**CORRIGÉ - SUJET 0**

**BACCALAUREAT PROFESSIONNEL**

**AERONAUTIQUE**

**SUJET TEST ou 0**

**Pour la 1ère session 2016**

**du bac. rénové**

MISE EN SITUATION

En sortie de chaîne de production, l’APU (voir dossier technique) est mis en route et présente des dysfonctionnements au démarrage notamment des vibrations qui lors de cette phase peuvent provenir de différentes causes.

Le sujet a pour objectif, à travers l’analyse des systèmes, d’identifier les causes possibles.

La procédure de diagnostic impose au **technicien (candidat)** de vérifier successivement plusieurs points :

Après la lecture de l’ensemble du sujet (temps conseillé 20 mn), **dans l’ordre, il devra :**

* **En partie 1**. (temps conseillé 30 mn) :
  + Vérifier les points et documents réglementaires liées aux interventions.
* **En partie 2**. (temps conseillé 40 mn) :
  + Vérifier la validité des écoulements d’air autour de l’ IGV du compresseur de l’APU.
* **En partie 3**. (temps conseillé 60 mn) :
  + Vérifier la résistance des fixations de ce même APU
* **En partie 4.** (temps conseillé 60 mn) :
  + Vérifier la validité du réducteur et du démarreur.
* **En partie 5.** (temps conseillé 20 mn) :
  + Conclure sur les causes possibles des vibrations, ceci par la synthèse des différentes vérifications pour lesquelles des conclusions partielles auront été émises.

RELECTURE COMPLETE DE LA COPIE 10 mn

**Les préconisations horaires ci-dessus permettront d’orienter le candidat dans sa gestion du temps. Elles traduisent également l’importance relative des différentes parties et questions.**

**Partie 1**

Dans cette partie, le technicien doit vérifier s’il dispose des éléments de documentation technique nécessaires et de l’effectivité dans la série avion. Ceci est forcément préalable à l’intervention.

**Question 1.1**

Cochez les documents de maintenance que vous êtes susceptibles d’utiliser pour traiter le dysfonctionnement ?

□ A – SRM

□ B - lPC

□ C - AMM

□ D - TSM

□ E - CMM

**Question 1.2**

Quel est le chapitre de la norme ATA100 qui correspond à l’APU ?

**ATA 49**

**Question 1.3**

Chaque document technique constructeur est affecté d’un repérage sous forme de trois nombres

de 2 chiffres (ex : **49.53.00**).

Quel type d’information nous indique le deuxième nombre ?

**Le chapitre correspondant aux sous ensembles et qui permet de hiérarchiser les fonctions.**

**Question 1.4**

Donner les numéros d’avions concernés par l’ensemble de la documentation qui vous est fournie.

**ON A/C 201-201, 226-226**

**Post SB 49-1044001 For A/C 201-201,226-226**

**Question 1.5**

Quel est l’organisme qui a émis le SB 49-1044001 ?

**Le constructeur de l’APU.**

**Question 1.6**

Comment appelle t’on un SB rendu Obligatoire et préciser par qui ?

**Une consigne de navigabilité (C.N.) qui a été émise par la DGAC pour les avions ou éléments d’aéronefs français.**

**Une airworthiness directive qui est émise par l’EASA concernant les appareils étrangers.**

**Partie 2**

Le bureau technique du constructeur met à disposition la documentation nécessaire au dépannage.

Dans le cadre de la panne présentée page 1, le mécanicien doit analyser et déterminer les différentes pannes possibles.

**Question 2.1**

**(a)** Donner la fonction du load compressor. (**b)** Préciser notamment s’il alimente la chambre de combustion ou un autre circuit.

Le Load compresseur alimente le circuit pneumatique de l’aéronef en vue d’assurer les fonctions diverses, de dégivrage, d’antigivrage, de démarrage, de conditionnement d’air et de pressurisation.

Cela correspond à des circuits externes à l’APU et non pas à la chambre de combustion qui elle est alimentée par le compresseur à deux étages centrifuges du corps HP de la turbine à gaz.

**Question 2.2**

Par quoi est contrôlée la quantité d’air de prélèvement sur le load compressor ?

Le fonctionnement de l'APU est commandé et surveillé par la commande électronique (ECB). L’ECB a pleine autorité sur les fonctions de l'APU suivantes:

- Démarrage,   
- Accélération, - Régulation de vitesse,   
- Indication,   
- La surveillance des défauts,   
- Interface avec les systèmes A / C.

**Question 2.3**

Combien trouve t-on d’aubes pour l’ IGV du load compressor ?

The compressor includes an Inlet Guide Vane (IGV) assembly which has 14 axially adjustable guide vanes

**Question 2.4**

Donner le type de fluide hydraulique employé pour le déplacement de la servo valve.

