

SESSION 2015

**CAPLP
CONCOURS EXTERNE
ET CAFEP**

Section : GÉNIE MÉCANIQUE

Option : CONSTRUCTION

ANALYSE D'UN PROBLÈME TECHNIQUE

Durée : 4 heures

Calculatrice électronique de poche – y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Il est demandé au candidat d'utiliser des feuilles de copie distinctes pour chacune des parties traitées et d'insérer les documents réponses, complétés ou non, dans les copies relatives à la partie considérée. Le candidat pourra apporter tous les compléments qu'il souhaite sur ces mêmes copies. L'ensemble sera alors placé dans une copie servant de « chemise » pour toute la composition.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB : *La copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.*

Le sujet comporte 26 pages

- le dossier sujet commençant par la mise en situation et comportant 42 questions (pages 1/15 à 15/15) ;
- le dossier réponse comportant 6 documents réponse (DR1 à DR6) ;
- le dossier technique comportant 3 documents techniques (DT1 à DT3) ;
- le dossier ressource comportant de 2 pages présentant 5 figures en couleur.

RECOMMANDATIONS

L'étude est composée de 4 parties qui se suivent, mais qui sont indépendantes.

Il est proposé au candidat de répartir son temps de travail sur les différentes parties de l'étude de la façon suivante :

Partie A	Mise en situation	15 minutes
Partie B	Présentation du boîtier à calage variable	
Partie C.I	Dimensionnement du vérin	1 heure 45 minutes
Partie C.II	Définition et industrialisation du levier	2 heures

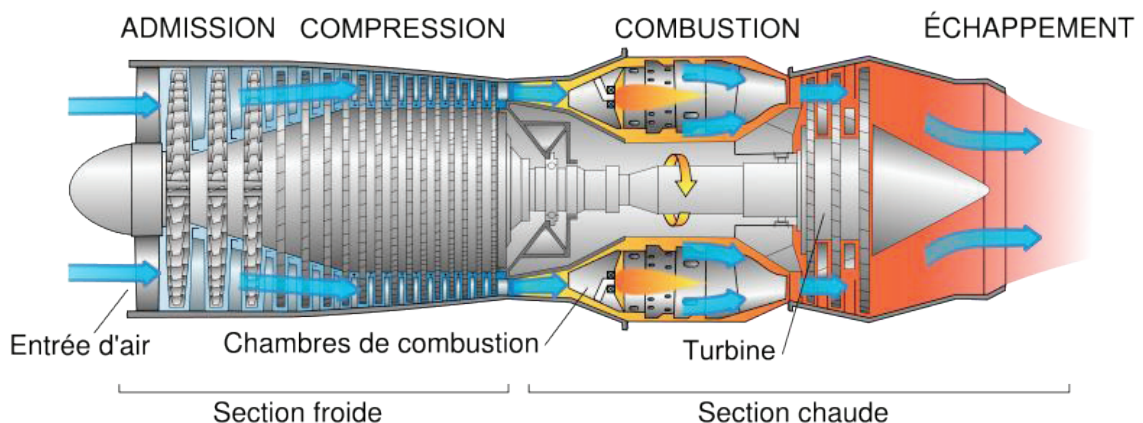
BOITIER DE COMMANDE À CALAGE VARIABLE

A. MISE EN SITUATION

Au début de l'aviation, les avions étaient équipés de moteurs à hélices.
L'invention des réacteurs a permis d'atteindre des vitesses de vol beaucoup plus importantes.



I. Réacteur simple flux



Page Turboréacteur – Wikipédia – Jeff Dahl

Le principe de fonctionnement du réacteur simple flux est le suivant :

- ✓ l'air est admis par un ventilateur (ou soufflante) dans le corps du réacteur (ADMISSION) ;
- ✓ il est ensuite mis sous pression grâce à un compresseur (COMPRESSION) ;
- ✓ l'injection de kérosène permet alors de l'enflammer (COMBUSTION) ;
- ✓ la détente de l'air ainsi obtenue génère simultanément une force de poussée via la tuyère (ÉCHAPPEMENT) et une rotation de l'arbre via la turbine.

La force de poussée est définie par la relation suivante : $F = Q_m \cdot V$

avec : Q_m : débit massique de l'air ;
 V : vitesse d'éjection de l'air.

Question 1 : Démontrer que cette relation est homogène.

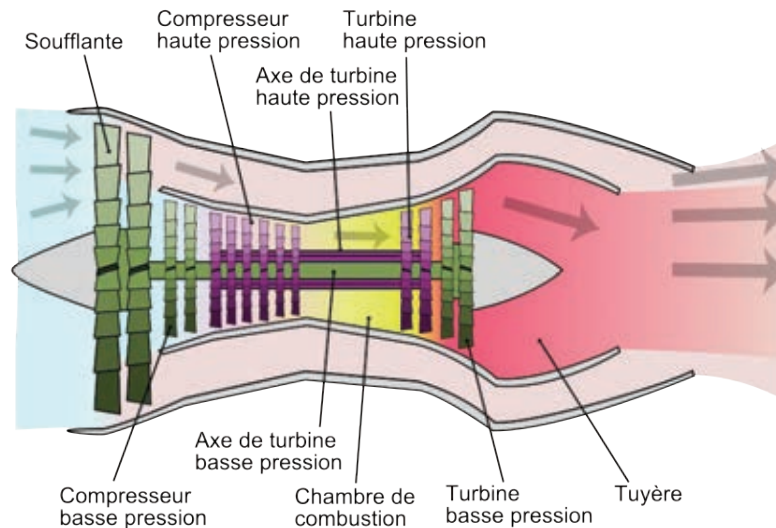
Ce type de réacteur présente un débit massique assez faible et une vitesse d'éjection élevée.

C'est une solution efficace (utilisée par exemple pour les avions de chasse) mais bruyante et présentant un mauvais rendement. Elle n'est donc pas adaptée pour l'aviation civile.



Réacteur du Rafale

II. Réacteur double flux



Page Turboréacteur
– Wikipédia –
K. Aainsqatsi

Dans ce cas, on préfère utiliser des réacteurs doubles flux.

Le flux d'air est alors réparti en deux flux distincts :

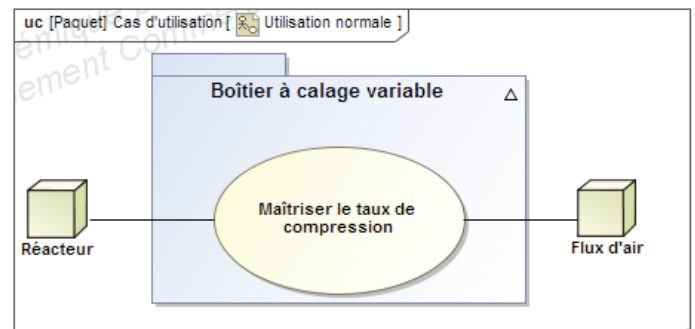
- ✓ le flux primaire (analogue au réacteur simple flux) est envoyé vers le compresseur puis la chambre de combustion et permet la rotation de l'arbre en générant 20 % de la poussée ;
- ✓ le flux secondaire, envoyé directement vers la tuyère, génère 80 % de la poussée.

Le flux secondaire permet d'augmenter considérablement le débit massique et, sa vitesse étant beaucoup plus faible, assure une isolation phonique du flux primaire.

B. PRÉSENTATION DU BOÎTIER À CALAGE VARIABLE

Pour optimiser le rendement du réacteur, il est nécessaire que la combustion de l'air avec le kérosène soit maximale. Or la qualité de cette combustion dépend fortement du taux de compression.

Le boîtier de calage, objet de l'étude, participe à la maîtrise de ce taux en agissant sur le flux d'air.



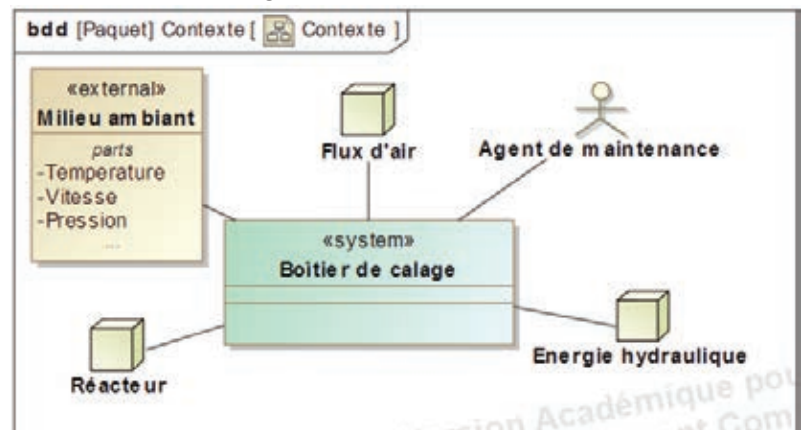
En effet, l'air sortant de la soufflante est fortement turbulent.

Pour une bonne maîtrise de la compression, on redresse la direction du flux d'air par rapport aux aubes du rotor (en rouge, **figures 1 et 2** du document ressources). Cette correction est fonction des conditions d'utilisation (vitesse de l'avion, altitude, température de l'air, ...).

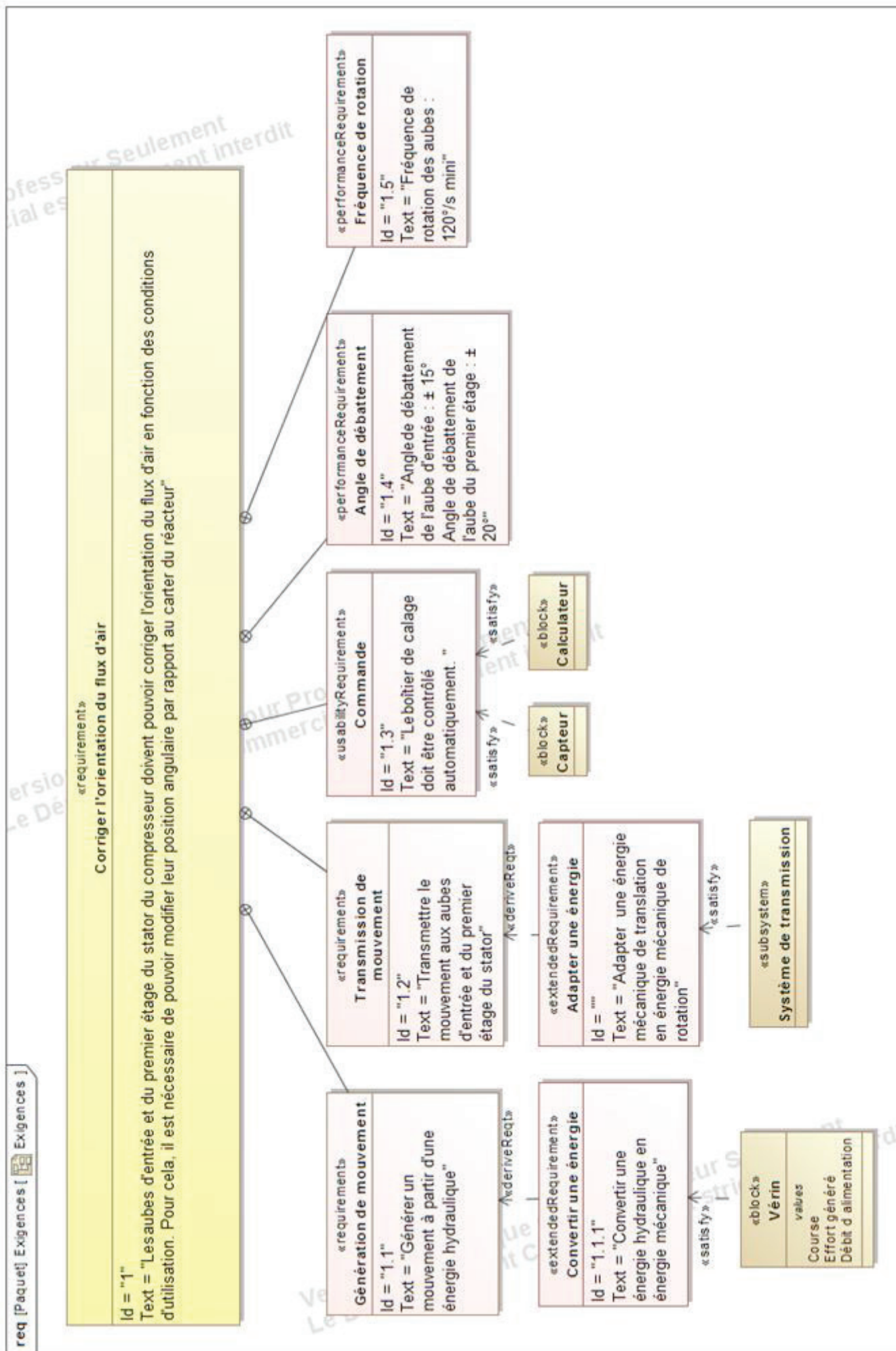
Cette fonction est assurée par les aubes du stator (en vert, figure 1 et 2 du document ressources).

