



**MINISTÈRE  
DE L'ÉDUCATION  
NATIONALE  
ET DE LA JEUNESSE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

## **Rapport du jury**

**Concours : Agrégation interne et CAER-Agrégation**

**Section : Sciences industrielles de l'ingénieur**

**Option : Sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie mécanique**

**Session 2022**

Rapport de jury présenté par : Monsieur Jean-Marc DESPREZ, inspecteur général de  
de l'éducation, du sport et de la recherche  
Président du jury

# SOMMAIRE

## AVANT-PROPOS

**STATISTIQUES DE LA SESSION..... page 6**

**ÉPREUVE D'ANALYSE ET EXPLOITATION D'UN SYSTÈME PLURITECHNIQUE..... page 7**

*ÉLÉMENTS DE CORRECTION*

*COMMENTAIRES DU JURY*

**ÉPREUVE D'ÉTUDE D'UN SYSTÈME, D'UN PROCÉDÉ OU D'UNE ORGANISATION ..... page 26**

*ÉLÉMENTS DE CORRECTION*

*COMMENTAIRES DU JURY*

**ÉPREUVE D'ACTIVITÉ PRATIQUE ET D'EXPLOITATION PÉDAGOGIQUE ..... page 55**

*COMMENTAIRES DU JURY*

**ÉPREUVE SUR DOSSIER..... page 65**

*COMMENTAIRES DU JURY*

## Avant-propos

L'agrégation interne s'attache à valider un haut niveau de maîtrise de compétences scientifiques, technologiques, industrielles et professionnelles. Pour les candidats il s'agit de montrer comment ils mobilisent leurs connaissances et savoir-faire, des ressources, comment ils exploitent des données, des résultats pour analyser et répondre à un problème donné et par la suite imaginer et décrire une séquence ou des séances pédagogiques.

Les programmes ainsi que la définition des épreuves de l'agrégation interne sont précisés à partir de textes de référence (arrêtés) et peuvent être consultés sur le site du ministère :

<https://www.devenirenseignant.gouv.fr>

Les épreuves d'admissibilité comportent :

➤ une épreuve « Analyse et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique »

*Elle a pour but de vérifier que le candidat est capable de mobiliser ses connaissances scientifiques et techniques pour conduire une analyse systémique, élaborer et exploiter les modèles de comportement permettant de quantifier les performances globales et détaillées d'un système des points de vue matière, énergie et information afin de valider tout ou partie de la réponse au besoin exprimé par un cahier des charges. Elle permet de vérifier les compétences d'un candidat à synthétiser ses connaissances pour analyser et modéliser le comportement d'un système pluritechnique. Elle permet également de vérifier que le candidat est capable d'élaborer tout ou partie de l'organisation d'une séquence pédagogique, relative à l'enseignement de technologie du collège ou aux enseignements technologiques du cycle terminal "sciences et technologies de l'industrie et du développement durable (STI2D)" ou aux sciences de l'ingénieur de la voie scientifique du lycée, ainsi que les documents techniques et pédagogiques associés (documents professeurs, documents fournis aux élèves, éléments d'évaluation). Durée : cinq heures ; coefficient 2.*

➤ une épreuve « Étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation »

*Elle a pour but de vérifier que le candidat est capable de conduire une analyse critique de solutions technologiques et de mobiliser ses connaissances scientifiques et technologiques pour élaborer et exploiter les modèles de comportement permettant de quantifier les performances d'un système ou d'un processus lié à la spécialité et définir des solutions technologiques. Durée : quatre heures ; coefficient 1.*

La première épreuve d'admissibilité, commune aux trois agrégations interne SII, est construite de manière à évaluer un spectre large de compétences et de connaissances scientifiques, technologiques et industrielles nécessaires à la maîtrise des activités de conception, de dimensionnement, d'analyse de comportement. Tous les champs technologiques et scientifiques liés à la matière, l'énergie et l'information (MEI) sont susceptibles d'être couverts par les sujets proposés.

