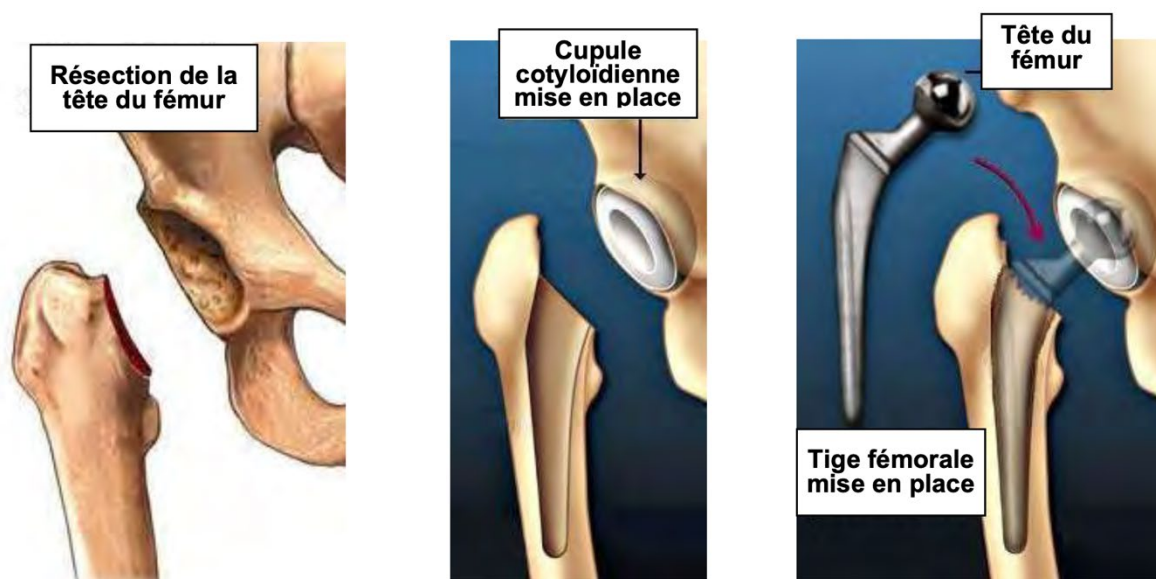


Les mouvements entre ces deux parties se font par glissement, favorisés par le cartilage qui recouvre les surfaces osseuses. Toutefois, cette articulation, qui supporte le poids du corps, subit des pressions importantes, ce qui engendre une usure du cartilage : cette usure se nomme l'arthrose.

C'est un phénomène naturel et irréversible lié notamment à l'âge, mais qui survient aujourd'hui de plus en plus tôt, notamment du fait d'une augmentation du poids moyen de la population.

La solution consiste à remplacer cette articulation lors d'une intervention chirurgicale par un implant appelé prothèse de hanche, dont la taille est adaptée à la morphologie du patient.

Après résection de la tête du fémur, le chirurgien insère la cupule cotyloïdienne dans la partie creuse du bassin (le cotyle) et la tige fémorale est ensuite implantée en partie supérieure du fémur. Cette tige comporte une sphère : la tête de fémur (aussi appelée tête fémorale).



Le DT1 présente le plan d'ensemble de la prothèse. L'étude porte sur la tige fémorale de taille 5 dont le processus prévisionnel est détaillé sur le document technique DT2 et le dessin de définition est présenté sur le document technique DT3. La cadence de production de cette taille est de 5 000 pièces par mois.

Les différentes morphologies des patients nécessitent des tailles de prothèse adaptées. Le tableau ci-dessous détaille les dimensions qui varient d'une taille à l'autre.

12	78.181	17.577	21.031	58.039	54.712	16.459	19.050	24.435	41.554	32.639	1.524	7.137	7.214	138.862	40.005	126.213
11	76.276	17.577	20.218	56.540	54.229	16.662	18.923	23.089	39.853	32.639	1.524	7.137	7.214	136.144	40.005	123.165
10	71.730	15.773	19.406	52.553	53.391	16.358	18.440	21.438	37.541	30.836	1.524	7.137	7.214	133.502	37.008	120.142
9	69.748	15.773	18.593	51.054	52.299	16.612	17.882	20.244	35.839	30.836	1.524	7.137	7.214	130.810	37.008	117.094
8	67.666	15.773	17.780	49.505	50.851	16.840	17.221	19.228	34.011	30.836	1.524	7.137	7.214	128.143	37.008	114.046
7	62.840	15.519	16.967	45.339	49.073	16.485	16.205	16.307	32.766	30.607	1.524	7.137	7.214	125.451	35.001	110.998
6	60.757	15.545	16.154	43.866	27.559	16.739	15.646	16.637	29.718	30.582	1.524	7.137	7.214	122.758	35.001	107.975
5	58.623	15.519	15.342	42.342	44.526	16.993	14.986	15.646	27.838	30.582	1.524	7.137	7.214	119.837	35.001	104.902
4	53.797	11.430	14.529	38.481	41.275	16.688	14.122	14.656	26.924	25.984	1.524	7.137	7.214	117.348	29.997	101.854
3	51.562	11.938	13.716	36.957	37.694	21.844	13.132	13.259	20.320	25.984	1.524	7.137	7.214	113.690	29.997	98.831
2	47.219	10.185	12.903	33.503	33.731	21.844	12.065	12.217	17.780	23.724	1.143	6.756	6.833	110.490	27.000	95.783
1	44.907	10.693	12.090	32.004	29.489	21.844	10.922	11.278	14.986	23.724	1.143	6.756	6.833	107.315	27.000	92.761
Taille	A1	B1	C5	D	DT1	DT2	DT3	DT4	DT5	E	F	H	J	K	HC	SL

Les problématiques de ce sujet traitent particulièrement des étapes « 40 - Première frappe » et « 130 - Usinage du cône et du perçage ».

# Partie 1 : Le cahier des charges est-il respecté du point de vue réglementaire, économique et environnemental ?

## Partie 1.1 : Étude du respect de la réglementation

Pour les dispositifs qui sont invasifs et entrent en contact direct avec le corps humain, le comité d'évaluation des risques de l'agence européenne des produits chimiques a récemment révisé la classification du cobalt métallique.

Ce dernier est à présent classé comme une substance cancérigène 1B. La nouvelle réglementation précise notamment que sa concentration ne doit pas dépasser 0,1 %.

Question 1.1.1 D'après le DT4, **relever** l'exigence fonctionnelle qui contraint le choix du matériau d'un point de vue de la réglementation.

DT4  
Feuille de copie

Question 1.1.2 **Relever** le matériau utilisé pour la tige. **Détailler** cette désignation en précisant la nature et les proportions des matériaux constituant cet alliage.

DT3 et DT7  
Feuille de copie

Question 1.1.3 **Conclure** quant au respect de la réglementation au regard du matériau de la tige.

DT7  
Feuille de copie

## Partie 1.2 : Étude du respect de l'exigence économique

Le service achat de Lisi Medical a pour objectif de maîtriser le prix d'un lopin. Celui-ci ne doit pas dépasser 15 € pièce.

Question 1.2.1 **Calculer** sur le DR1 le volume d'un lopin de diamètre 20 mm et de longueur 195 mm.

DR1

Question 1.2.2 **Calculer** sur le DR1 la masse d'un lopin.

DT7 et DR1

Question 1.2.3 **Calculer** sur le DR1 le coût d'un lopin en utilisant un prix du titane de 44,65 €·kg<sup>-1</sup>.

DR1

Question 1.2.4 **Conclure** sur le DR1 quant au respect du cahier des charges.

DR1

## Partie 1.3 : Étude de la consommation énergétique de la chauffe d'un lopin

Suite à l'augmentation du coût de l'énergie, Lisi Medical souhaite revoir son procédé de chauffe des lopins. Ils doivent être mi-chauds avant d'être frappés à la presse.

Question 1.3.1 À l'aide du DT7, **estimer** le temps de chauffe pour qu'un lopin atteigne les 900 °C.

DT7  
Feuille de copie

Aujourd'hui, pour chauffer ses lopins, Lisi Medical utilise un four électrique qui consomme une énergie de 13,2 kW·h et qui chauffe 30 lopins en 1 heure. Elle souhaite engager une réflexion pour savoir si l'investissement dans un four à induction est rentable.

BTS Conception des Processus de Réalisation de Produits CPRP a et b	Session 2024
Épreuve E4 : Conception préliminaire	Code : 24CCE4COP Page 5 sur 45

Question 1.3.2 **Calculer** sur le DR2 la consommation énergétique pour chauffer 5 000  
DR2 lopins avec le four électrique.

Le four à induction quant à lui peut chauffer 120 lopins en 1 heure et peut consommer une énergie maximale de 25 kW·h.

Question 1.3.3 **Calculer** sur le DR2 la consommation énergétique du four à induction sachant  
DR2 qu'il n'utilise que 40 % de sa puissance maximale pour réaliser cette opération de chauffe.

Question 1.3.4 **En déduire** sur le DR2 le gain énergétique en pourcentage par rapport au four  
DT4 et DR2 électrique. **Conclure** au regard de l'exigence du cahier des charges du DT4.

Question 1.3.5 **Déterminer** l'équation de l'évolution du coût d'utilisation du four électrique en  
DR3 fonction du nombre de pièces pour un prix du kW·h de 0,2276 €. **Tracer** la  
Feuille de copie droite associée sur le DR3.

Question 1.3.6 **Déterminer** l'équation d'évolution du coût d'utilisation du four à induction en  
DR3 fonction du nombre de pièces en tenant compte de l'investissement initial de  
Feuille de copie 200 000 €. **Tracer** la droite associée sur le DR3.

Question 1.3.7 **Déterminer** graphiquement le seuil de rentabilité du four à induction.  
DR3

## Partie 2 : L'organisation du secteur forge assure-t-elle la continuité de la production ?

### Partie 2.1 : Étude de la cadence de frappe

Grâce à son histoire, Lisi Medical possède une grande expérience dans la forge pour obtenir les tiges. Pour ce nouveau produit, elle souhaite valider son choix de machine de formage et déterminer une cadence de frappe. L'ingénieur forge a déterminé les besoins pour frapper une pièce : il faut une capacité de 6 000 kN et une vitesse de déplacement de  $700 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ .

- Question 2.1.1    En exploitant le DT8, **choisir**, en le justifiant, la machine de formage la plus adaptée à la fabrication des tiges.  
DT8  
Feuille de copie
- Question 2.1.2    En prenant une vitesse de déplacement de  $700 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ , **calculer** le temps de déplacement  $t_d$  de la presse (descente et montée) pour frapper une tige fémorale sachant que la course de descente est de 350 mm.  
Feuille de copie
- Question 2.1.3    À l'aide du DT9, **calculer** le temps de frappe d'une tige. **En déduire** le nombre de tiges fabriquées par tranche de 7 heures.  
DT9  
Feuille de copie
- Question 2.1.4    **Vérifier** si la cadence imposée dans le cahier des charges peut être respectée en considérant un temps de travail de 7 heures par jour, 20 jours par mois.  
DT4  
Feuille de copie

### Partie 2.2 : Étude de la durée de vie des matrices

Pour forger les tiges, des matrices sont nécessaires (DT10). Aussi, il convient d'estimer la durée de vie d'une matrice pour gérer correctement les stocks afin de ne pas arrêter la production.

Pour augmenter la durée de vie de la matrice, il faut augmenter sa dureté jusqu'à 56 HRC.

- Question 2.2.1    À l'aide du diagramme TRC du DT11, **déterminer** la température du point 1 et du point 2. **En déduire** la variation de température correspondante.  
DT11  
Feuille de copie
- Question 2.2.2    **Calculer** la vitesse de refroidissement en  $^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$  entre le point 1 ( $X_1 = 2\,100 \text{ s}$ ) et le point 2 ( $X_2 = 4\,800 \text{ s}$ ). **En déduire** le type de trempe utilisé pour respecter cette vitesse de refroidissement.  
DT11  
Feuille de copie

Toujours pour augmenter la durée de vie d'une matrice, il est possible de réusinier la forme en diminuant sa hauteur. Cette opération s'appelle le relavage. La matrice perd une épaisseur de 2 mm après chaque relavage. Pour éviter une casse de la matrice, le secteur forge veut éviter que la cote R soit en dessous de 10 mm (voir DR4).

- Question 2.2.3    **Déterminer** le nombre de relavage possible sur une matrice en prenant appui sur la figure du DR4.  
DR4

BTS Conception des Processus de Réalisation de Produits CPRP a et b		Session 2024
Épreuve E4 : Conception préliminaire	Code : 24CCE4COP	Page 7 sur 45

Une fois que la matrice est usinée (que ce soit suite à l'usinage initial ou à un relavage), le retour d'expérience montre qu'elle peut réaliser 800 frappes avant d'être relavée.

Question 2.2.4 Dans ces conditions, **calculer** sur le DR4 la durée d'utilisation en heure d'une DR4 matrice en utilisant un temps de frappe de 25 s.

Le bureau des méthodes souhaite optimiser le temps d'usinage des matrices. Le temps de relavage doit être inférieur à 2 heures. Il décide de se concentrer sur l'ébauche considérant que c'est l'opération la plus chronophage.

Actuellement, les matrices sont fabriquées sur un centre d'usinage 3 axes, qui utilise une fraise à bout hémisphérique de diamètre 6 mm tournant à  $4\,565 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$  avec un débit copeau de  $322 \text{ mm}^3\cdot\text{min}^{-1}$ .

Question 2.2.5 **Calculer** le temps d'usinage pour un retrait de matière de  $64\,323 \text{ mm}^3$  qui Feuille de copie correspond à un enlèvement de matière sur les matrices basse et haute. **Conclure.**

Il est envisagé de basculer cette opération sur un centre d'usinage UGV dont la broche peut atteindre  $40\,000 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$ . L'outillage utilisé sur cette machine doit être équilibré pour éviter les vibrations. Le bureau des méthodes utilise pour cela un porte-outil de type HSK 63.

Question 2.2.6 En considérant une vitesse de coupe maximale de  $165 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$  pour cette Feuille de copie opération, **déterminer** la fréquence de rotation maximale de l'outil.

Question 2.2.7 À l'aide du DT12, **déterminer** la fréquence de rotation maximale pour garantir DT12 une qualité d'équilibrage minimale de  $G2.5 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$  et conclure. Feuille de copie

## Partie 2.3 : Synthèse

---

Le bureau des méthodes obtient une durée de 2 heures et 30 minutes avec un usinage UGV, en additionnant les temps de toutes les opérations de relavage des matrices (ébauche, finition, etc.).

Question 2.3.1 **Conclure**, en le justifiant, si la continuité de la production est assurée et Feuille de copie **proposer** une autre solution d'optimisation de cette durée d'usinage.

BTS Conception des Processus de Réalisation de Produits CPRP a et b		Session 2024
Épreuve E4 : Conception préliminaire	Code : 24CCE4COP	Page 8 sur 45



## Partie 3 : La réalisation de l'étape 130 peut-elle être réalisée en interne ?

### Partie 3.1 : Choix du procédé

Jusqu'à aujourd'hui, Lisi Medical livre des tiges semi finies à son client. Pour des raisons de cadence, ce dernier souhaite que Lisi Medical intègre l'étape 130 à sa production. L'usinage des tiges doit maintenant être réalisé par l'entreprise.

Question 3.1.1 **Repérer** en couleur sur le DR5 les surfaces usinées lors de la phase 130.  
DT2, DT3, DT5, **Schématiser**, toujours sur le DR5, par une flèche les directions d'usinage.  
DT6 et DR5

Trois solutions, qui prennent en compte l'orientation du perçage par rapport au cône CÔ1, sont envisagées : le fraisage horizontal 4 axes, le tournage 4 axes et le tournage 5 axes.

#### Étude du fraisage horizontal 4 axes (voir DT15)

Question 3.1.2 **Choisir**, en le justifiant, la position de la tige dans la machine pour l'usiner.  
DT15 et DR6

Question 3.1.3 **Compléter** le tableau du DR7 de façon à déterminer l'axe de la machine qui permet d'aligner l'axe du cylindre CY5 à l'axe de la broche du centre d'usinage.  
DT15 et DR7

Question 3.1.4 **Proposer** une stratégie d'usinage en précisant, dans le tableau du DR7, le type d'outil et le type d'opération pour usiner le cône CÔ1 avec le centre d'usinage horizontal 4 axes.  
DR7

Question 3.1.5 **Reporter** dans le tableau du DR7 le coût minimum du centre d'usinage horizontal 4 axes.  
DT15 et DR7

#### Étude du tournage 4 axes (voir DT14)

Question 3.1.6 **Proposer** une stratégie d'usinage en précisant, dans le tableau du DR7, le type d'outil et d'opération pour usiner le cône CÔ1 avec le tour 4 axes.  
DT14 et DR7

Question 3.1.7 **Expliquer** le besoin d'utiliser un porte-outil motorisé inclinable pour ce cas d'étude.  
DT13  
Feuille de copie

Question 3.1.8 **Choisir** puis **reporter** la référence ainsi que le coût de ce porte-outil sachant que le bureau des méthodes veut une tourelle VDI, des pinces ER25 et utiliser 5 porte-outils.  
DT13 et DR7

Question 3.1.9 **Calculer** la cote B présentée sur le DT14 afin de déterminer l'encombrement d'usinage en considérant que le changement d'outil au-dessus du porte-pièce doit avoir une garde de 10 mm.  
DT13 et DT14  
Feuille de copie

Question 3.1.10 **Choisir** le tour le moins cher qui respecte les contraintes d'encombrement.  
DT14 et DR7  
**Reporter** son tarif dans le tableau du DR7.  
Feuille de copie

## Étude du tournage 5 axes (voir DT16)

Dans le cadre de cette demande d'usinage, le groupe Lisi Medical est en mesure d'investir dans un tour Integrex Mazak d'occasion pour 110 000 €.