Carburant dont la gestion est assurée par le Fuel Control Unit, qui est une interface hydraulique pilotée par l’ECB (calculateur électronique)

**Question 2.5**

Donner le type de métal constituant les aubes du load compressor  
**Alliage léger d’aluminium corroyé afin de garantir la meilleure résistance mécanique :**

**Par exemple EN-AW 2024 T3 Traitement thermique T3 et usinage à la fraise sur machine numérique.**

**Question 2.6**

Donner les rôles de L’ ECB.

- Démarrage,   
- Accélération, - Régulation de vitesse,   
- Indication,   
- La surveillance des défauts,   
- Interface avec les systèmes A / C.

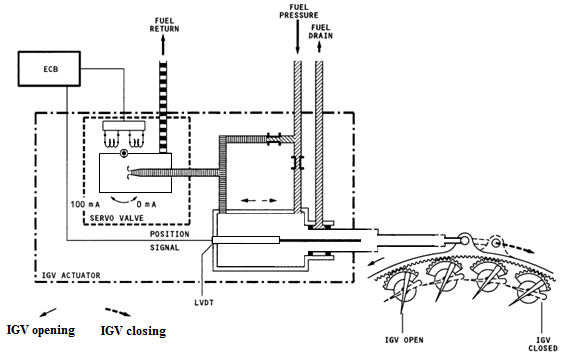
**Question 2.7**

Donner la fonction du FCU.

Groupe de régulation du carburant avec notamment la surveillance du régime de la machine et la maîtrise de la survitesse (overspeed)

**Question 2.8**

Dessiner la palette de la servo valve et la position du piston de l’IGV (alimentation 100 mA)



**Question 2.9**

Comment est informé l’ECB de la position des IGV ?

L’ECB ajuste le courant du moteur-couple de l'actionneur IGV pour les paramètres suivants :

- La demande de prélèvement A / C envoyé par le contrôleur de zone (ZC),   
- La charge Température entrée du compresseur (LCIT),   
- P2.

Les vérins IGV se déplacent sous la pression de carburant sur la position désirée qui est renvoyée à l’ECB par l’intermédiaire du LVDT du vérin. Donc les IGV sont orientées à une position pour satisfaire la demande de débit d'air.

**Question 2.10**

A 75% de la vitesse de rotation, quel doit être la position de l’IGV (donner la réponse en degré) ?

Above 75% rpm the position of the IGVs is 22 degrees.

**Question 2.11**

Une mauvaise incidence sur la pale de l’IGV peut provoquer des turbulences et donc des vibrations :

Tracer un écoulement (turbulent) sur le schéma de la pale ci-dessous.

Considérer le schéma illustrant la plus grande incidence, synonyme de décrochage et donc d’amorce

de pompage.

Vent relatif

Vent relatif

Vent relatif

IGV à incidence correcte

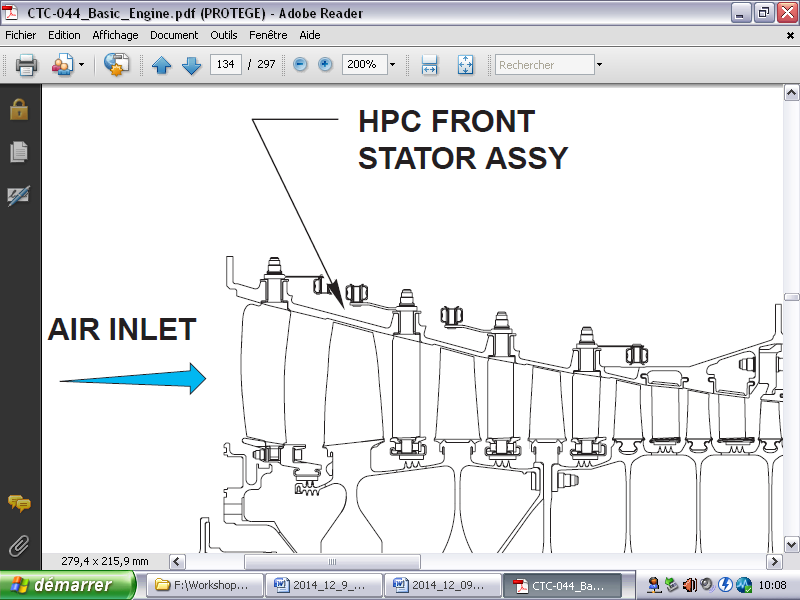
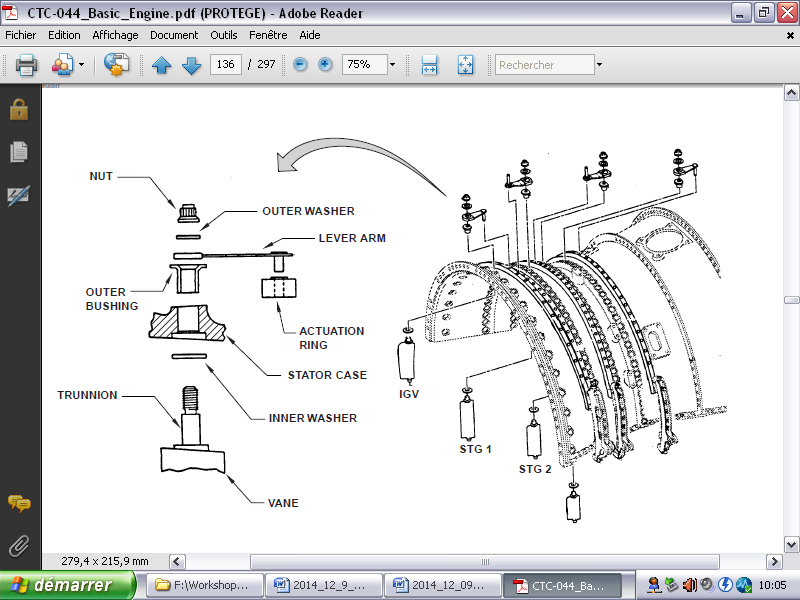
IGV à faible incidence

