

Présentation de la prothèse de jambe

I) Mise en situation

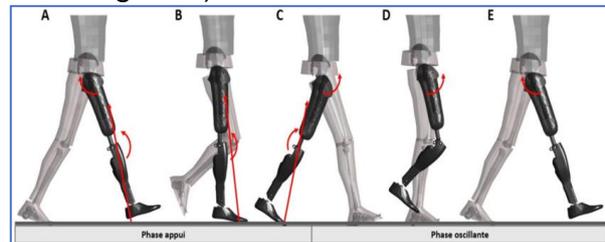
Le mécanisme étudié est une prothèse de jambe conçue et fabriquée par la société PROTEOR. Cette prothèse se fixe sur le moignon de la personne handicapée et permet de reproduire une démarche naturelle, même sur des terrains accidentés. L'adaptabilité est un point fort de ce produit car il permet de s'adapter aux différentes dimensions de jambes des personnes en effectuant un réglage permanent.

L'objet de notre étude est l'articulation de la cheville.



II) Fonctionnement du système

La structure du châssis (1) peut être assimilée au tibia. Sur la partie supérieure, le moignon doit être fixé sur le levier articulation supérieur (11). Ce dernier est en liaison pivot par rapport au châssis (équivalent du genou). Par l'intermédiaire du bloc hydracadence (12), un mécanisme pneumo-hydraulique et d'une bielle (7 ; 8 ; 9), le mouvement est répercuté à l'embase femelle (3) (qui correspond au pied).



Afin de garantir une pose correcte du pied sur le sol, 2 conditions sont à satisfaire :

- Le plat du pied doit être horizontal quand la jambe est alignée avec la cuisse,
- Le plat du pied doit être incliné de 15° vers le haut quand la jambe est inclinée de 20° par rapport à l'alignement de la cuisse.

III) Caractéristiques techniques

Le système est dimensionné pour des personnes d'une masse corporelle de 125 kg maximum.

IV) Objet de l'étude

Le bureau des méthodes souhaite valider la capabilité de la prothèse. Pour cela, il doit :

- vérifier le réglage de l'inclinaison de la cheville,
- déterminer le matériau de la rondelle de précharge à utiliser,
- valider la résistance mécanique de l'axe pivot embase 6,
- analyser le dessin de définition de l'embase femelle.



Rendu réaliste de la prothèse

1) Analyse fonctionnelle et structurelle de la prothèse

Problématique : afin de garantir une démarche fluide et un bon équilibre, le plat du pied doit être horizontal en position debout et doit être incliné de $15^\circ \pm 1$ lorsque la cuisse et la jambe marquent un angle de 20° .

Objectif : vérifier le réglage de l'inclinaison de la cheville.

On donne :

- Le dessin d'ensemble DT1 et l'éclaté de l'articulation de la cheville DT3,
- La nomenclature DT2.

Remarque :

Les bagues antifriction (23) sont montées serrées dans l'embase femelle (3).

Question 1.1. Compléter les classes d'équivalences cinématiques de la prothèse.