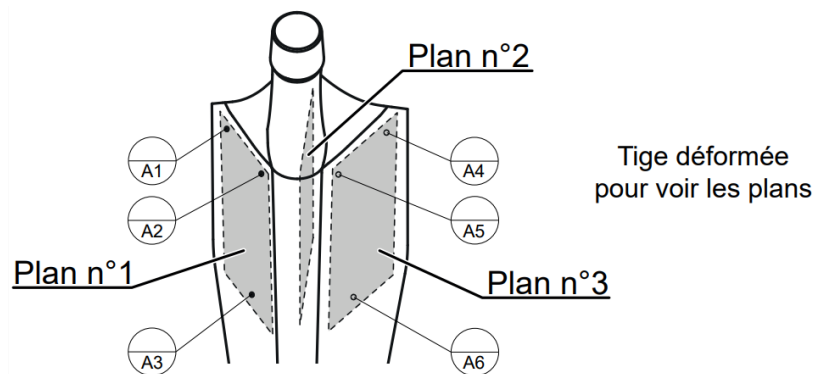
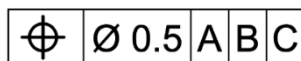
- Question 3.1.11 **Compléter** le tableau du DR7 de façon à déterminer l'axe de la machine qui permet d'aligner l'axe du cylindre CY5 à l'axe de la broche de fraisage du tour 5 axes.
- Question 3.1.12 **Proposer** une stratégie d'usinage en précisant, dans le tableau du DR7, le type d'outil et d'opération pour usiner le cône CÔ1.

### Synthèse

- Question 3.1.13 **Compléter** les lignes « Coût machine » et « Investissement » du tableau du DR7 pour chaque solution envisagée.
- Question 3.1.14 **Conclure** sur le DR7 en sélectionnant la solution la plus pertinente en justifiant votre réponse à l'aide des critères de coût, de qualité et de facilité de mise en œuvre.

## Partie 3.2 : Étude du porte-pièce

Pour concevoir le porte-pièce qui va permettre d'usiner la tige il faut analyser la tolérance géométrique de localisation.



- Question 3.2.1 À l'aide de la figure ci-dessus, **relever**, en le justifiant, le numéro du plan correspondant au plan de la référence spécifiée A.
- Question 3.2.2 À l'aide du DT17, **compléter** la procédure de construction du plan A initiée sur le DR8.

Question 3.2.3  
DT3 et DR9

Afin de décoder la spécification 

$\oplus$	$\emptyset 0.5$	A	B	C
----------	-----------------	---	---	---

**compléter** le DR9 en précisant :

- le type de spécification (colonne 1) ;
- la nature de (ou des) l'élément(s) tolérancé(s) (colonne 2) ;
- la nature des éléments de référence B et C (colonne 3) ;
- la zone de tolérance (colonne 5) ;
- les dimensions permettant de positionner et d'orienter la zone de tolérance par rapport au système de référence ABC (colonne 6).

Question 3.2.4  
DT3 et DR13

**Schématiser** sur le DR13 une élimination des degrés de liberté afin de respecter la localisation (symbolisation de niveau 1) puis **compléter** la zone « Isostatisme ».

Le bureau des méthodes a demandé à un bureau d'études indépendant de concevoir le porte-pièce. Les plans de ce dernier sont visibles dans les DT18 et DT19. Il faut à présent vérifier si cette proposition répond à la cotation géométrique.

Question 3.2.5  
DT10, DT19, DT20  
et DR10

**Schématiser** sur le DR10 la solution technologique retenue par le bureau d'études présentée sur le DT19 pour les références B et C et les poussoirs à ressort (symbolisation de niveau 2).

Question 3.2.6  
DT18  
Feuille de copie

**Justifier** le fait d'avoir utilisé un système à deux mors symétriques.

Pour ne pas fausser les résultats du contrôle, la tige ne doit pas subir de déformation lors du serrage des mors à une pression de 15 bars. Aussi, il a été demandé au bureau d'études une analyse de la déformation de la pièce sous contrainte.

Question 3.2.7  
DT7 et DT21  
Feuille de copie

**Relever** dans le DT7 la résistance élastique du titane puis **analyser** les résultats de l'étude n°1 du DT21.

Le bureau des méthodes propose une modification de la conception du cimblot bombé.

Question 3.2.8  
DT21  
Feuille de copie

**Analyser** les résultats de l'étude n°2 présenté dans le DT21.

Question 3.2.9  
DT18 et DT19  
Feuille de copie

**Conclure** quant à la validation du porte-pièce dessiné par le bureau d'études externe.

### Partie 3.3 : Étude des usinages du perçage et du cône

Pour éviter d'utiliser 3 outils, le bureau des méthodes souhaite commander un foret étagé afin de réaliser les surfaces CÔ2, CY5, CÔ3 et CY6 de la tige de taille 5.

Question 3.3.1 **Compléter** la fiche du DR11 utile à la commande d'un foret étagé auprès de DT3 et DR11 l'entreprise Cératizit.

De plus, la vérification de la puissance de la machine doit être contrôlée. Pour rappel, la puissance de coupe se calcule avec la relation suivante :

$$P_C = \frac{k_C \cdot f \cdot a_p \cdot V_C}{60 \cdot 10^3}$$

$P_C$  : puissance de coupe en kW

$k_C$  : force de coupe spécifique en N·mm<sup>-2</sup> (ici  $k_C = 1370$  N·mm<sup>-2</sup>)

$f$  : avance en mm·tr<sup>-1</sup>

$a_p$  : profondeur de passe en mm

$V_C$  : vitesse de coupe en m·min<sup>-1</sup>

Question 3.3.2 **Relever** dans le DT22, les paramètres de coupe  $V_C$ ,  $f$  et  $a_p$  pour la plaquette DT22 référence 75 015 33000.  
Feuille de copie

Question 3.3.3 **Calculer** la puissance de coupe nécessaire pour usiner le cône en ébauche avec les paramètres de coupe maximum admissibles par la plaquette. **Relever** la puissance de la machine puis **vérifier** si elle est suffisante.  
DT16  
Feuille de copie

Question 3.3.4 En vous aidant notamment du DT6 et pour les surfaces CÔ1 et PL4, **compléter** le tableau du DR12 afin d'identifier le type de cote (cotes outils  $co$  ou cotes machines  $cm$ ).  
DT3, DT5, DT6 et DR12

Question 3.3.5 **Compléter** le document d'avant-projet de fabrication des surfaces CÔ1 et PL4 en renseignant les champs suivants :  
DT3 et DT6  
DR13

- Matière ;
- Phase ;
- Opérations d'usinage ;
- Machine ;
- Procédé ;
- Outils de coupe ;

**Reporter** sur le croquis de phase, les valeurs des spécifications dimensionnelles et géométriques relatives à CÔ1

## Partie 4 : Est-il envisageable de produire le brut de la tige fémorale en impression 3D métallique ?

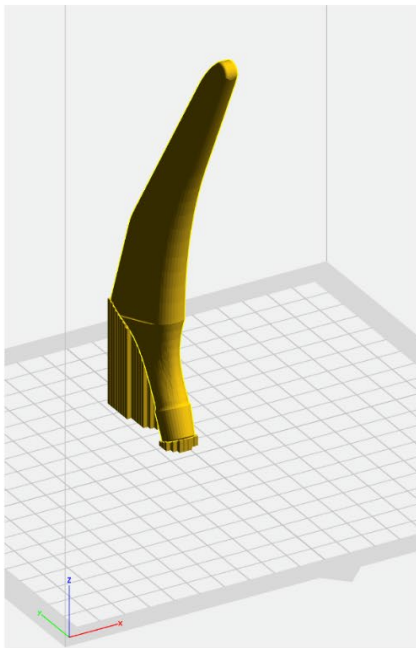
Dans le cadre d'une veille technologique, un groupe de travail est formé au sein de l'entreprise Lisi Medical afin d'étudier la faisabilité technique et l'intérêt économique de fabriquer le brut de la tige fémorale en impression 3D métallique (DT23).

En règle générale, le coût élevé de ce procédé ne se justifie financièrement que s'il apporte une augmentation significative des performances ou de l'efficacité de la pièce en fonctionnement. Ici, l'intérêt se situe au niveau de l'individualisation accentuée de la forme de la prothèse au patient.

L'équipe est en relation avec un expert du domaine qui oriente vers la technologie SLM (« Selective Laser Melting » pour fusion sélective sur lit de poudre). Il propose la machine SLM 500 comme base de travail à cette étude de faisabilité (voir DT24).

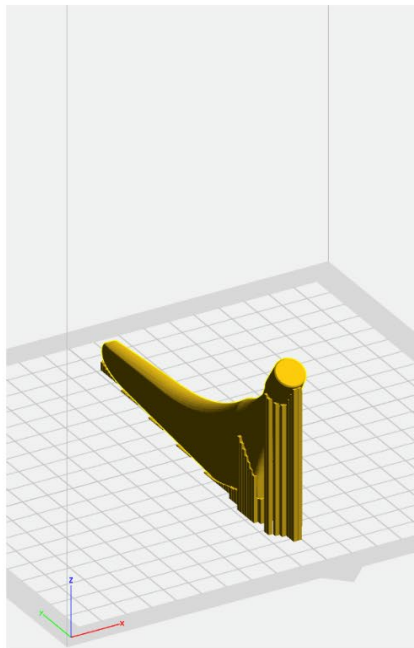
La forme finale de cette pièce étant normalisée, il n'y a pas de modification à étudier. Pour autant, le procédé d'impression métallique s'accompagne d'un retrait dimensionnel de l'ordre de 15 %. Le volume de la pièce étudiée par la suite intègre notamment cette contrainte.

Comme le présente la figure suivante, plusieurs orientations de la pièce sur le plateau sont envisagées. À noter que la surface projetée a été ajustée (+2%) afin de prendre en compte un intervalle entre les pièces.



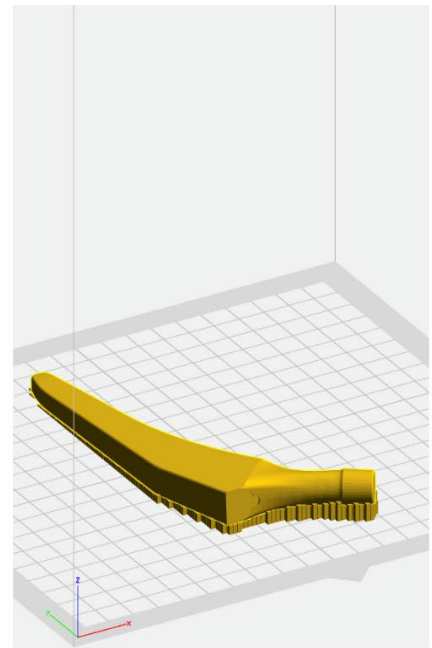
**Orientation n°1**

Surface projetée sur le plateau: 1164 mm<sup>2</sup>  
Volume pièce : 26200 mm<sup>3</sup>  
Volume support: 14205 mm<sup>3</sup>



**Orientation n°2**

Surface projetée sur le plateau: 2258 mm<sup>2</sup>  
Volume pièce : 26200 mm<sup>3</sup>  
Volume support: 15382 mm<sup>3</sup>



**Orientation n°3**

Surface projetée sur le plateau: 4715 mm<sup>2</sup>  
Volume pièce : 26200 mm<sup>3</sup>  
Volume support: 17333 mm<sup>3</sup>

Question 4.1.1  
DT23 et DT24  
Feuille de copie

**Choisir**, en le justifiant avec des arguments chiffrés, la proposition qui s'avère la plus pertinente dans le cadre d'une conception préliminaire en utilisant un critère de quantité de matière.

Question 4.1.2  
DT24  
Feuille de copie

**Calculer** le nombre de pièces imprimables simultanément compte tenu de la machine utilisée.

Pour la suite de l'étude, le plateau de la machine utilisée peut accueillir 120 pièces.

À l'aide d'un logiciel de simulation propre à ce procédé, et sur la base des données calculées précédemment, l'expert obtient les résultats suivants :

- temps de fabrication d'un plateau : 280 h (couche de 50  $\mu\text{m}$ ) ;
- temps de la retouche manuelle par pièce : 10 min.

De plus, voici les coûts associés :

- coût de la matière sous la forme de poudre (Ti 6 Al 4 V) : 160  $\text{€}\cdot\text{kg}^{-1}$  ;
- coût horaire de la SLM 500 : 60  $\text{€}\cdot\text{h}^{-1}$  ;
- coût horaire de la reprise manuelle : 70  $\text{€}\cdot\text{h}^{-1}$  ;
- coût du traitement thermique par plateau : 350 € .

Question 4.1.3 **Calculer** la cadence annuelle prévisionnelle en négligeant le temps de retouche manuelle et en sachant que la machine peut fonctionner tous les jours durant 24 h pendant 320 jours.

Feuille de copie

Le support est constitué du même matériau que la pièce.

Question 4.1.4 **Calculer** le coût matière nécessaire à la réalisation d'une tige en considérant une masse volumique de la matière sélectionnée de 4420  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

Feuille de copie

Question 4.1.5 **Calculer** le coût d'impression, de reprise manuelle et de traitement thermique. **En déduire** le coût total de fabrication du brut pour une tige réalisée en impression 3D métallique.

Feuille de copie

Question 4.1.6 Sachant que le brut d'une tige forgée coûte entre 60 € et 120 € suivant les tailles, **conclure** quant au choix d'un procédé d'impression 3D métallique pour l'obtention du brut de la tige fémorale.

Feuille de copie

**BREVET de TECHNICIEN SUPÉRIEUR**  
**Conception des processus de réalisation de produits**  
**Épreuve E4 – CONCEPTION PRÉLIMINAIRE**  
**SESSION 2024**

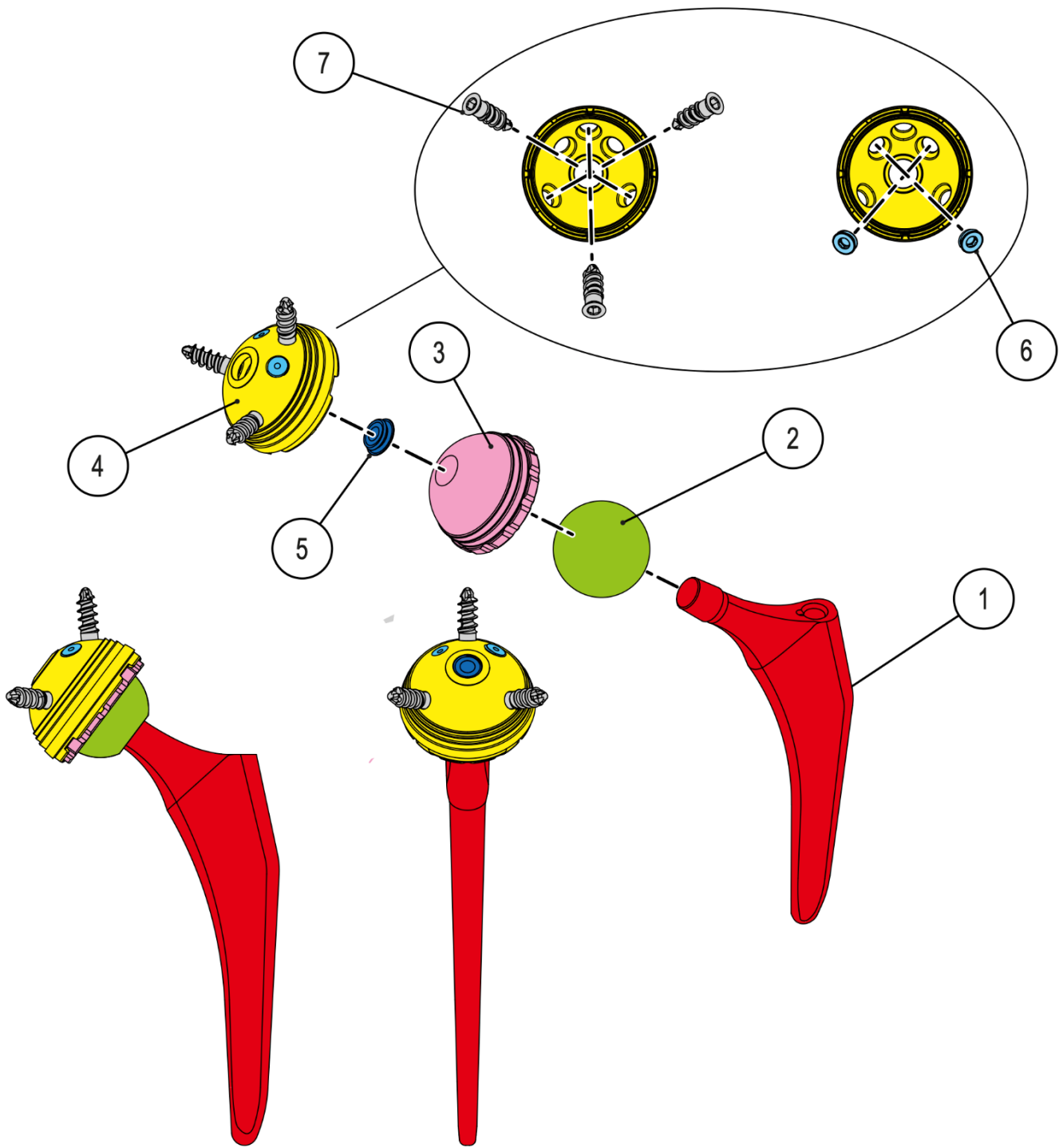
Coefficient 6 – Durée 6 heures

**DOSSIER TECHNIQUE**

○ DT1 : Plan d'ensemble de la prothèse de hanche	Page 16
○ DT2 : Processus prévisionnel	Page 17
○ DT3 : Dessin de définition de la tige fémorale	Page 18
○ DT4 : Diagramme des exigences	Page 19
○ DT5 : Repérage des surfaces usinées	Page 20
○ DT6 : Graphe sagittal de la tige fémorale	Page 21
○ DT7 : Caractéristiques du titane	Page 22
○ DT8 : Machines de formage	Page 23
○ DT9 : Cycle de frappe	Page 23
○ DT10 : Plan de définition de l'insert bas	Page 24
○ DT11 : Traitement thermique	Page 25
○ DT12 : Courbe d'équilibrage	Page 26
○ DT13 : Outil motorisé	Page 26
○ DT14 : Caractéristiques des tours 4 axes STY HAAS	Page 27
○ DT15 : Caractéristiques des centres d'usinage 4 axes HAAS	Page 27
○ DT16 : Caractéristiques de l'Integrex Mazak	Page 28
○ DT17 : Référence partielle	Page 29
○ DT18 : Dessin d'ensemble du porte-pièce pour les tiges fémorales	Page 30
○ DT19 : Dessin d'ensemble des mors pour la tige de taille 5	Page 31
○ DT20 : Symbolisation des éléments technologiques	Page 32
○ DT21 : Simulations mécaniques	Page 33
○ DT22 : Plaquettes DNMG	Page 34
○ DT23 : Description du procédé d'impression 3D métallique	Page 35
○ DT24 : Extrait de la brochure de la SLM 500	Page 36

