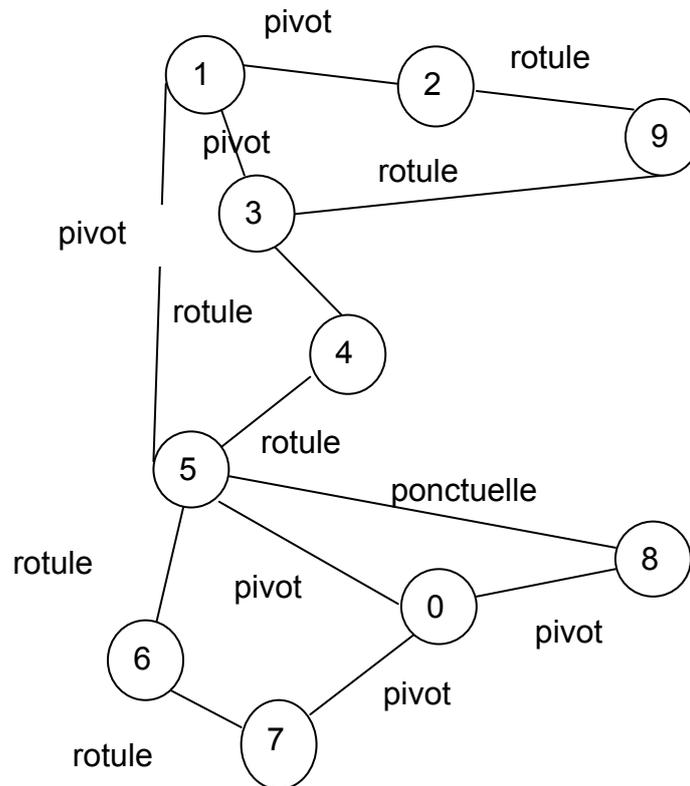


Éléments de correction de l'épreuve de conception préliminaire d'un système, d'un procédé ou d'une organisation

Question 1

Manette TCRL --> Bielle triangle --> Bielle liaison --> ensemble roue de renvoi --> frein magnétique

Question 2



Question 3

Grphe des liaisons à chaînes fermées complexes

nombre cyclomatique $\gamma = l - n + 1 = 13 - 10 + 1 = 4$

Il y a 5 chaînes indépendantes

$m = m_u + m_i = 2 + 3 = 5$ lois entrée/sortie levier TCL et levier TCRL et rotation propre des bielles sur leur axe propre.

$h = m + 6\gamma - N_c = 5 + 6 \times 4 - 29 = 0$

Question 4

La suppression du frein magnétique amène la perte d'une liaison pivot et d'une liaison ponctuelle donc de 6 inconnues de statique et d'une pièce ce qui fait $6 - 6 = 0$

La mise en place du vérin à gaz amène 2 pièces, 2 liaisons rotules et 1 liaison pivot glissante et 2 mobilités internes (rotation sur axes propres des 2 parties du vérin à gaz) ce qui fait $10 - (12 - 2) = 0$

L'isostatisme du système est donc bien conservé.

La validité du modèle dépend fortement de la réalisation des liaisons. Les liaisons rotules aux extrémités du vérin à gaz pourront être modélisées par des rotules si le rapport $\frac{L}{D}$ est inférieur à 0,8, avec L longueur de guidage et D diamètre intérieur de la rotule.

Question 5

$$df = SdP = -S \frac{dv}{\beta V_z} = \frac{S^2 dz}{\beta (H-z)^2}$$

$$\frac{df}{dz} = \frac{S}{\beta (H-z)}, \text{ la raideur dépend de } z : \text{ elle est donc non constante.}$$

Question 6

pour $z=0$ $\frac{df}{dz} = 0,125 \text{ N mm}^{-1}$

pour $z=10$ $\frac{df}{dz} = 0,1428 \text{ N mm}^{-1}$

On observe une variation de 14 % qui n'est pas acceptable vis-à-vis du cahier des charges.

Question 7

Les 2 paliers à collerettes, ayant une longueur de 10 mm chacun pour une portée de 20 mm, sont modélisables par des rotules (rapport $L/D < 0,8$). Leur faible écartement permet d'assimiler l'ensemble des 2 paliers à un seul palier de longueur 42 mm. Le torseur transmis est alors celui d'une liaison pivot.

$$P_d = \frac{F}{LD} + \frac{6M}{L^2 D} \text{ avec } L=20\text{mm et } D=40\text{mm } F(\text{charge radiale})=6161\text{N et } M(\text{moment})=50,4 \text{ N}\cdot\text{m.}$$

$$P_d = 26,6 \text{ Mpa}$$

Question 8

La vitesse d'évolution est trop faible pour que la puissance aérolaire soit un critère dimensionnant.

Question 9

En prenant comme hypothèse une usure uniforme ou une puissance dissipée au contact uniforme (plutôt qu'une répartition de pression uniforme), la pression est maximale sur le rayon intérieur et vaut

$$P = \frac{Fa}{2\pi r_1(r_2 - r_1)} = 0,32 \text{ Mpa}$$

Question 10

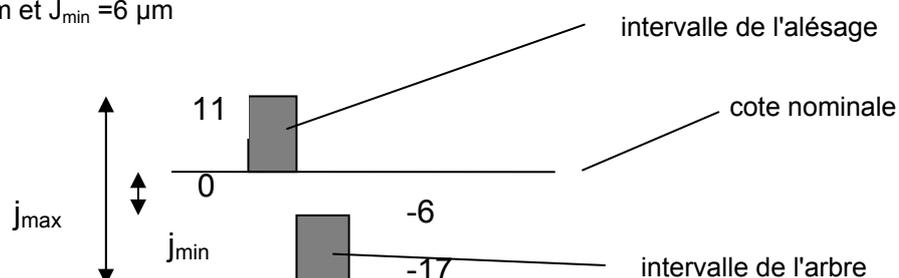
Les pressions admissibles et les conditions limites d'utilisation des paliers ne sont pas atteintes. Les paliers sont donc validés.

Question 11

$\Phi 12\text{H}6\text{g}6$

L'IT pour une qualité de 6 sur un diamètre de 12 mm vaut $11 \mu\text{m}$.

$$J_{\max} = 28 \mu\text{m} \text{ et } J_{\min} = 6 \mu\text{m}$$



Question 12

$$P_M = 1,5Pd = 1,5 \frac{F}{LD} = 156 \text{ Mpa}$$

La limite élastique de l'alliage d'aluminium de la bielle étant de 320 MPa on aurait un coefficient de sécurité de 2,05. Cela est faible, si on prend en compte que le contact est à sec, mobile et avec des vibrations.