Le boîtier de commande à calage variable permet de régler simultanément l'orientation des aubes d'entrée (RDE) et du premier étage (RD1) du stator du compresseur.

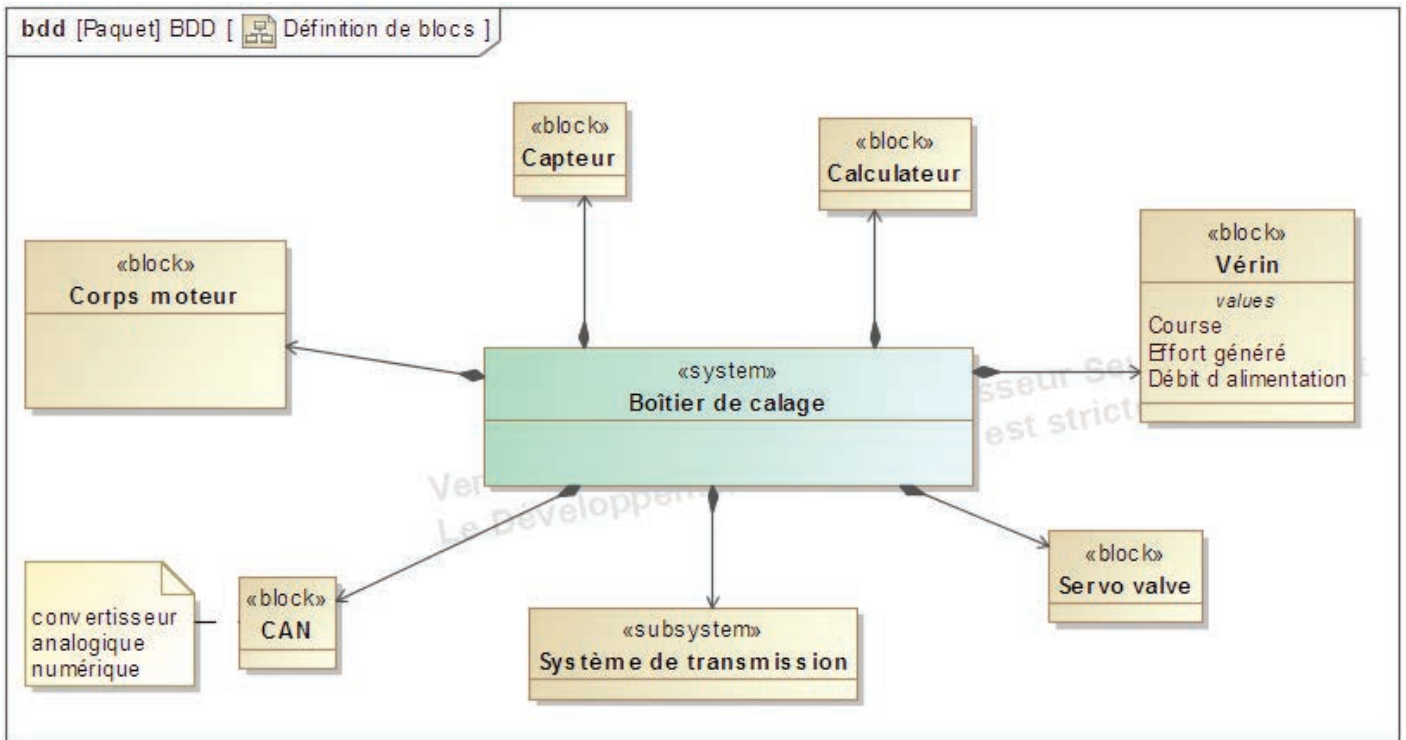
Une analyse du contexte nous indique que l'énergie disponible pour régler l'orientation des aubes du stator est de type hydraulique (kérosène).



Une étude système a permis d'établir le diagramme d'exigences ci-dessous :



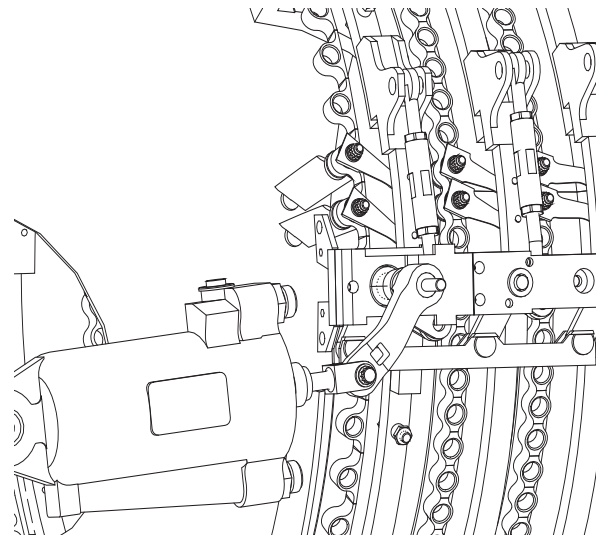
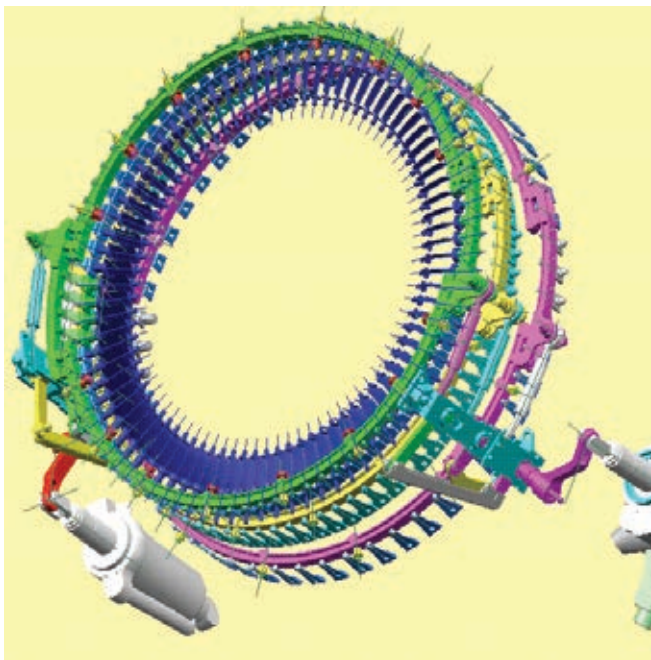
Les principaux éléments composant le boîtier de commande à calage variable sont définis dans le diagramme de définition de blocs ci-dessous :



Question 2 : À partir des éléments fournis ci-dessus, compléter le diagramme chaîne d'information – chaîne d'énergie du document réponse DR1.

C. ÉTUDE DEMANDÉE

Les images, ci-dessous, représentent une modélisation d'un boîtier à calage variable, existant sur les réacteurs montés sur des avions de type moyen-courrier (A320 par exemple).



Dans le cadre du développement d'un nouveau réacteur pour jet d'affaires, on souhaite adapter le système de commande actuel.

Le cahier des charges impose :

- ✓ utilisation d'un seul actionneur pour mouvoir l'ensemble des aubes ;
- ✓ angle de rotation des aubes de l'entrée RDE ($\pm 15^\circ$) et du premier étage RD1 ($\pm 20^\circ$) ;
- ✓ fréquence de rotation minimum des aubes ($120^\circ/\text{s}$) ;
- ✓ nombre d'aubes par étage : 30

Les objectifs de la présente étude sont :

- ✓ choix du nouveau vérin de commande ;
- ✓ définition et industrialisation du levier lié à l'aube d'entrée du compresseur.

Hypothèse : dans toute l'étude, on supposera les liaisons parfaites.

I. Dimensionnement du vérin

1) Détermination de la course du vérin

On n'étudie, dans un premier temps, que le système de transmission entre le vérin de commande et une aube d'entrée du compresseur (RDE).

Une pré-étude a permis d'établir une cinématique plane simplifiée.

Elle est modélisée sous la forme du schéma cinématique donné en DT1.

Le corps moteur **0** est supposé fixe.

Le vérin **{4, 5}** entraîne un guignol **3** en rotation autour du point C. Ce mouvement est transmis au ridoir **2** qui génère à son tour la rotation du levier **1** autour du point F.

Le levier **1** est en liaison encastrement avec l'aube RDE.

Le cahier des charges nous impose un angle de débattement de l'aube d'entrée du compresseur (RDE) $\pm 15^\circ$ (cf. exigence 1.4).

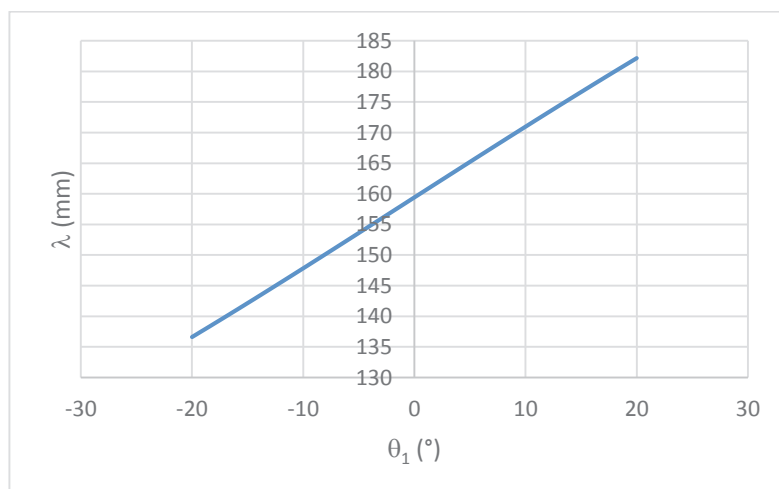
On cherche à déterminer la course du vérin nécessaire pour satisfaire cette exigence.

Question 3 : À l'aide d'une fermeture géométrique, déterminer une relation littérale entre θ_1 , θ_3 , et les différentes longueurs caractéristiques du mécanisme : a, b, CD, DE et EF.

Une seconde fermeture géométrique permet de déterminer une autre relation entre la course du vérin λ et θ_3 :

$$\lambda^2 = c^2 + d^2 + CB^2 - 2CB \cdot [(c \cdot \sin(\theta_3 + \alpha)) + (d \cdot \cos(\theta_3 + \alpha))]$$

Une résolution numérique permet d'obtenir la courbe représentant l'évolution de λ en fonction de θ_1 :



Question 4 : À partir de la courbe fournie ci-dessus, déterminer la course du vérin nécessaire pour satisfaire l'exigence de débattement angulaire de l'aube RDE.

Le système de transmission doit également permettre de faire tourner les aubes du premier étage du compresseur (RD1) à l'aide du même actionneur (voir document réponse DR2).

Pour cela, une barre de synchronisation **6**, liée au guignol RDE **3**, entraîne en rotation le guignol RD1 **7** autour du point I. Ce mouvement est transmis au ridoir **8** qui génère à son tour la rotation du levier **9** autour du point L. L'aube RD1, en liaison encastrement avec le levier **9**, tourne également.

Question 5 : À l'aide du schéma, ébauché en position extrême $+15^\circ$, en bas du document réponse DR2, déterminer graphiquement la position angulaire correspondante de l'aube RD1 du premier étage du compresseur. On laissera apparentes les constructions graphiques et on apportera un soin particulier aux tracés des épures.

Question 6 : En supposant les positions extrêmes des aubes symétriques par rapport à la droite (LF), l'exigence de débattement de l'aube RD1 est-elle satisfaite ?

2) Détermination de l'effort généré par le vérin

On cherche dans un premier temps à déterminer l'effort que doit générer le vérin dans une position particulière.

On s'intéresse tout d'abord uniquement au système de transmission RDE défini sur le DT1. Le problème est supposé plan.

L'air génère des actions mécaniques sur l'ensemble des 30 aubes RDE.

On note : $\vec{C}_{air/1} = C_{RDE} \cdot \vec{Y}_0$ (avec $C_{RDE} > 0$), le couple équivalent de l'action de l'air ramené sur le levier 1 en F.

Question 7 : Déterminer analytiquement $\vec{D}_{2 \rightarrow 3}$ en fonction de C_{RDE} , FE, θ_1 et θ_2 . On précisera clairement le séquençage des isolements et les théorèmes utilisés.

Question 8 : Faire l'application numérique avec $\theta_1 = 15^\circ$, $\theta_2 = 84,6^\circ$, $C_{RDE} = 315 \text{ Nm}$ et FE = 50 mm.

Question 9 : Tracer $\vec{D}_{2 \rightarrow 3}$ sur le document réponse DR3.