CE1 = {1, 18, 19, 22, 25, 27, 28, 29, 30, 31, ..., ..., ...}

CE2 = {11, 13, 14, 15}

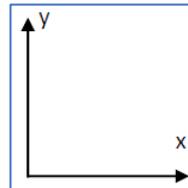
CE3 = {21, 5b, 16, 17}

CE4 = {12}

CE5 = {20, 4b, 24}

CE6 = {8, ..., ..., ..., ..., ...}

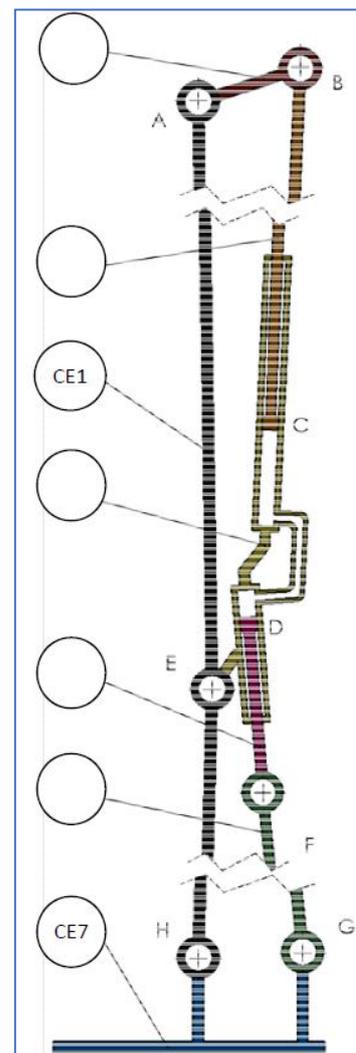
CE7 = {3, 10, 32, ..., ..., ..., ...}



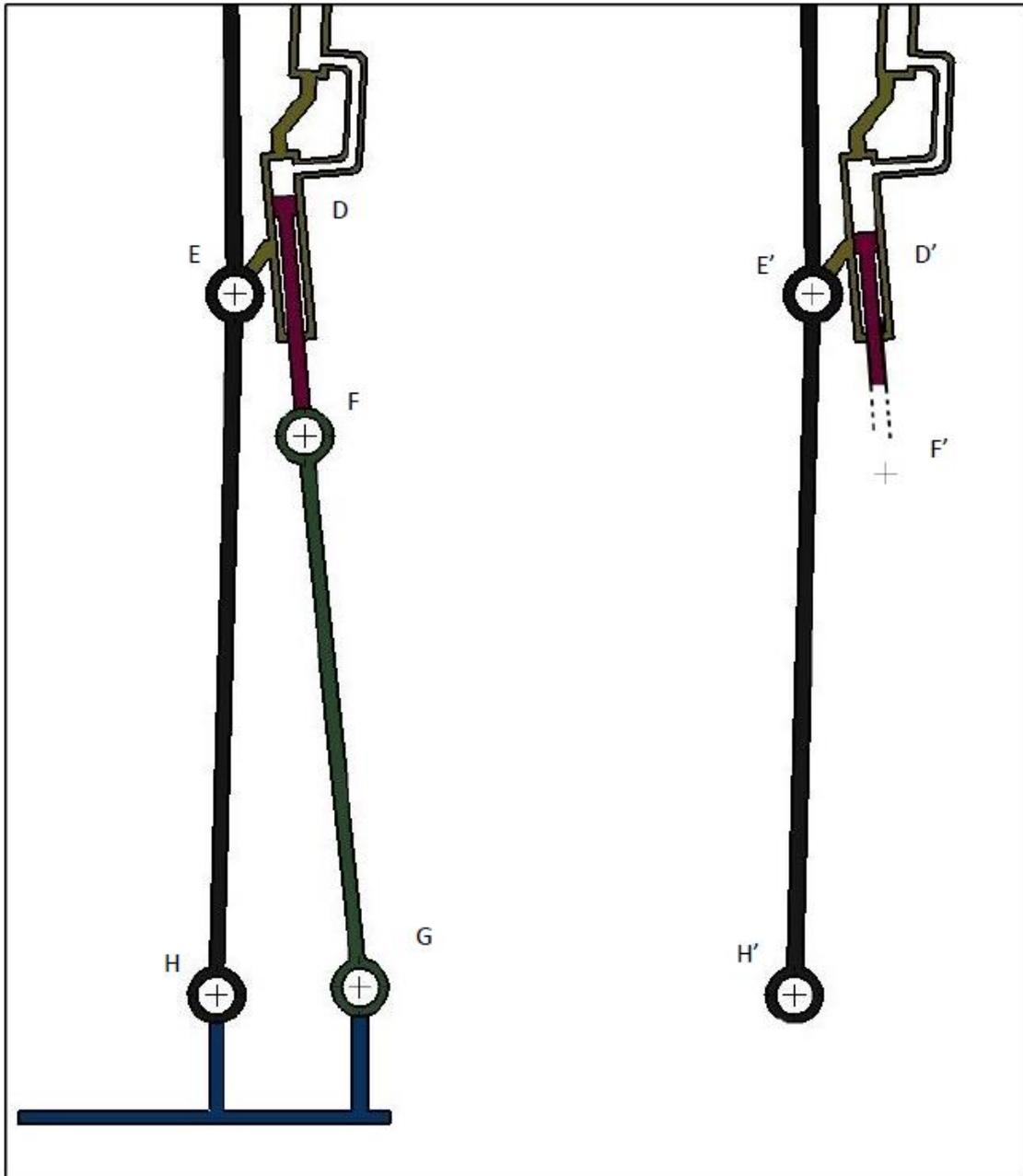
Question 1.2. Indiquer sur le schéma technologique ci-contre les classes d'équivalence cinématiques manquantes de la prothèse :

Question 1.3 : Compléter le tableau ci-dessous.

| Liaison entre | | | Nature du contact | | |
|----------------------|--|----|-------------------|--|--|
| CE1 et CE7 | | | Plane et | | |
| Mouvements possibles | | | Nom de la liaison | | |
| Tx | | Rx | | | |
| Ty | | Ry | | | |
| Tz | | Rz | | | |



Question 1.4. Dessiner la position du point G' à partir de la position du point F', puis la position extrême du pied, puis mesurer l'angle d'inclinaison du plat du pied par rapport à la position initiale.