Question 13

$$\sigma = \frac{F}{A} \leq \frac{R_e}{s} \text{ en se plaçant à l'égalité } s = \frac{R_e A}{F} \text{ avec } A = 2el$$

AN :

$$A = 2 \times 2,6 \times 12$$

$$A = 62,4 \text{ mm}^2$$

Le document technique du matériau donne une limite élastique comprise en 320 et 380 Mpa, soit $R_e = 320 \text{ MPa}$ pour le cas le plus défavorable :

$$s = \frac{320 \times 62,4}{7520} = 2,6, \text{ coefficient de sécurité pour l'assemblage des 2 bielles.}$$

En considérant une seule bielle, le coefficient de sécurité est $s' = 1,3$. Les bielles sont donc dimensionnées au plus juste d'un point de vue global. Le doublement de cet élément permet d'augmenter le coefficient de sécurité et permet également de satisfaire l'exigence « failsafe ».

Question 14

D'un point de vue local, la contrainte maximale doit rester inférieure à la limite à la rupture du matériau (une plastification locale est admissible).

L'analyse par éléments finis, avec cette mise en données, montre une contrainte maximum de 485 MPa au niveau des perçages. La limite à la rupture est de 400 Mpa, la bielle n'est donc pas validée localement avec cette mise en données.

Question 15

Dans un premier temps, il serait nécessaire d'affiner la discrétisation et de prendre des éléments d'ordre plus élevés (par exemple des tétraèdres à 10 nœuds).

Comme le calcul proposé n'inclut pas la modélisation des rivets, le résultat obtenu est en fait le coefficient de contrainte d'une plaque percée sollicitée en traction/compression. L'analyse par éléments finis n'a alors que peu de sens.

Dans un premier temps, on pourrait modéliser le rivet comme un solide rigide, et dans un second temps la modélisation du rivet pourrait inclure son élasticité et un contact de type solide déformable/solide déformable avec la bielle intégrant le frottement.

Ces nouvelles mises en données augmentent fortement les temps de calcul. La modélisation d'une faible portion de la bielle autour du perçage et seulement d'un quart de ce dernier permettra de limiter cette augmentation.

Question 16

L'optimisation du dimensionnement de la bielle, dans l'objectif de minimiser la masse est impossible. Il est nécessaire de rechercher une autre voie d'amélioration, le matériau par exemple.

Question 17

Objectif : minimiser la masse.

Fonction : barre en traction (ou compression).

Contrainte : éviter les déformations permanentes.

Variable libre : section de la bielle.

Équation exprimant l'objectif : $M = \rho V = \rho \cdot l \cdot A$

Équation exprimant la contrainte : $\sigma > \frac{F}{A}$

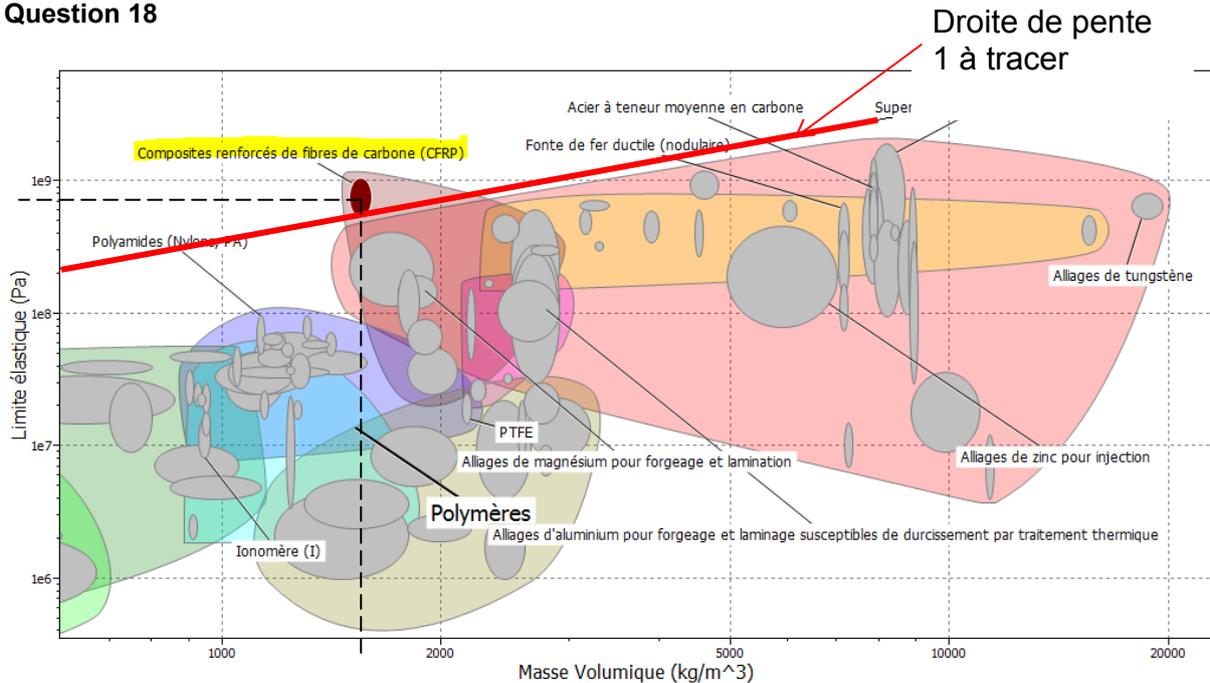
Élimination de la variable libre A : $M = \frac{\rho}{\sigma} F l$, F et l étant imposé

Déduction de l'Indice de performance I :

$I = \frac{\rho}{\sigma}$ à minimiser

$I' = \frac{\sigma}{\rho}$ à maximiser

Question 18



La droite de pente 1 représentant l'indice de performance isole le matériau répondant le mieux : le composite renforcé de fibre de carbone.

Valeurs moyennes pour ce nouveau matériau :

$$\rho_{CFRP} = 1600 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$Re_{CFRP} = 700 \text{ MPa}$$

Question 19

En conservant un coefficient de sécurité s de 2,6 pour l'ensemble des 2 bielles :

$$A = \frac{s \cdot F}{Re}$$

AN :

$$A = \frac{2,6 \times 7520}{700}$$

$$A = 27,93 \text{ mm}^2$$

Question 20

$$\text{gain} = \frac{(\rho_{EN-AW2618} \times S_{EN-AW2618} \times l) - (\rho_{CFRP} \times S_{CFRP} \times l)}{\rho_{EN-AW2618} \times S_{EN-AW2618} \times l}$$

AN :

$$\text{gain} = \frac{(2750 \times 62,4 - 1600 \times 27,93)}{2750 \times 62,4}$$

$$\text{gain} = 73,9\%$$

Sur ce seul critère, le choix de l'aluminium devrait être remis en cause mais il faudrait prendre en compte des problématiques de coût et de procédé pour conclure.