On étudie maintenant l'ensemble du système de transmission décrit sur le document réponse DR3.

L'air génère également un couple sur l'ensemble des 30 aubes RD1.

On note : $\vec{C}_{air/9} = C_{RD1} \cdot \vec{Y}_0$ (avec $C_{RD1} > 0$), le couple équivalent de l'action de l'air en L sur le levier 9.

On se place dans la position particulière $\theta_1 = 15^\circ$.

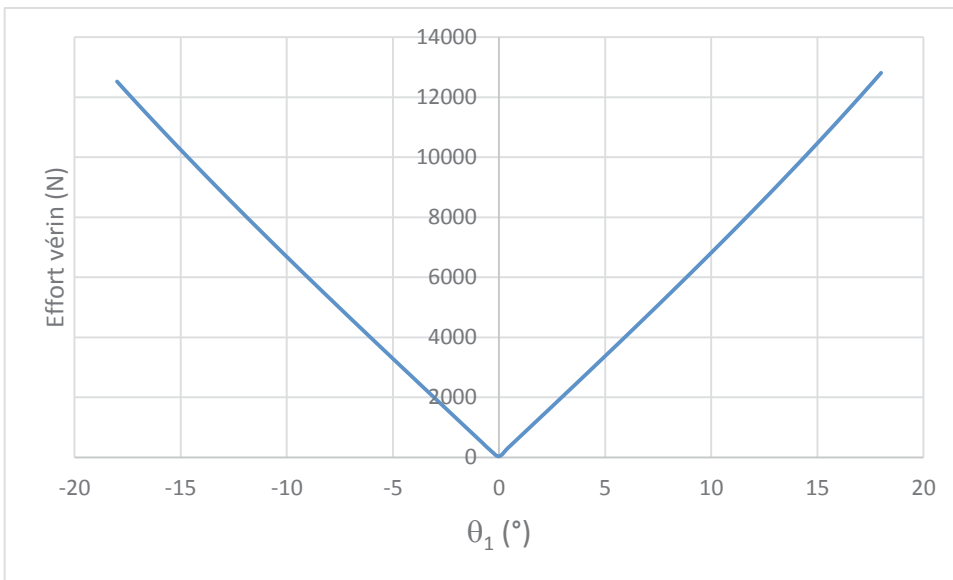
L'aube RD1 exerce alors un effort sur 8 : $\|\vec{K}_{9/8}\| = 5870 \text{ N}$

Question 10 : Déterminer graphiquement $\vec{G}_{6 \rightarrow 3}$ sur le document réponse DR3. On précisera clairement le séquençage des isolements et les théorèmes utilisés. On laissera apparentes les constructions graphiques et on apportera un soin particulier aux tracés des épures.

Question 11 : En déduire graphiquement l'effort généré par le vérin.

Ce résultat n'est valable que dans la position donnée du mécanisme.

Une étude numérique permet d'obtenir l'évolution de l'effort généré par le vérin en fonction de la position angulaire de l'aube RDE : θ_1 .



Pour le modèle, on a pris en compte la variation de l'effort de l'air sur l'aube en fonction de la position angulaire θ_1 .

Question 12 : À partir de la courbe définie ci-dessus, déterminer l'effort maximum que doit générer le vérin et préciser la (ou les) position(s) angulaire(s) des aubes RDE correspondante(s).

Question 13 : Sachant que la pression maximale délivrée par la pompe d'alimentation est de 150 bars, en déduire la section minimale du piston du vérin.

3) Étude de la vitesse de translation minimale de la tige du vérin

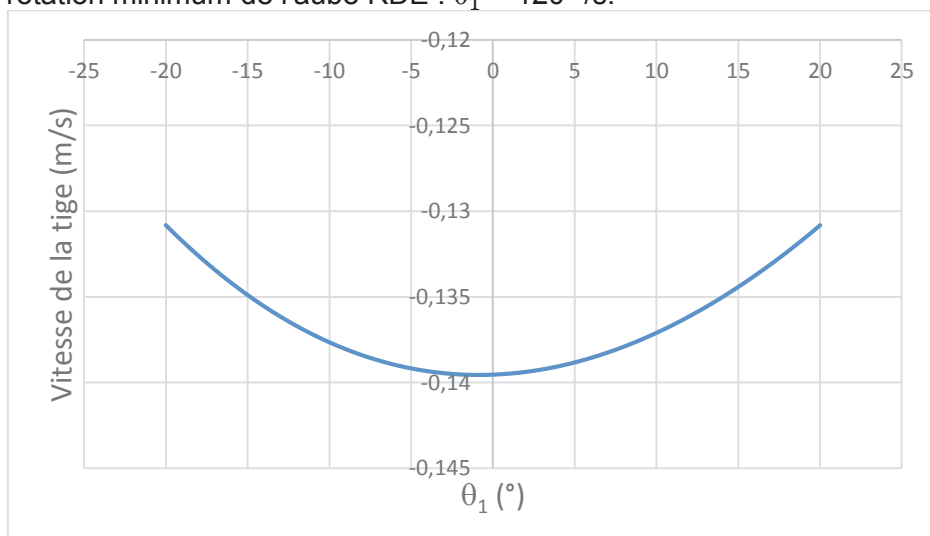
Le réglage angulaire des aubes du stator permet également d'éviter les phénomènes de pompage (instabilités aérodynamiques qui génèrent des ondes longitudinales, pouvant aller jusqu'à l'inversion du sens d'écoulement et la destruction du réacteur).

Pour cela, le temps de réponse du réacteur ne doit pas être trop long.

Le cahier des charges impose une fréquence de rotation des aubes d'entrée et du premier étage de $120^\circ/\text{s}$ au minimum, quel que soient leurs positions.

Il est donc nécessaire d'établir une relation entre le débit d'alimentation du vérin et la vitesse de rotation des aubes.

Une résolution numérique a permis d'obtenir l'évolution de la vitesse de translation de la tige du vérin par rapport au corps vérin, en fonction de la position angulaire de l'aube RDE θ_1 , pour une fréquence de rotation minimum de l'aube RDE : $\dot{\theta}_1 = 120^\circ/\text{s}$.



Question 14 : Quelle doit être la vitesse minimale de la tige du vérin pour satisfaire l'exigence de vitesse de l'aube RDE. Quelle est la position angulaire de l'aube RDE correspondante ?

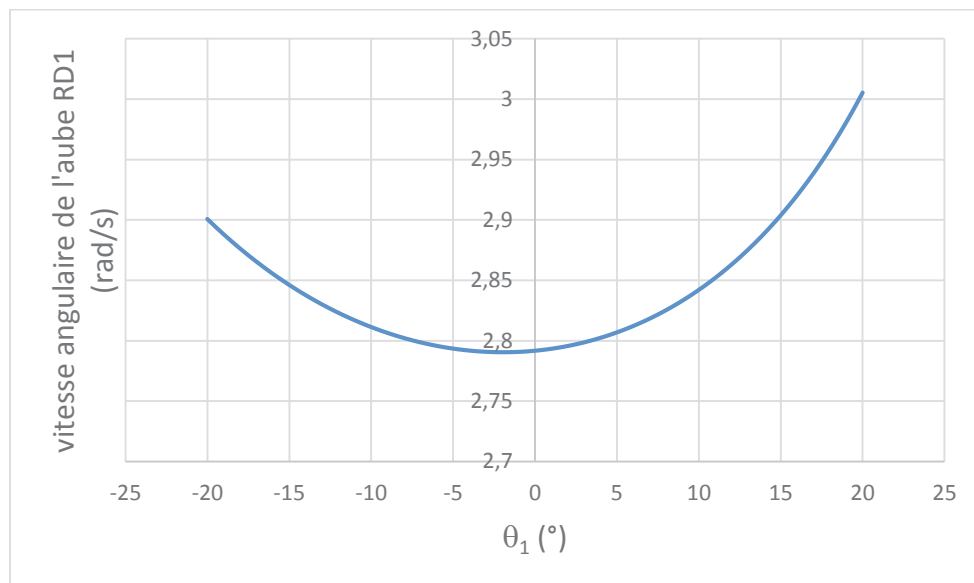
Question 15 : Sachant que le débit maximal délivré par la pompe d'alimentation est de 20 l/min, en déduire la section maximale du piston du vérin.

On cherche maintenant à vérifier que l'exigence de vitesse pour l'aube RD1 est satisfaite.

Question 16 : Dans la position du schéma fourni sur le document réponse DR4 ($\theta_1 = 15^\circ$), sachant que la norme de la vitesse de sortie de tige du vérin est de 0,134 m/s, déterminer graphiquement la vitesse angulaire de l'aube RD1 du premier étage du compresseur par rapport au corps moteur. On laissera apparentes les constructions graphiques et on apportera un soin particulier aux tracés des épures. On précisera succinctement la démarche utilisée.

Ce résultat n'est valable que dans la position donnée du mécanisme.

Une résolution numérique a permis d'obtenir l'évolution de la vitesse angulaire de l'aube RD1 par rapport au corps moteur en fonction de la position angulaire de l'aube RDE par rapport au corps moteur, pour une fréquence de rotation de l'aube RDE de 120°/s.



Question 17 : L'exigence de vitesse de l'aube RD1 est-elle satisfaite ?

L'étude du vérin en termes de course, d'effort et de vitesse de déplacement, a été transmise à un fournisseur.

Ce dernier propose alors un vérin possédant les caractéristiques suivantes :

- ✓ diamètre du piston : $D = 50$ mm ;
- ✓ diamètre de la tige du piston : $d = 20$ mm ;
- ✓ course : $c = 50$ mm.

Question 18 : Vérifier que le vérin convient.

II. Définition et industrialisation du levier RDE

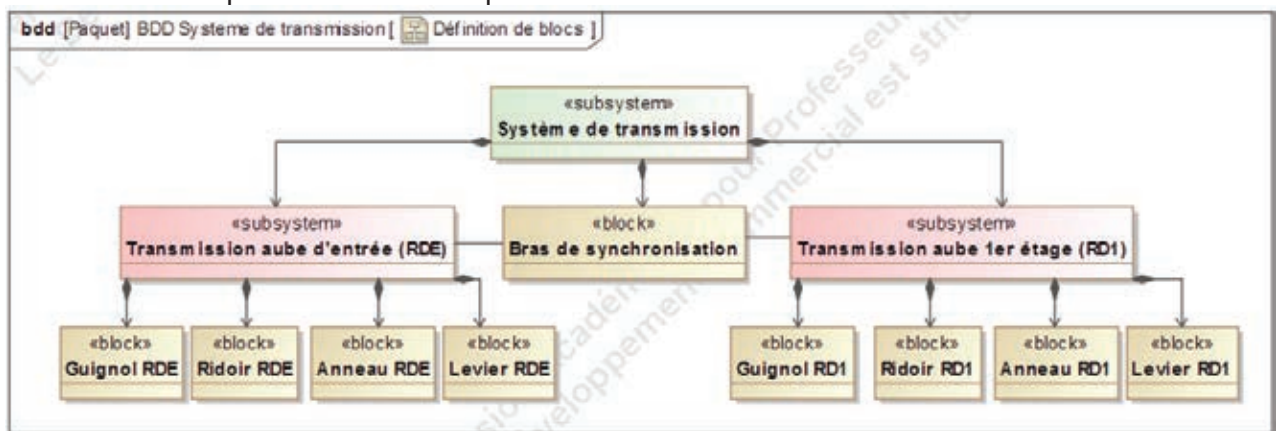
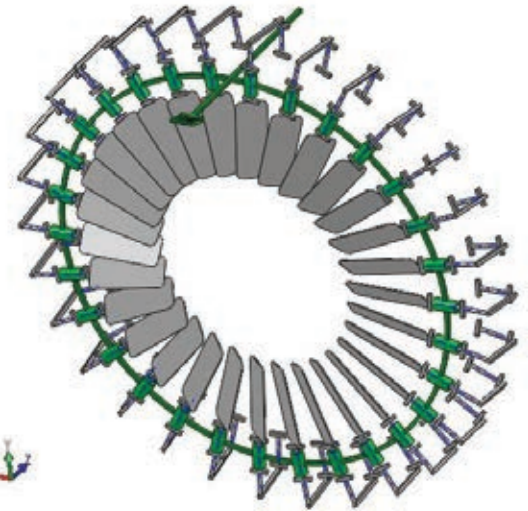
L'objectif de cette partie est de déterminer le matériau et la géométrie du levier de l'aube d'entrée du stator.

1) Étude de la liaison levier RDE / anneau

Le système de transmission doit pouvoir commander, à l'aide d'un seul actionneur, les 30 aubes simultanément. Une cinématique plane ne peut plus convenir.

Le bureau d'études conserve le système jusqu'au ridoir mais insère des anneaux de commande entre les ridoirs et les leviers d'aubes, solution utilisée sur le réacteur pour moyen-courrier (voir **figure 3** du document ressources).