# DT 1 : Plan d'ensemble de la prothèse de hanche

Rev	Zone	Description	Par	Vérif	Date
A	-	Création			






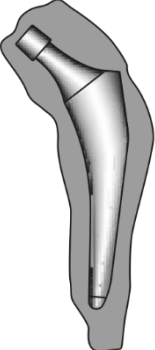
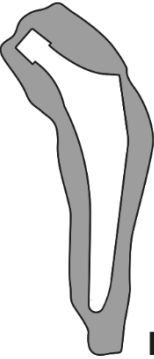
Rep.	Désignation	Qté	Page	Echelle	Plan N°	Rev
7	Vis	3	1 Décimale ± 0.4 2 Décimales ± 0.25 3 Décimales ± 0.1	Format	<p style="font-size: small;">Ce document est la propriété de LISI MEDICAL et ne peut être utilisé ou reproduit sans autorisation écrite</p> <p><b>Spécifications par défaut</b></p> <p style="font-size: x-small;">Unités du dessin: MM Tolérances générales suivant ISO 2768-K-E. Cotes entre parenthèses: données à titre indicatif non tolérancées et résultant du nominal.</p> <p style="font-size: x-small;">Voir le modèle CAO pour toute dimension non précisée sur le plan. Les dimensions du modèle sont au nominal.</p> <p style="font-size: x-small;">Casser les arêtes 0.05/0.5 rayons ou chanfreins. Etat de surface général: 1.6 Ra. Enlever toutes les bavures.</p>	<p><b>LISI MEDICAL ORTHOPAEDICS</b></p> <p style="font-size: x-small;">LISI MEDICAL 203, Bd de la Grande Delle    Tél: 02 31 46 33 00 BP8 14201 Hérouville Saint Clair    Fax: 02 31 47 48 36</p>
6	Bouchon type 2	2	Angles ± 5° Proj. Europe	<b>A4</b>		
5	Bouchon type 1	1	Matière			
4	Cupule cotyloïdienne	1	Traitement thermique			
3	Insert	1				
2	Tête fémorale	1	Finition			
1	Tige fémorale	1				
			Page			
			1 / 1			
<b>Prothèse de hanche</b>						



**lisi** MEDICAL

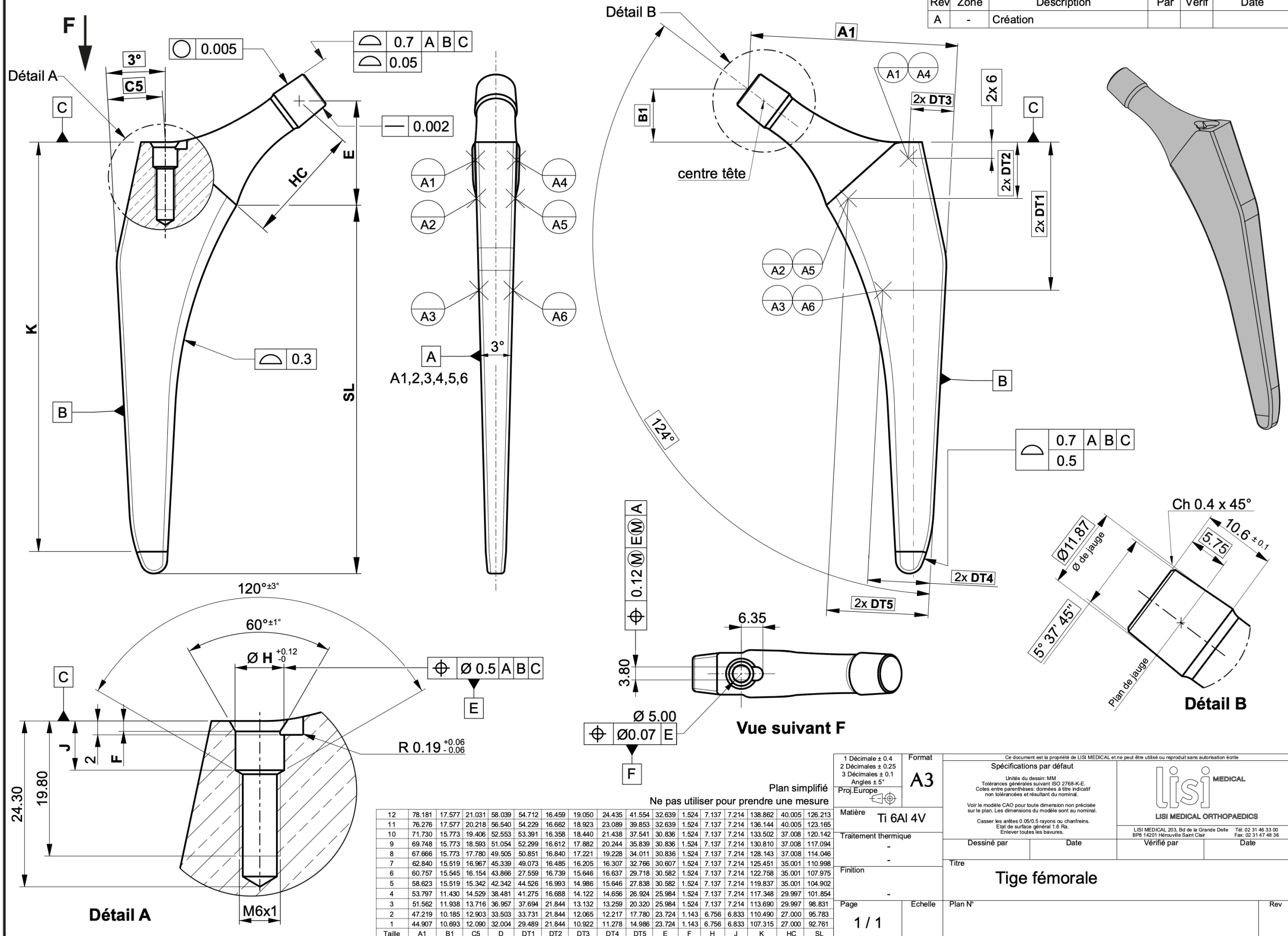
LISI MEDICAL ORTHOPAEDICS

## Processus prévisionnel

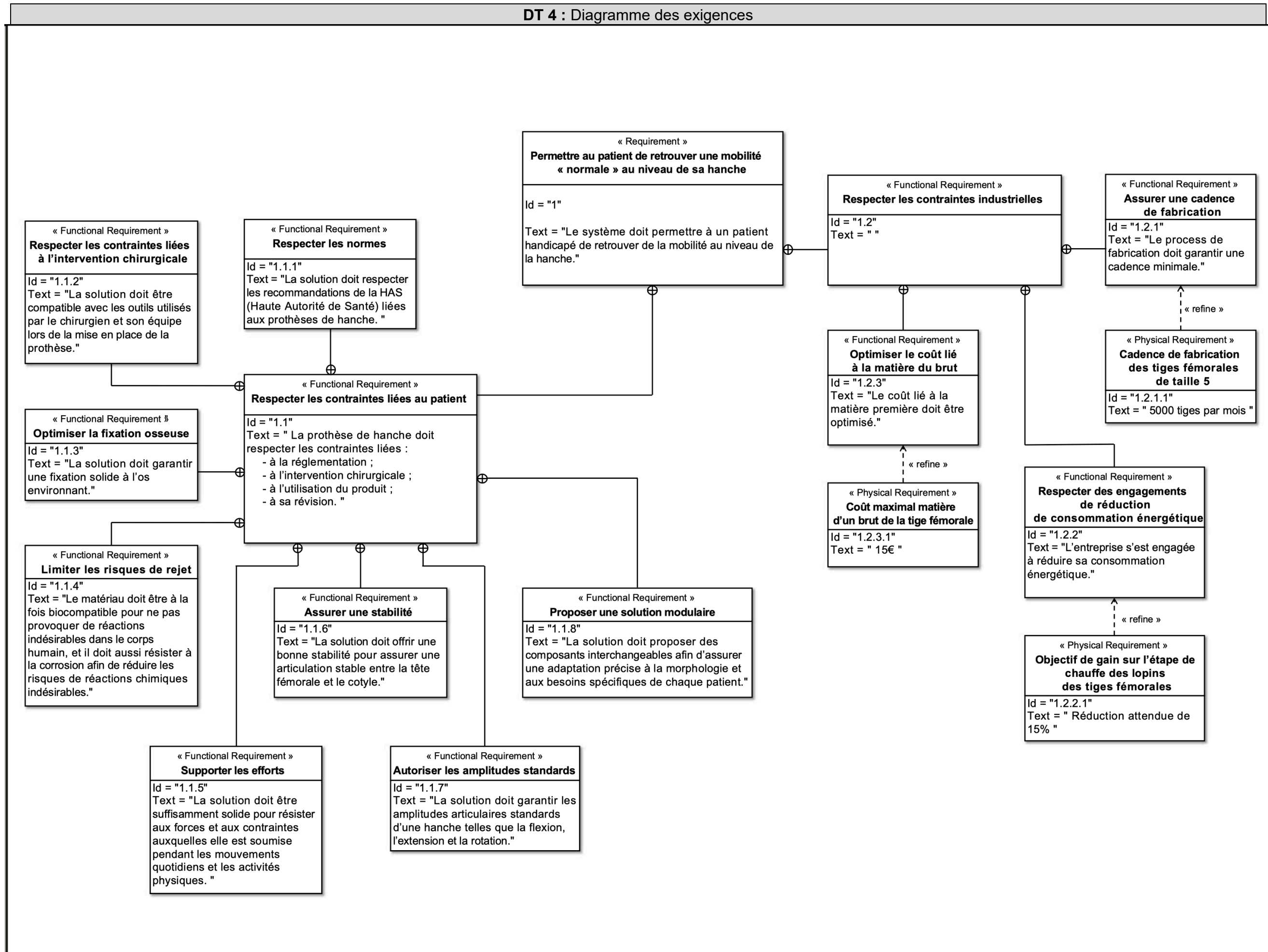
Étape	Phase de travail	Visuel			
10	DÉBIT LOPIN + DÉGRAISSAGE	 Lopin	 Refoulage	 Cambrage	
20	TONNELAGE				
30	REFOULAGE + CAMBRAGE				
40	1 <sup>ÈRE</sup> FRAPPE	 1 <sup>ère</sup> frappe	 Découpe		
50	DÉCOUPE				
60	TRAITEMENT THERMIQUE				
70	SABLAGE				
80	CONTRÔLE VISUEL				
90	USINAGE DÉTOURAGE (création des références B et C)	TO1 - TO2 - CY1 - CY2 CY3 - PL1 - PL2 - PL3			
100	CONTRÔLE RESSUAGE				
110	POLISSAGE ROBOT				
120	CONTRÔLE 3D				
130	USINAGE CÔNE + PERÇAGE	CÔ1 - CÔ2 - CÔ3 - CY4 - CY5 CY6 - PL4 - PL5 - PL6 - HE1			
140	CONTRÔLE DIMENSIONNEL				
150	NETTOYAGE				
160	CONTRÔLE 3D				

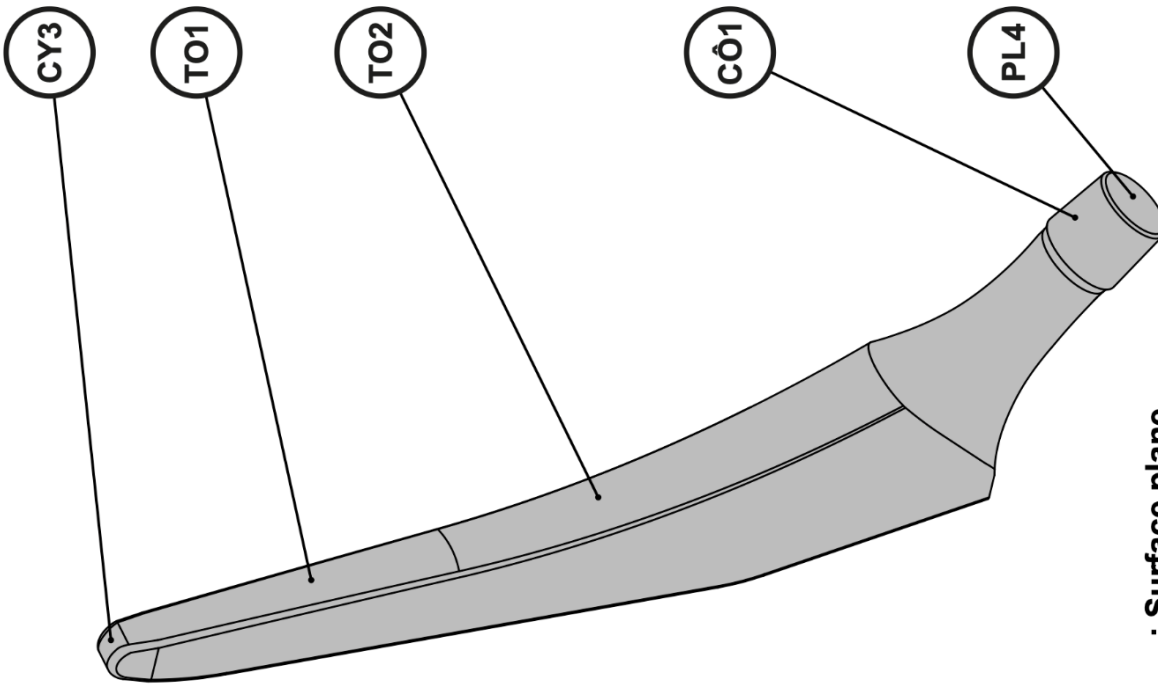
DT 3 : Dessin de définition de la tige

Rev	Zone	Description	Par	Vérif	Date
A	-	Création			

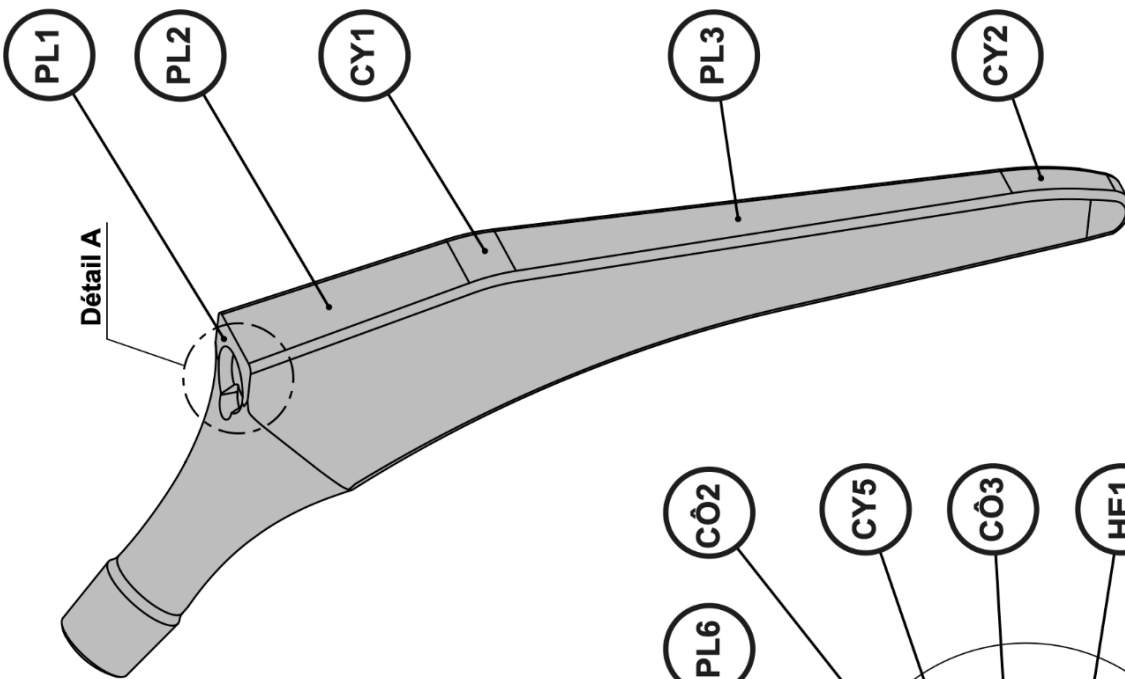


DT 4 : Diagramme des exigences

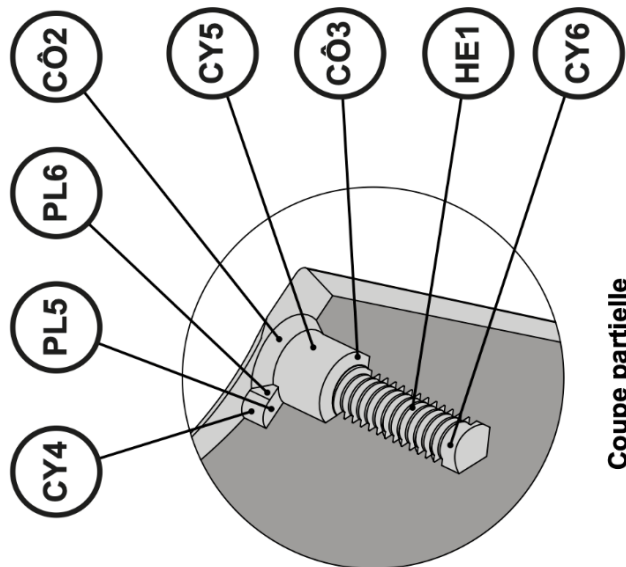




PL ... : Surface plane  
 CY ... : Surface cylindrique  
 CÔ ... : Surface conique  
 TO ... : Surface torique  
 HE ... : Surface hélicoïdale