Position debout

Position extrême (lorsque le désalignement jambe-cuisse atteint 20°)

Angle mesuré :

Question 1.5. A partir du résultat trouvé, conclure par rapport au cahier des charges.

| |
|--|
| |
|--|

2) Dimensionnement rondelles de précharge 19.

Problématique : pour assurer un fonctionnement correct, la flèche doit être de 1.4 mm après une application d'une charge de 70N.

Objectif : déterminer le matériau de la rondelle de précharge à utiliser.

On donne :

L'éclaté du sous-ensemble articulation cheville DT3 ,

- Le dessin de définition de la rondelle de précharge DT4,
- Formulaire matériaux et résistance des matériaux DT6.

Remarque :

- Le fournisseur propose 2 matériaux différents : C60 et C75.

L'assemblage de l'articulation de la cheville est réalisé avec des rondelles de précharge qui permettent d'obtenir un montage équilibré et une usure équitablement répartie des surfaces fonctionnelles des embases mâle (2) et femelle (3).

Question 2.1. Déterminer la désignation et la composition des matériaux suivants :

| | |
|-----|--|
| C60 | |
| C75 | |

Question 2.2. A partir de la problématique et du document DT4, déterminer quel matériau sera utilisé pour fabriquer la rondelle de précharge. Justifier la réponse.

| |
|--|
| |
|--|

3) Validation de la résistance mécanique de l'axe pivot embase 6

Problématique : l'axe pivot embase (6) doit supporter la charge induite par le poids d'une personne de $m=125\text{kg}$ maximum, dans la position la plus défavorable.

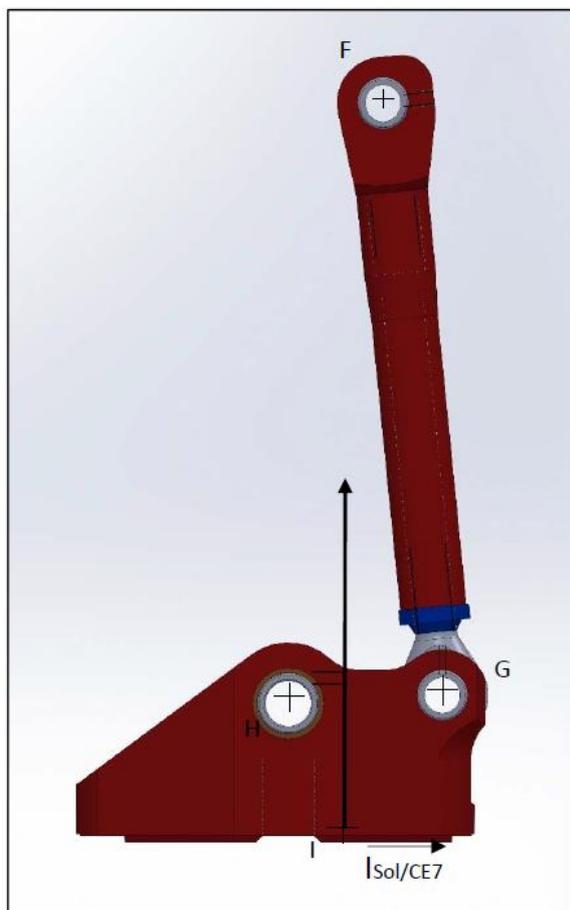
Objectif : valider la résistance mécanique de l'axe.

On donne :

- L'éclaté du sous-ensemble articulation cheville DT3 ;
- Formulaire matériaux et résistance des matériaux DT6 ;
- Facteur de charge $f = 1.5$;
- Coefficient de sécurité $k = 3$;
- Pesanteur $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Question 3.1. Etude statique

Une étude statique est proposée pour déterminer les actions mécaniques appliquées sur l'axe pivot embase (6) dans le cas le plus défavorable.



Système isolé : bielle CE6



La bielle est un système en équilibre soumis à deux actions mécaniques extérieures.