Les leviers d'aubes passent de 50 à 40 mm afin de conserver un comportement cinématique satisfaisant.



On ne s'intéresse qu'au système de transmission des aubes d'entrée de compresseur (RDE) (voir **figure 4** du document ressources).

La position de l'anneau est commandée par le ridoir, par l'intermédiaire d'une liaison rotule.

Chaque levier est en liaison pivot avec l'anneau de commande et en liaison pivot avec le corps moteur.

L'anneau de commande est en liaison pivot glissant par rapport au corps moteur.

Cette cinématique ne permet aucune mobilité. La rotation de l'aube est alors obtenue par la déformation en flexion et torsion du levier.

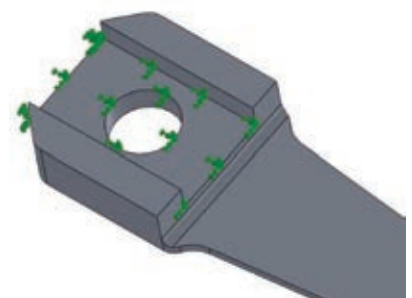
Question 19 : Déterminer le degré d'hyperstatisme de la boucle corps moteur – levier – anneau de commande. On pourra s'appuyer sur un graphe de liaisons.

Sur le réacteur pour moyen-courrier, de dimensions plus importantes, le levier se déforme de 0,3 mm en flexion et de 2° en torsion.

En revanche, dans le cas de l'étude, une étude numérique permet de déterminer, dans le cas le plus défavorable, une flèche de 0,6 mm imposée à l'extrémité du levier et un angle de torsion de 4°.

On souhaite savoir si ces sollicitations sont admissibles et déterminer quelle est la plus contraignante. On mène alors une étude par éléments finis en prenant, en première approximation, l'aluminium comme matériau du levier.

On définit comme conditions limites un encastrement au niveau du plan de contact entre l'aube et le levier.



Afin d'étudier le comportement du levier en flexion, on impose dans un premier temps un déplacement de 0,6 mm à l'extrémité du levier.

On obtient le diagramme d'iso contraintes **figure 5** du document ressources.

L'intensité de la force correspondante de l'anneau sur le levier est de 7,7 N.

Question 20 : Quelle est la force résultante des 30 leviers sur l'anneau ?

Afin d'étudier le comportement du levier en torsion, on impose dans un deuxième temps un angle de déformation de 4° à l'extrémité du levier.

On obtient le diagramme d'iso contraintes **figure 5** du document ressources.

L'intensité du couple correspondant de l'anneau sur le levier est de 587 Nmm.

Question 21 : Quel est le couple résultant des 30 leviers sur l'anneau ?

Question 22 : Quelle est la sollicitation la plus contraignante ?

On souhaite rendre le système isostatique afin de soulager le levier.

Question 23 : Proposer une nouvelle liaison entre le levier et l'anneau permettant d'obtenir la mobilité souhaitée et assurant une boucle corps moteur – levier – anneau isostatique.

Question 24 : Cette liaison est-elle adaptée pour transmettre les efforts ? Justifier.

2) Justification de la forme de la section du levier

Finalement, la liaison choisie entre le levier et l'anneau est une rotule.

Cette solution présente l'avantage de supprimer la sollicitation de torsion mais les leviers travailleront tout de même en flexion.

La fonction du levier est de transmettre l'effort tangentiel, exercé par le ridoir, à l'aube d'entrée.

Il est donc nécessaire que la pièce présente une bonne rigidité tangentielle.

En revanche, le levier doit pouvoir se déformer facilement radialement.

Une pré-étude a permis de définir la forme de la section du levier comme étant rectangulaire.

Question 25 : En assimilant le levier à une poutre et exprimant uniquement de manière littérale le moment quadratique de la section, justifier ce choix.

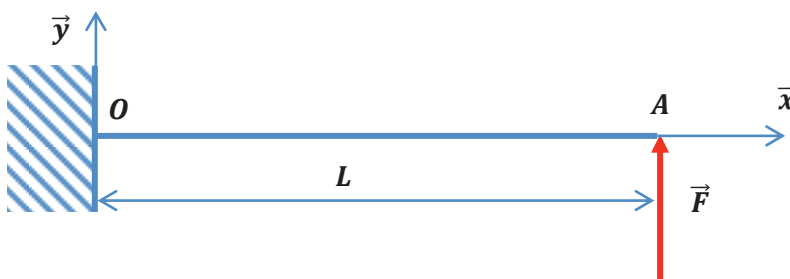
3) Choix du matériau du levier

Comme la pièce intervient dans le domaine de l'aéronautique, l'objectif principal est de minimiser sa masse.

Différentes contraintes sont cependant à respecter :

- bonne rigidité en flexion ;
- bonne résistance mécanique en flexion ;
- température de fonctionnement : 450°C ;
- recyclable ;
- longueur du levier imposée : L ;
- section du levier rectangulaire telle que $S = b \cdot h$ avec $b = \alpha \cdot h$.

Le levier travaille principalement en flexion. Pour la suite de l'étude, on prendra le modèle suivant :



Avec : F : effort exercé par l'anneau sur le levier.

On note E le module d'Young du matériau, I le moment quadratique de la poutre par rapport à l'axe z et ρ sa masse volumique.

La flèche de la poutre est égale à : $f = \frac{FL^3}{3EI}$

Les contraintes de rigidité et de résistance interfèrent avec l'objectif de minimiser la masse. Il est alors nécessaire de définir des critères de performance.

a) Critères de performance

On cherche à établir l'indice de performance en rigidité.

La rigidité de la poutre est définie par $K = \frac{F}{f}$.

Question 26 : Exprimer K en fonction de L, E, α et h.

Question 27 : Exprimer m, masse de la poutre, en fonction de L, ρ , α et h.

Question 28 : En déduire l'expression de K en fonction de m, L, ρ , α et E.

La contrainte de rigidité peut s'exprimer par la relation $K > K_{\min}$.

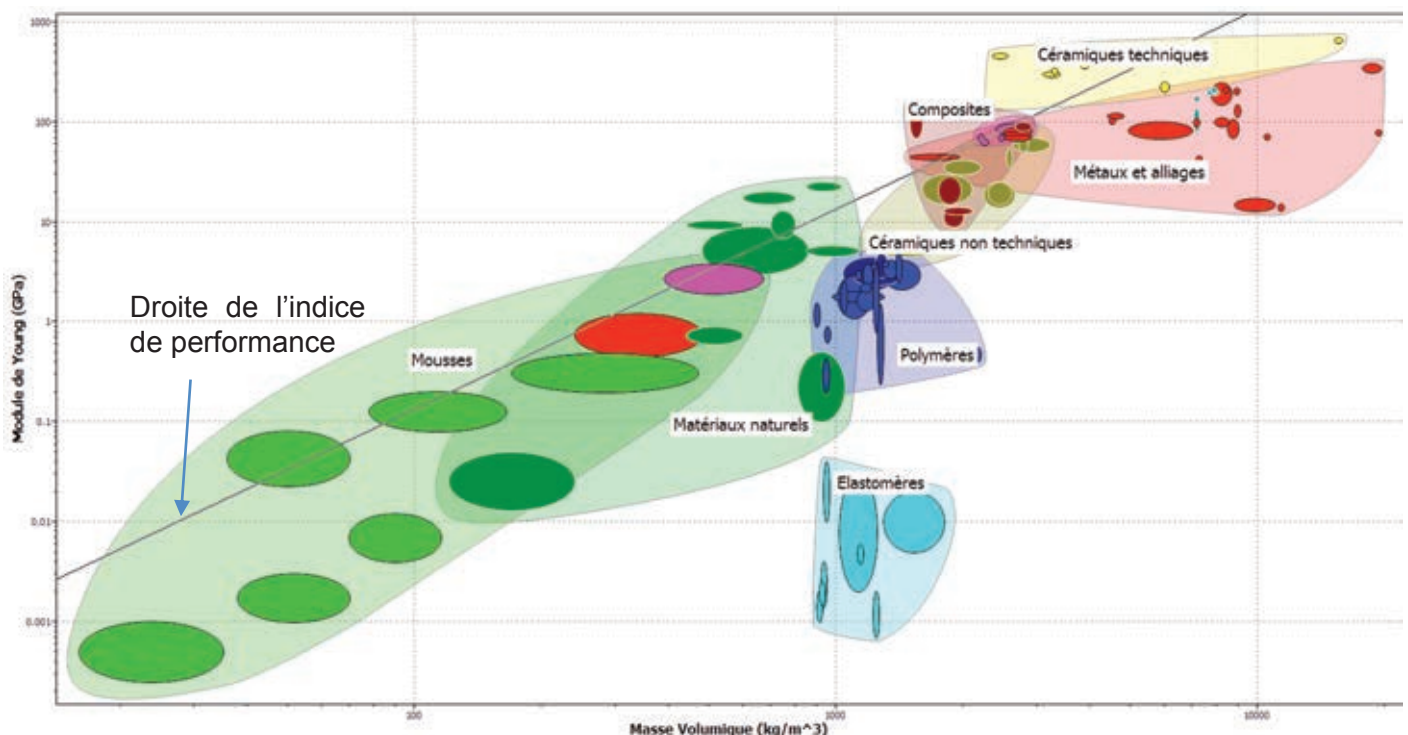
Question 29 : Montrer alors que pour minimiser la masse, il faut maximiser le terme $\frac{\sqrt{E}}{\rho}$.

On appellera $I_1 = \frac{\sqrt{E}}{\rho}$, indice de performance de rigidité.

Le diagramme, ci-dessous, représente l'ensemble des matériaux stockés dans une base de données et classés en abscisse selon leur masse volumique et en ordonnée selon leur module d'Young.

Les axes sont en échelle logarithmique.

On peut alors représenter l'indice de performance par une droite, visible sur le graphe.



Question 30 : Quelle est la pente de cette droite ? Justifier succinctement.

Question 31 : Les matériaux à conserver se trouvent-ils au-dessus ou au-dessous de la droite ? Justifier succinctement.

L'indice de performance en résistance s'écrit : $I_2 = \frac{\sigma_e^{2/3}}{\rho}$. Son application n'est pas suffisamment restrictive et ne permet pas de conclure. Il est donc nécessaire de prendre en compte les autres contraintes.

b) *Prise en compte des autres contraintes*

En appliquant les contraintes de température et de recyclabilité, seuls deux matériaux sont sélectionnés : le titane et l'acier inoxydable.

Matière choisie par le bureau d'études pour le levier : Ti – 6Al – 4V

Quelques caractéristiques mécaniques à l'état recuit :

- Densité = 4,43
- Résistance Re = 1100 MPa
- Module d'élasticité E = 110.10³ MPa
- Module de torsion G = 45. 10³ MPa

Question 32 : Quel est cet alliage ?

Question 33 : Donner au moins un critère justifiant ce choix.

c) *Choix du procédé d'obtention*

La production envisagée est de 6000 pièces par an.

La base de données propose 21 procédés de mise en forme pour réaliser le levier en titane.

On peut restreindre la liste en donnant des informations sur la forme du levier :

▼ **Forme**

- Tore à section prismatique
- Prismatique non circulaire
- Feuille plane
- Tôle bombée
- Solid 3-D
- Creuse 3-D

- Aplanissage/façonnage/fabrication de mortaises
- Cisailage et guillotinage
- Compression isostatique à chaud
- Découpe au jet d'eau
- Découpe au laser
- Electro-érosion par fil
- Estampage de feuilles, étirage et fabrication de...
- Forage
- Forgeage
- Fraisage
- Laminage et forgeage
- Meulage
- Mise en forme
- Mise en Forme de feuilles
- Oxycoupage à la flamme
- Poinçonnage, perforation, fabrication de flans ...
- Scie circulaire
- Scie à ruban
- Tournage/alésage/séparation
- Usinage et découpe au jet abrasif
- Usinage par électro-érosion

Question 34 : Quelles sont les options à cocher ?

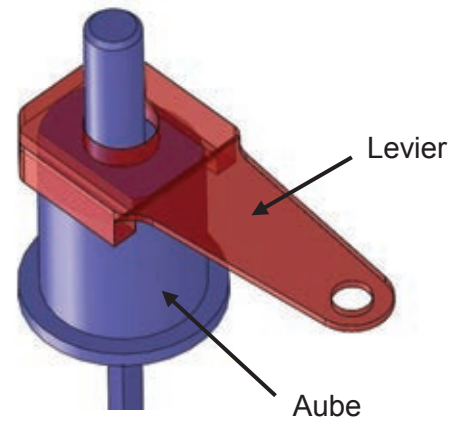
Après sélection, seuls 6 procédés sont proposés :

Question 35 : Quel(s) procédé(s) est (sont) à privilégier ? Justifier.