IGV à forte incidence

Décollement de la couche limite et décrochage du profil,

amorce du pompage

**Question 2.12**



Proposer un ordre de montage pour les éléments ci-dessus. Lesquels réclament un couple de serrage et dans quel type de document trouve-t-on cette valeur de couple.

Insérer dans l’ordre : Inner washer, stator case, outer bushing, lever arm, outer washer et enfin le Nut qui sera serré au couple conformément à la valeur donnée dans l’AMM.

**Question 2.13**

Pour assembler l’axe "trunnion" dans la bague "outer bushing", nous devons assurer un ajustement de type Ø 7 H7 g6. Calculer la valeur mini et Maxi du jeu correspondant.

Jmini = Alésage mini – Arbre maxi = 7 – 6,095 = 0,005

JMAXI = Alésage maxi – Arbre mini = 7,015 – 6,086 = 0,029

**Question 2.14**

**Conclusion 2 partielle**

Sachant que des vibrations pourraient venir d'un axe d'aube grippé, préciser si ce risque existe au vu du calcul précédent ? ( à savoir s'il s'agit en réalité d'un véritable jeu ou d'un serrage)

Le montage est assuré avec un jeu certain, ce qui garantit le bon fonctionnement de cette articulation dans la mesure où le montage est assuré conformément à l’ordre établit ci-dessus et avec le couple de serrage préconisé. Ce problème de vibration ne peut donc provenir de cette recherche.

**Partie 3**

***Etude du Silent Bloc***

Les vibrations de l’APU au démarrage peuvent provenir des éléments de fixation entre l’APU et la structure de l’appareil ou des silent blocs. On va étudier ces sous-systèmes et conclure sur le remplacement ou non de ces différents éléments.

Selon la documentation technique, on doit vérifier deux côtes **A** et **B** afin d’évaluer si le changement des silent blocs est nécessaire.

**Question 3.1**

**Replacer** sur les deux schémas ci-contre (n°1 et n°2) les deux cotes A et B.

**Question 3.2**

**Tracer** la chaîne de cotes relative au jeu A sur le schéma ci-contre.

Après vérification, la cote A est **validée**.

**Question 3.3**

A l’aide de la chaine de cote déjà tracée, **donner** puis **calculer** l’équation afin de vérifier si la condition de bon fonctionnement est vérifié.

J**B** max = **B AFT APU Attachment Bracket 4085 min - B Core Member max – B AFT Vibration Isolator 4055 max – B Elastomer Component max**

**J B max = 84,7 – 56,2 – 3,1 – 8 = 17,4 mm**

**Question 3.4**

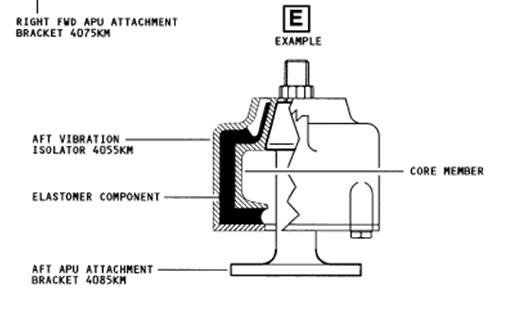
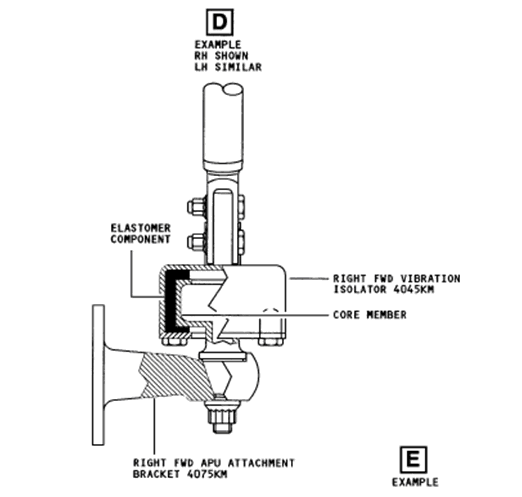
**Conclure** : la condition est-elle respectée ou non ? Justifier.