Question 21

Le choix de la machine peut se porter sur un centre Mori Seiki NT1000 Type S, c'est-à-dire équipé de la contre broche 2.

Le brut retenu est un lopin de diamètre 120 et de longueur 40.

Un exemple d'APEF est proposé sur le document réponse.

Les dimensions de la machine imposent une reprise avec axe BW incliné à -25°.

Question 22

La stratégie d'usinage favorisant un effort de coupe le plus constant possible est l'usinage trochoïdal. Cette stratégie permet également de minimiser le phénomène de vibration. La pénétration pleine matière peut se faire en rampe hélicoïdale ce qui permet de réaliser l'usinage de l'évidement avec un seul outil.

*Choix de l'outil :**

Fraise PLURA, nuance GC1620.

Cette nuance permet d'effectuer les opérations d'ébauche et de finition avec le même outil.

Choix de l'outil et des conditions de coupe

$V_c = 1000$ m/min,

$a_p = 3,05$ mm, épaisseur de la pièce

Pour une fraise de diamètre 6 mm, $f_z = 0,014$ mm/dent

Vérification des conditions de coupe

$$N = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot D}$$

AN :

$$N = \frac{1000 \times 1000}{\pi \times 6} = 53\,051 \text{ tr/min}$$

La vitesse de broche maximum (en option) est de 20 000 tr/min. En conséquence, la vitesse de coupe effective sera :

$$V_c = \frac{N_{\max} \times \pi \times 6}{1000}$$

$$V_c = 376 \text{ m/min}$$

La vitesse d'avance, pour un nombre de dent de 2, sera donc :

$$V_f = 20\,000 \times 0,014 \times 2$$

$$V_f = 560 \text{ m/min}$$

Cette avance est tout à fait compatible avec les caractéristiques cinématiques de la machine.

La puissance nécessaire pour cette stratégie d'usinage trochoïdale est faible, et donc, les vérifications de cette nature ne sont pas nécessaires. Avec les paramètres de coupe ci-dessus et un K_c de 700 N/mm², on obtient 0,11 kW (ce qui est bien inférieur aux 3,7kW disponibles à 20 000tr/min).

Question 23

Plages des conditions d'utilisation de l'outil de coupe

Les conditions de coupe sont données dans le tableau correspondant à l'outil choisi.

$$100 < V_c \text{ (m/min)} < 180$$

$$0,28 < f \text{ (mm/dent)} < 0,5$$

Section maximum du copeau

La surface usinée par la plaquette peut être obtenue par l'approximation suivante :

$$A_D = \frac{\text{pas primitif}}{2} \times \text{hauteur de crête}$$

$$\text{Pas} = \pi \cdot m = 1,256 \text{ mm}$$

$$A_D = \frac{1,256}{2} \times 0,9$$

$$A_D = 0,56 \text{ mm}^2 \text{ (0,53 mm}^2 \text{ d'après le modèle CAO)}$$

En considérant un K_c donné dans le document DT9, de 700 N/mm^2 , on peut faire une première approximation de l'effort de coupe nécessaire :

$$F_c = K_c \times A_D$$

$$F_c = 700 \times 0,56 = 392 \text{ N}$$

Remarque :

L'avance préconisée étant de $0,5 \text{ mm/dent}$, la section sera plus faible.

Le K_c peut également être corrigé à l'aide de la formule $K_c = K_{c1} \cdot h_m^{-m_c} \cdot \left(1 - \frac{\gamma_0}{100}\right)$

Vérification de la puissance et du couple :

$$P_c = \frac{F_c \times V_c}{60000}$$

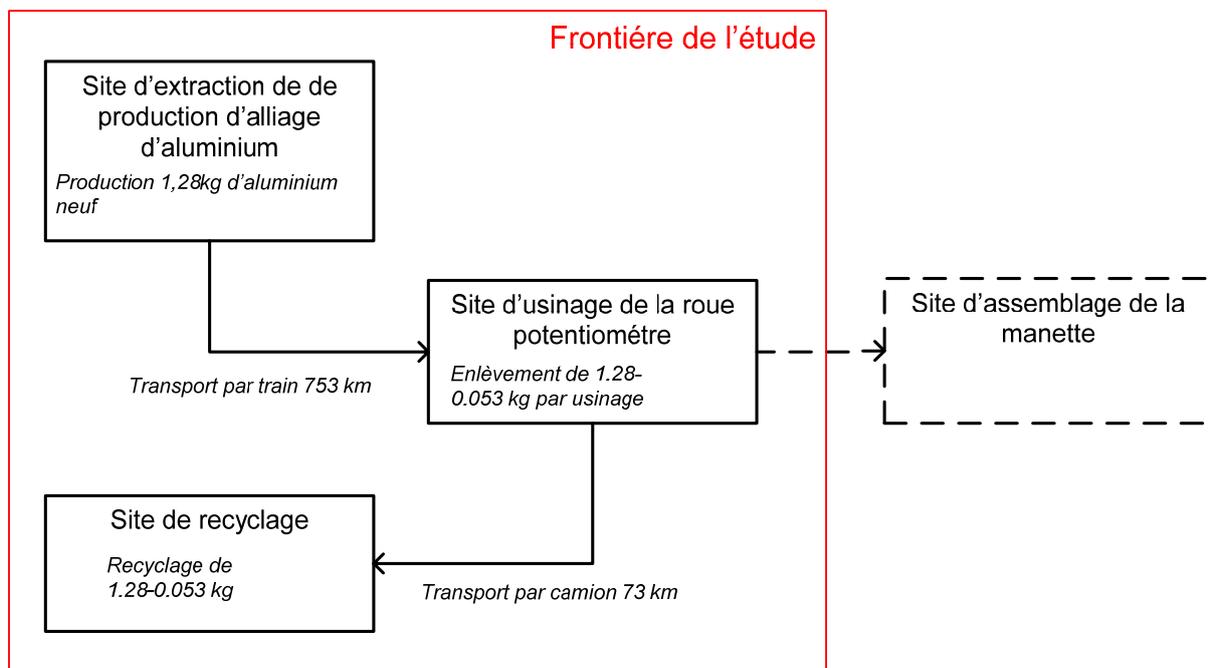
$$P_c = 0,914 \text{ kW}$$

L'usinage pourra se faire en une seule passe car la puissance est largement inférieure à la puissance de la broche ($7,5 \text{ kW}$).