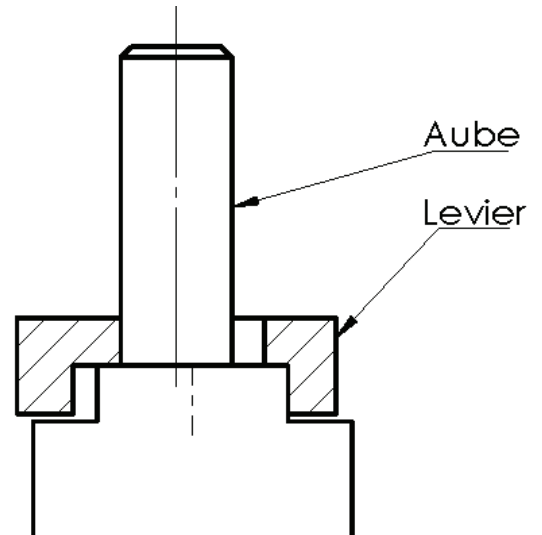
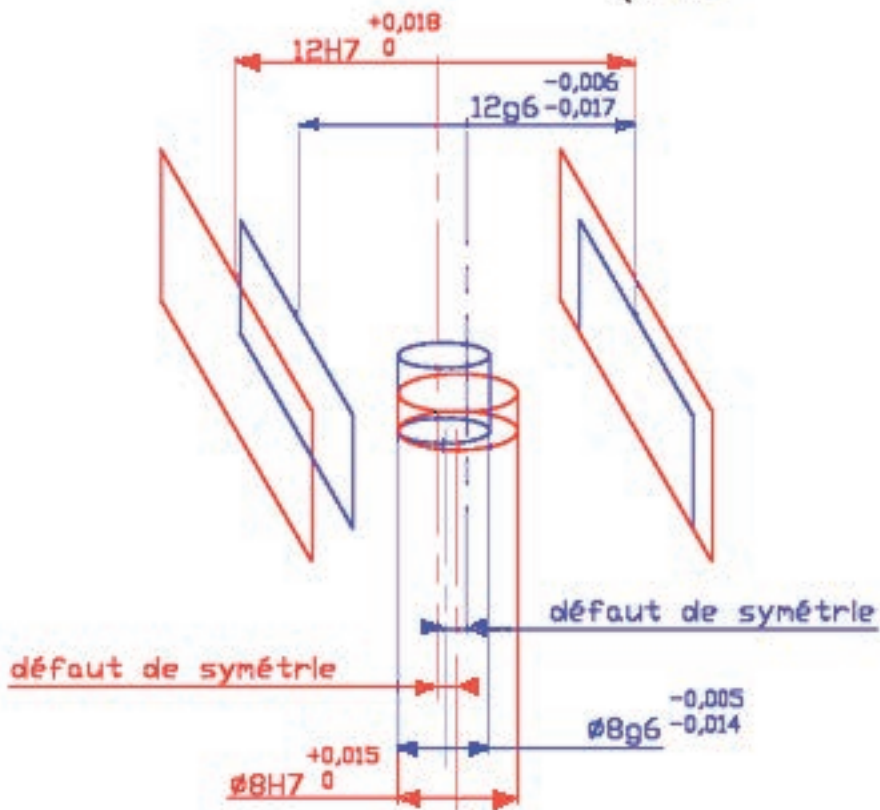
- Aplanissage/façonnage/fabrication de mortaises
- Forage
- Forgeage
- Fraisage
- Meulage
- Usinage et découpe au jet abrasif

4) Montage aube levier

On donne les dessins de définition du levier et de l'aube DT2 et DT3. La mise en position du levier par rapport à l'aube est faite par un appui plan, un centrage (ajustement $\varnothing 8H7g6$) et une indexation (ajustement $\varnothing 12H7g6$). Une image de cet assemblage et un dessin de la condition limite de ce montage sont donnés ci-dessous :



Condition limite de montage (Levier Aube)

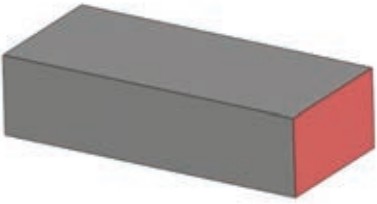
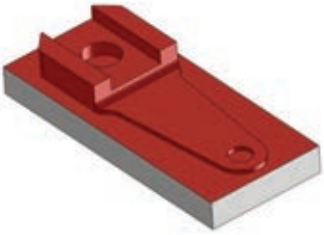
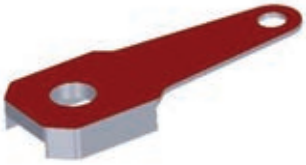
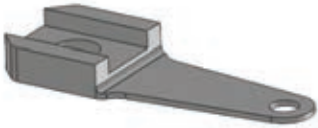


Question 36 : Les tolérances géométriques de symétrie à respecter sur l'aube et sur le levier, suffisent-elles à assurer le montage ? Justifier.

Question 37 : Citer différentes solutions pour remédier à ce problème.

5) Fabrication levier

Pour la fabrication du levier, on propose la nomenclature des phases ci-dessous :

Phase 10	Débit	
Phase 20	Fraisage en talon	
Phase 30	Surfaçage	
Phase 40	Contrôle	

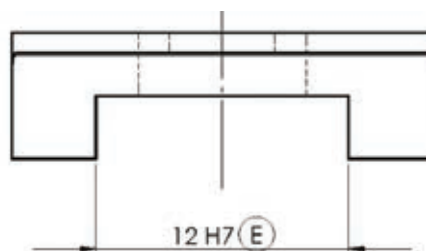
Question 38 : Critiquer cette gamme et en proposer une nouvelle pour :

- éviter les non-conformités dimensionnelles, géométriques et d'état de surface ;
- éviter la déformation pendant l'usinage.
- minimiser la matière brute.

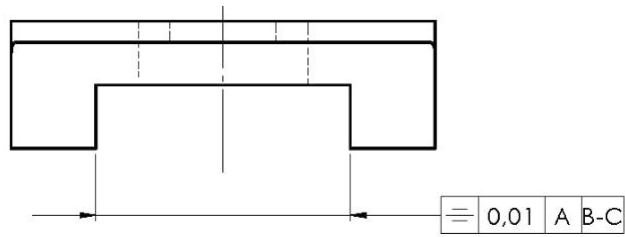
6) Contrôle du levier

On donne le dessin de définition du levier DT2.

Question 39 : Donner l'interprétation complète de la spécification ci-dessous, trouvée sur le dessin de définition du levier ainsi que les outils et la procédure de contrôle.



Question 40 : En complétant le document DR5, donner l'interprétation complète de cette spécification trouvée sur le dessin de définition du levier. On demande de préciser et de schématiser les éléments tolérancés, les éléments de référence, les références spécifiées, la zone de tolérance et les contraintes associées.

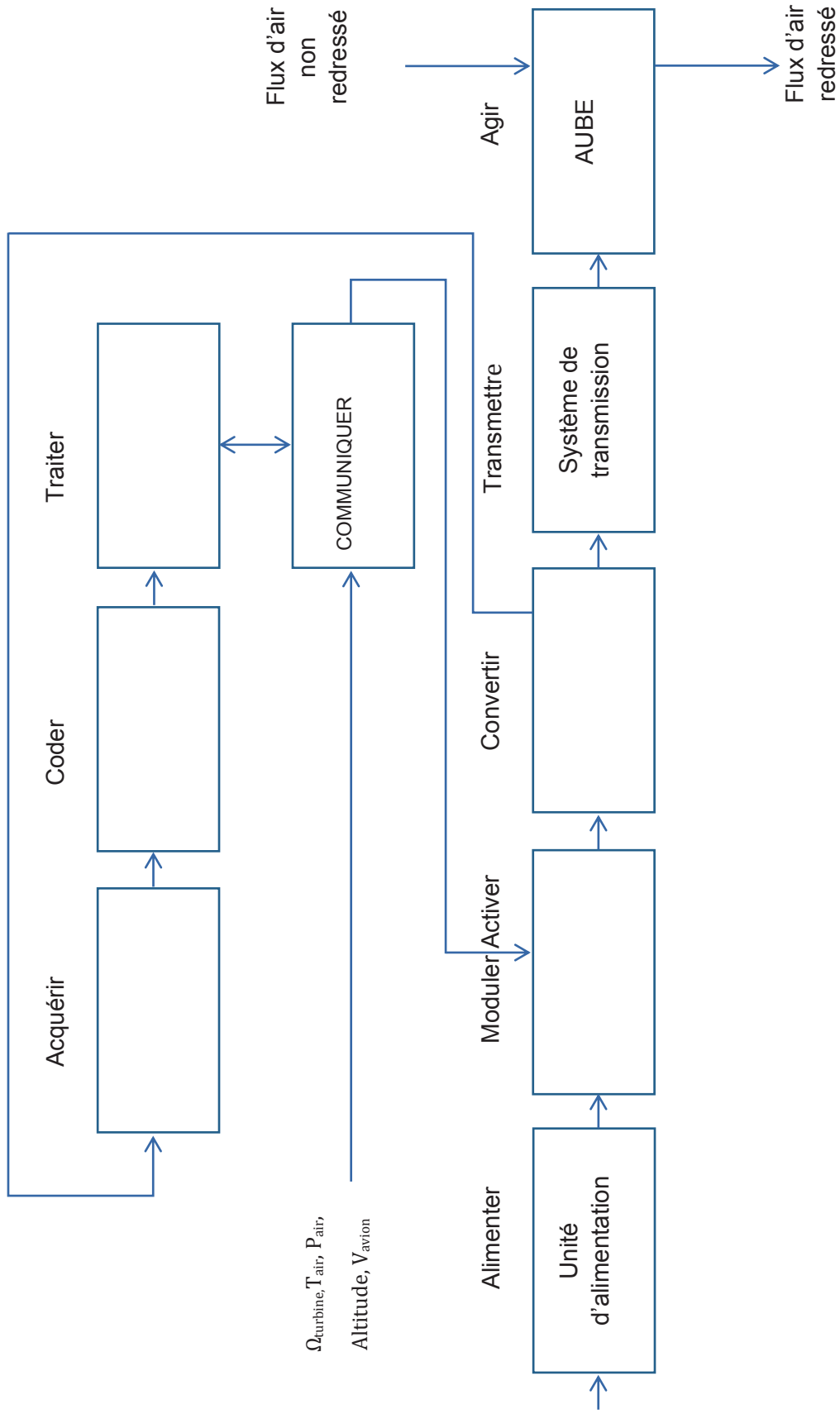


Question 41 : Pour la spécification étudiée dans la question précédente, écrire la gamme de contrôle sur machine à mesurer tridimensionnelle : c'est à dire compléter sur le document DR6, les éléments donnés par un adjectif "palpé", "extrait" ou "construit", ajouter les éléments manquants, expliquer comment obtenir ces éléments et préciser le critère d'acceptabilité.