**Oui car J B max < 18 mm**

**Etude de la fixation (biellette)**

*J*

J **B**



**Figure n°1**

**Figure n°2**

J**A**

J Core Member

Jelastomer **component**

J**Right FWD att**

|  |  |
| --- | --- |
| Elastomer component |  |
| AFT Vibration isolator 4055 KM |  |
| Core member |  |
| AFT APU attachment bracket 4085 KM |  |

B Core Member

B Elastomer Comonent

B AFT APU attachment bracket 4085

B AFT Vibration isolator 4055

|  |  |
| --- | --- |
| *Elastomer component* |  |
| *AFT Vibration isolator 4055 KM* |  |
| *Core member* |  |
| *AFT APU attachment bracket 4085 KM* |  |

*B AFT Vibration isolator 4055*

*B AFT APU attachment bracket 4085*

*B Elastomer Comonent*

*B Core Member*

Dans cette partie, on va vérifier si les vibrations ne proviennent pas des fixations de l’APU sur l’aéronef.

**Question 3.5**

**Indiquer** la désignation et le nombre de(s) élément(s) permettant(s) de fixer l’APU à la structure de l’appareil.

**Biellette de suspension (Suspension Rod) x 7**

**Question 3.6**

A l’aide du dossier technique et des figures ci-contre, **Donner** le type de liaison ainsi que les fonctions de chaque type d’élément participant à la liaison entre l’APU et la structure de l’appareil.

Type : **Liaison de type rotule**

Rotule : **Assurer le guidage**

Vis : **Permettre la Mise en position**

Ecrou : **Permettre le maintien en position**

Goupille : **Assurer le freinage de l’écrou.**

**Indiquer** si le montage respect les règles MIP MAP usuelles et si les vibrations peuvent provenir du montage : **Oui, une pièce par fonction donc le montage est correct donc les vibrations ne proviennent pas du montage.**

**Question 3.7**

**(a)** **Mettre une croix dans la case au regard de** la (les) lettre(s) correspondant (es) à (aux) la bonne(s) réponse(s)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Indiquer le(s) type(s) de sollicitation(s) mécanique(s) appliquée(s) à une biellette de suspension. | Cisaillement, flexion, | a |  |
| Traction, matage, | b | **X** |
| Torsion, fluage, | c |  |
| Torsion, flambage. | d |  |

**(b) Représenter** sur la figure n°2 ci-contre les efforts s’appliquant à une biellette de fixation.

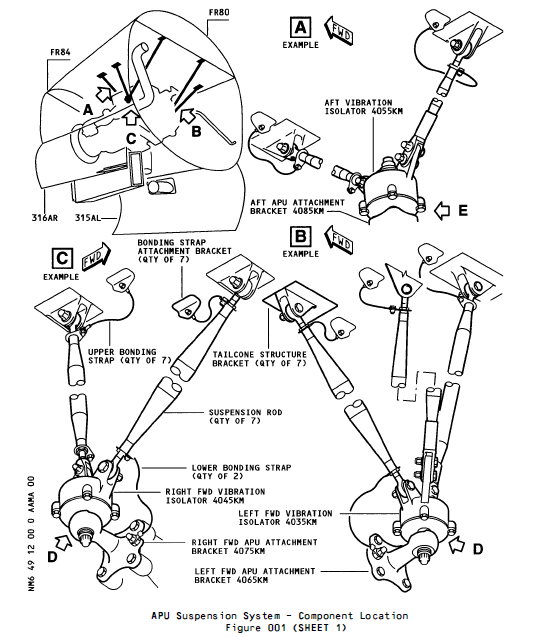
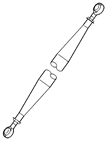
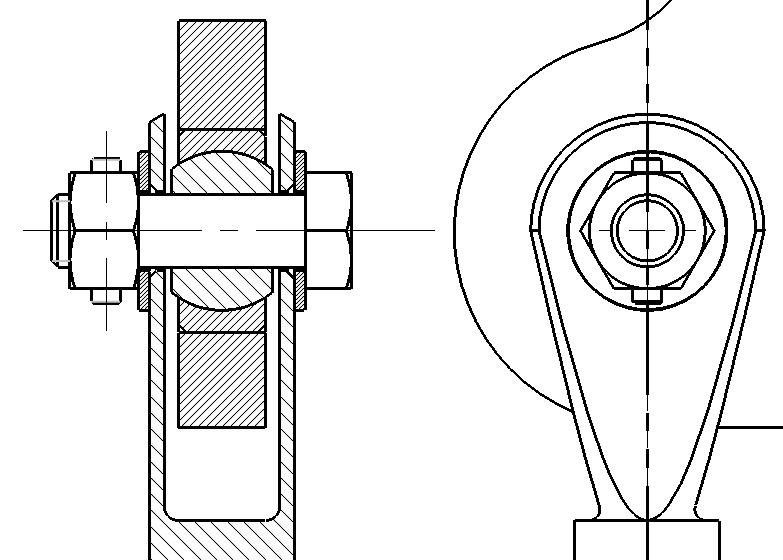