En considérant l'effort de coupe et un diamètre d'outil de 32 mm , on obtient un couple de $6,2 \text{ N}\cdot\text{m}$.

Cela est compatible avec la fréquence de rotation calculée de 1800 tr/min (courbes données sur le document DT7).

Question 24



Calculs d'impacts

L'unité fonctionnelle donnée est une roue potentiomètre.

En considérant un brut de diamètre 120 et de longueur 40, on obtient une masse d'environ 1,28 kg (la masse volumique peut être obtenue sur le document réponse DR1).

Production d'alliage d'aluminium neuf

Empreinte carbone : $1,28 \times 11,917 = 15,25 \text{ kg CO}_2 \text{ éq}$

Même calcul pour les 2 autres critères.

Transport par fret ferroviaire

Empreinte carbone : $\frac{1,28}{1000} \times 0,0395 \times 753 = 0,038 \text{ kg CO}_2 \text{ éq}$

Même calcul pour les 2 autres critères.

Usinage

Empreinte carbone : $(1,28 - 0,053) \times 10,966 = 13,455 \text{ kg CO}_2 \text{ éq}$

Même calcul pour les 2 autres critères.

Transport par camion

Empreinte carbone : $\frac{1,28 - 0,053}{1000} \times 0,10538 \times 73 = 0,009439 \text{ kg CO}_2 \text{ éq}$

Même calcul pour les 2 autres critères.

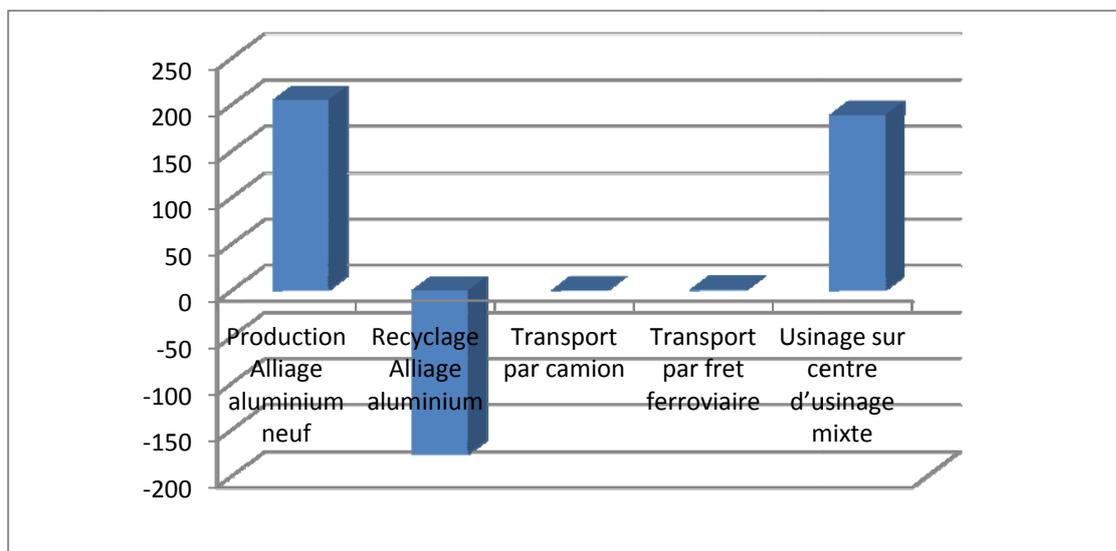
Recyclage

Empreinte carbone : - - -

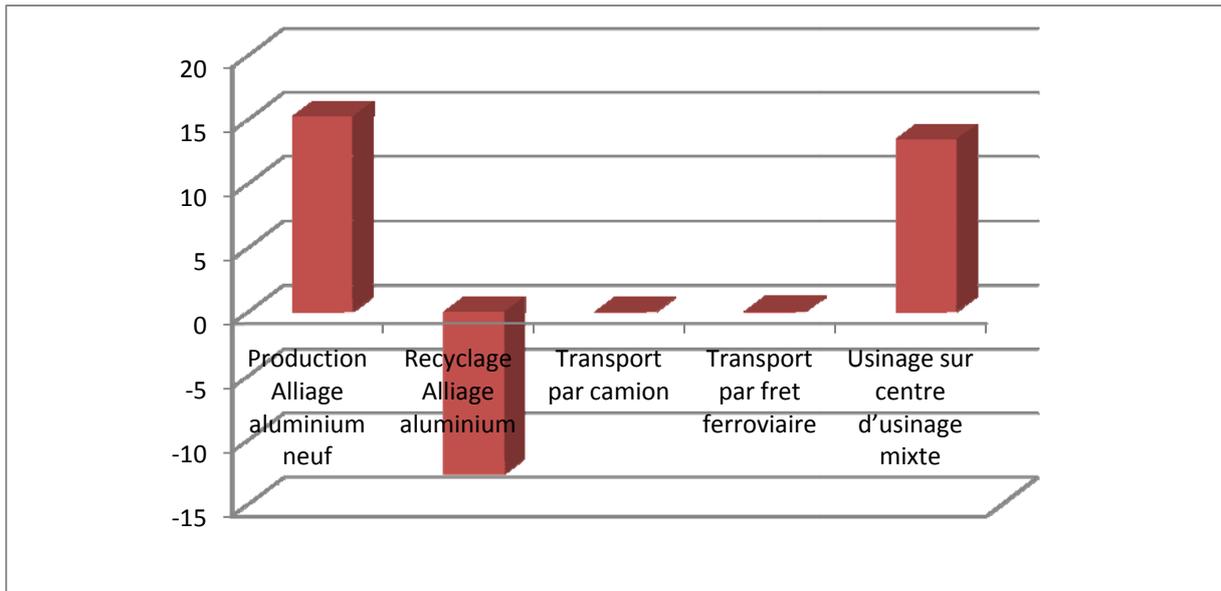
Même calcul pour les 2 autres critères.