Les candidats doivent s'obliger à traiter les différentes parties et les questions d'ordre didactiques et pédagogiques intégrées à ces différentes parties, dans la mesure où elles permettent d'alimenter la conception de la séquence attendue. Pour optimiser ses chances de réussite, il convient de traiter à la fois les parties et les questions scientifiques et les parties et les questions pédagogiques. Le barème de notation prend en compte cette capacité à traiter ces deux aspects.

Compte tenu du caractère très sélectif de ces deux épreuves et afin de bien préparer ces deux épreuves, il est fortement conseillé aux futurs candidats d'analyser et de s'entraîner à partir des sujets des sessions antérieures, ceux des agrégations externe et interne SII mais aussi ceux des CAPET interne et externe SII publiés sur le site du ministère, qui abordent les concepts et compétences en Sciences de l'Ingénieur et de l'Industrie et les attentes liées à la conception de séquences de formation.

Encore à la session 2022, de nombreux candidats se sont présentés à ces deux épreuves sans s'y être préparé. Le jury a constaté, au travers de la correction des copies, la faiblesse des connaissances et compétences d'un grand nombre de candidats. Pour certains, de nombreux fondamentaux font défaut.

Pour envisager d'être déclaré admissible, il convient de maîtriser les compétences décrites dans les référentiels et les programmes SI des classes de CPGE, de la spécialité SI, de STI2D et des BTS ou DUT des champs de la mécanique. Compte tenu du coefficient 2, l'épreuve écrite transversale reste déterminante. L'épreuve de spécialité. Une faiblesse relative dans l'épreuve transversale peut être compensée par l'épreuve de spécialité, épreuve pour laquelle il convient aussi d'assurer la réussite.

Les épreuves d'admission sont définies ainsi :

➤ « Activité pratique et exploitation pédagogique d'un système pluri technique »

*Dans l'option choisie, le candidat détermine, au moment de l'inscription, un domaine d'activité parmi les deux proposés ci-après : "conception des systèmes mécaniques" ou "industrialisation des systèmes mécaniques".*

*Le support de l'activité pratique proposée permet, à partir d'une analyse systémique globale, l'analyse d'un problème technique particulier relatif à la spécialité de l'agrégation. La proposition pédagogique attendue, directement liée aux activités pratiques réalisées, est relative aux enseignements technologiques de spécialité du cycle terminal "sciences et technologies de l'industrie et du développement durable (STI2D)" du lycée et des programmes de BTS et DUT relatifs aux champs couverts par l'option choisie.*

*L'épreuve a pour but d'évaluer l'aptitude du candidat à :*

- mettre en œuvre des matériels ou équipements, associés si besoin à des systèmes informatiques de pilotage, de traitement, de simulation, de représentation ;*
- conduire une expérimentation, une analyse de fonctionnement d'une solution, d'un procédé, d'un processus afin d'analyser et vérifier les performances d'un système technique ;*
- exploiter les résultats obtenus et formuler des conclusions ;*
- concevoir et organiser une séquence de formation pour un objectif pédagogique imposé à un niveau de classe donné et présenter de manière détaillée un ou plusieurs points-clefs des séances de formation constitutives. La séquence proposée prend appui sur les investigations et les analyses effectuées au préalable par le candidat au cours des activités pratiques relatives à un système technique.*

*Le candidat est amené au cours de sa présentation orale à expliciter sa démarche méthodologique, à mettre en évidence les informations, données et résultats issus des investigations conduites au cours des activités pratiques qui lui ont permis de construire sa proposition pédagogique. Au cours de l'entretien, le candidat est conduit plus particulièrement à préciser certains points de sa présentation ainsi qu'à expliquer et justifier les choix de nature didactique et pédagogique qu'il a opérés dans la construction de la séquence de formation présentée.*

*Durée totale : 6 heures (activités pratiques : 4 heures ; préparation de l'exposé : 1 heure ; exposé : 40 minutes maximum ; entretien : 20 minutes maximum) Coefficient 2.*

*10 points sont attribués à la première partie liée aux activités pratiques et 10 points à la seconde partie liée à la leçon.*

➤ Épreuve sur dossier.