Figure n°1

Figure n°2

Figure n°3



*Hypothèse : Géométrie* ***non parfaite***

*Matériaux homogène, isotrope.*

*Données : Effort isolé : = 10 000 N*

*Re = 700 MPa*

*E = 210 000 MPa*

*s = 2*

*d = voir documentation technique*

*Lo = voir documentation technique*

*A (allongement) = 0,5mm*

**Question 3.8**

A l’aide du dossier technique et des données ci-dessus, **Calculer** ci-dessous si la condition de résistance est respectée dans le cas le plus défavorable (biellette la plus longue).

**Surligner** en bleu votre progression sur l’organigramme ci-contre.

**Reporter** vos différents résultats sur celui-ci.

**Géométrie non parfaite donc :**

**318,3 < 350 donc c’est bon.**

**Question 3.9**

**(a) Conclure** si l’élément est satisfaisant ou non.

**Il est satisfaisant car la condition de résistance est respectée.**

**Conclusion 3 partielle**

**(b) Rayer les cases ne correspondant pas** à la ou aux bonne(s) réponse(s)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Indiquer le(s) pièce(s) à changer ou non. | Montage | ~~oui~~ | **non** |
| Biellettes | ~~oui~~ | **non** |
| Carter | ~~oui~~ | **non** |
| Sillent Bloc | ~~oui~~ | **non** |

Condition de résistance

………≤……..

Condition de déformation

**0,258 ≤ 0,5**

Condition de résistance

**318,3 ≤ 350**

Oui

Non

Calculer = **350 MPa**

Calculer la contrainte due à l’effort :

=

≈ **127,2 MPa**

Calculer la déformation due à l’effort :

=

≈ **0,258 mm**

Type de calcul ?

Non

Solide parfait ?

Oui

Calculer :

= **318,3 MPa**

Non

Organe satisfaisant

Organe à modifier ou à remplacer

Oui

Oui

Non

**Partie 4**

Les vibrations de l’APU au démarrage proviennent vraisemblablement du réducteur et/ou du démarreur. Le technicien va maintenant étudier ce système réducteur/démarreur afin de déterminer la cause de ces vibrations.

**QUESTION 4.1 Lecture de plan**

Question 4.1.1: Etablir les classes d'équivalences cinématiques de ce réducteur.

A = carter = { 1 ; 5 ; 8 ; 10 ; 32 ; 35 }

B = arbre entrée = { 2 }

C = arbre secondaire = { 3 ; 4 }

D = arbre tertiaire = { 6 ; 7 }

E = arbre de sortie = { 9 ; 10 ; 35 ; 36 ; 37 ; 38 ; 39 }

Question 4.1.2: Proposer un schéma cinématique de ce réducteur.

**QUESTION 4.2 Régimes des éléments tournants**

Il semblerait que le bruit décelé au démarrage provienne en réalité de la transmission en sortie de démarreur. Celui-ci tourne à 32000 tr/mn.

Afin de vérifier si l’APU se trouve entrainé au bon régime, écrire la relation du rapport de réduction entre l’arbre d’entrée (2) et l’arbre de sortie (38).

Rapport = (10 x 18 x 18) / (36 x 46 x 64)

**QUESTION 4.3 Calcul vitesse de rotation sortie**

Déterminer Naxe APU /Carter, c'est-à-dire la vitesse de rotation de l’APU (axe repère 38).

Naxe APU /Carter = N2 x Rapport = 32000 x (10 x 18 x 18) / (36 x 46 x 64) = 978,26 tr/mn

**QUESTION 4.4 Modification nombre de dents**

Si le régime de sortie avant allumage est inférieur à 980 tr/mn, on peut conclure à une valeur trop faible induisant des vibrations et un bruit exagéré. Dans ce cas, il semble judicieux de changer le pignon repère 9, afin d'en corriger le nombre de dents.

Déterminer le nouveau nombre de dents qu'il serait bon de proposer pour ce pignon 9 en respectant bien ce Nmaxi de 980 tr/mn.

En effet, 978,26 est légèrement inférieur à 980, il suffit donc d’incrémenter le pignon 9 d’une dent de moins, c'est-à-dire 63 dents, ainsi la vitesse de sortie sera supérieure à 980 tr/mn.

**QUESTION 4.5 Vérification du couple de démarrage**

Afin de lancer le corps HP de l'APU, il est nécessaire de fournir un couple minimal de 30 N.m à l'arbre de sortie repère 38.