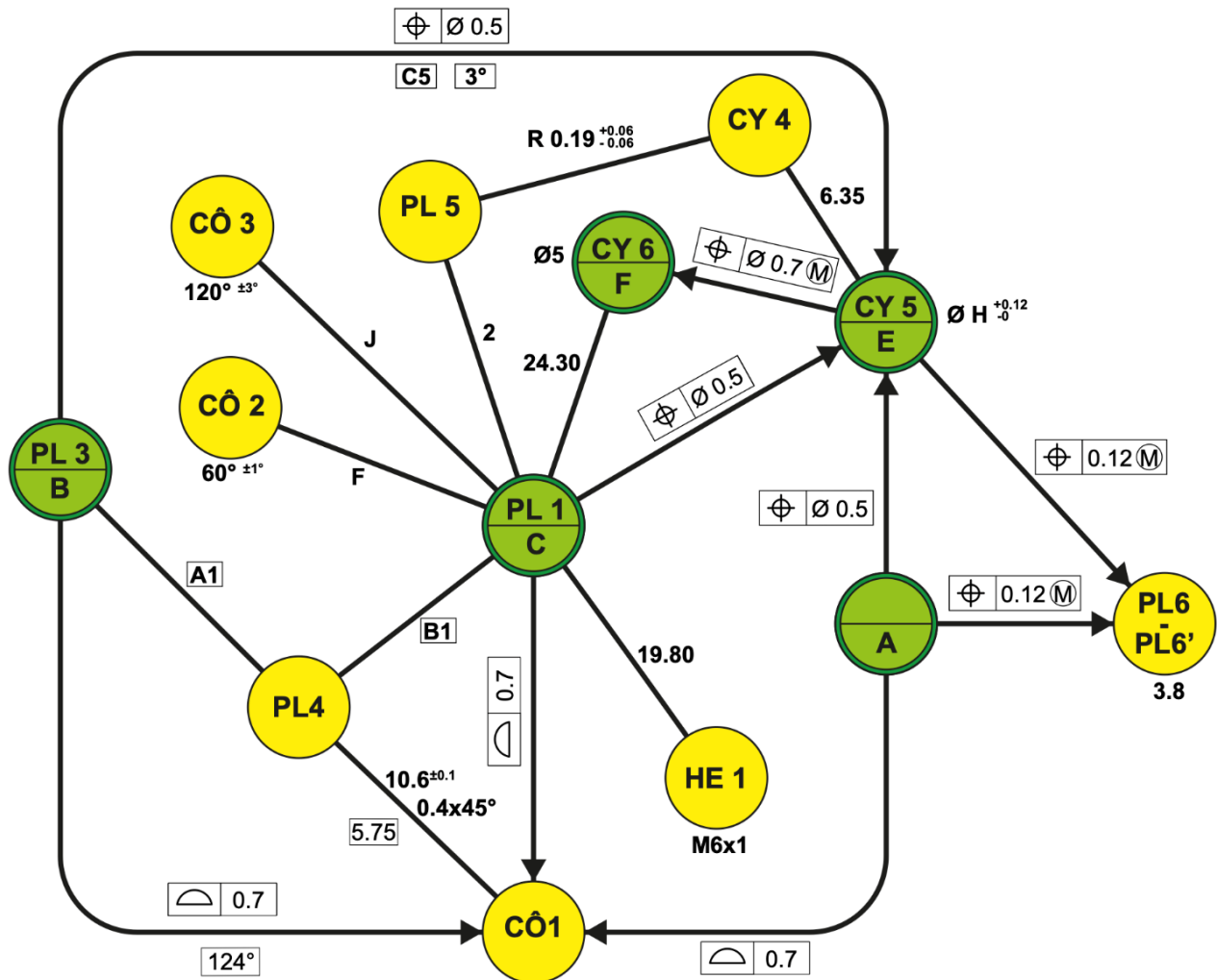


Détail A



Coupe partielle  
 Détail A

## DT 6 : Graphe sagittal de la tige



### LÉGENDE

- PL 1 Surface
  - PL 1  
C Surface servant de référence
  - PL 1 10 PL 2 Cote entre 2 surfaces
  - CY 1 Cote liée à la surface
- Ø10

- 0.005
- 0.002
- Ø 11.87
- ° 5° 37' 45"
- ∩ 0.05

**Cote machine  $C_m$**  : C'est une cote qui permet de positionner une surface usinée par rapport à une surface servant de référence pour la mise en position de la pièce.



**Cote outi  $C_o$**  : C'est une cote qui peut être liée à la surface pour permettre de choisir l'outil. Elle peut aussi être une cote entre 2 surfaces usinées que l'opérateur devra régler pendant l'usinage si elle n'est pas réalisée par le même outil.



## FICHE TECHNIQUE

## Ti 6Al 4V

## APPLICATIONS

Médical  
Aéronautique  
Industriel

## AVANTAGES

Biocompatibilité  
Résistance à la fatigue  
Résistance à la corrosion

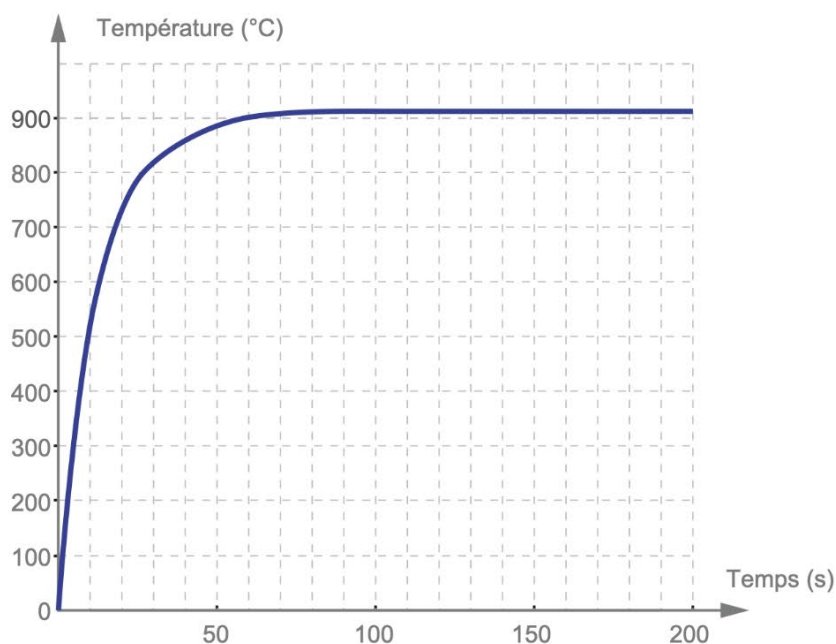
## ➤ COMPOSITION CHIMIQUE

%	O	Fe	C	H	N	Al	V	Ti
min						5,5	3,5	solde
max	0,13	0,25	0,08	0,012	0,05	6,5	4,5	

## ➤ CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

Propriété	Valeur	Unités
Module d'élasticité	1.048 e+11	N·m <sup>-2</sup>
Limite de traction	1 050 000 000	N·m <sup>-2</sup>
Limite d'élasticité	827 370 880	N·m <sup>-2</sup>
Masse volumique	4 420	Kg·m <sup>-3</sup>

## ➤ CARACTÉRISTIQUES THERMIQUES



Evolution de la température d'un cylindre de titane de Ø20 et d'une longueur de 195 mm

### DT 8 : Machines de formage

	Presses hydrauliques	Pilons	Presses mécaniques	Presses à vis
Capacité	de 10 000 à 1 000 000 kN	de 10 à 200 kJ	de 3 000 à 160 000 kN	de 5 000 à 180 000 kN
Nombre de postes de travail	1 à 3	1 à 3	Jusqu'à 5	1 ou 2
Cadence de forgeage	Lent	Moyen	Haut	Moyen / Haut
Taille des séries produites	Convient aux petites séries ; grandes séries possibles pour les petites pièces	Convient aux petites et moyennes séries ; grandes séries possibles	Convient aux grandes séries ; séries moyennes possibles	Grandes et moyennes séries
Vitesse de coulisseau	90 mm·s <sup>-1</sup>	5 000 mm·s <sup>-1</sup>	200 mm·s <sup>-1</sup>	900 mm·s <sup>-1</sup>
Adaptabilité aux matériaux	Très bonne (tous les matériaux)	Bonne, mais plus difficile pour l'aluminium ; le nickel et certains alliages à base de titane sont proscrits	Fonte (convient aux petites pièces en aluminium)	Bonne (excellente pour les alliages à base de titane et les petites pièces)
Investissement	Important	Modéré	Très important	Important

### DT 9 : Description du cycle de la frappe

Temps de frappe pour une pièce

**14 secondes**

**td seconde(s)**

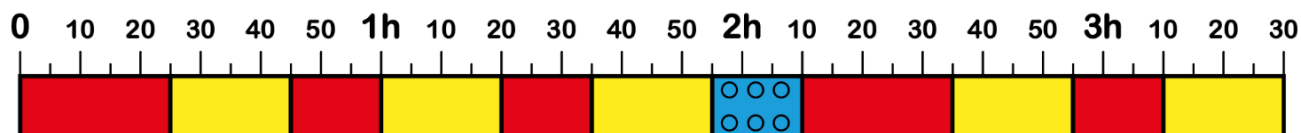
**10 secondes**

Prise dans four  
+  
Dépose sur insert  
+  
Appui bi-manuel

Déplacement  
de la presse

Sortie pièce  
+  
Soufflage inserts

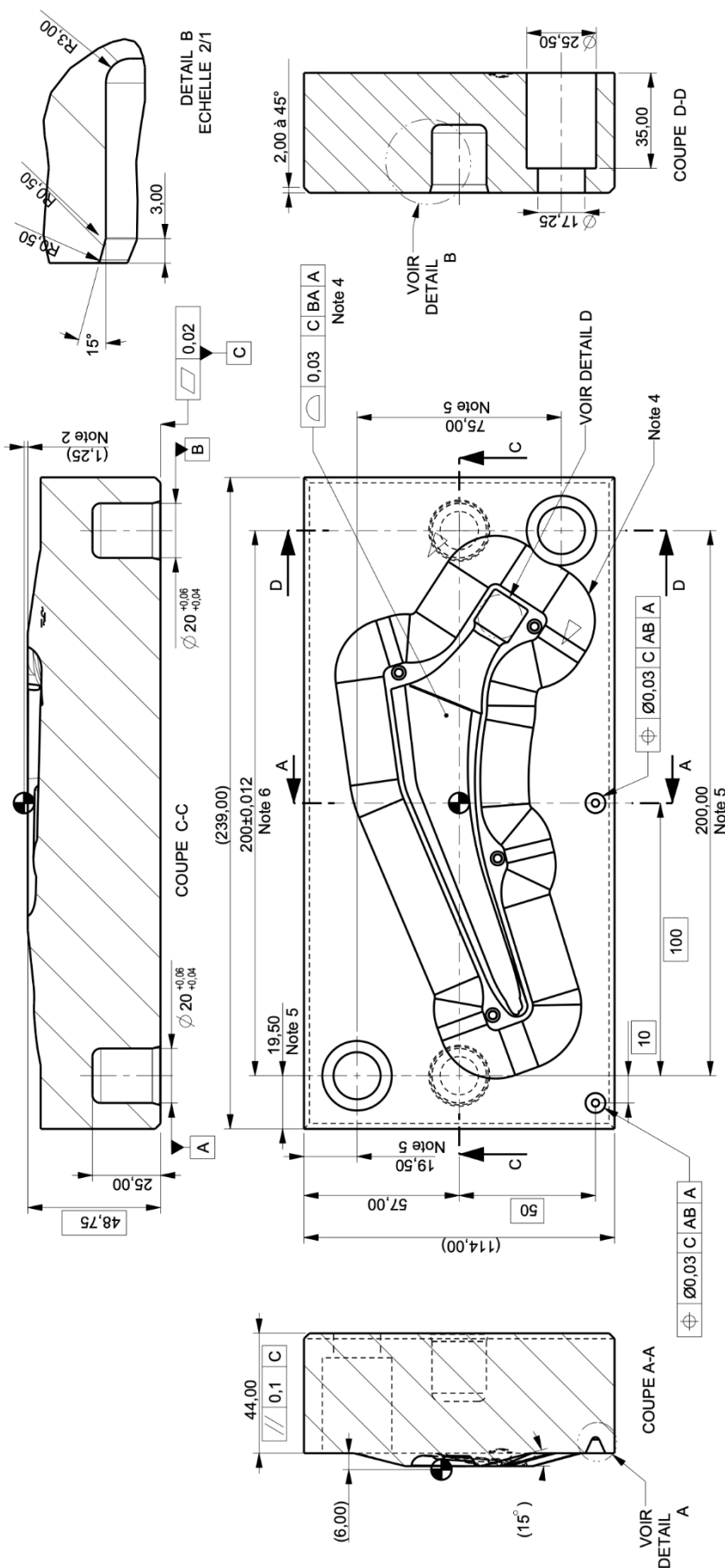
Cycle de frappe pour 3h30min



- Temps de chauffe
- Temps de frappe
- Temps de changement de matrice

# DT 10 : Plan de définition de l'insert bas

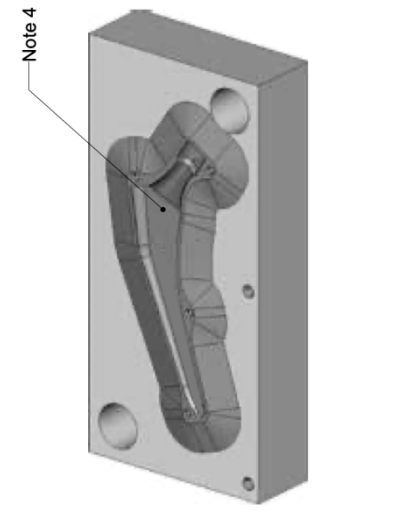
Rev. Zone	Description	Par	Vérif	Date
A	Création			



6	Cote pour alésage		
5	Cote pour lamage		
4	Forme 3D Ra 0.6 (Voir zone colorées sur vue 3D)		
3	Gravure profonde largeur 1 mm, profondeur 0,4 mm		
2	Plan de joint de 1,25 mm depuis repère d'usinage		
1	Accroclade		

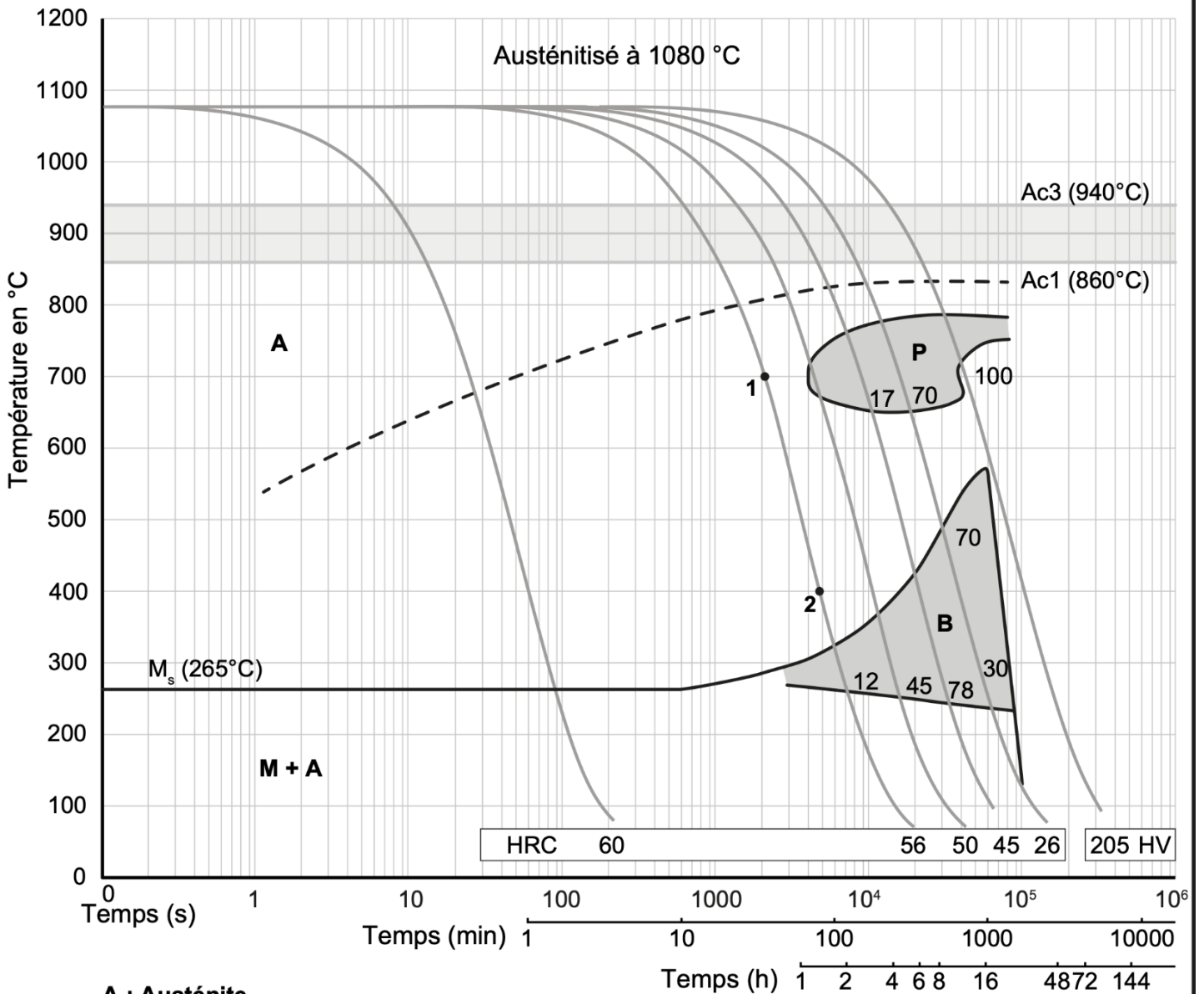
Format: 1 Dimension ±0,4 2 Dimension ±0,1 Angle 5° <b>A4</b> Proj Europe	Spécifications par défaut Tolérance géométrique ANS 2794-F-E Contraintes de fabrication pour les surfaces non toléranciées et relevantes à la mesure	<b>lisi</b> LISI MEDICAL ORTHOPAEDICS LISI MEDICAL, 201, rue de la Gareville - 74 02 37 45 33 00 BP 70181 - 74 02 37 45 33 France - Téléphone: 03 78 51 74 36 Date	
Matière	X36_CR_MO_V5	Titre	INSERT BAS
Trattement thermique		Page	1 / 1
Finition		Echelle	Plan N°