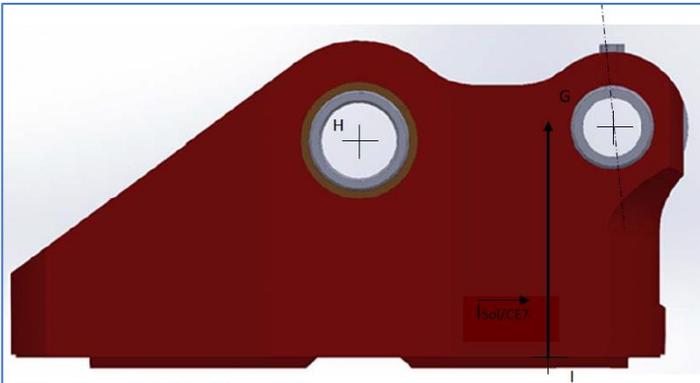
Question 3.1.a. Quelles sont les propriétés des forces dans un système en équilibre soumis à deux actions mécaniques extérieures ?

Question 3.1.b. Compléter le tableau ci-dessous. (Mettre des ? quand on ne peut pas répondre)

| Nom | Point d'application | Direction | Sens | Norme (N) |
|---------------------|---------------------|-----------|------|-----------|
| $\vec{F}_{CE5/CE6}$ | | | | |
| $\vec{G}_{CE7/CE6}$ | | | | |

Question 3.1.c. Calcul de la valeur de $\|\vec{I}_{SOL/CE7}\|$

On donne : $\|\vec{I}_{SOL/CE7}\| = m \times g \times f$



Système isolé : ensemble embase femelle CE7.

L'ensemble embase femelle est un système en équilibre soumis à 3 actions mécaniques extérieures.

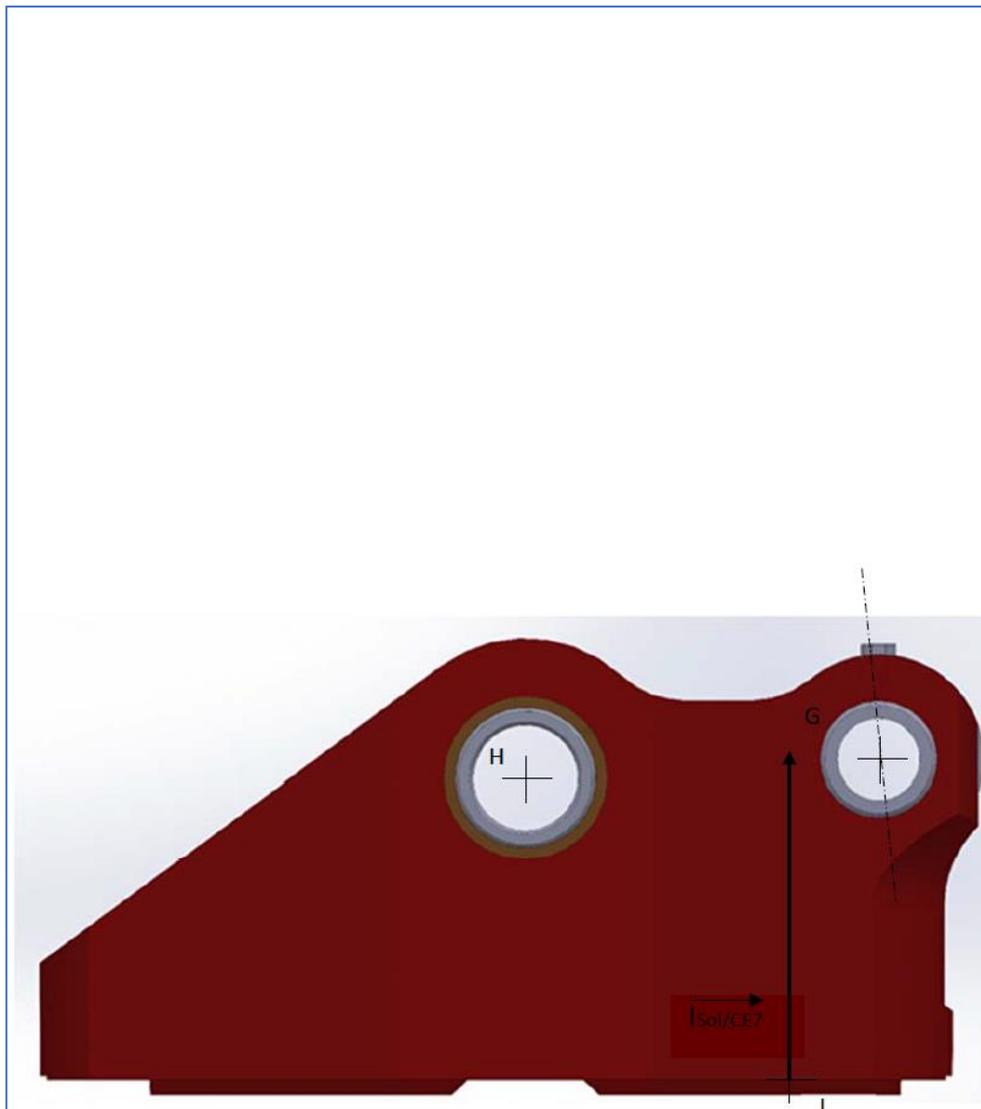
Question 3.1.d. Quelles sont les propriétés des forces dans un système en équilibre soumis à 3 actions mécaniques extérieures ?