Supposons que le rendement dans la transmission soit égal à 1.

Donner la formule et les unités reliant la puissance à la vitesse angulaire de rotation et au couple.

P = C x ω (watt, N.m et bien sûr rad/s )

**QUESTION 4.6 Calcul de la puissance minimale du démarreur**

**(a)** Faire l'application numérique donnant la valeur minimale de puissance du démarreur.

P = 978.26 x 3,1416/30 x 30 = 3073,3 watts

**(b)** Si la puissance réelle de l'équipement est de 3,5 kW, conclure sur la validité de ce démarreur.

Il est suffisamment puissant puisque 3500 > 3073 !

**QUESTION 4.7 Vérification des roulements et de leur montage**

**Question 4.7.1 :** La procédure du constructeur impose ensuite de vérifier le bon montage des roulements, notamment du repère 41.

Donner le type de roulement utilisé ici.

Roulement à billes de type radial

**Question 4.7.2 :** Définir s'il est monté pour réaliser une liaison linéaire annulaire ou bien une liaison rotule.

Justifier votre réponse et schématiser simplement cette liaison.

Liaison linéaire annulaire car il n'y a aucun arrêt axial au niveau de la bague extérieure.

Schéma usuel de ce type de liaison

**Question 4.7.3 :** La limite acceptable du bruit de ce roulement dépend de son régime de rotation maxi.

Le constructeur définit son Nmax = 12500 tr/mn.

Préciser si cette valeur est dépassée (calcul question précédente) et si ce roulement peut être incriminé dans l'apparition du bruit et des vibrations.

12500 tr/mn est un régime très supérieur aux 980 tr/mn de l'arbre 38, nous pouvons conclure que ce roulement fonctionne très en dessous de ses limites et donc ne doit pas être incriminé dans l'apparition des vibrations.

**QUESTION 4.8 Montage de roulement**

Le montage du palier de l’arbre 38 est en réalité, réalisé par deux roulements.