Résultats

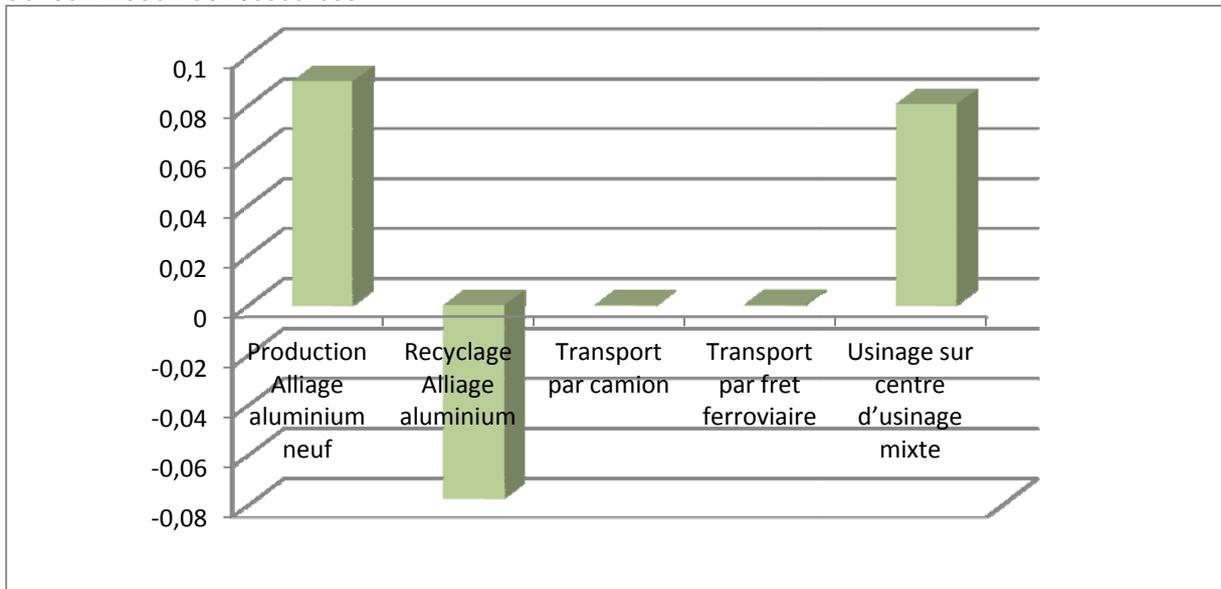
Consommation d'énergie



Empreinte carbone



Consommation de ressources



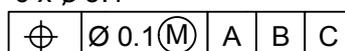
Question 25

On remarque sur ces 3 critères que le transport n'est pas prépondérant. La production d'aluminium neuf et la phase d'usinage sont, en revanche, très impactantes mais sont compensées partiellement par le recyclage.

Toujours sur ces 3 critères, les voies d'amélioration seraient, d'une part l'utilisation d'aluminium recyclé plutôt que l'aluminium neuf et, d'autre part, l'optimisation du transport entre le site d'usinage et le site de recyclage. En conclusion, le fait d'usiner des pièces très allégées à partir de lopin en alliage d'aluminium (ce qui est fréquent dans les pièces aéronautiques) peut être compensé grâce à la recyclabilité de ce matériau.

Question 26

6 x $\varnothing 3.4^{\pm 0.1}$

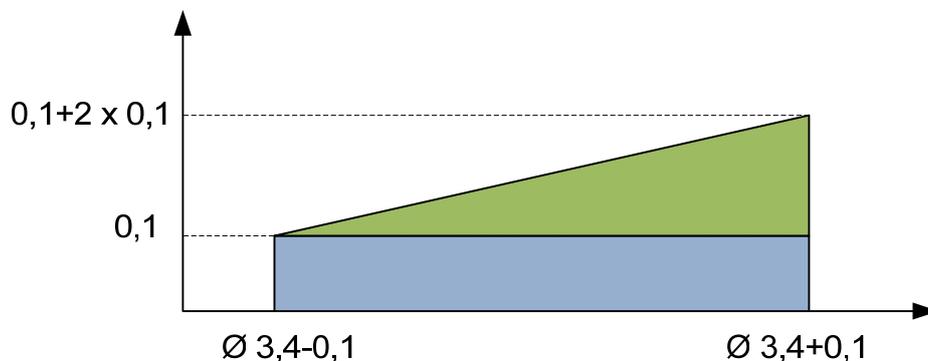


La zone de tolérance est un cylindre de diamètre T perpendiculaire au plan de référence B et localisé par rapport à la référence A et la référence C.

La valeur de T dépend de l'état de l'élément tolérancé :

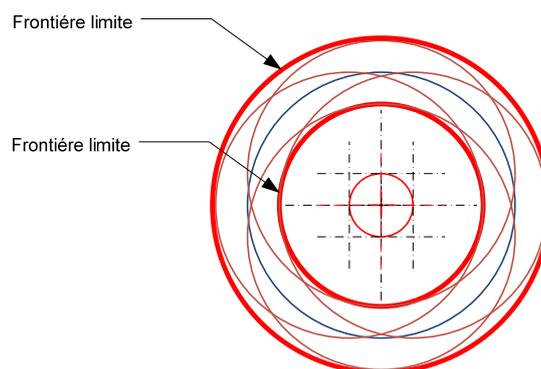
- si l'élément tolérancé est à sa valeur minimum (3,3), $T=0,1$;
- si l'élément tolérancé est à sa valeur maximum (3,5), $T=0,1+0,2=0,3$.

Diagramme de tolérance dynamique

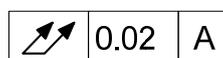


Interprétation d'un point de vue fonctionnel

Cette spécification concerne une condition de montage. Elle se traduit par la définition d'un volume délimité par 2 cylindres à leur dimension virtuelle. L'élément tolérancé doit se trouver dans ce volume. Cette exigence permet d'élargir l'intervalle de tolérance et donc d'éviter la mise au rebut de pièces aptes à être assemblées.



Question 27



Voir document réponse

Question 28

Éléments palpés :

Palper 8 points sur l'élément de référence A et associer un cylindre A avec le critère des moindres carrés.

Palper des points sur l'élément tolérancé (par exemple 18 points répartis en 12 points en périphérie de la surface et 6 points proches du centre)

Éléments construits :

Construire la droite DRA, axe du cylindre des moindres carrés A.

Projeter sur la droite DRA, et perpendiculairement à celle-ci les 18 points palpés.

Mesure :

Déterminer la distance d entre les 2 points extrêmes.

Si $d < 0,02$, la pièce est conforme.

Question 29

Procédé :

Le critère de transparence souhaité limite le nombre de procédés par ajout de matière. Les procédés utilisant la technologie de polymérisation de résine par ultraviolet (stéréolithographie par exemple) permettent l'impression directe de la pièce dans une matière transparente.