*L'épreuve consiste en la soutenance devant le jury d'un dossier technique et scientifique réalisé par le candidat dans un domaine de l'option préparée, suivie d'un entretien.*

*L'épreuve a pour but de vérifier que le candidat est capable de rechercher les supports de son enseignement dans le milieu économique et d'en extraire des exploitations pertinentes pour son enseignement **en lycée (baccalauréat général ou technologique), en BTS ou DUT.***

*L'authenticité et l'actualité du support sont des éléments importants.*

*L'exposé et l'entretien permettent d'apprécier l'authenticité et l'actualité du problème choisi par le candidat, sa capacité à en faire une présentation construite et claire, à mettre en évidence les questionnements qu'il suscite et à en dégager les points remarquables et caractéristiques. Ils permettent également au candidat de mettre en valeur la qualité de son dossier et l'exploitation pédagogique qu'il peut en faire dans le cadre d'un enseignement.*

*En utilisant les moyens courants de présentation (vidéoprojecteur et informatique associée, en particulier), le candidat présente le support technique qu'il a choisi pour l'épreuve ainsi que les investigations et développements qu'il a conduits pour s'en approprier le fonctionnement et les évolutions potentielles. Lors de la présentation, le candidat justifiera le choix du support d'étude et les investigations conduites qui pourraient, selon lui, donner lieu à des exploitations pertinentes **en lycée (pré ou post baccalauréat)**.*

*Pendant l'entretien, le jury conduit des investigations destinées à se conforter dans l'idée que le dossier présenté résulte bien d'un travail personnel du candidat et s'en faire préciser certains points.*

*Durée de totale de l'épreuve : une heure (présentation 30 min entretien 30 min) ; coefficient 1*

*Les dossiers doivent être déposés au secrétariat du jury cinq jours francs avant le début des épreuves d'admission.*

La première épreuve d'admission (épreuve de travaux pratiques et d'exploitation pédagogique) comporte deux évaluations distinctes et complémentaires. Si les compétences scientifiques et technologiques sont évaluées au travers des études et des problèmes à résoudre, ce sont aussi les compétences professionnelles en matière de didactique et de pédagogie qui sont évaluées. La difficulté des candidats à associer études et problèmes et exploitations pédagogiques reste délicate pour les candidats admissibles. Cette capacité est pourtant l'essence même des démarches pédagogiques attendues dans l'exercice du métier de professeur de SII.

La deuxième épreuve reste exigeante et se prépare dès la décision de s'inscrire au concours ; de la pertinence du choix du support technique dépend la qualité du dossier. Ainsi, cette épreuve impose aux professeurs de s'engager de nouveau dans un processus de rapprochement avec le monde de l'entreprise. Cette épreuve oblige tout candidat à conduire personnellement une analyse scientifique, technique et économique d'un support authentique puis de concevoir des séquences d'enseignement en adaptant les documents techniques, ressources, développements réalisés aux résolutions de problèmes qui seront proposés aux élèves ou étudiants.

**Il est rappelé aux candidats déclarés admissibles que, pour se présenter avec les meilleures chances de réussite, il convient de préparer efficacement l'épreuve de dossier en anticipant le choix d'un support et en y consacrant un temps optimal pour réaliser les développements scientifiques et pédagogiques.** Les délais entre la déclaration des candidats admissibles et la remise des dossiers au secrétariat du concours sont généralement très courts.

Le jury attend des candidats, dans toutes les épreuves, une expression écrite et orale de qualité.

L'agrégation interne est un concours de recrutement de professeurs qui impose de la part des candidats un comportement et une présentation irréprochables. Le jury reste vigilant sur ce dernier aspect et invite les candidats à avoir une tenue adaptée aux circonstances particulières d'un concours de recrutement de cadres de la catégorie A de la fonction publique.

Pour conclure, je souhaite que ce rapport de jury soit une aide efficace pour les futurs candidats à l'agrégation interne SII option ingénierie mécanique, ainsi qu'à leurs formateurs lorsque les préparations académiques, indispensables à l'élévation des compétences professionnelles des candidats, sont organisées.