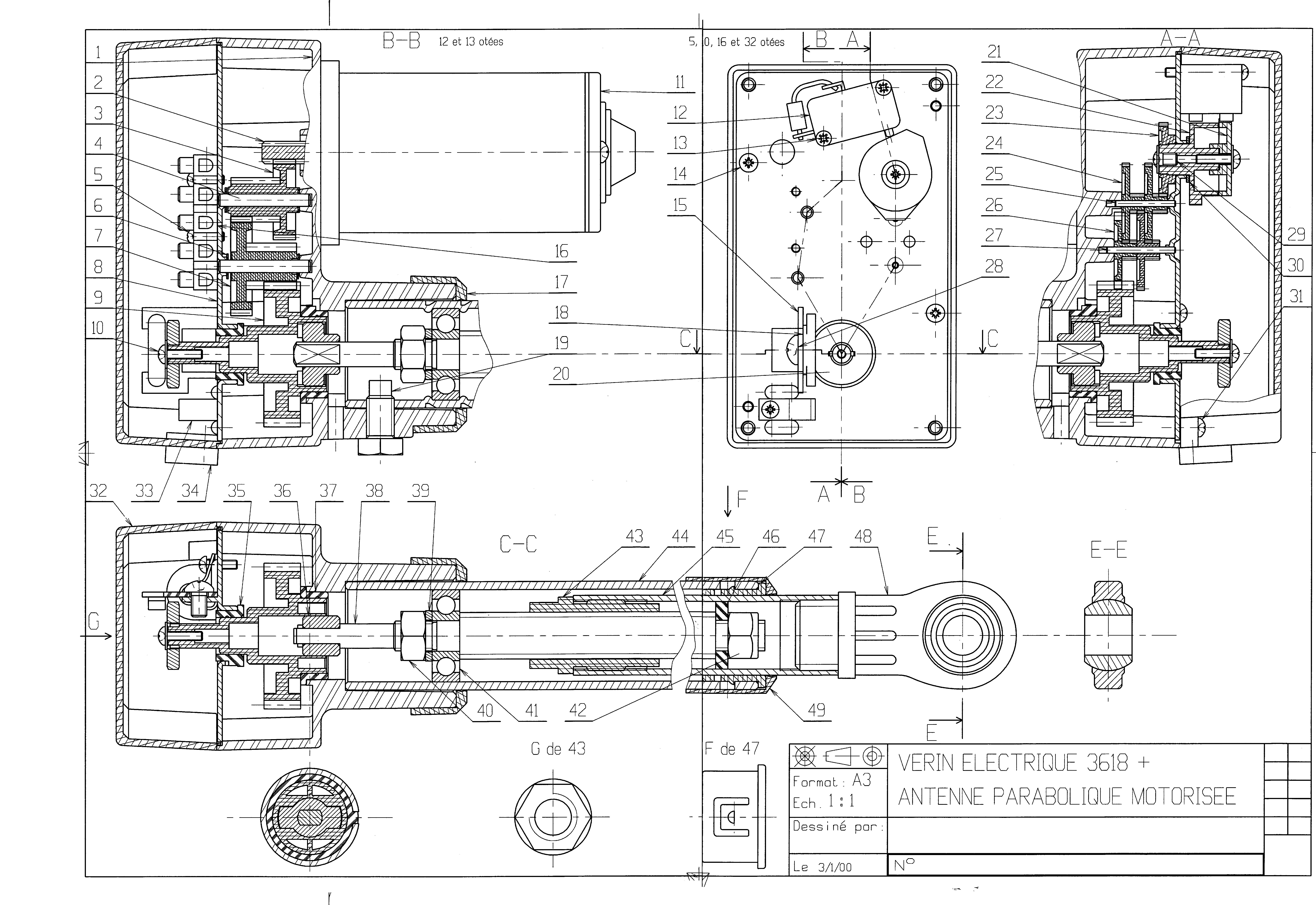
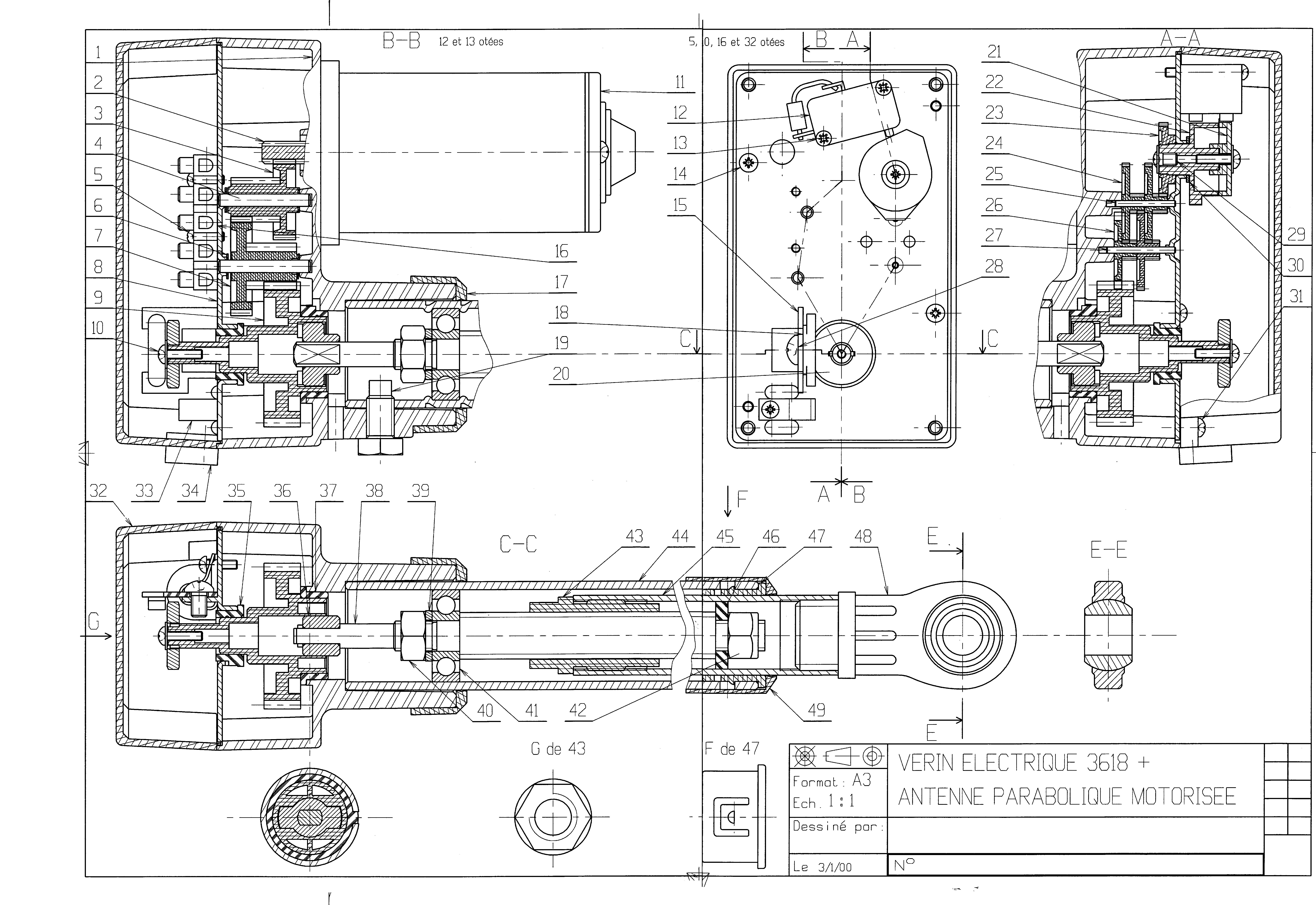
Compléter le dessin ci-dessous en rajoutant le roulement de droite (identique au premier) afin qu’il garantisse un montage de type « rotule » en incluant les quatre arrêts axiaux nécessaires.