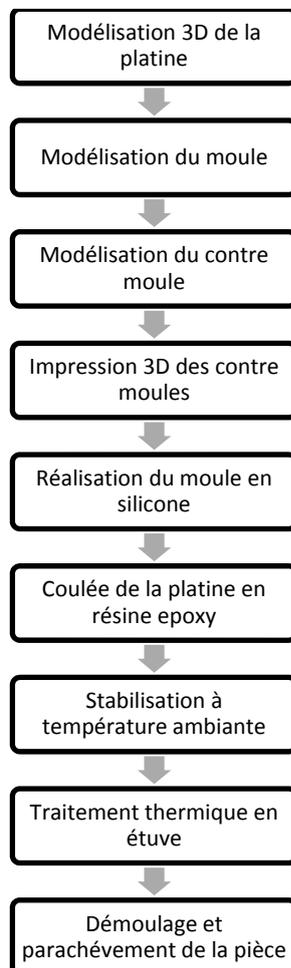
Avantages

Obtention rapide d'une pièce fonctionnelle.

Inconvénients

Le choix de matériau est très restreint et ses caractéristiques mécaniques peuvent ne pas répondre à celles souhaitées.

Question 30



Les résines époxydes et polyuréthanes peuvent être mises en œuvre par ce procédé. Plus généralement les thermodurcissables bi composants (résine + catalyseur).

Question 31

Voir DR4

Le moule étant souple, les légères contre-dépouilles ne perturberont pas le démoulage.

Question 32

Il est nécessaire d'obtenir environ 90 grammes de produit pour la pièce. À cela on ajoute 20 % de matière pour les canaux de coulée et d'alimentation. Ce qui donne un total d'environ 108 grammes.

Les proportions sont 45 grammes de durcisseur pour 10 grammes de résine.

Part A : 74,5 grammes.

Part B : 33,5 grammes.

Les points de vigilance sont les suivants :

- dégazage sous vide des 2 composants à une température de 30 à 35°C ;
- respect du pot life (temps avant durcissement) lors du mélange ;
- respect du temps de polymérisation ;
- traitement thermique.

Remarque :

L'épaisseur étant de 6 mm, il est recommandé d'ajouter 3 % d'accélérateur.

En considérant le volume de la pièce (70 738 mm³) et la masse volumique donnée dans la documentation technique, le critère de masse maximale est respecté.

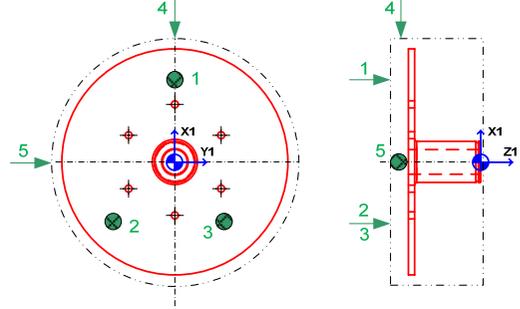
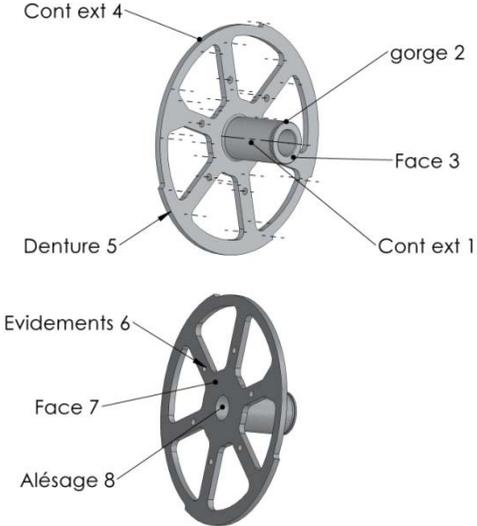
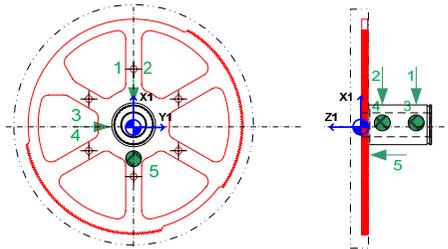
Question 33

Suite aux différentes études menées dans ce sujet, il apparaît que des voies d'amélioration sont possibles même sur ce système déjà très optimisé. En revanche le principe « failsafe » aéronautique (zéro défaillance) limite les marges de progression mais reste, évidemment, incontournable.

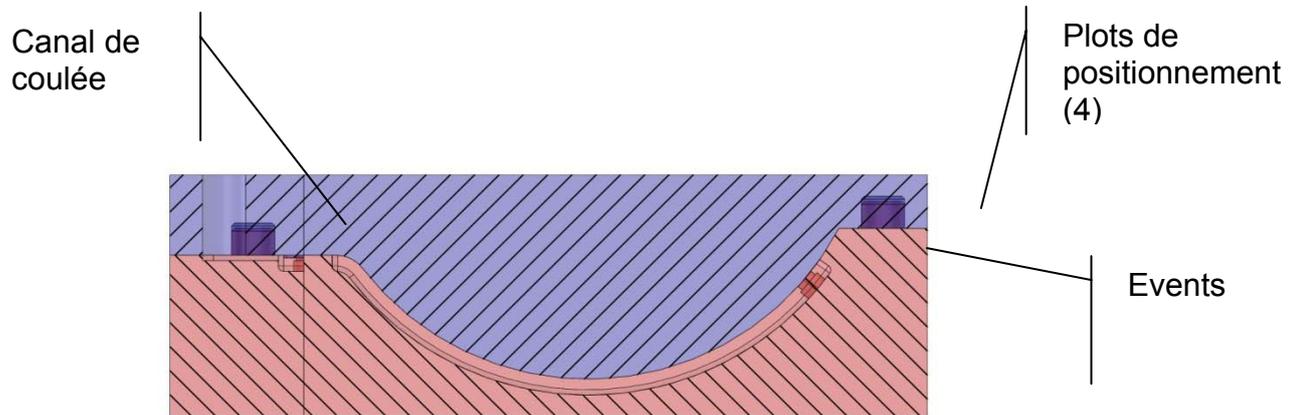
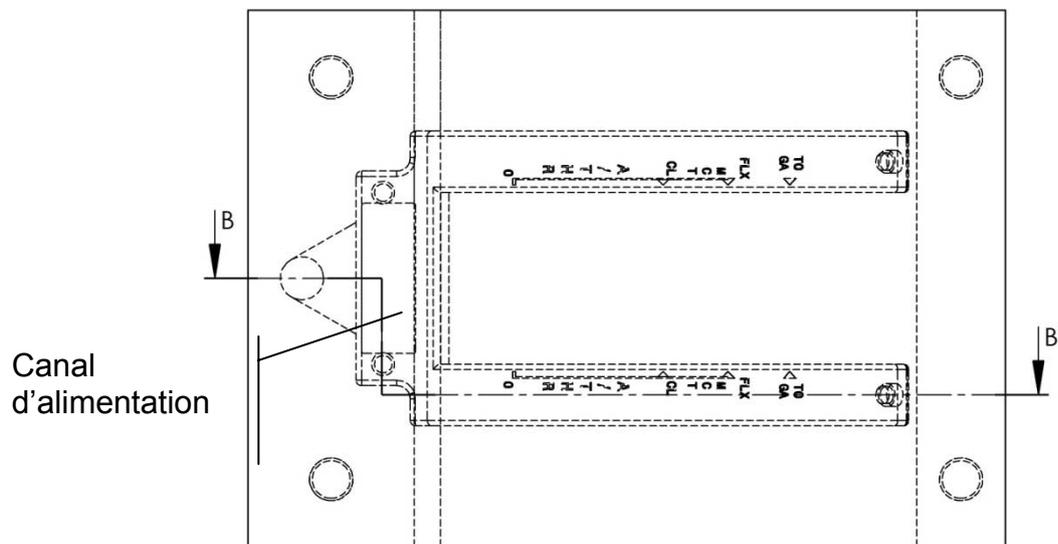
La problématique de cette étude est basée essentiellement sur le gain de poids mais il serait nécessaire d'affiner les différents choix à l'aide d'une étude économique détaillée.