Ne pas utiliser pour prendre une mesure



Diagramme TRC  
X36 Cr Mo V5

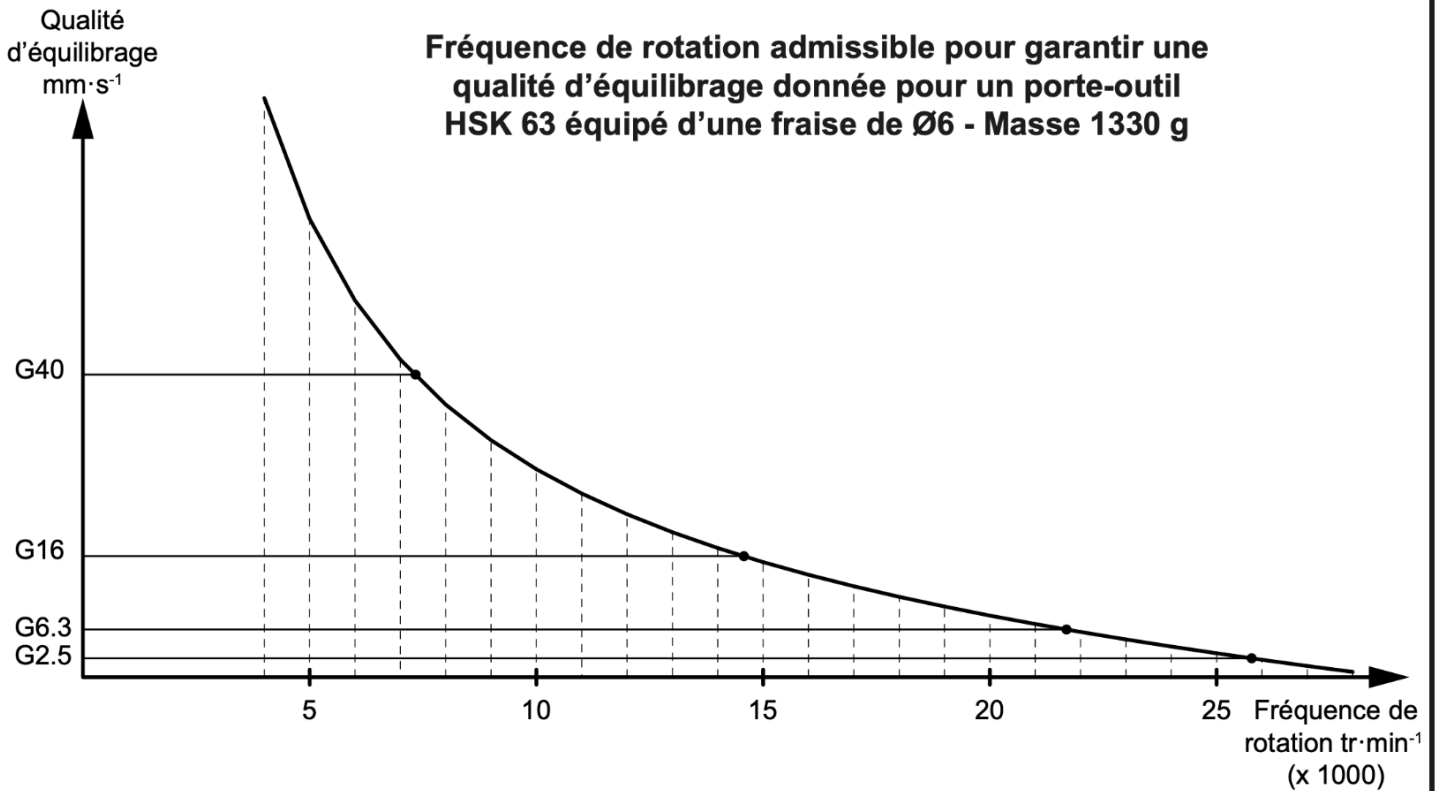


- A : Austénite**
- B : Bainite**
- P : Perlite**
- M : Martensite**

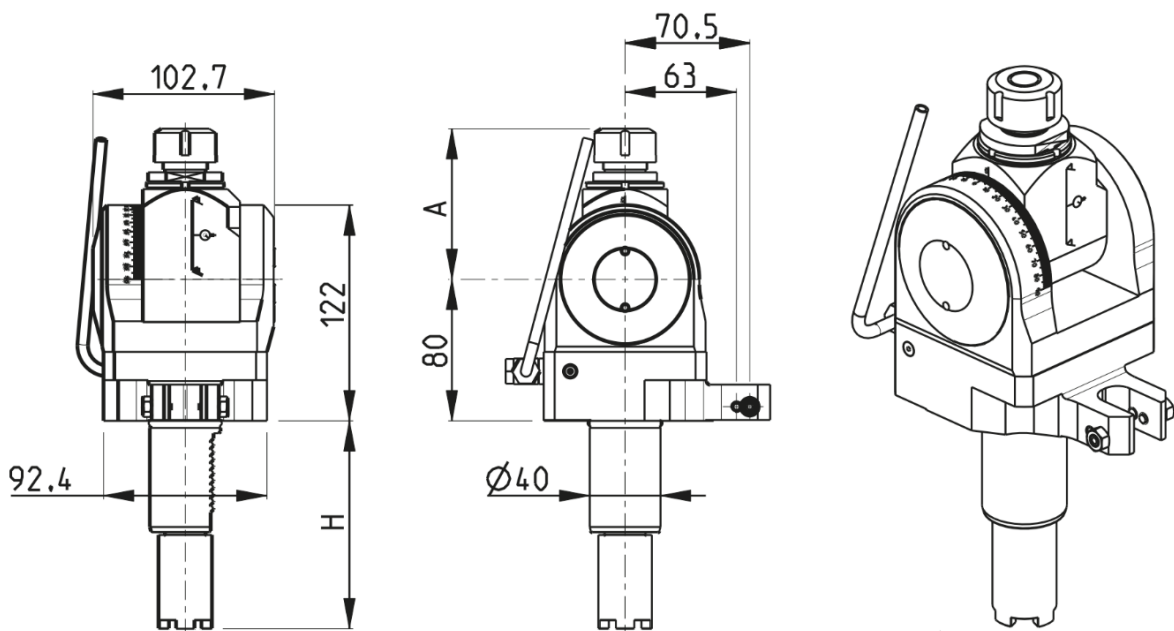
**Vitesse de refroidissement :**

- Trempe à l'eau ———> de l'ordre de 100°C·s<sup>-1</sup>
- Trempe à l'huile ———> de l'ordre de 10°C·s<sup>-1</sup>
- Trempe à l'air ———> de l'ordre de 0.1°C·s<sup>-1</sup>

### DT 12 : Courbe d'équilibrage

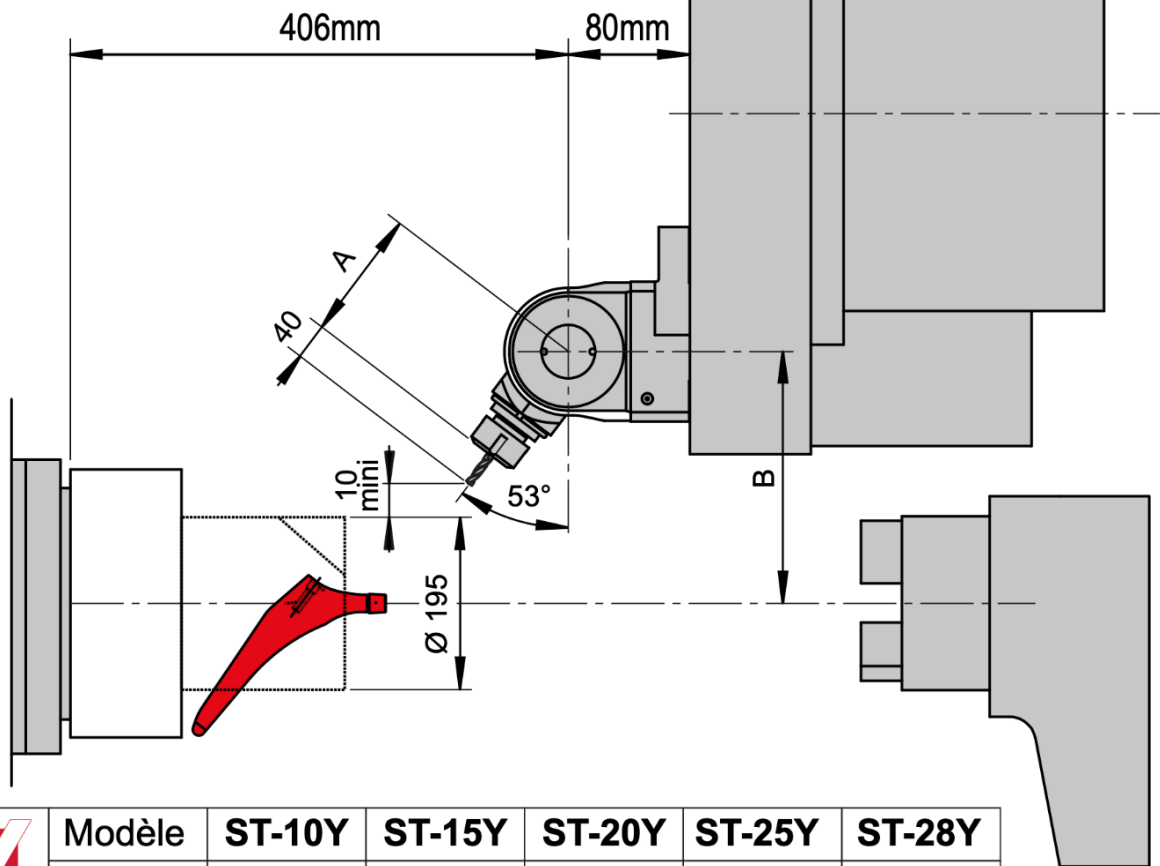
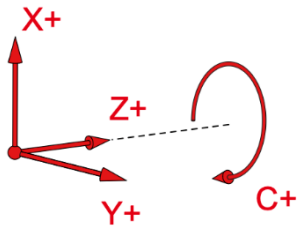


### DT 13 : Outil motorisé



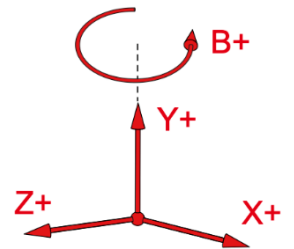
Référence	Mandrin	Tr·min <sup>-1</sup>	Couple max.	A	H	Type de tourelle	Tarif €
HAS0470120	ER 20	6 000	40 N·m	85.16	104.85	VDI Standard	3 799
HAS0480120	ER 20	6 000	40 N·m	85.16	117.55	HYBRID 12 turret	3 799
HAS0470125	ER 25	6 000	40 N·m	86.16	104.85	VDI Standard	3 799
HAS0480125	ER 25	6 000	40 N·m	86.16	117.55	HYBRID 12 turret	3 799

## DT 14 : Caractéristiques des tours 4 axes STY HAAS



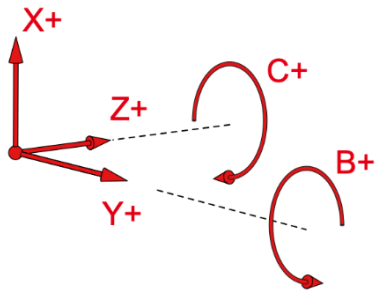
Modèle	ST-10Y	ST-15Y	ST-20Y	ST-25Y	ST-28Y
B	166	166	193	193	213
Prix	76 325€	80 795€	85 295€	94 995€	99 395€

## DT 15 : Caractéristiques des centres d'usinage 4 axes HAAS



Modèle	EC-400	EC-500
Prix	182 695€	261 795€

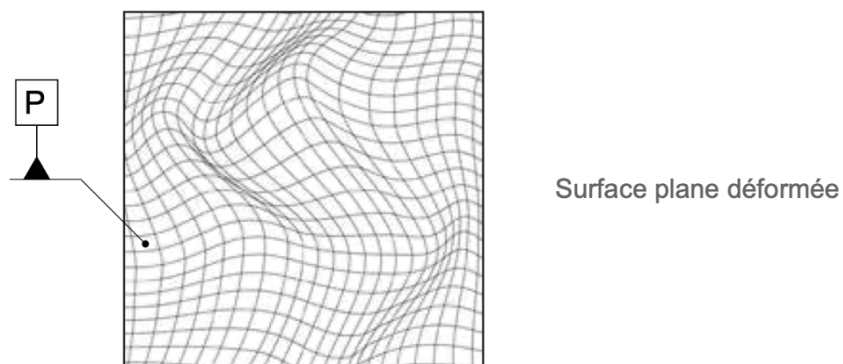
## DT 16 : Caractéristiques de l'Integrex Mazak



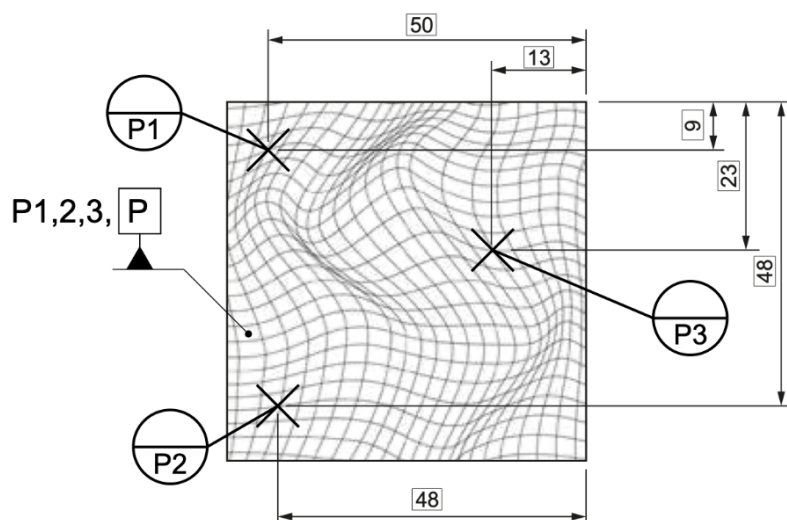
### ■ Caractéristiques standard de la machine

		i-100H
		590U
Capacité	Plage de rotation max.	Φ 600 mm
	Diamètre d'usinage max. (tourelle supérieure)	Φ 600 mm
	Capacité en barres max.	Φ 52 mm
	Longueur d'usinage max.	590 mm
Course	Course de l'axe X	535 mm
	Course de l'axe Z	640 mm
	Course de l'axe Y	210 mm
	Plage d'indexage de l'axe B	-30° ~ +210°
Broche principale	Taille du mandrin	6"
	Vitesse de la broche principale	6 000 tr/min
	Nez de la broche principale	A2-5
	Alésage de la broche principale	Φ61 mm
	Diam. int. du roulement	Φ90 mm
	Incrément d'indexage min. (axe C)	0,0001°
Broche de fraisage	Type de broche de fraisage	Tourelle à broche avec COA
	Vitesse de la broche de fraisage	12 000 tr/min
	Couple max. de la broche de fraisage (40 % ED)	57,3 N·m
	Hauteur de l'attache d'outils	25 mm
	Diamètre de l'attache de la barre d'alésage	Φ40 mm
	Incrément d'indexage min. de l'axe B	0,0001°
Changeur automatique d'outil	Attache d'outils	HSK-A63 (T63)
	Capacité du magasin d'outils	38 outils
	Diamètre/longueur max. de l'outil (depuis la ligne repère)	Φ 90 mm / 300 mm
Moteurs	Moteur de la broche	7,5 kW
	Moteur de la broche de fraisage	11,0 kW
Dimensions de la machine	Hauteur de la machine	2 250 mm
	Largeur x longueur	3 415 × 2 170 mm
	Poids	9 930 kg

Afin de filtrer un défaut de forme trop important et non influent dans le cas d'un contact partiel, il est parfois nécessaire de ne pas utiliser la totalité de la surface en tant qu'élément de référence.