Question 3.1.e. Compléter le tableau ci-dessous (mettre des ? quand on ne peut pas répondre).

Pour la suite de l'étude, on prendra $\|\vec{I}_{SOL/CE7}\| = 2\,000\text{ N}$

| Nom | Point d'application | Direction | Sens | Norme (N) |
|---------------|---------------------|-----------|------|-----------|
| → ISOL/CE7 | I | | ↑ | 2000 |
| → GCE6/CE7 | | | | |
| → HCE1/CE7 | | | | |

Question 3.1.f. Faire la résolution graphique sur la figure ci-dessous pour trouver les inconnues manquantes. (vous devez choisir une échelle de représentation des forces)

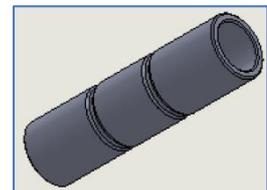


Question 3.1.g. Compléter le tableau ci-dessous.

| Nom | Point d'application | Direction | Sens | Norme (N) |
|---------------------|---------------------|-----------|------|-----------|
| $\vec{I}_{SOL/CE7}$ | I | I | ↑ | 2000 |
| $\vec{G}_{CE6/CE7}$ | | | | |
| $\vec{H}_{CE1/CE7}$ | | | | |

Question 3.2. Etude de RDM axe pivot embase (6).

Par la suite on prendra $\|\vec{H}_{CE1/CE7}\| = 600 \text{ N}$



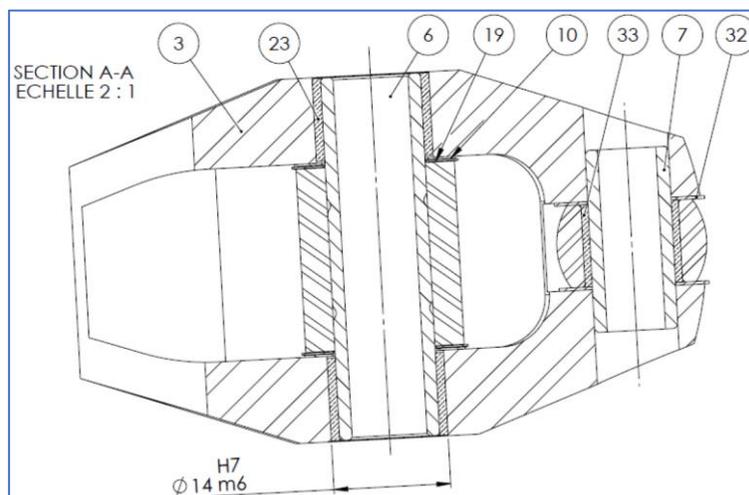
Question 3.2.a. Quel est le matériau utilisé pour fabriquer l'axe pivot embase (6) ?

Question 3.2.b. Déterminer la désignation et la composition du matériau de la question précédente.