**Jean-Marc DESPREZ**  
**Président du jury**

## RÉSULTATS STATISTIQUES

|               | Inscrits | Nombre de postes | Présents à la 1 <sup>re</sup> épreuve d'admissibilité | Présents à la 2 <sup>e</sup> épreuve d'admissibilité | Admissibles | Admis |
|---------------|----------|------------------|---|--|-------------|-------|
| AG INT SII IM | 248      | 7                | 147   | 139  | 19          | 7     |
| CAER          |          | 1                |   |  | 1           | 0     |

139 candidats ont composé aux deux épreuves  
100 candidats inscrits ne sont pas présentés aux épreuves écrites  
1 candidat absent aux épreuves d'admission

Agrégation interne (concours du public) :

- Barre d'admissibilité : 21,07 (soit une moyenne de 7,02/20)
- Barre d'admission : 57,05 (soit une moyenne de 9,51/20)

CAER-Agrégation (concours du privé) :

- Barre d'admissibilité : 22,58 (soit une moyenne de 7,53/20)
- Barre d'admission : aucun candidat admis

Répartition des admis par académies : Agrégation interne et CAER

| Académies         | Nombre d'admis |
|-------------------|----------------|
| Besançon          | 1              |
| Caen              | 1              |
| Clermont -Ferrand | 1              |
| Grenoble          | 1              |
| Poitiers          | 1              |
| Rouen             | 1              |
| Toulouse          | 1              |

*Les sujets sont en téléchargement sur le site du ministère*

<https://www.devenirenseignant.gouv.fr>

*et sur le site eduscol qui héberge le RNR STI*

[https://eduscol.education.fr/sti/concours\\_examens/agregation-interne-sii-2022-epreuve-commune-dadmissibilite-sciences-industrielles](https://eduscol.education.fr/sti/concours_examens/agregation-interne-sii-2022-epreuve-commune-dadmissibilite-sciences-industrielles)

# ÉPREUVE D'ANALYSE ET EXPLOITATION D'UN SYSTÈME PLURITECHNIQUE

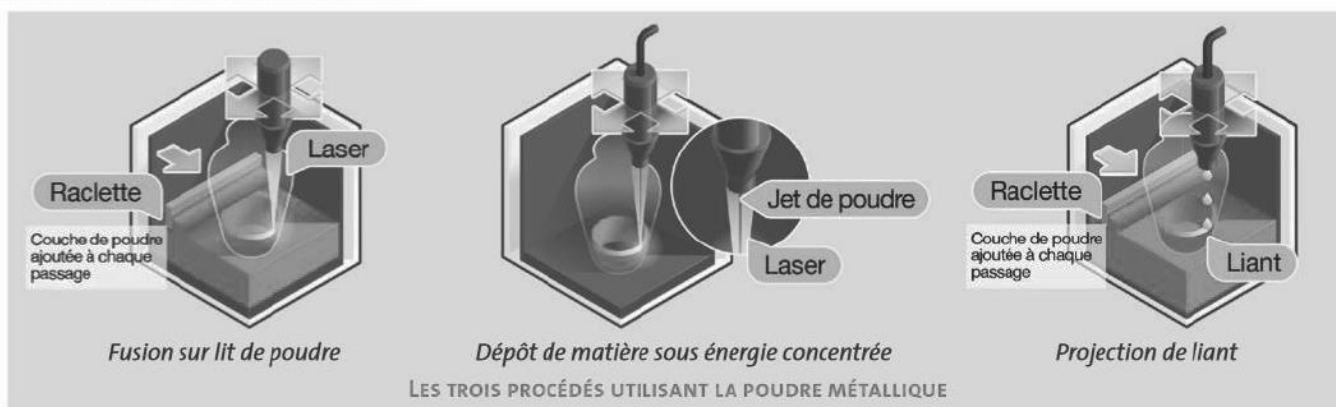
Coefficient 2 – Durée 5 heures

## Éléments de corrigé

Le sujet comportait 5 parties, les candidats étaient invités à répondre aux problèmes techniques et didactiques posés suivants :