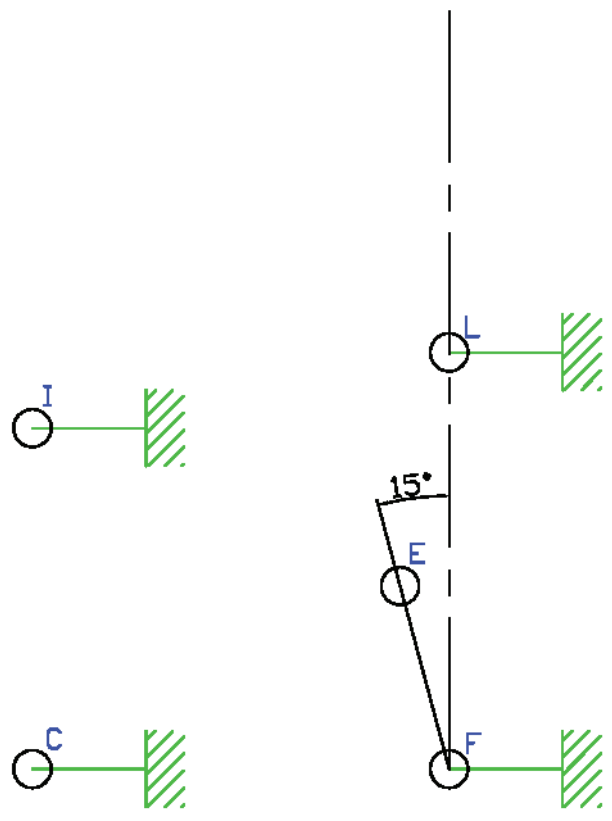
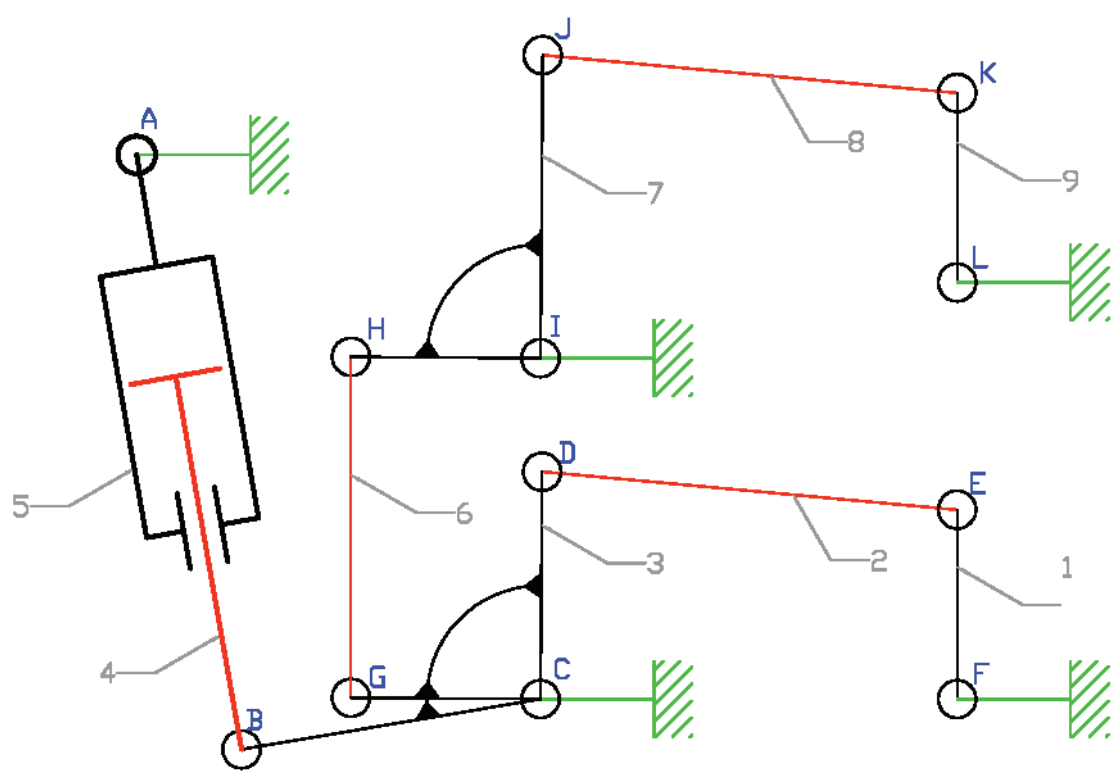
Question 42 : Sous forme de croquis, proposer une solution constructive permettant d'assurer la liaison encastrement entre le levier et l'aube. Le maintien en position devra être à sécurité absolue.

DOCUMENT RÉPONSE

DR1

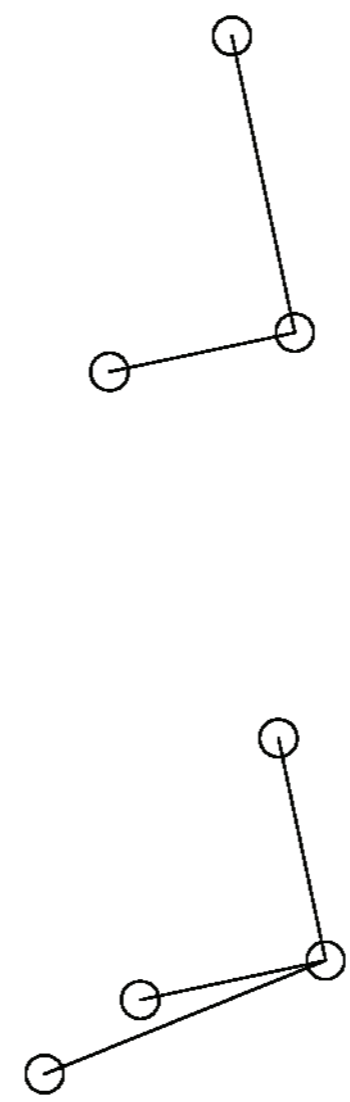
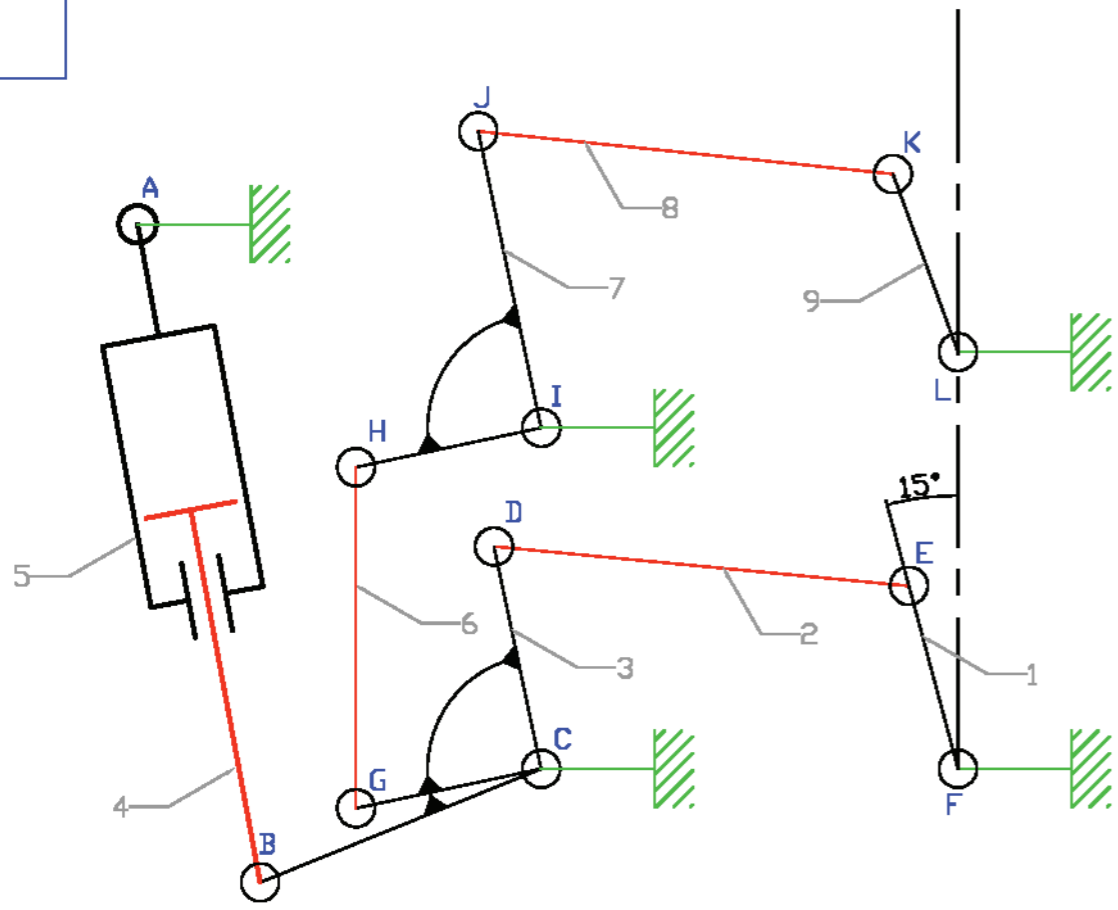
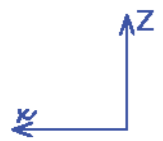


DR2



Echelle 1/2

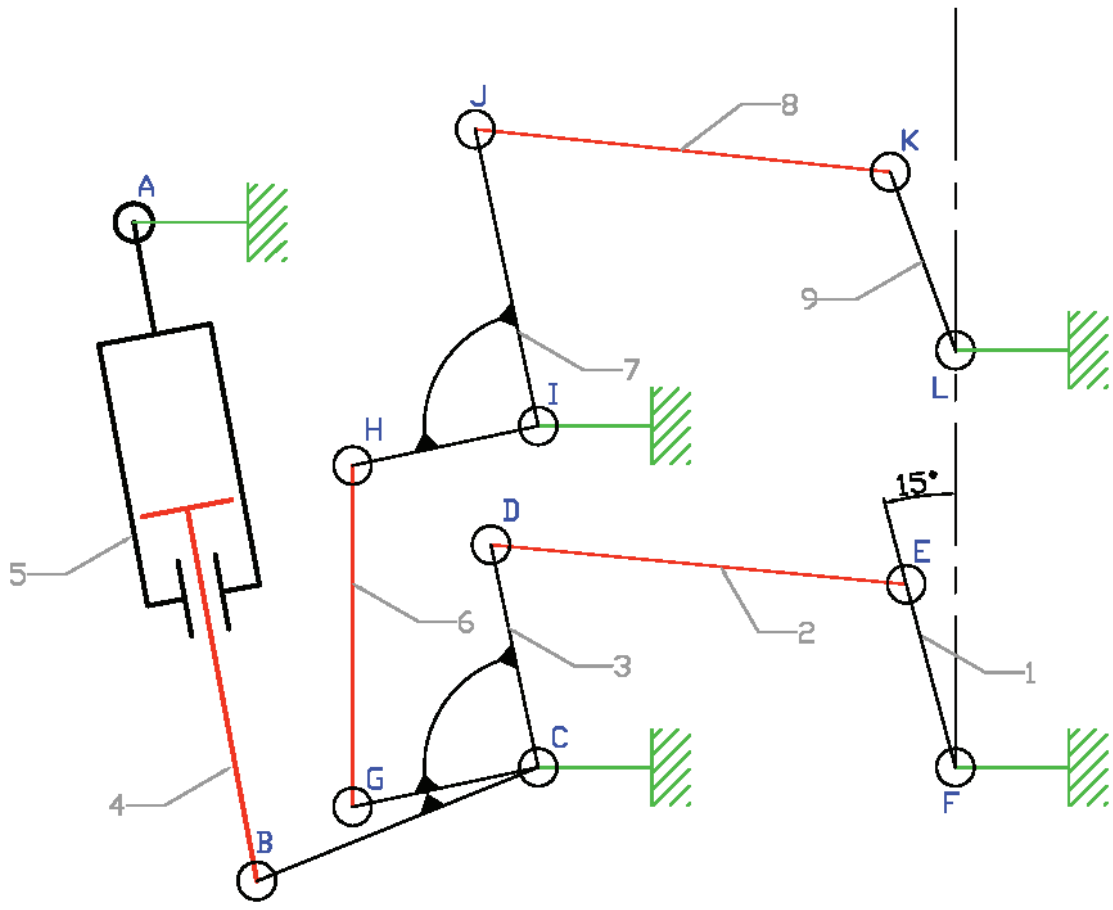
DR3



Echelle 1/2

5mm pour 1000N

DR4



KL = 50 mm

Echelle 1/2

40mm pour 0,1m/s

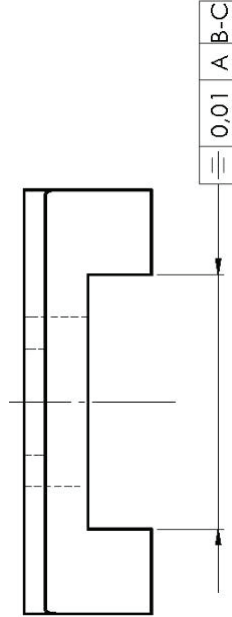
TOLÉRANCEMENT NORMALISÉ

Symbole de spécification

<input type="checkbox"/> Forme	<input type="checkbox"/> Orientation				
<input type="checkbox"/> Position	<input type="checkbox"/> Battement				
-	○	∩	□	ℋ	∩
//	⊥	⊕	⊙	≡	↑
					↗

Condition de conformité : L'élément tolérancé doit être entièrement compris dans la zone de tolérance