Question 3.2.c. L'axe pivot embase 6 est sollicité en (entourer la bonne réponse) :

| | | | |
|----------|--------------|-------------|---------|
| Traction | Cisaillement | Compression | Torsion |
|----------|--------------|-------------|---------|

Question 3.2.d. Colorier la ou les section(s) sollicitée(s) de l'axe (6) sur la figure ci-dessous :



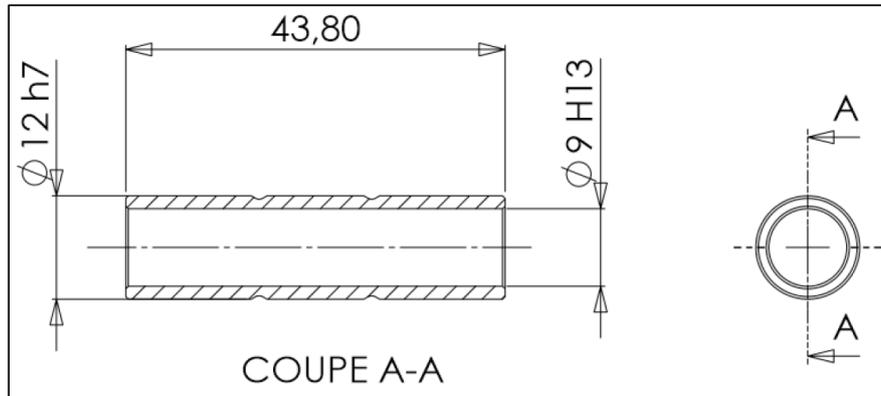


Figure : Extrait du dessin de définition de l'axe (6) – cotation partielle

Question 3.2.e. A l'aide de la figure ci-dessus, calculer la surface totale sollicitée S (en mm^2).

Question 3.2.f. Calculer la contrainte maximale dans la section sollicitée t_{\max} (en MPa).

Question 3.2.g. Calculer R_{eg} , la résistance élastique au glissement (en MPa).

Question 3.2.h. Vérifier la condition de résistance de l'axe (6). Est-il conforme aux préconisations ?

4) Etude de l'embase femelle 3

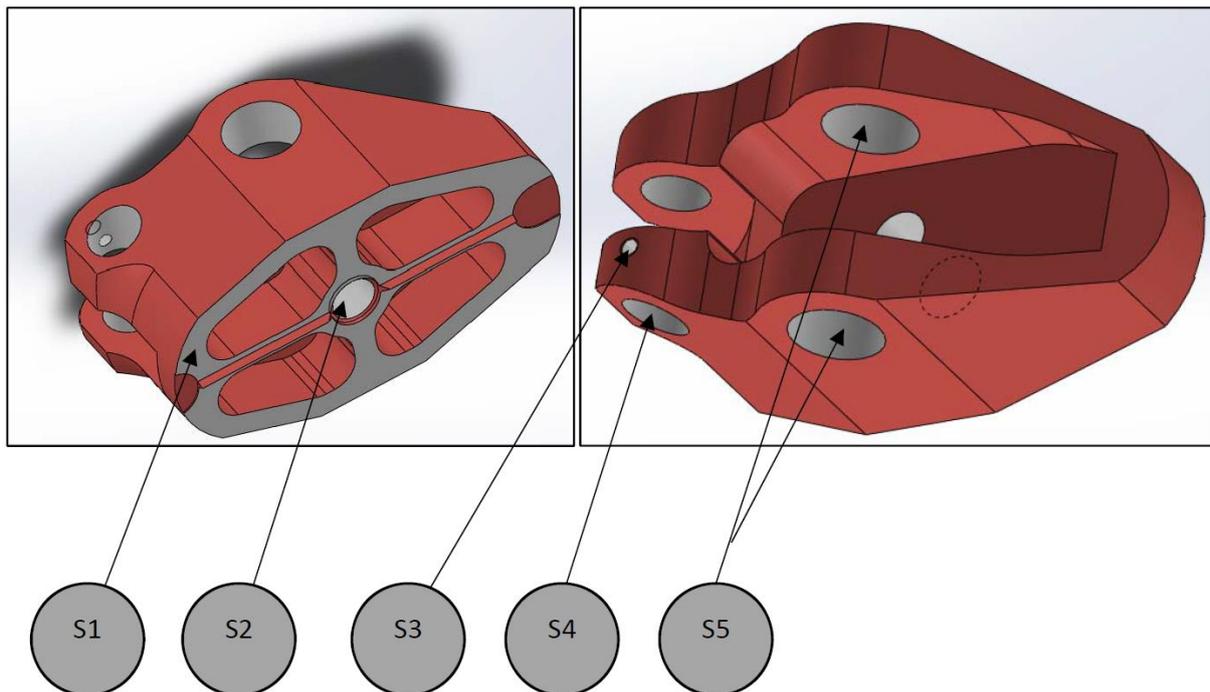
Problématique : Analyse du dessin de définition de l'embase femelle (repère 3).