### Partie 1. Quelles technologies pour imprimer des pièces métalliques ?

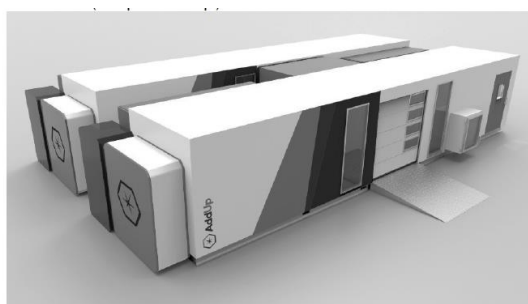
Figure 1. Procédés de fabrication additive



### Partie 2. Comment mettre en place une atmosphère contrôlée ?

### Partie 3. Comment améliorer la récupération et le recyclage des poudres ?

### Partie 4. Comment adapter la structure du module AddUp FlexCare System à l'utilisation d'imprimantes 3D à poudres métalliques ?



### Partie 5. Quelle exploitation pédagogique du dossier ?

### Partie 1. Quelles technologies pour imprimer des pièces métalliques ?

#### Question 1 :

Critères en lien avec les procédés de fabrication additive : Résistance des pièces obtenues, Post traitement, besoin de supports, contraintes résiduelles, pièce proto ou série, coût, etc.

Exemple de tableau :

|          | Critères                | Fusion sur lit de poudre |                   |                                   | Dépôt  | Projection                 |
|----------|-------------------------|--------------------------|-------------------|-----------------------------------|--------|----------------------------|
|          |                         | SLS                      | SLM               | EBM                               | BDM    | Liant                      |
|          | Proto/série             | proto                    | Proto             | proto                             | proto  | Petites et moyennes séries |
| Procédés | Coût                    | Important (Laser)        | Important (Laser) | Important (électrons – sous vide) | faible |                            |
|          | Dangerosité             | ++                       | ++                | ++                                | +-     | +-                         |
|          | Post traitement         | Non                      | Non               |                                   | oui    | oui                        |
|          | Support                 | non                      | Non               | non                               | oui    |                            |
| Pièces   | Contraintes résiduelles |                          |                   | faible                            |        |                            |
|          | Résistance des pièces   | -+                       | +                 | ++                                | -      | -                          |

### Question 2 :

Plusieurs axes sont possibles comme l'innovation, la sécurité, etc.

Le contexte exposé dans la mise en situation du dossier peut servir de situation déclenchante abordée sous forme de vidéo pour donner du sens à la séquence abordée.

Des compétences comme C1.3 et C3.4, peuvent être mobilisées notamment en s'appuyant sur le tableau comparatif demandé précédemment.

## Partie 2. Comment mettre en place une atmosphère contrôlée ?

### 2.1 Régulation de la pression – requirement Pression Id 1.1.3

### Question 3 :

Repérer le point (600 Pa, 1700 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>). La parabole passant par ce point est déjà tracée.

Le point (600 Pa, 1700 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>) devient en suivant cette parabole le point (1360 Pa, 2550 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>),

d'où  $X = \frac{1700}{2550} = 0,666$  ou  $X = \sqrt{\frac{600}{1360}} = 0,664$ , ce qui donne  $n_2 = 0,665 \times 2870 = 1908 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$

### Question 4 :

$$C_{em} = \frac{3p}{L} \cdot \left(\frac{V}{\omega}\right)^2 \cdot \frac{1}{\frac{R}{gL\omega} + \frac{1}{R}} \approx \frac{3p}{L} \cdot \left(\frac{V}{\omega}\right)^2 \cdot \frac{1}{\frac{R}{gL\omega}} = \frac{3p}{L} \cdot \left(\frac{V}{\omega}\right)^2 \cdot \frac{gL\omega}{R}$$



$$C_{em} = \frac{3p}{L} \cdot \left( \frac{V}{2\pi f} \right)^2 \cdot \frac{1}{R} \cdot \frac{n_s - n}{n_s} Lp\Omega_s = \frac{3p}{L} \cdot \frac{1}{(2\pi)^2} \left( \frac{V}{f} \right)^2 \cdot \frac{1}{R} \cdot \frac{n_s - n}{n_s} Lp \frac{2\pi n_s}{60} = K(n_s - n)$$