Veiller à écarter les deux roulements de la distance entre les points B et C.

Proposer une forme adéquate pour l’arbre et pour le carter qui sont esquissés.

Pas d’étanchéité à prévoir car palier non lubrifié.

Réaliser le dessin avec rigueur.

****

B

A

C

**QUESTION 4.9 Résolution graphique d’un problème de Statique**

Le suivi de la procédure de diagnostic relatif aux vibrations amène ensuite à vérifier la valeur des efforts aux points A, B et C. Le technicien doit donc traiter un problème d’équilibre à trois forces concourantes. Les résultats doivent montrer que les efforts aux points B et C ne sont pas supérieurs à deux fois l’intensité de l’effort en A. Si cette valeur était dépassée, cela provoquerait indiscutablement des vibrations importantes (selon le diagnostic prévu)

Le technicien doit isoler l’arbre 38 et résoudre son équilibre.

A'’

A

C

B

I

Données du problème :

; La direction de l’effort est matérialisée par l’axe vertical passant par le point B.

La direction de l’effort au point A est matérialisée par l’axe (A, A’), cette direction inclinée est dû à l’emploi de dentures hélicoïdales, cependant son intensité est inconnue.

Pour l’effort au point C, seul le point d’application est connu.

**Question 4.9.1** : Déterminer sur la figure (ci-dessus DR 1/11), le point d’intersection (ou de concours) des trois actions mécaniques.

**Question 4.9.2** Etablir le bilan des actions mécaniques extérieures appliquées sur l’arbre 38, à l’aide du tableau ci-dessous que vous complèterez :

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Action Mécanique | Point d’application | Direction | Sens | Intensité |
|  | B | ( B, I ) | De B vers I | 2500 N |
|  | A | ( A,A’ ) | ? | ? |
|  | C | ( C, I ) | ? | ? |

**Question 4.9.3** Ecrire le principe fondamental de la statique appliqué à l’arbre isolé 38.

B 1/38 + A 9/38 + C 1/38 = 0

Somme des moments = 0

**Question 4.9.4** Résoudre graphiquement l’équilibre de la pièce 38.

(Echelle des forces : 500 N équivaut à 10 mm)

A 9/38 (2700N)

A 9/38 (2500N)

Question 4.9.5 Emettre une conclusion, à savoir si les efforts génèrent des vibrations importantes ou non. Justifier votre réponse par rapport aux hypothèses de la question 4.9.

Aucun risque d'approcher les conditions vibratoires citées dans les hypothèses.

**QUESTION 4.10 Temps de démarrage**

Après toutes ces vérifications techniques, il reste au technicien (candidat) à valider les temps d’utilisation.

Ainsi, lors d’un démarrage, il utilise le système de la façon suivante :

T1 = 35 s démarrage infructueux

T2 = 64 s repos

T3 = 14 s démarrage encore infructueux

T4 = 135 s repos

T5 = 35 s démarrage infructueux

T6 = 120 s repos suivi de l’abandon de la procédure.

Préciser quel temps ne respecte pas la procédure et dites pourquoi.

T5 = 35 s est supérieur à 30 s

**QUESTION 4.11 Procédure correcte de démarrage**

Proposer des temps intermédiaires validant maintenant la procédure

T1 = 35 s démarrage infructueux

T2 = 64 s repos

T3 = 14 s démarrage encore infructueux

T4 = 135 s repos

T5 = 28 s démarrage infructueux

T6 = 120 s repos suivi de l’abandon de la procédure.

T7 = 14 s démarrage enfin réussi !

**QUESTION 4.12 Conclusion partie D**

**Conclusion 4 partielle**

Au vue de la question 4.10, préciser si cela peut générer des vibrations supplémentaires et pourquoi ?

Cette fois le dépassement du temps de démarrage T5 est clairement une hypothèse valable, cela traduit vraisemblablement une surchauffe de l'huile de lubrification du démarreur et sûrement une détérioration prématurée de celui-ci.

**Partie 5**

**QUESTION 5.1 Conclusion globale**

Dans cette conclusion et donc dans le tableau ci-dessous, répertorier les systèmes étudiés dans ce sujet, et qui pourraient être à l'origine des vibrations.

|  |  |
| --- | --- |
| DYSFONCTIONNEMENT  Bruit anormal et vibrations importantes de l’APU lors de son démarrage | |
| Causes possibles | |
| Systèmes hors de cause  (ne provoquant pas de vibrations) | Systèmes mis en cause |
| **Fixations des biellettes**  **de maintien de l'APU** |  |
| **Paliers et roulements** |  |
| **Serrage et ajustements**  **des Silent Bloc** |  |
|  | **- Dépassement du temps de démarrage T5 conduisant à une surchauffe et à une détérioration prématurée du démarreur.** |