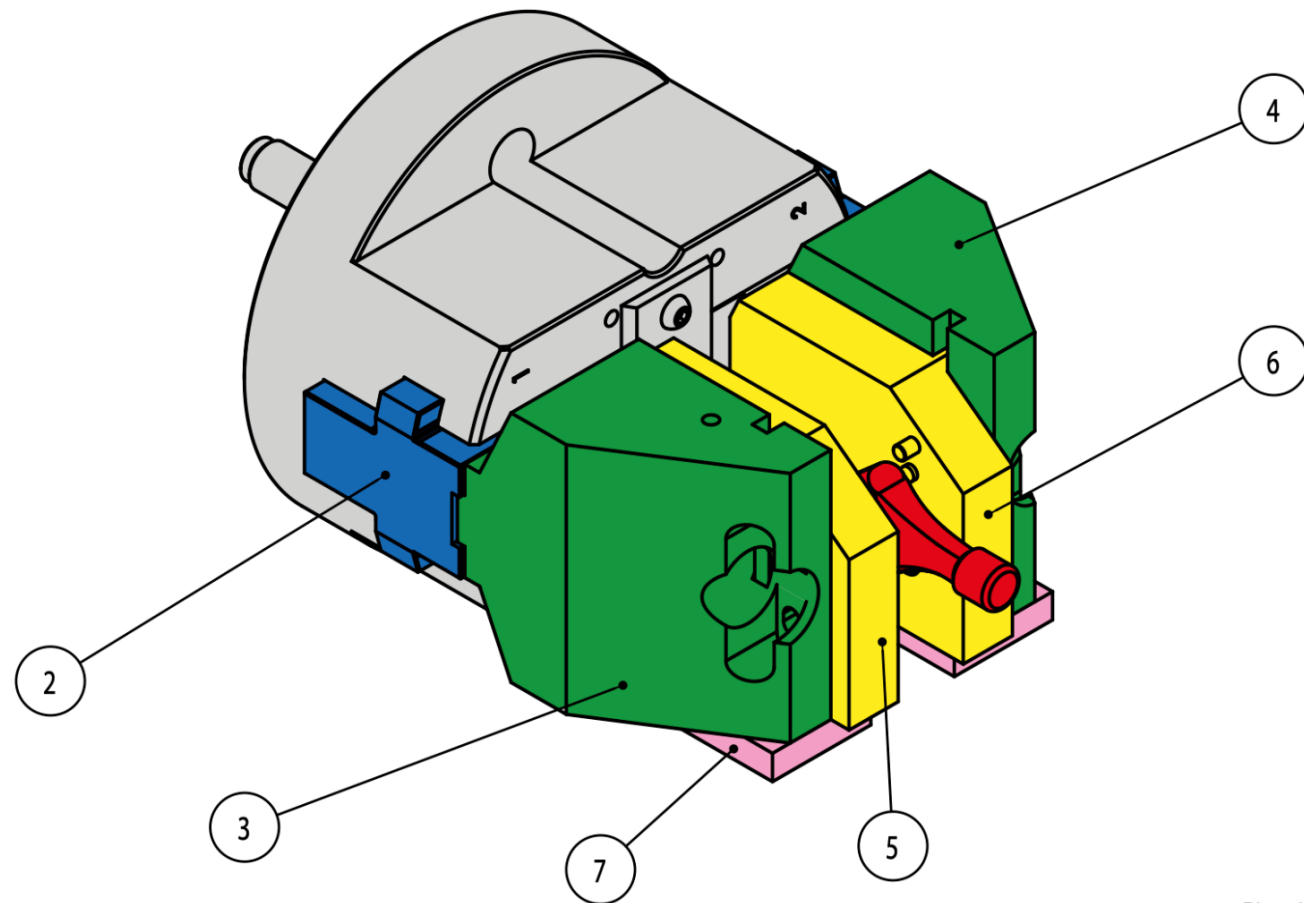
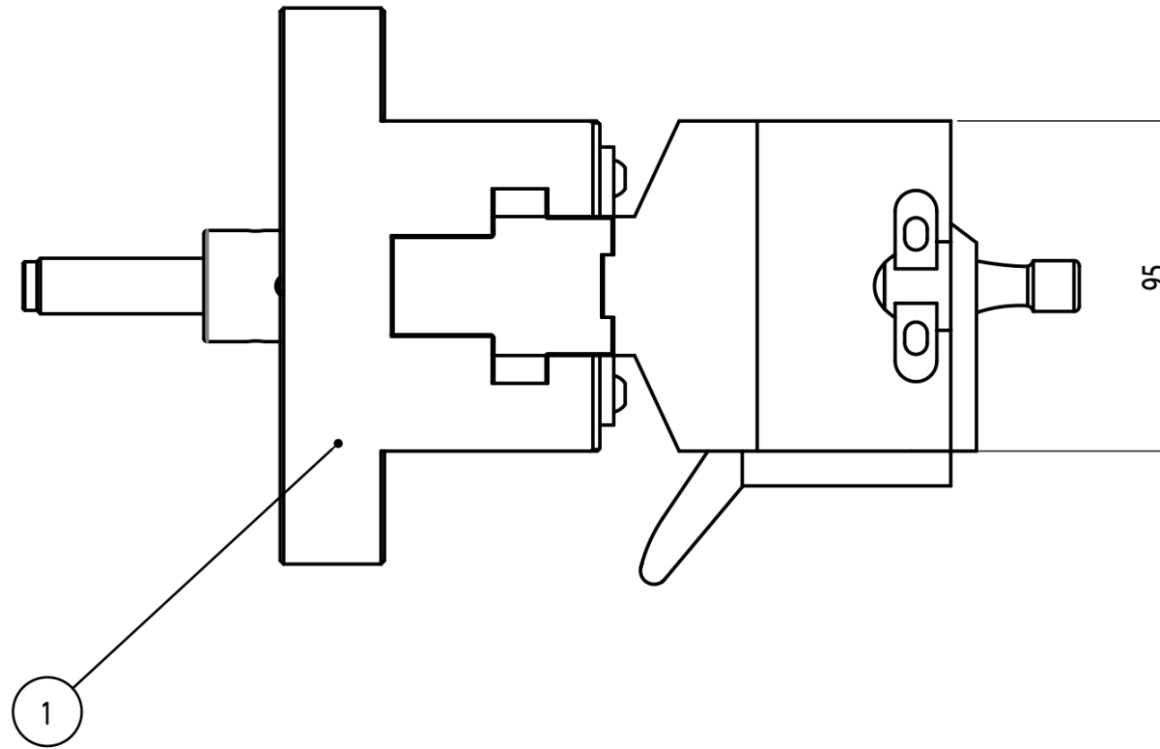
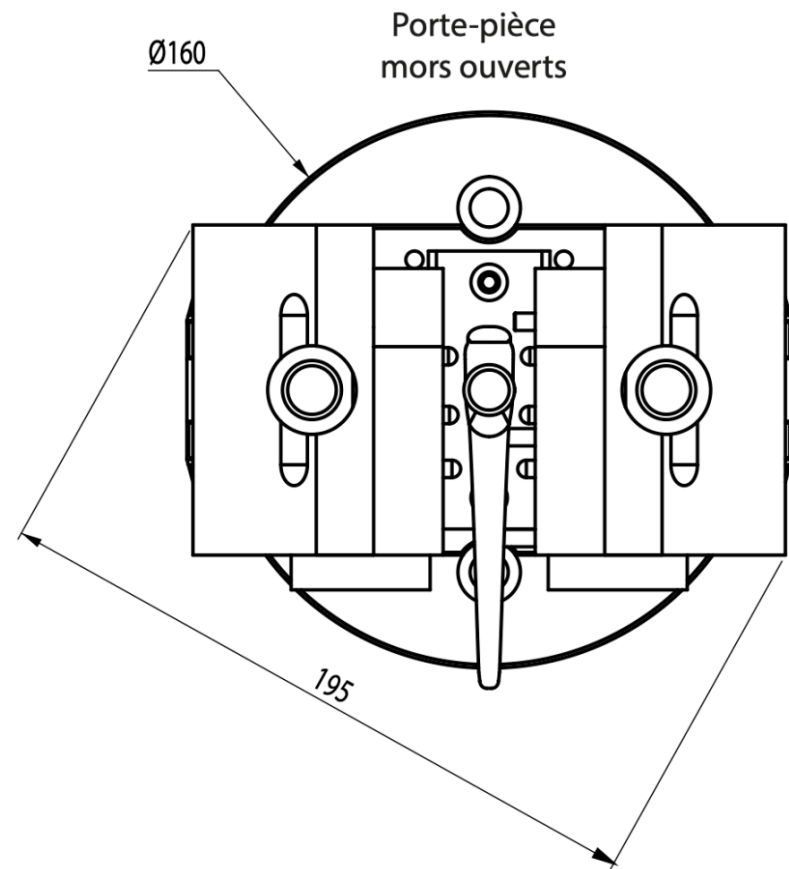
Dans ce cas, vous pouvez indiquer une référence partielle pour définir la partie minimale requise en tant que référence spécifiée.



Avec cette cotation, pour construire la référence P, il faut palper les 3 points P1, P2, P3 en fonction de leurs positions puis construire un plan passant par ces 3 points.

DT 18 : Dessin d'ensemble du porte-pièce pour les tiges fémorales

Rev	Zone	Description	Par	Vérif	Date
A	-	Création			



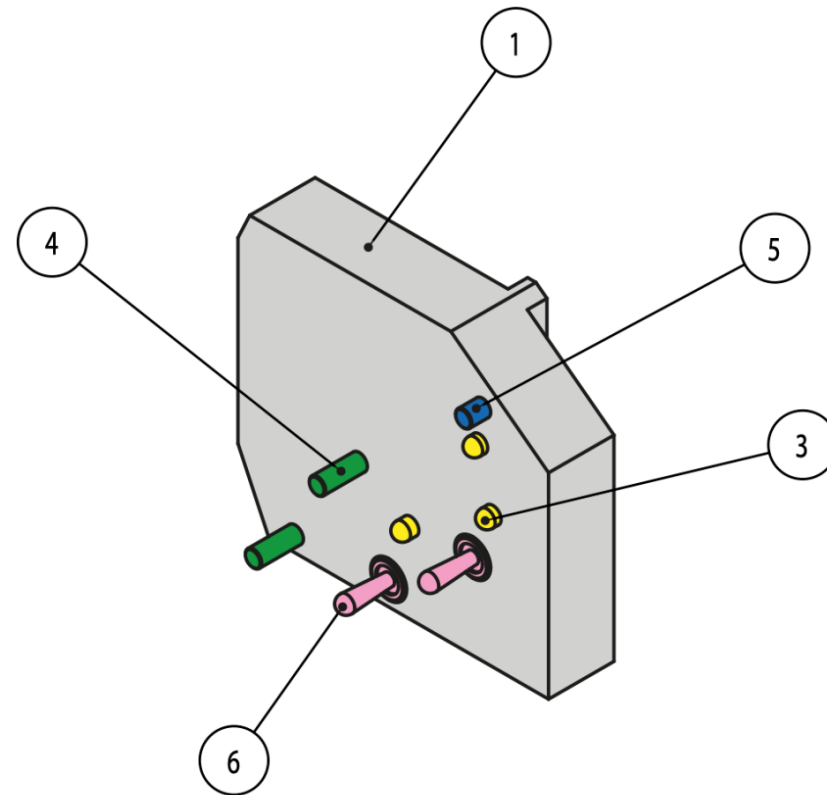
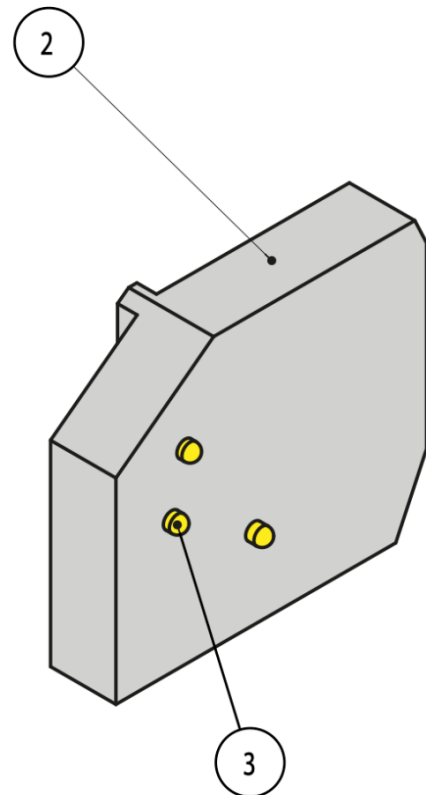
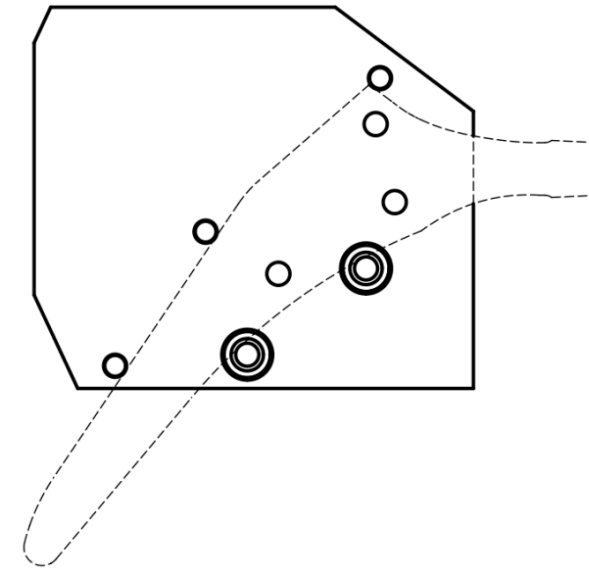
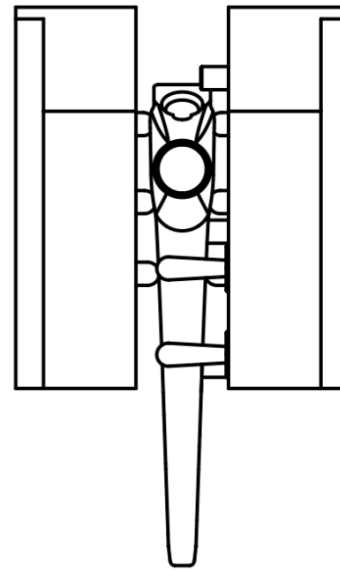
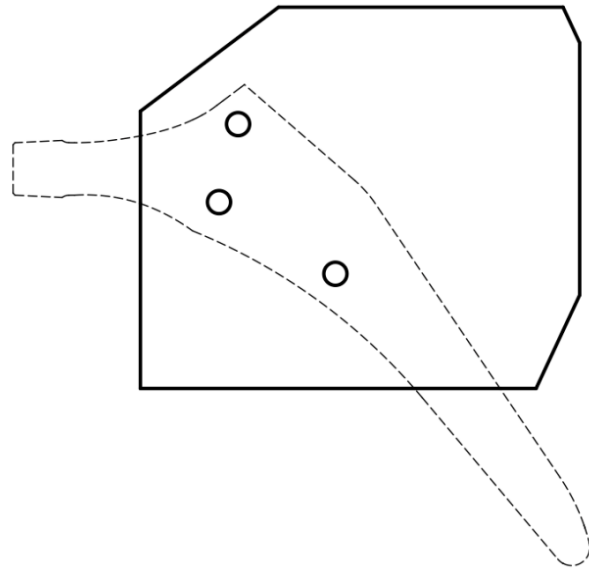
7	Butée	2
6	Mors bas	1
5	Mors haut	1
4	Mâchoire basse	1
3	Mâchoire haute	1
2	Porte mors	2
1	Mandrin SMW	1

1 Décimale ±0.4 2 Décimales ±0.1 Angles ±5°		Format <b>A3</b>	Ce document est la propriété de LISI MEDICAL et ne peut être utilisé ou reproduit sans autorisation écrite	
Proj. Europe		Matière -	<b>Spécifications par défaut</b> Unités du dessin: MM Tolérances générales suivant ISO 2768-K-E Cotes entre parenthèses: données à titre indicatif non tolérancées et résultant du nominal. Voir le modèle CAO pour toute dimension non précisée sur le plan. Les dimensions du modèle sont au nominal. Casser les arêtes 0.05/0.5 rayons ou chanfreins. État de surface général 1.6 Ra. Enlever toutes les bavures.	
Traitement thermique -			Dessiné par _____ Date _____ Vérifié par _____ Date _____	
Finition -		Titre <b>PORTE-PIECES TIGE</b>		
Page 1 / 1	Echelle	Plan N°	Rev	

Plan simplifié  
Ne pas utiliser pour prendre une mesure

DT 19 : Dessin d'ensemble des mors pour la tige fémorale de taille 5

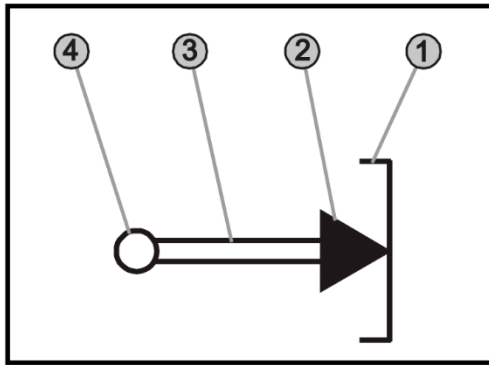
Rev	Zone	Description	Par	Vérif	Date
A	-	Création			



Plan simplifié  
Ne pas utiliser pour prendre une mesure

6	Poussoir à ressort	2
5	Goupille de positionnement courte	1
4	Goupille de positionnement longue	2
3	Cimblot bombé	6
2	Mors haut	2
1	Mors bas	1