Question 4.1. Vérifier l'ajustement entre l'embase et la bague 23 est $\varnothing 14H7m6$.

| | |
|----------------------------|--------------------------|
| Alésage $\varnothing 14H7$ | Arbre $\varnothing 14m6$ |
| CM = | CM = |
| Cm = | Cm = |
| J_{max} = | |
| J_{min} = | |

A quel type d'ajustement cela correspond-il ? (entourer la bonne réponse)

| | | |
|------------------|---------------|---------------------|
| Ajustement serré | Jeu incertain | Ajustement avec jeu |
|------------------|---------------|---------------------|



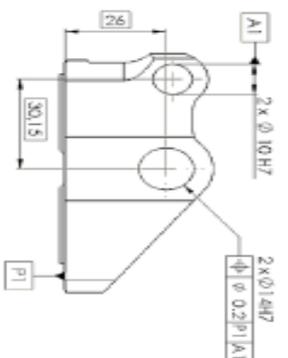
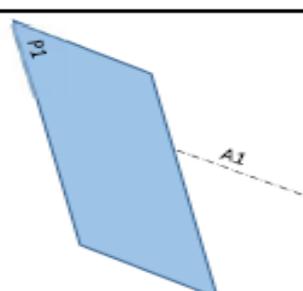
Question 4.2. Indiquer la nature géométrique des surfaces repérées S1 à S6 (tableau ci-dessous) :

| Surface | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 |
|--------------------|----|----|----|----|----|
| Nature géométrique | | | | | |

Question 4.3. Compléter le tableau pour chaque usinage repéré (S1 à S5).

| Surface | Spécifications dimensionnelles | Spécifications géométriques | | | | Dimensions de référence | Spécifications d'état de surface |
|---------|--------------------------------|-----------------------------|--|--|--|-------------------------|----------------------------------|
| S1 | | | | | | | |
| S2 | | | | | | | |
| S3 | | | | | | | |
| S4 | | | | | | | |
| S5 | | | | | | | |

Question 4.4. Décoder la spécification géométrique de la page suivante.

| TOLERANCEMENT NORMALISE | | Analyse d'une spécification par zone de tolérance | | | |
|---|--|--|--|------------------------------------|--|
| Symbole de la spécification | | Eléments non idéaux | | Eléments idéaux | |
| Type de spécification Ferme Position Orientation Battement | | Elément(s) tolérancé(s) | | Elément(s) de référence | |
| Condition de conformité : L'élément tolérancé doit se situer tout entier dans la zone de tolérance. | | unique groupe | | unique multiples | |
| Schema extrait du dessin de définition | | ZONE A COMPLETER | | ZONE A COMPLETER | |
|  | |  | | simple commune système système | |
| 2 axes réels de surfaces nominalemment cylindriques | | Référence primaire : Plan P1 extrait de la surface nominalemment plane côté extérieur de matière Référence secondaire : droite A1 extréité des axes réels. | | simple composée simple composée | |
| ZONE A COMPLETER | | ZONE A COMPLETER | | ZONE A COMPLETER | |
| Contraintes orientation et/ou position par rapport à la référence spécifiée | | ZONE A COMPLETER | | | |

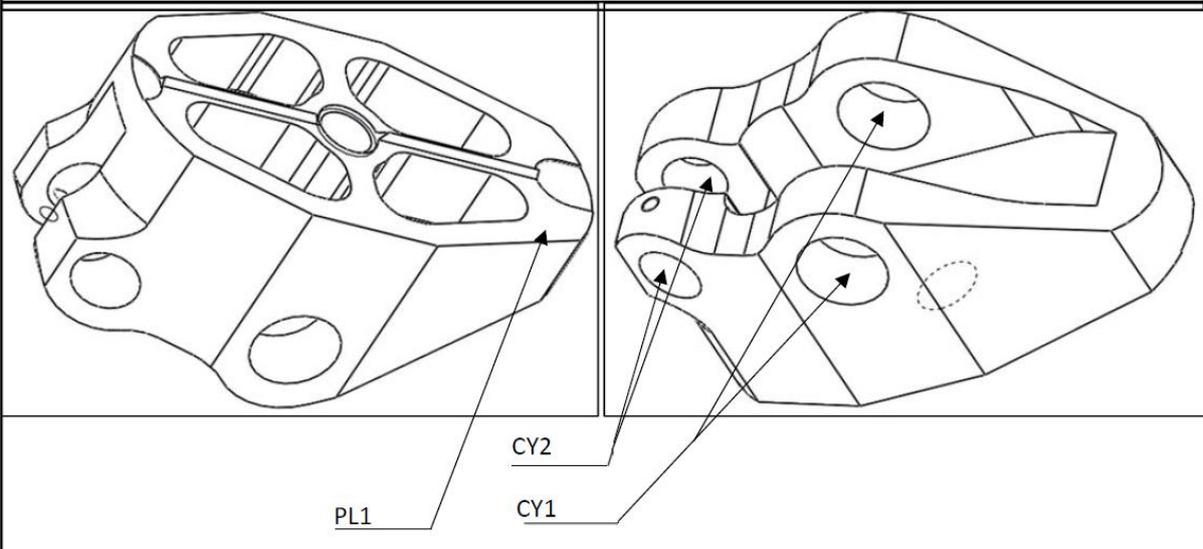
Question 5. Compléter la procédure de contrôle.