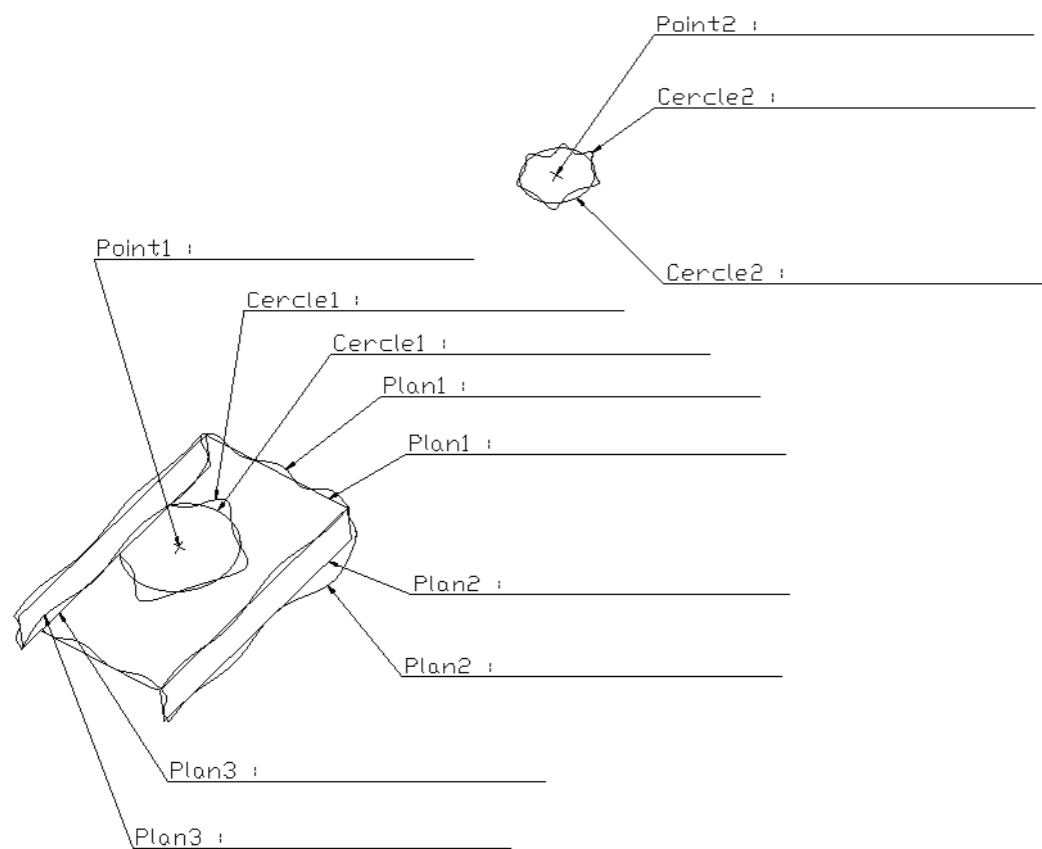
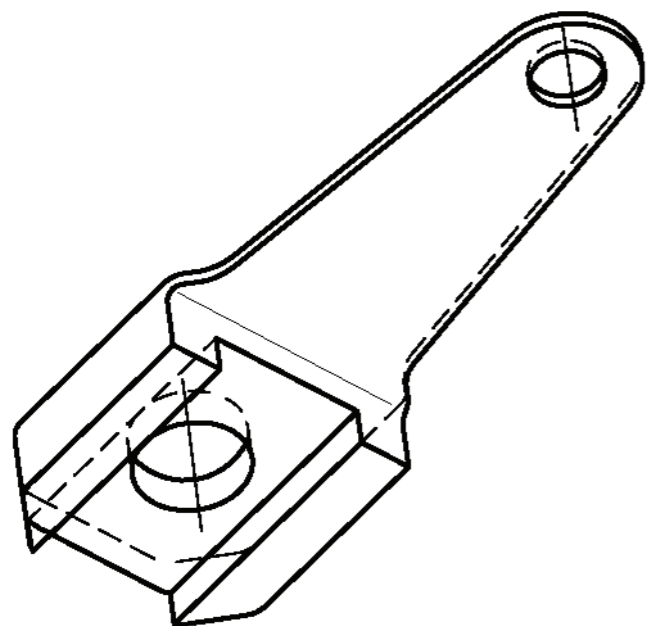
Schéma



ANALYSE D'UNE SPÉCIFICATION :

ÉLÉMENTS NON IDÉAUX (points, lignes ou surfaces réelles)		ÉLÉMENTS IDÉAUX (points, droites ou plans associés)	
Elément(s) tolérancé(s)	Elément(s) de référence	Référence(s) Spécifiée(s)	Zone de tolérance
Unique-Grouppe	Unique-Multiples	Simple Commune Système	Simple Composée
			Contrainte Orientation – Position Par rapport à la référence spécifiée

DR6

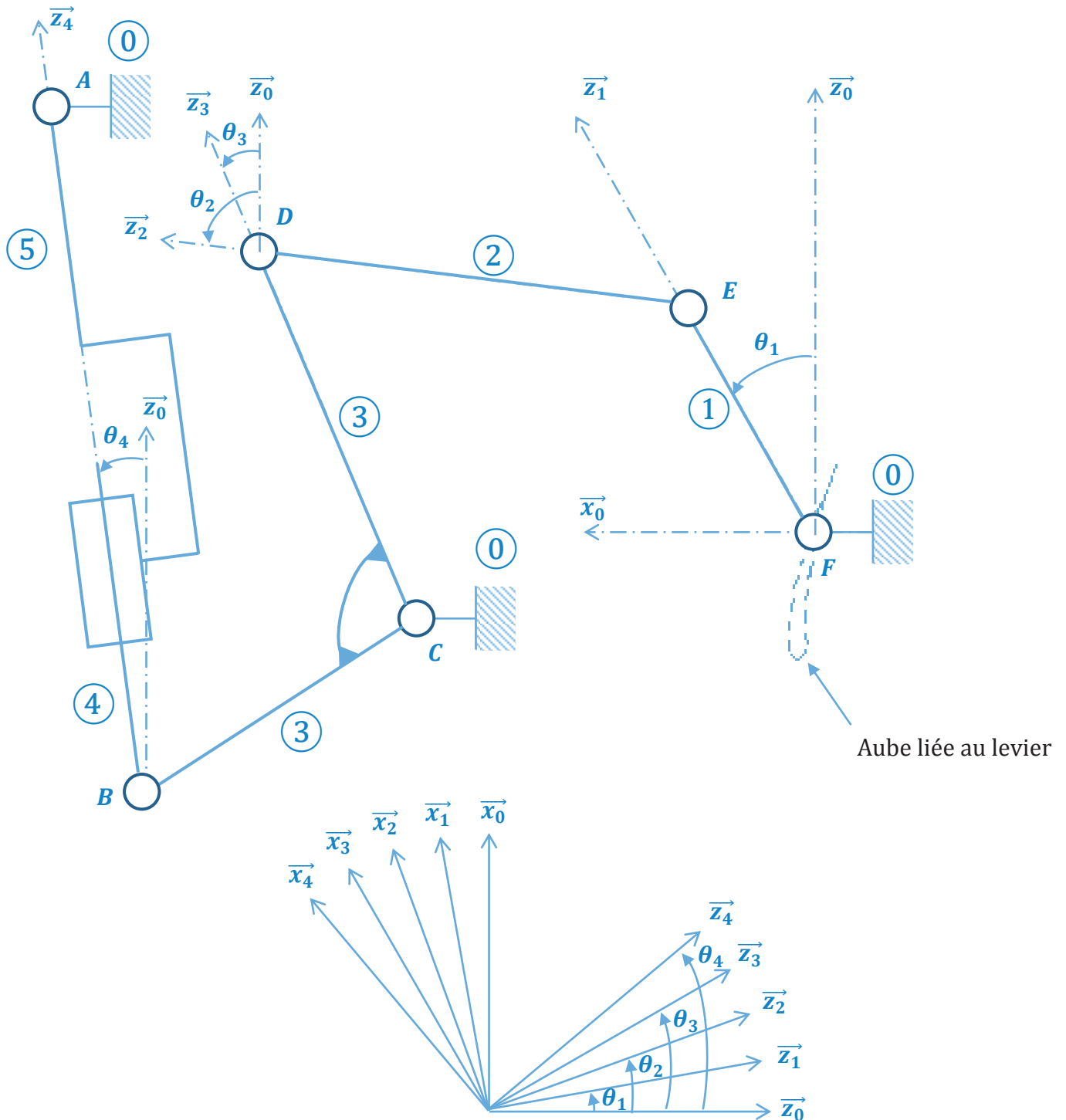


Éléments palpés	Nombre de points palpés
Éléments construits	Construction
Critère(s) d'acceptabilité(s)	

DOCUMENT TECHNIQUE

DT1

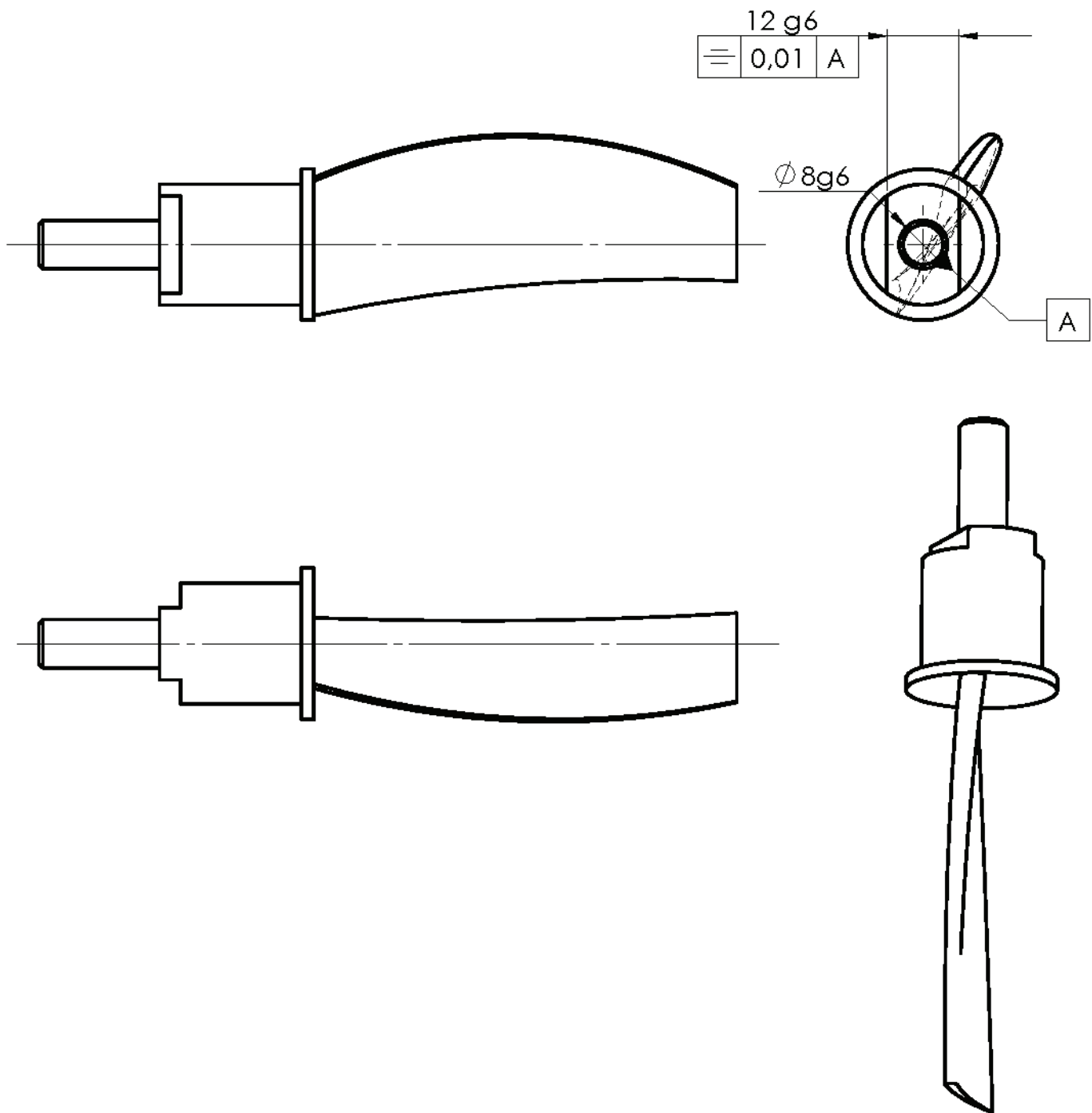
Schéma cinématique paramétré du système de commande de l'aube d'entrée de compresseur (RDE)



$$\overrightarrow{FC} = a \cdot \overrightarrow{x_0} - b \cdot \overrightarrow{z_0}$$

$$\overrightarrow{CA} = c \cdot \overrightarrow{x_0} + d \cdot \overrightarrow{z_0}$$

On note : l'angle entre (CD) et (CB) : α ;
la longueur du vérin : $AB = \lambda$.