$$\text{Avec } K = \frac{p^2}{40\pi R} \left( \frac{V}{f} \right)^2$$

### Question 5 :

$$C_{nom} = \frac{P_{nom}}{\Omega_{nom}} = \frac{2200}{\frac{\pi}{30} 2870} = 7,32 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$C_{nom} = K \cdot (n_{Snom} - n_{nom}) \quad K = \frac{C_{nom}}{n_{Snom} - n_{nom}} = \frac{7,32}{3000 - 2870} = 0,05631$$

### Question 6 :

$$C_1 = \frac{P_{vent}}{\eta \cdot \Omega_1} = \frac{P \cdot Q}{\eta \cdot \Omega_1} = \frac{250 \times \frac{1700}{3600}}{0,677 \times \frac{\pi}{30} 1369} = 1,216 \text{ N}\cdot\text{m}$$

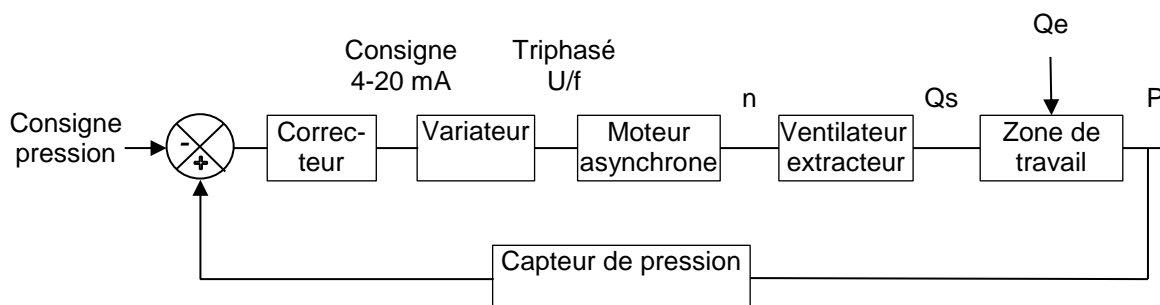
$$C_2 = \frac{P_{vent}}{\eta \cdot \Omega_1} = \frac{P \cdot Q}{\eta \cdot \Omega_1} = \frac{600 \times \frac{1700}{3600}}{0,684 \times \frac{\pi}{30} 1908} = 2,07 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$n_s = \frac{C_m}{K} + n = \frac{60f}{p}$$

$$f_1 = \frac{p}{60} \cdot \left( \frac{C_m}{K} + n \right) = \frac{1}{60} \cdot \left( \frac{1,216}{0,05631} + 1369 \right) = 23,17 \text{ Hz}$$

$$f_2 = \frac{1}{60} \cdot \left( \frac{2,07}{0,05631} + 1908 \right) = 32,41 \text{ Hz}$$

### Question 7 :



### Question 8 :

$$S_{capteur\_mA} = \frac{16}{100} \cdot P + 12 = \frac{16}{100} \times (-20) + 12 = 8,8 \text{ mA}$$

### Question 9 :

0x02 0x03 0x04 0x00 0x00 0xC1 0xA0 0x98 0xDB

$$20_{10} = 10100_2 = 1,0100_2 \cdot 2^4$$

L'exposant 4 devient  $127+4 = 131_{10} = 10000011_2$

Signe Exposant Mantisse (sans le 1) sur 23 bits

1 10000011 0100 0000 0000 0000 0000 000

En rassemblant par quartet :