1 Décimale ± 0.4		Format		Ce document est la propriété de LISI MEDICAL et ne peut être utilisé ou reproduit sans autorisation écrite	
2 Décimales ± 0.1		A3		Spécifications par défaut	
Angles ± 5°		Proj. Europe		Unités du dessin: MM	
Matière		-		Tolérances générales suivant ISO 2768-K-E	
Traitement thermique		-		Cotes entre parenthèses: données à titre indicatif non tolérancées et résultant du nominal.	
Finition		-		Voir le modèle CAO pour toute dimension non précisée sur le plan. Les dimensions du modèle sont au nominal.	
Page		Echelle		Titre	
1 / 1				MORS TIGE TAILLE 5	
				LISI MEDICAL 203, Bd de la Grande Delle BPR 14201 Hérouville Saint Clair	
				LISI MEDICAL ORTHOPAEDICS Tel: 02 31 46 33 00 Fax: 02 31 47 48 36	
				Dessiné par _____ Date _____ Vérifié par _____ Date _____	
				Rev _____	



3

Surface usinée	
Surface brute	

1

Contact ponctuel	Contact surfacique	Contact strié	Pointe fixe	Pointe tournante
Contact dégagé	Cuvette	Vé	Palonnier	Orienteur

2

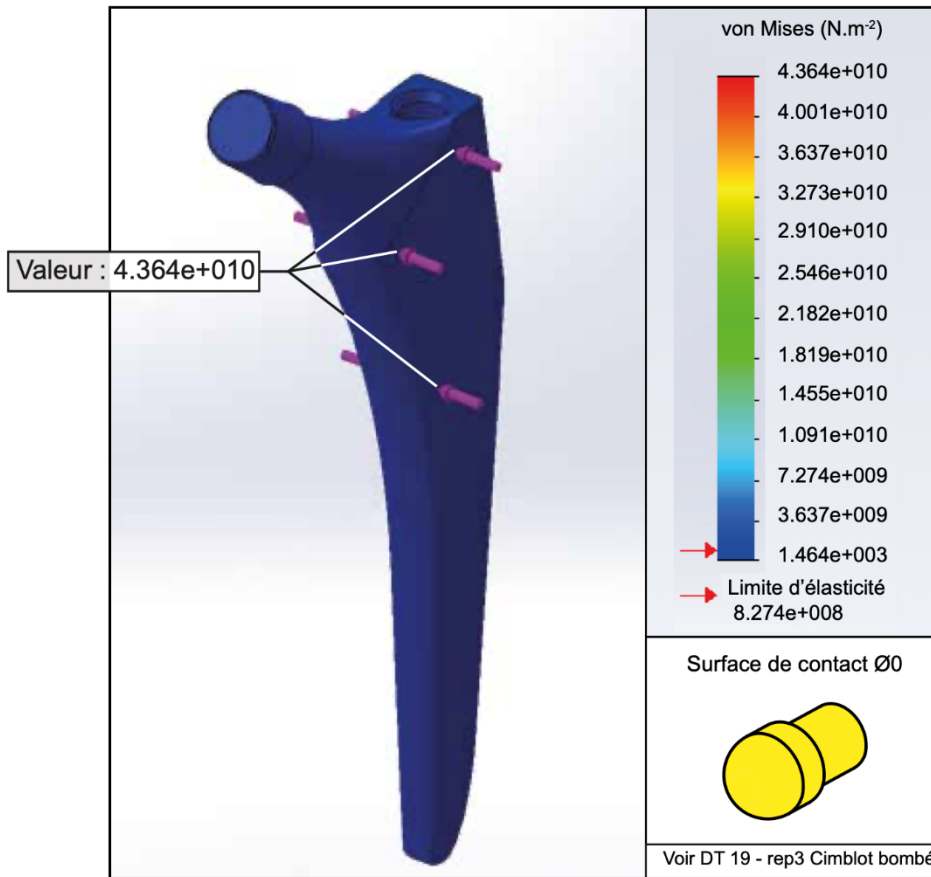
	Symbolisation frontale	Symbolisation projetée
Mise en position		appui centreur centreur dégagé
Maintien en position		

4

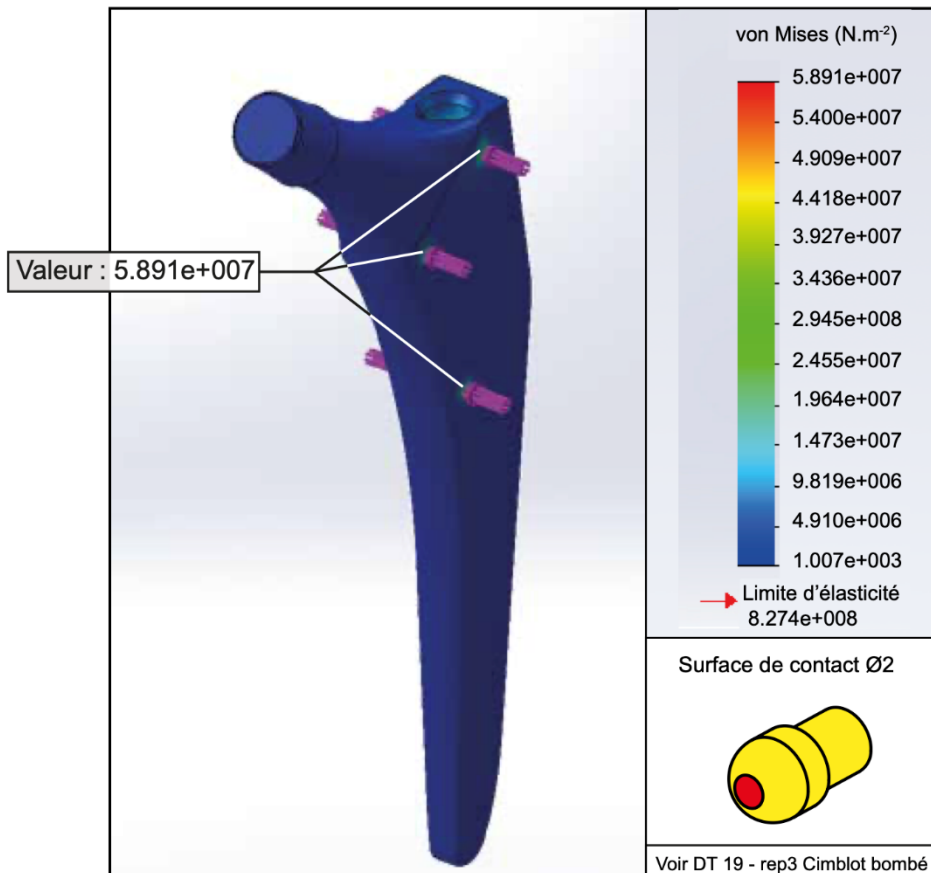
Appui fixe	Centrage fixe	Système à serrage	Système à serrage concentrique
Système à réglage irréversible	Système à réglage réversible	Centrage réversible	



➤ Résultat de l'étude n°1



➤ Résultat de l'étude n°2



**CERATIZIT**  
**DNMG**

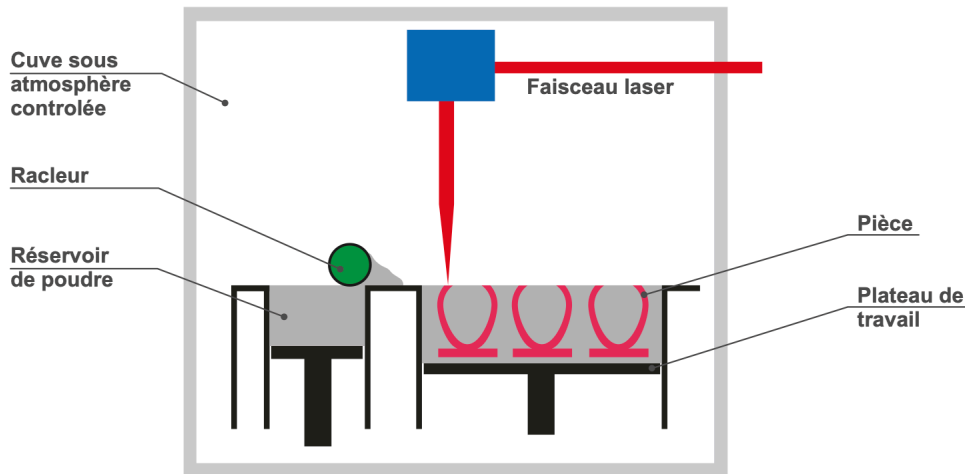
		<b>-F30</b> CTCM130		<b>-M30</b> CTCM130		<b>NEW</b> <b>-M60</b> CTCM130		<b>-M34</b> CTPX710		<b>NEW</b> <b>-M42</b> CTPX710	
		DRAGONSKIN		DRAGONSKIN		DRAGONSKIN		DRAGONSKIN		DRAGONSKIN	
		<b>F</b>		<b>M</b>		<b>M</b>		<b>M</b>		<b>M</b>	
		DNMG		DNMG		DNMG		DNMG		DNMG	
		<b>75 013 ...</b>		<b>75 014 ...</b>		<b>75 015 ...</b>		<b>75 004 ...</b>		<b>75 027 ...</b>	
ISO	RE mm	EUR 1A/08		EUR 1A/08		EUR 1A/08		EUR 1A/08		EUR 1A/08	
150404EN	0,4	15,26	30400					19,31	61600		
150408EN	0,8	15,26	30600	15,26	30600	18,49	31800	19,31	61800		
150412EN	1,2			15,26	30800	18,49	32000	19,31	62000		
150608EN	0,8	20,03	33000			20,03	33000	21,16	63000	23,10	63000
150612EN	1,2					20,03	33200	21,16	63200		
<b>S</b>			○		○		○		●		●
Vitesse de coupe Vc [m/min]						63					
Avance f [mm/tr]						0.25 - 0.45					
Profondeur de passe ap [mm]						1.5 - 6					

- F** Finition
- M** Semi ébauche
- R** Ébauche
- Coupe continue
- Profondeur de coupe variable (faux rond)
- Coupe interrompue
- Utilisation possible
- Utilisation principale

S - Superalliages

S 3.2 - Alliages de titane - Alliages Alpha + Béta

La technologie retenue pour cette étude est le SLM (« Selective Laser Melting » pour fusion sélective sur lit de poudre). Elle utilise un laser à haute puissance pour lier les particules de poudre métallique entre elles afin de former une pièce couche par couche.



1. La cuve d'impression est d'abord remplie d'un gaz inerte puis chauffée à la température d'impression optimale ;
2. Une fine couche de poudre métallique (de l'ordre de 50  $\mu\text{m}$ ) est étalée sur le plateau d'impression à l'aide d'un racleur ;
3. Le laser balaie la section de la pièce, en liant sélectivement les particules métalliques ;
4. Le plateau descend d'une épaisseur de couche et le processus se répète jusqu'à l'impression complète.

Après l'impression, la pièce doit refroidir puis la poudre est extraite.

L'étape d'impression 3D n'est que le début du procédé de fabrication SLM. Plusieurs étapes de post traitements (facultatifs ou obligatoires) sont nécessaires :

- un traitement thermique est utile pour libérer les contraintes induites par les températures très élevées lors de l'impression ;
- la pièce doit être séparée à l'aide d'une scie à ruban ou d'une électroérosion à fil ;
- le support doit être enlevé soit manuellement soit à l'aide d'un centre d'usinage.

Le support évoqué précédemment est nécessaire pour :

- supporter certaines parties de la pièce à fabriquer ;
- atténuer le gauchissement et la distorsion liées aux températures mises en jeu ;
- dissiper la chaleur de la pièce pour la refroidir plus rapidement.

Toutefois, dans le cadre d'une conception préliminaire, il s'agit de trouver un compromis afin de limiter au maximum la quantité de support, sans quoi la quantité de matière utilisée, le temps d'impression et par conséquent le coût de fabrication augmente.

La machine retenue pour cette étude est le SLM 500 de l'entreprise SLM Solutions.

**SLM® 500**  
Selective Laser Melting Machine



- 1 : Enceinte d'impression 3D métallique SLM
- 2 : Filtre permanent (piège la suie du processus)
- 3 : Station de préchargement et de stockage de la poudre métallique
- 4 : Station d'élimination de la poudre après impression

Voici ses principales caractéristiques :

#### Technical Specifications

Build Envelope (L x W x H)	500 x 280 x 365 mm reduced by substrate plate thickness
3D Optics Configuration	Twin (2x 400W or 2x 700W) Quad (4x 400W or 4x 700W) IPG fiber laser
Real Build Rate	up to 171 cm <sup>3</sup> /h*
Variable Layer Thickness	20 µm - 90 µm, more available on request
Minimum Feature Size	150 µm
Beam Focus Diameter	80 - 115 µm
Maximum Scan Speed	10 m/s
Average Inert Gas Consumption in Process	16 l/min (Argon)
Average Inert Gas Consumption in Purging	250 l/min (Argon)
E-Connection / Power Input	400 Volt 3NPE, 63 A, 50/60 Hz, 8 - 10 kW
Compressed Air Requirement	ISO 8573-1:2010 [1:4:1] 7 bar
Machine Dimensions (L x W x H)	6080 x 2530 x 2620 mm

\*depending on material and build part geometry

# BREVET de TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## Conception des processus de réalisation de produits

### Épreuve E4 – CONCEPTION PRÉLIMINAIRE

#### SESSION 2024

Coefficient 6 – Durée 6 heures

## DOSSIER RÉPONSE

○ DR1 : Exigence économique	Page 38
○ DR2 : Exigence énergétique	Page 38
○ DR3 : Seuil de rentabilité	Page 38
○ DR4 : Matrice – Relavage	Page 39
○ DR5 : Directions d'usinage	Page 39
○ DR6 : Position de la tige	Page 40
○ DR7 : Choix du procédé	Page 40
○ DR8 : Procédure de construction du plan A	Page 41
○ DR9 : Grille d'analyse de spécification par zone	Page 42
○ DR10 : Symbolisation du porte-pièce	Page 43
○ DR11 : Foret étagé	Page 43
○ DR12 : Cote outil // Cote machine	Page 44
○ DR13 : Avant-projet pour les surfaces PL4 – CÔ1	Page 45

Les documents réponses DR1 à DR13 (page 38 à 45) sont à rendre avec les copies.

BTS Conception des Processus de Réalisation de Produits CPRP a et b		Session 2024
Épreuve E4 : Conception préliminaire	Code : 24CCE4COP	Page 37 sur 45



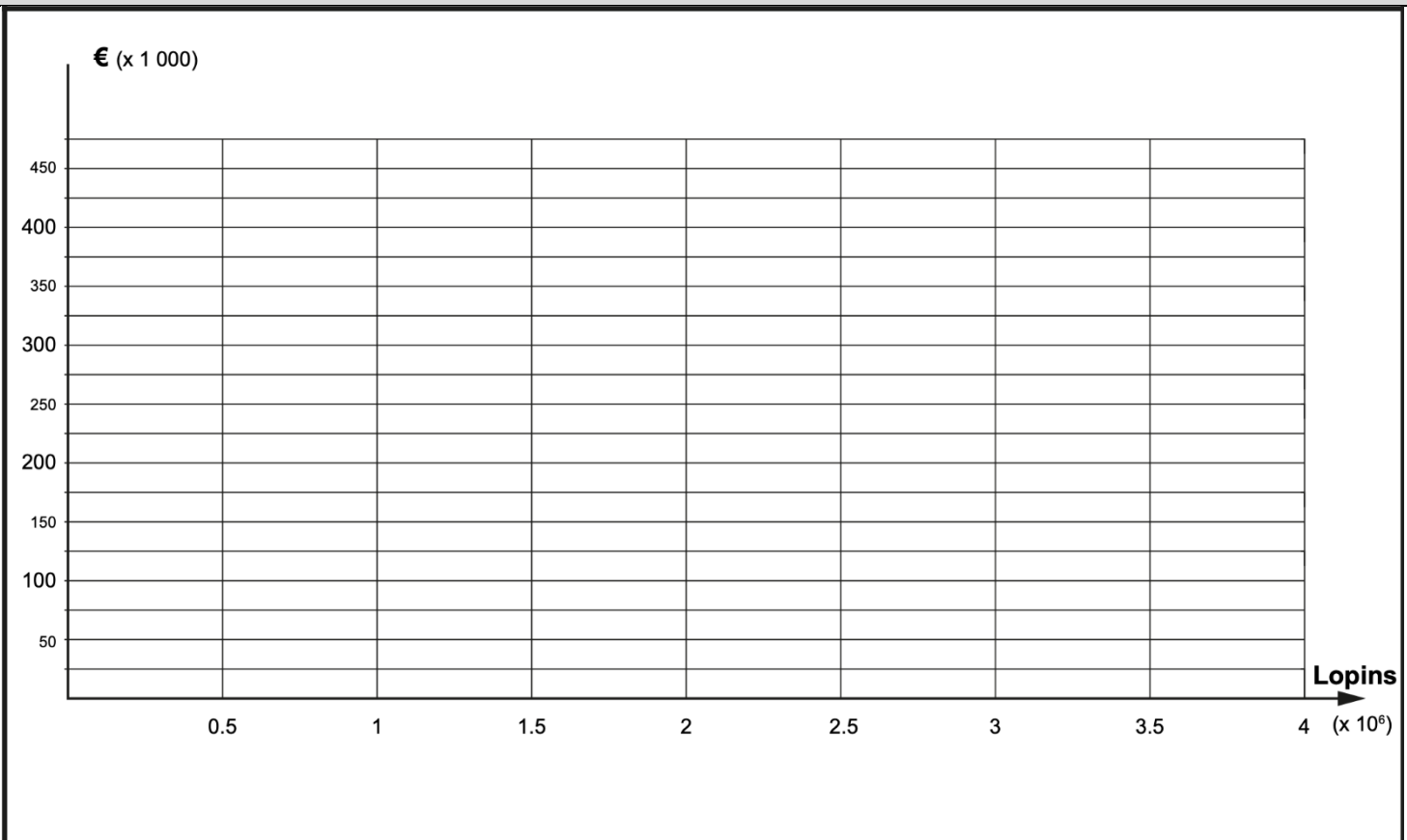
**DR 1 : Exigence économique**

	Lopin			Coût maxi matière attendu	Exigence respectée	
	Volume	Masse	Coût		Oui	Non
<b>Calculs</b>					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Résultats</b>					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**DR 2 : Exigence énergétique**