Ensemble : Prothèse hydracadence 2

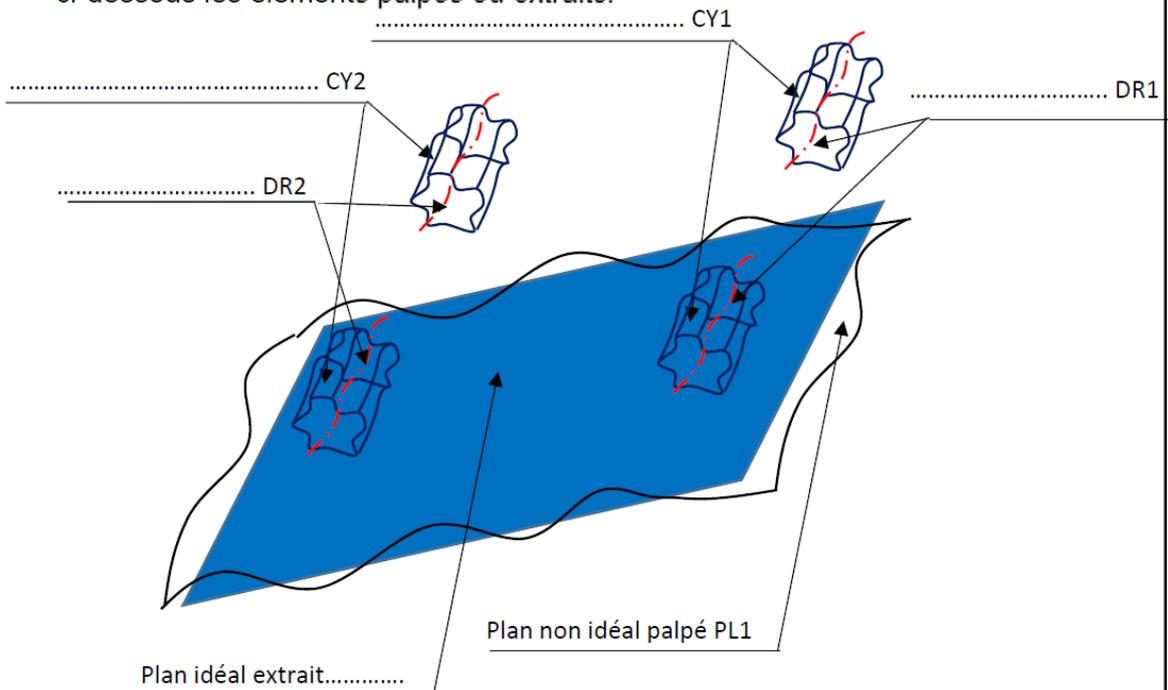
Spécification à contrôler :

\oplus ϕ 0.2 P1 A1

Elément : Embase femelle



- Représentation schématique des éléments géométriques palpés et extraits. Identifier ci-dessous les éléments palpés ou extraits.



• Choisir le(s) numéro(s) de palpeur et leur(s) longueur(s) associée(s).

| Palpeur utilisé | Longueur mini (mm) : |
|-----------------|----------------------|
| N°1 | 10 mm |
| N°..... | |
| N°..... | |

Choisir les éléments géométriques à palper.

Définir les éléments géométriques à construire.

PL2 ∈ DR2 _ PL1

PL3 // PL2 distant de 30,15 de PL2

DR3 ∈ PL3 distant de 26 de PL1

Donner le critère d'acceptabilité.