1100 0001 1010 0000 0000 0000 0000 0000 en binaire

C 1 A 0 0 0 0 0 en hexadécimal

Donc -20 devient 0xC1 0xA0 0x00 0x00

0x02 0x03 0x04 0x00 0x00 0xC1 0xA0 0x98 0xDB

### Question 10 :

fonction  $n = fcn(f,C)$

$P_{nom} = 2200$

$N_{nom} = 2870$

$N_{snom} = 3000$

$n_s = 60 \cdot f$

$C_{nom} = P_{nom} / (N_{nom} \cdot (\pi) / 30)$

$K = C_{nom} / (N_{snom} - N_{nom})$

$n = n_s - (C/K)$

### Question 11 :

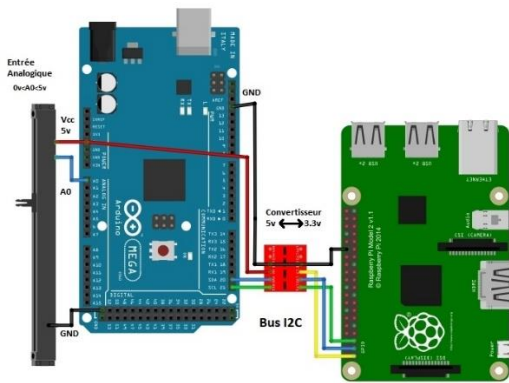
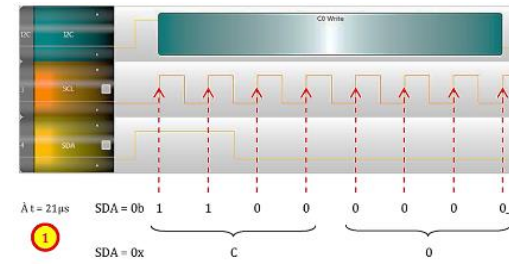
Le correcteur proportionnel seul donne un écart statique trop important ne permettant pas d'atteindre la pression de consigne.

L'action intégrale annule cette erreur statique si elle n'est pas trop forte, mais au prix d'oscillations, et rend le système divergent, donc dangereux, si elle est trop forte.

Grâce à une action dérivée, on obtient une mise en dépression satisfaisante.

## Question 12 :

Exemple de fiche d'activité expérimentale pour aborder le concept de transmission dans le champ de l'information.

| FICHE ACTIVITÉ EXPÉRIMENTATION  |  |
|---|--|
| <b>Appréhender le concept de transmission par bus</b>   |  |
| <b>COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES DANS L'ACTIVITÉ PROPOSÉE</b>   | CO3.4 → 2.4<br>CO7.2 → 6.2   |
| <b>TYPLOGIE DE L'ACTIVITÉ</b>   | <input checked="" type="checkbox"/> APPRÉHENDER UN CONCEPT FONDAMENTAL |
|   | <input type="checkbox"/> VALIDER UN MODÈLE DE COMPORTEMENT             |
|   | <input type="checkbox"/> QUALIFIER UNE SOLUTION CONSTRUCTIVE           |
| DESCRIPTION DU MONTAGE EXPÉRIMENTAL   |  |
| <p>Support d'expérimentation : un banc d'essai de transmission de l'information utilisant le bus I<sup>2</sup>C. Le banc est composé d'une carte Raspberry_pi reliée à une carte Arduino. Un capteur analogique permet de faire varier l'entrée. Un analyseur de trame et son logiciel permettent la lecture des trames de communication.</p> |  |
|    |  |
| <p>Sollicitation du support :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Faire varier les grandeurs physiques mesurées par le capteur.</li> </ul>   |  |
| TRAITEMENT DES DONNÉES AU REGARD DE L'OBJECTIF DE L'ACTIVITÉ  |  |
| <p>Les variations des grandeurs physiques, les mesures effectuées et l'analyse des trames permettent de comprendre la structuration d'une trame et le mode de transmission.</p>   |  |
|   |  |
| AXES DE GÉNÉRALISATION (STEM)   |  |
| Physique – Chimie - Mathématiques : Transport de l'information  |  |

## 2.2 Climatisation – requirement Température 1.1.2 et Humidité 1.1.4

### Question 13 :

$$R_g \text{ mur} = R_{si} + \sum(e/\lambda) = 0,22 + (0,15/0,041) = 0,22 + 3,658 = 3,878 \text{ m}^2\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$$

$$R_g \text{ plafond} = 0,18 + 3,658 = 3,838 \text{ m}^2\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$$

$$R_g \text{ sol} = 0,19 + (0,20/0,035) + 0,34 = 6,244 \text{ m}^2\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$$

On néglige la porte et le passe plat.