	Four			Objectif de gain	Exigence respectée	
	Consommation électrique	Consommation induction	Gain		Oui	Non
<b>Calculs</b>					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Résultats</b>					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**DR 3 : Seuil de rentabilité**



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :

(en majuscules)

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

PRENOM :

(en majuscules)

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

N° candidat :

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

N° d'inscription :

--	--	--



Liberté - Égalité - Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

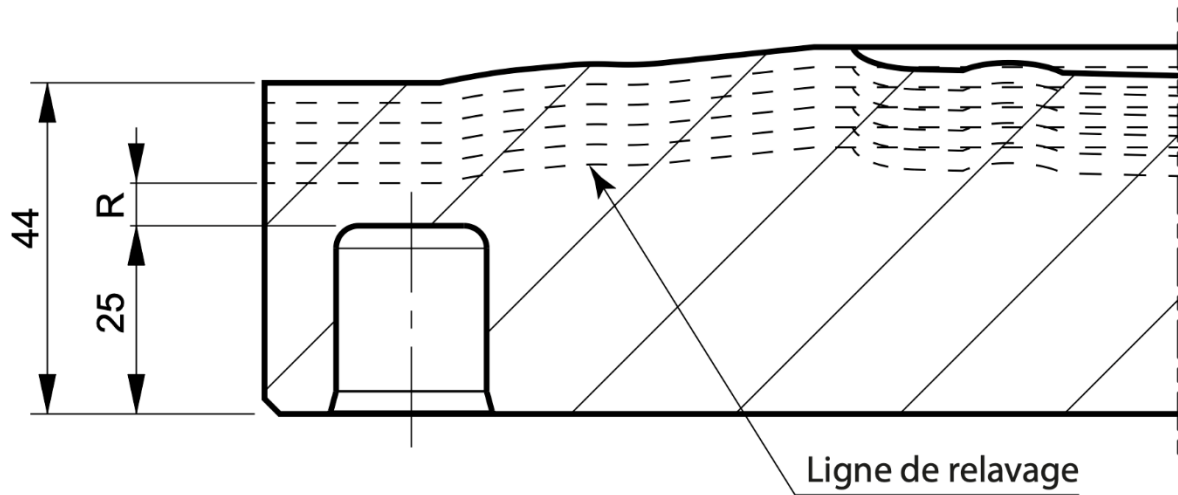
Né(e) le :

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

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



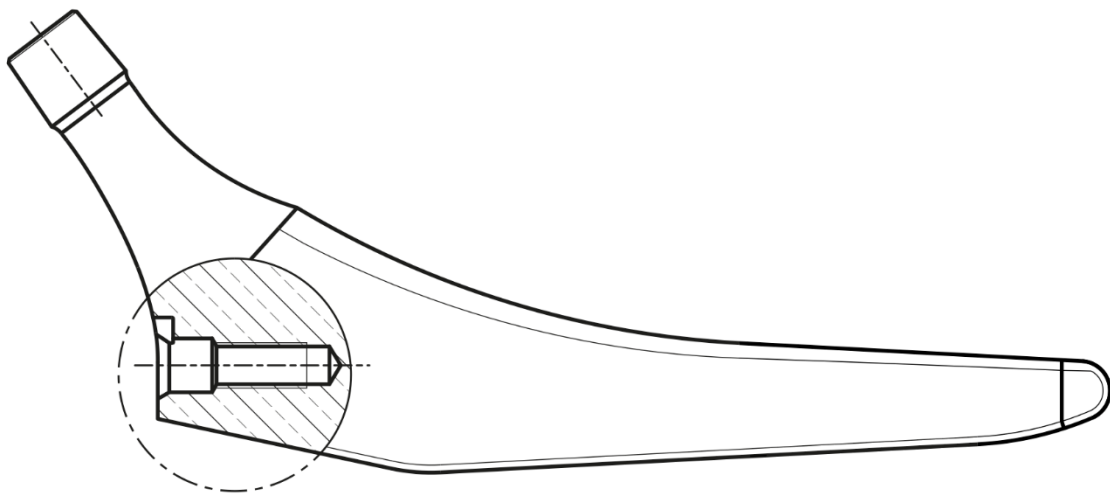
DR 4 : Matrice - Relavage



Q 2.2.3 :

Q 2.2.4 :

DR 5 : Directions d'usinage



Modèle CCYC : ©DNE

**NOM DE FAMILLE** (naissance) :  
(en majuscules)

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

**PRENOM** :  
(en majuscules)

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

**N° candidat** :

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

**N° d'inscription** :

--	--	--



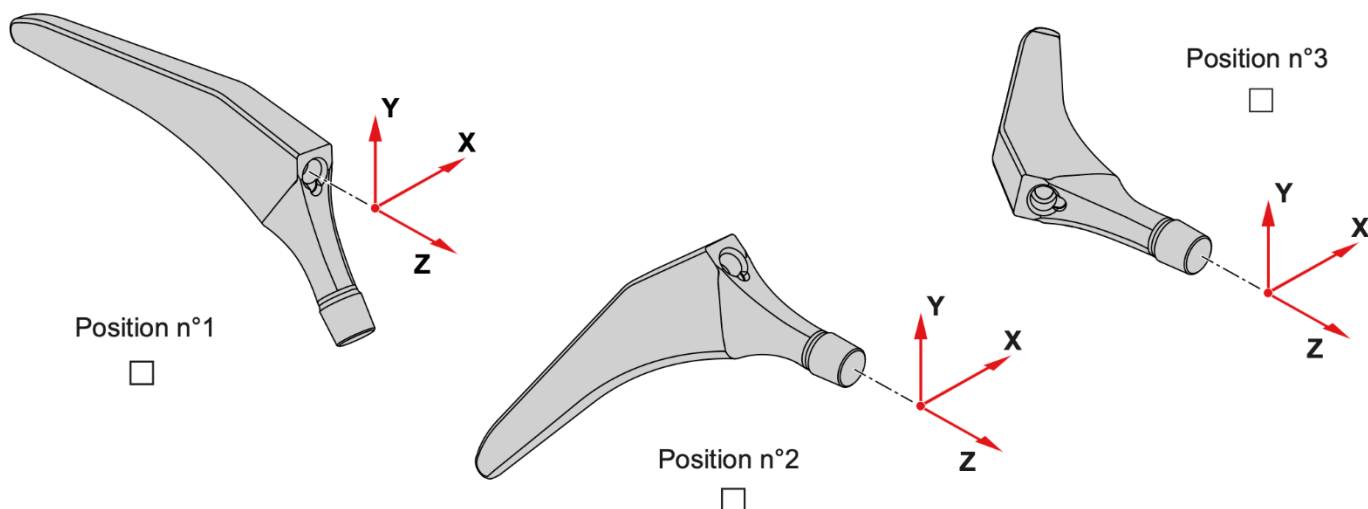
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

**Né(e) le** :

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

**DR 6 : Position de la tige**

Cocher la case de votre choix.



**DR 7 : Choix du procédé**

	Centre d'usinage horizontal 4 axes (axe B)	Tour 4 axes	Tour 5 axes												
<b>Axe machine</b> utilisé pour aligner l'axe du cylindre CY5		X													
<b>Type d'outil</b>															
<b>Type d'opération</b>															
<b>Porte-outils</b>	X	<table border="1"> <tr> <td>Réf</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Coût</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Coût unitaire</td> <td>Coût total</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"><b>Qté</b> <b>5</b></td> <td></td> </tr> </table>	Réf			Coût				Coût unitaire	Coût total		<b>Qté</b> <b>5</b>		X
Réf															
Coût															
	Coût unitaire	Coût total													
	<b>Qté</b> <b>5</b>														
<b>Coût machine</b>			110 000 €												
<b>Investissement</b>															

Modèle CCYC : ©DNE

**NOM DE FAMILLE** (naissance) :

(en majuscules)

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

**PRENOM** :

(en majuscules)

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

**N° candidat** :

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

**N° d'inscription** :

--	--	--	--

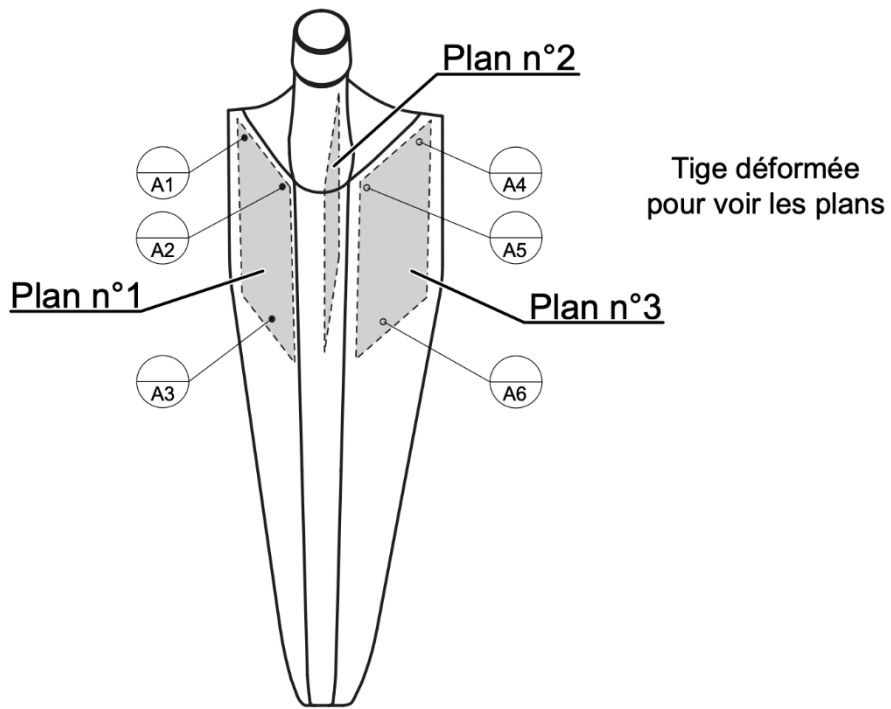
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

**Né(e) le** :

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



- 1 Palper les points A1, A2, A3 en fonction de leurs positions
- 2 Construire le plan n°1
- 3
- 4
- 5

Modèle CCYC : ©DNE

**NOM DE FAMILLE** (naissance) :   
(en majuscules)

**PRENOM** :   
(en majuscules)

**N° candidat** :

**N° d'inscription** :



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

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

**Né(e) le** :  /  /

TOLERANCEMENT NORMALISE		Analyse d'une spécification par zone de tolérance		
Symbole de la spécification : $\Phi$ $\emptyset$ 0.5 A   B   C		Eléments idéaux		
Type de spécification (à compléter) : Forme Orientation Position Battement		Zone de tolérance		
Extrait du dessin de définition :		Elément(s) tolérancé(s)		
		<p>Elément(s) tolérancé(s)</p> <p>Unique</p> <p>Elément(s) de référence</p> <p>Multiple</p>	<p>Référence(s) spécifiée(s)</p> <p>Simple</p> <p>Commune</p> <p>Système</p>	<p>Simple</p> <p>Composée</p>
		<p>Unique</p> <p>Groupe</p> <p><b>A compléter :</b></p> <p>- Elément A : les 6 références partielles sont obtenues en utilisant les dimensions théoriques exactes qui définissent la position de chaque point</p> <p><b>A compléter :</b></p> <p>- Elément B : .....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>- Elément C : .....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>Le plan A (plan médian construit à partir des 2 plans associés aux 6 points de référence).</p> <p>Le plan B associé à l'élément de référence B et <math>\perp</math> au plan A.</p> <p>Le plan C associé à l'élément C et contraint par rapport aux références spécifiées primaires et secondaires.</p>	<p>Condition de conformité: L'élément tolérancé doit se situer tout entier dans la zone de tolérance</p>

Modèle CCYC : ©DNE  
**NOM DE FAMILLE** (naissance) :  
*(en majuscules)*

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

**PRENOM** :  
*(en majuscules)*

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

**N° candidat** :

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

**N° d'inscription** :

--	--	--

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

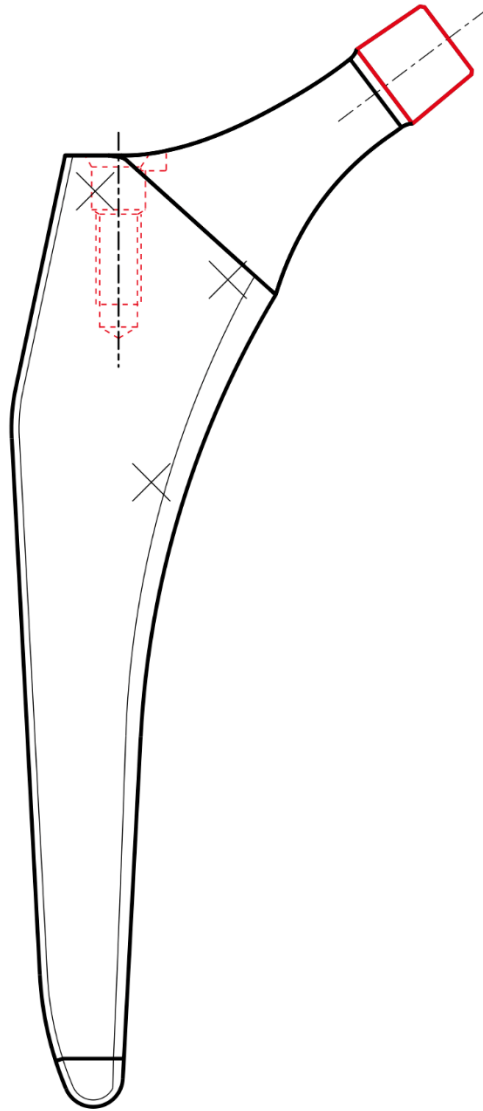


**Né(e) le** :

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

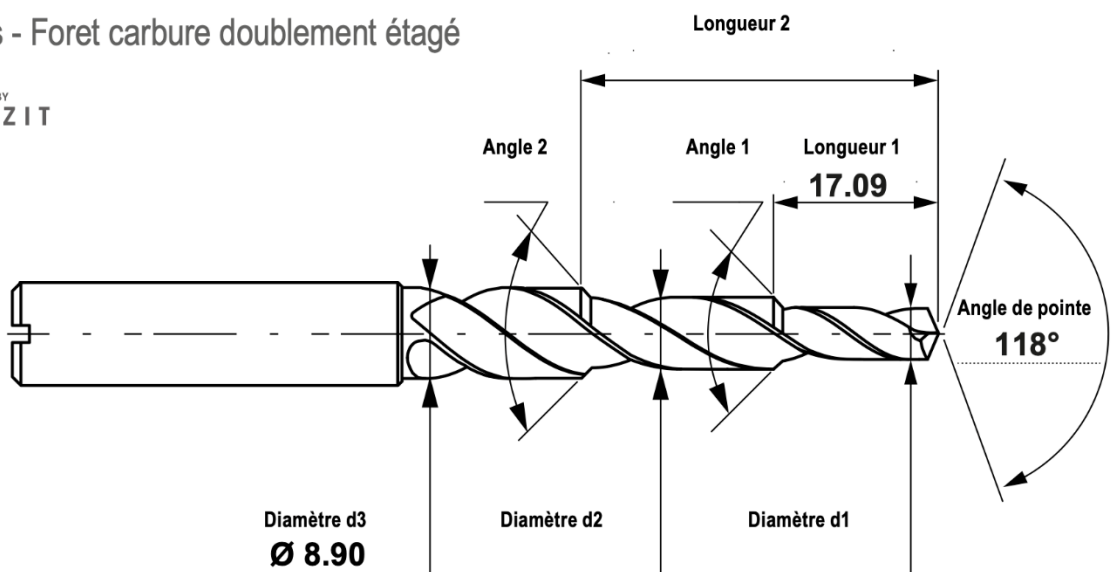


## DR 10 : Symbolisation du porte-pièce



## DR 11 : Foret étagé

### 3c° Dimensions - Foret carbure doublement étagé





	Cote machine Cm	Cote outil Co
<input type="text" value="11.87"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="text" value="5° 37' 45''"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="text" value="10.6 ± 0.1"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="text" value="0.4 x 45°"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="text" value="124°"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="text" value="5.75"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="text" value="— 0.002"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="text" value="○ 0.005"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="text" value="⌒ 0.7 A B C"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="text" value="A1"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="text" value="B1"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="text" value="⌒ 0.05"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :

PRENOM :

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.)

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

## DR 13 : Avant-projet pour les surfaces PL4 – CÔ1

<b>AVANT PROJET</b>	Pièce : <b>TIGE fémorale - Taille 5</b>	Phase :	Surfaces usinées :	Machine :
	Matière :	Procédé :	<b>PL4 - CÔ1</b>	Folio : 1/1
Date : <b>09/09/2023</b>				

<b>Isostatisme</b>	<b>Détail A</b>	<b>Outils de coupe</b>
	<p>The drawing shows a profile of a femoral shaft. Detail A is a chamfered end with a chamfer width of approximately 4mm and a chamfer angle of 45 degrees. A grinding plan is indicated by dashed lines and a label 'Plan de bauge'.</p>	
<b>Opérations d'usinage</b>	<p>Technical drawing of Detail A showing dimensions: chamfer width of 4mm, chamfer angle of 45 degrees, and a grinding plan.</p>	
<b>EXEMPLE</b>		
d Finition contournage : Co1		
Co1 → Ø12		

Modèle CCYC : ©DNE

**NOM DE FAMILLE** (naissance) :  
*(en majuscules)*

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

**PRENOM** :  
*(en majuscules)*

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

**N° candidat** :

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

**N° d'inscription** :

--	--	--



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

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

**Né(e) le** :

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