Représentation simplifiée
Cotation partielle

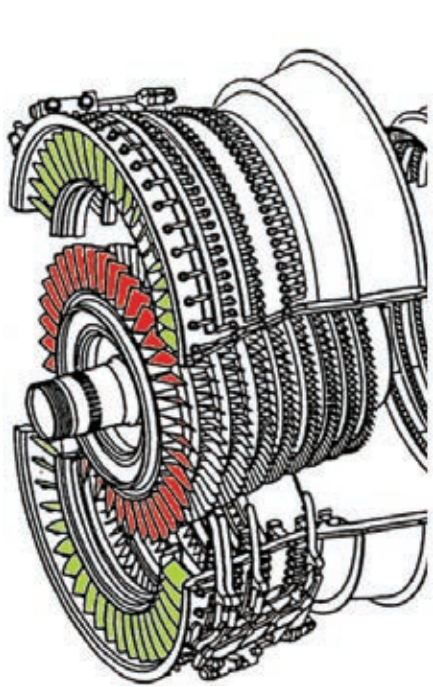
Tolérances générales ISO 2768 mK
 Etat de surface général Ra 3,2

	AUBE	Matière : Ti - 6Al - 4V	DT 3
Echelle 1:1			
Format : A4	ISO 8015	Epreuve	

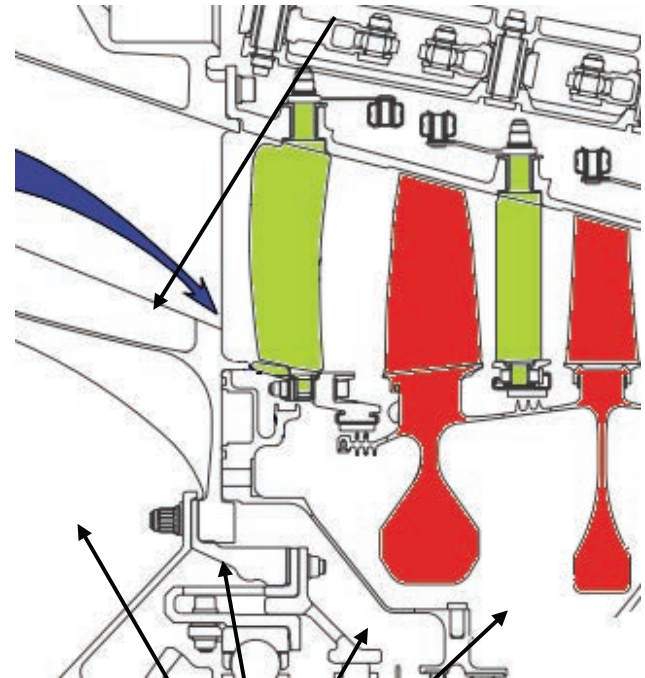
DOCUMENT RESSOURCES

Aube d'entrée du stator (RDE)

Aube du premier étage du stator (RD1)



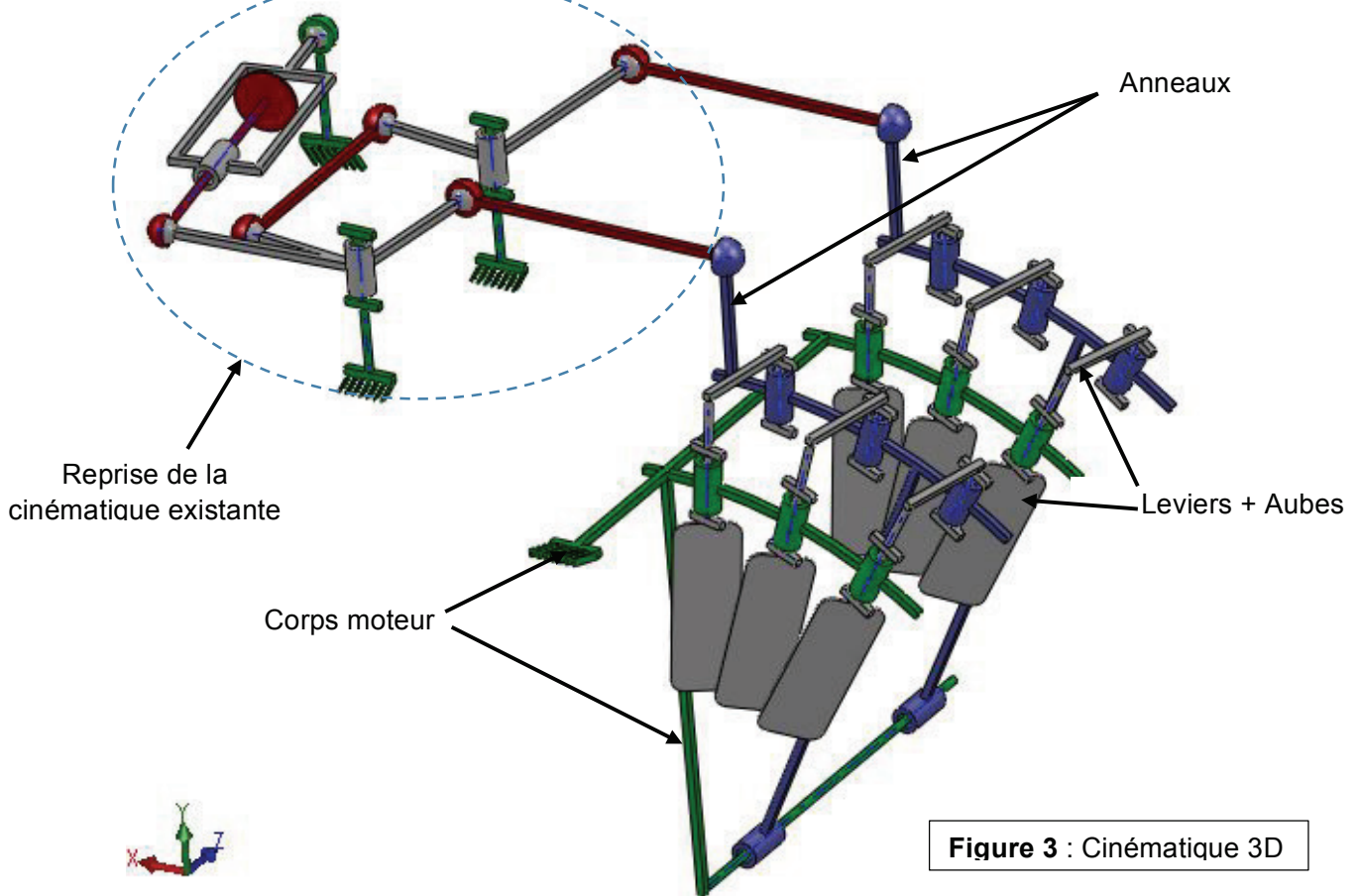
Arrivée d'air



Aubes du rotor

Figure 1 : Compresseur

Figure 2 : Aubes du compresseur



Anneaux

Reprise de la cinématique existante

Leviers + Aubes

Corps moteur

Figure 3 : Cinématique 3D



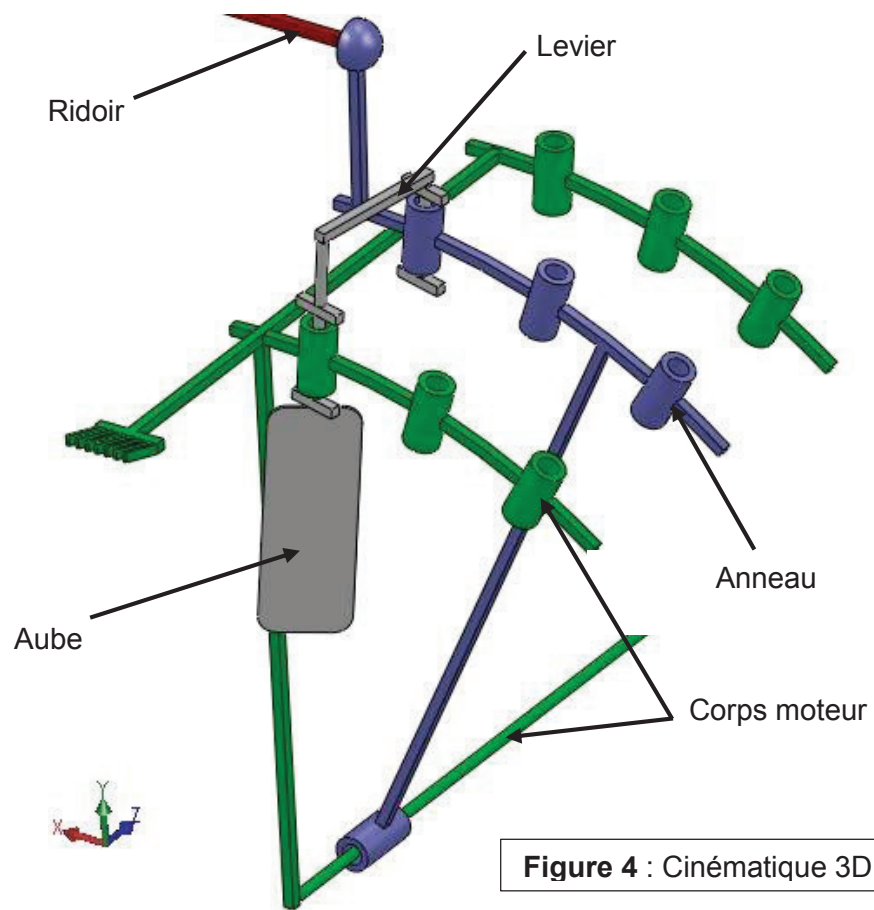


Figure 4 : Cinématique 3D - RDE

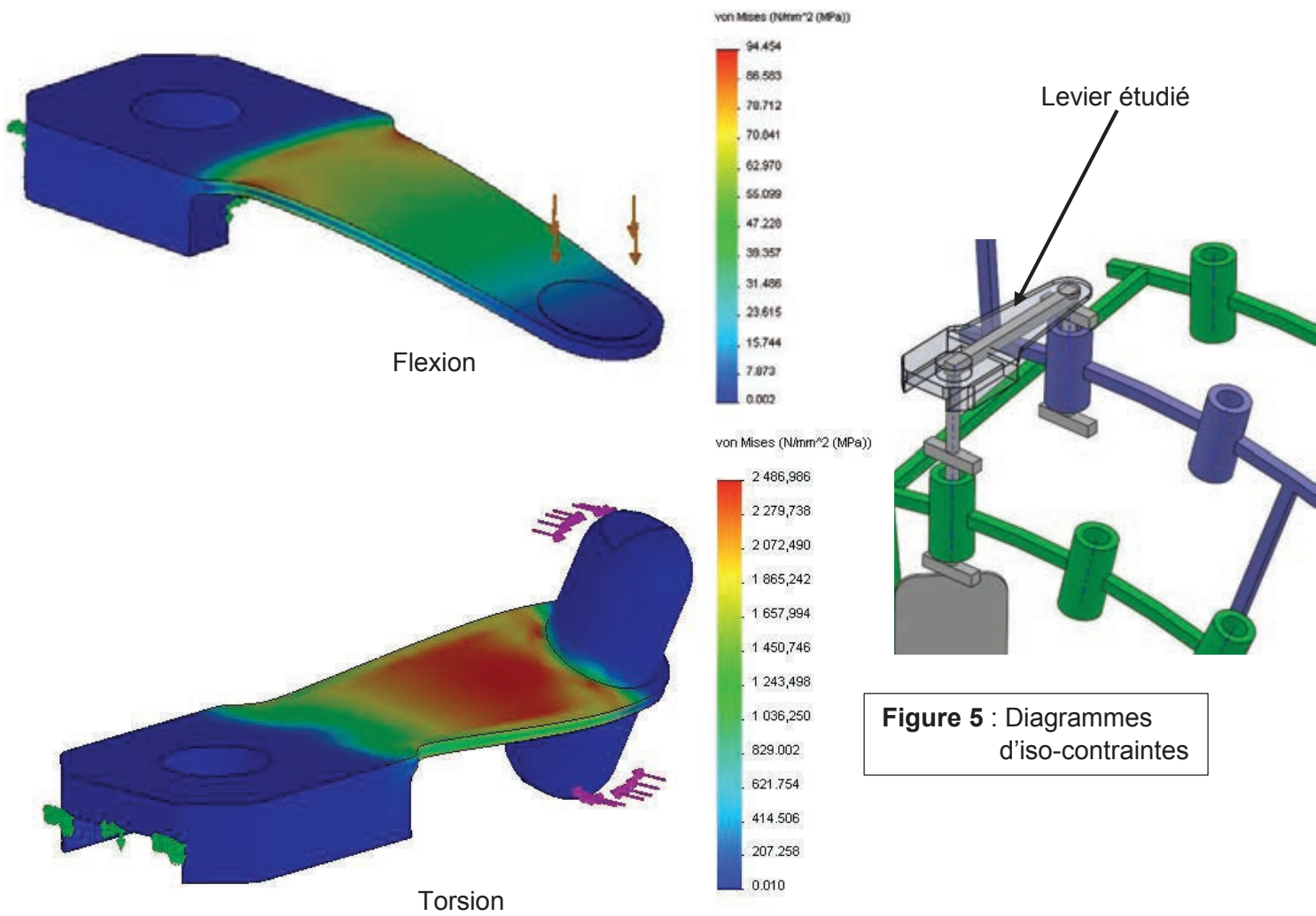


Figure 5 : Diagrammes d'iso-contraintes