Les procédés innovants ainsi que les matériaux nouveaux demandent beaucoup de qualifications avant d'être validé pour le vol pour assurer une sécurité optimale.

La principale évolution majeure serait d'éliminer la roue potentiomètre, et de disposer les potentiomètres et capteurs sur la roue de renvoi. C'est d'ailleurs le choix effectué par l'entreprise, ce qui a permis un gain de poids très important.

AGRÉGATION SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR		AVANT PROJET D'ÉTUDE DE FABRICATION PAR ENLÈVEMENT DE MATIÈRE			
Ensemble	TCA V1	Phase / Sous-phase	Machines	Opérations d'usinage	Croquis
Élément	ROUE MILEU POTENTIOMETRE	100A	NT1000 Type S	Broche porte-outil	
Matière	EN-AW 7050		Prise de pièce en mors durs inversés sur broche 1	Dressage 3 Pointage 8 Perçage 8 Alésage 8 Tournage extérieur 1 Usinage gorge 2 Perçage 9 Contournage extérieur 4	
Traitement	T7451		BW=0°		
Repérage des surfaces / entités d'usinage					
	100B	NT1000 Type S	Broche porte-outil		
		Prise de pièce en pince sur broche 2	Dressage 7 Usinage denture 5		
			NT1000 Type S	Broche porte-outil	Usinage évidements 6
			Prise de pièce en pince sur broche 2	BW=-25°	

Tolérancement normalisé		ANALYSE D'UNE SPECIFICATION PAR ZONE DE TOLÉRANCE			
Symbole de la spécification		Éléments non idéaux (Réels)		Éléments idéaux (Modèles)	
Type de spécification	Élément(s) tolérancé(s)	Élément(s) de référence	Référence spécifiée	Zone de tolérance	
Type de spécification <input type="checkbox"/> Forme <input type="checkbox"/> Orientation <input type="checkbox"/> Position <input checked="" type="checkbox"/> Battement Battement total					
Condition de conformité L'élément tolérancé doit se situer entièrement dans la zone de tolérance	<input checked="" type="checkbox"/> Unique <input type="checkbox"/> Groupe	<input checked="" type="checkbox"/> Unique <input type="checkbox"/> Multiple	<input checked="" type="checkbox"/> Simple <input type="checkbox"/> Commune <input type="checkbox"/> Système	<input checked="" type="checkbox"/> Simple <input type="checkbox"/> Composé	Contraintes : Orientation et/ou position par rapport à la référence spécifiée
	Surface nominale plane 	Surface A nominale cylindrique 	Droite A, axe du cylindre de plus petit diamètre circonscrit à la surface A. <u>Droite A</u>	Volume limité par 2 plans distants de 0.02 	Les plans sont perpendiculaires à la droite A



COUPE B-B
ECHELLE 1 : 2

Rapport du jury de l'épreuve de conception préliminaire d'un système, d'un procédé ou d'une organisation

1. Présentation du sujet

Les auteurs du sujet remercient la société SAGEM et tout particulièrement M. Pierre BIER pour les avoir autorisés à utiliser le système comme support de sujet et pour l'ensemble des éléments fournis.

Le sujet s'intéressait à l'optimisation de la conception et à l'industrialisation d'un constituant de pilotage d'un AIRBUS A350. Le système étudié, TCA (Throttle Control Assembly), ou manette des gaz, permet d'envoyer des informations de pilotage au calculateur chargé de commander le niveau de puissance des réacteurs et des inverseurs de poussée.

Quatre parties indépendantes, suivies d'une synthèse, permettaient de choisir progressivement une solution, d'optimiser la conception d'un constituant et de proposer des solutions d'industrialisation de certains éléments dans le respect du cahier des charges proposé. Le sujet, construit sur les solutions satisfaisant aux exigences fonctionnelles de la manette, permettait de traiter de l'ensemble du programme de l'agrégation :

- partie 1 – choix d'une solution permettant de satisfaire l'exigence de sensation ;
- partie 2 – étude de la transmission de la position de la manette aux calculateurs ;
- partie 3 – industrialisation de la roue potentiomètre ;
- partie 4 – industrialisation du corps de la platine éclairante ;
- partie 5 – synthèse.

2. Analyse globale des résultats

Globalement les résultats ne sont pas conformes aux attentes du jury. Des connaissances de base ne sont pas assimilées par les candidats. Des résultats aberrants sont même proposés sans complexe. Les réponses des candidats sont trop souvent peu justifiées et sans hypothèse. La qualité de certaines copies nuit à leur compréhension.

Un certain nombre de copies sont d'une propreté et clarté insuffisantes. Cela n'est pas admissible de la part d'un futur enseignant.

3. Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux candidats

Partie 1 : choix d'une solution permettant de satisfaire l'exigence de sensation

Les premières questions permettaient de prendre connaissance du sujet et d'aborder les contraintes de conception liées au milieu de l'aéronautique. La question 1 sur la transmission d'efforts pouvait être solutionnée par un schéma bloc. Les questions 2 à 4 portaient sur des calculs d'hyperstatisme et même si de nombreux candidats ont répondu à ces questions, trop peu ont réussi. Les méthodes pourtant essentielles ne sont pas maîtrisées. Il était attendu une justification précise du nombre de mobilités utiles et internes; souvent ces mobilités ont un nombre fixé arbitrairement. La justification du modèle rotule dans la question 4 n'a presque pas été abordée par les candidats.

Les questions 5 et 6 sur la raideur de la solution vérin à gaz proposaient un modèle simple. Elles permettaient d'évaluer la validité de la nouvelle solution proposée sur un critère. Le jury note des erreurs d'unités, des formules non homogènes, ce qui est inacceptable à ce niveau.

L'ensemble des questions suivantes visait à évaluer des solutions permettant une diminution du poids de la solution constructive. Les questions 7 à 10 portaient sur le dimensionnement de paliers lisses. Trop de candidats ne connaissent pas la notion de pression. Les règles de montage de ce type d'éléments sont aussi peu connues. Les couples transmis n'ont que rarement été pris en compte et ont été supprimés du torseur sans justification. La modélisation des paliers par des liaisons de type rotule est quasi inexistante.

La question 11 portait sur le choix d'un ajustement. Cette question classique n'a pourtant pas été traitée correctement dans l'ensemble. Les croquis proposés sont souvent peu lisibles ce qui est fortement gênant de la part de futurs enseignants.

La question 12 de dimensionnement d'un contact direct a été bien traitée. Le modèle en cosinus n'a pas posé de problème au candidat. Les conclusions sont moins bonnes. Peu de candidats pensent à la notion de coefficient de sécurité lié aux conditions de fonctionnement de la liaison réalisée.

Le jury conseille aux candidats de poser les hypothèses qu'ils jugent nécessaires à la résolution du problème. Une connaissance des solutions constructives classiques et de leurs méthodes de dimensionnement est indispensable pour cette épreuve.

Partie 2 : étude de la transmission de la position de la manette aux calculateurs

Les questions 13 à 20 portaient sur le dimensionnement d'une bielle avec un modèle relevant de la résistance des matériaux dans un premier temps, puis avec une simulation par éléments finis. La notion de validation locale et de concentration de contrainte est mal maîtrisée. La mise en données des simulations par éléments finis semble être connue de l'ensemble des candidats même si elle reste très simpliste. L'utilisation des diagrammes d'ASHBY et les indices de performance sont eux très mal maîtrisés ce qui est très décevant. Les deux dernières questions ont été bien réussies dans l'ensemble.

Le jury conseille aux candidats de répondre par des schémas propres et bien légendés lorsque cela est possible. Une simple connaissance de l'utilisation des logiciels de calculs par éléments finis est insuffisante pour cette épreuve.

Partie 3 : industrialisation de la roue potentiomètre

Cette partie traitait de la conception d'un processus d'usinage lié aux problèmes récurrents des pièces aéronautiques.

Les questions 21 à 23, bien qu'assez classiques, ont posé quelques problèmes aux candidats. L'essentiel des informations était fourni, il était donc attendu un degré de réflexion du niveau de l'agrégation.

Les questions 24 et 25 portaient sur l'analyse de cycle de vie. Les candidats maîtrisent mal les méthodes associées à l'étude des impacts environnementaux ainsi que le vocabulaire associé. Ces questions environnementales sont de plus en plus prises en compte dans l'élaboration des procédés de fabrication et sont définies par des normes.

Les questions 26 à 28 ciblaient l'analyse de spécifications géométriques. Trop peu de candidats ont répondu parfaitement et avec un vocabulaire précis à ces questions. Ce domaine de la métrologie doit absolument être maîtrisé par les candidats.

Partie 4 : industrialisation du corps de la platine éclairante

La question 29 abordait la notion de fabrication par ajout de matière. Manifestement, les procédés de fabrication additive et leurs propriétés sont très mal connus par la plupart des candidats. Ces

procédés innovants, utilisés de plus en plus fréquemment dans le monde de l'industrie et notamment par le secteur de l'outillage, du médical et de l'aéronautique, doivent pouvoir être explicités par les candidats.

Les questions 30, 31 et 32 portaient sur le procédé de fabrication par coulée sous vide. Encore une fois, ce procédé semble mal connu des candidats. Des confusions avec les procédés de fonderie cire perdue et d'injection plastique ont été remarquées par le jury. Il est recommandé aux futurs candidats d'avoir des connaissances précises sur les principaux procédés ainsi que les matériaux associés pouvant être mis en œuvre.

Partie 5 : synthèse

Cette question doit permettre au candidat de s'interroger sur les études menées en considérant la problématique générale du sujet, et ainsi de conclure sur les choix retenus tout en proposant des voies d'amélioration possibles. Plus précisément, ce sujet, proposant un support du domaine aéronautique, s'appuyait sur une contrainte forte de poids minimum. Les conclusions des candidats étaient dans l'ensemble peu pertinentes et ne tenaient que rarement compte du domaine industriel concerné.

Plus généralement, les candidats doivent démontrer, au travers de ces questions de synthèse, leur culture technologique des grandes filières industrielles. Ceci est un préalable nécessaire pour que les futurs enseignants puissent dispenser un enseignement de qualité.

4. Conclusions

Pour la seconde session de l'agrégation externe section sciences industrielles de l'ingénieur, option sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie mécanique, l'épreuve de conception préliminaire abordait le dimensionnement des liaisons, des pièces, puis leur réalisation. Dans les deux tiers de l'épreuve les questions portaient sur des domaines classiques des sciences de l'ingénieur. Toutefois l'arrivée des moyens de production par adjonction de matière (ou prototypage rapide) est d'actualité et doit donc être maîtrisée par des formateurs des disciplines de sciences industrielles de l'ingénieur. L'analyse du cycle de vie, partie de l'éco conception, doit elle aussi être connue et maîtrisée.

Le jury regrette que des connaissances de base telles que la pression diamétrale, la puissance aérolaire, la définition d'un ajustement, ne soient pas maîtrisées par plus de candidats.

Le jury observe que peu de candidats maîtrisent l'ensemble des parties des disciplines fondamentales des sciences de l'ingénieur.

5. Résultats

168 copies ont été évaluées, dont 16 pour les candidats à l'agrégation marocaine. La moyenne des notes obtenues est de 8,5 / 20 et l'écart-type 3,5 / 20 avec :

- 15,6 comme meilleure note ;
- 2,3 comme note la plus basse.