Déperditions des parois :

$$Dp = \left(\frac{1}{R} * S\right) * \Delta\theta$$
$$\frac{Dp}{\Delta\theta} = \left(\frac{1}{3,878} * (11,80 * 2,50 * 2 + 4,48 * 2,5 * 2)\right) + \left(\frac{1}{3,838} * (11,80 * 4,48)\right) + \left(\frac{1}{6,244} * (11,8 * 4,48)\right)$$

$$Dp = 345,84 \text{ W si } \Delta\theta = 28 - 20$$

$$Dp = 432,30 \text{ W si } \Delta\theta = 28 - 18$$

### Question 14 :

$$Q = 13 + 1 + 2 \times 0,12 = 14,24 \text{ kW (process + divers + hommes)}$$

### Question 15 :

$$\text{Débit d'air neuf} = (1520) 1500 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} = 0,4166 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\varphi_{\text{air}} = 1,204 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \text{ à } 20^\circ\text{C}$$

$$\text{Débit air neuf dans le local} = 0,501 (0,508) \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} = 501 (508) \text{ g} \cdot \text{s}^{-1}$$

Détermination de la teneur en eau de l'air extérieur :

$$28^\circ\text{C et } 55\% \rightarrow W = 0,013 \text{ kge/kgas}$$

Détermination de la teneur en eau de l'air intérieur : consigne 20°C et humidité entre 35% et 45%.

$$20^\circ\text{C et } 35\% \rightarrow W = 0,005 \text{ kge/kgas} ; (\text{Cas le plus défavorable } 18^\circ\text{C } 35\% \Rightarrow 0,0045)$$

$$M_{\text{ext}} = q_{\text{minf}}(W_{\text{ext}} - W_{\text{int}}) = 501 \times (0,013 - 0,005) = 4,008 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1}$$

Avec taux d'humidité de 35%

$$M_{\text{ext}} = q_{\text{minf}}(W_{\text{ext}} - W_{\text{int}}) = 508 \times (0,013 - 0,005) = 4,064 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1}$$

Avec taux d'humidité de 45%

$$M_{\text{ext}} = q_{\text{minf}}(W_{\text{ext}} - W_{\text{int}}) = 508 \times (0,013 - 0,0065) = 3,302 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\text{Charges dues à l'occupation humaine} = 2 \text{ personnes} \times 85 \text{ g} \cdot \text{h}^{-1} = 0,0472 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\text{Donc total charges latentes maxi} = 4,055 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1}$$

### Question 16 :

Puissance de la batterie froide clim :

Hypothèses retenues air 28°C et 55% d'humidité entrant

Consigne 20°C et 40%

Tube batterie à 9°C avec débit de 1500 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>

Lecture sur le diagramme enthalpie

$$h_A = 62$$

$$h_B = 45$$

$$V_{sA}=0,875$$

$$P=q_n \cdot \Delta h = \frac{qV}{V_s \cdot 3600} (h_A - h_B) = 1500 \cdot (60-45) / (0,875 \cdot 3600) = 7,14 \text{ kW}$$

$$\text{Efficacité} = (28-20) / (28-9) = 0,42 \text{ pas très performant !}$$

Quantité d'eau enlevée par la batterie :

$$Q_{\text{eau}} = q_v \cdot (\omega_a - \omega_b) / V_s = 1500(0,013 - 0,005) / 0,870 = 13,79 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$$

La consigne précisée dans le diagramme d'exigence indique une température de 20°C (Id = « 1.1.2 ») et une humidité comprise entre 35% et 45% (Id = « 1.1.4 »), or le pt B est à 20°C, mais à 67% d'humidité. Il faut donc avoir une batterie froide avec des tubes plus froids.

### Question 17 :

Hypothèse du tube à 2°C, efficacité à 85% donc tp tube 5°C

On place C sur le diagramme, on lit  $h_A = 60$  et  $h_C = 17$


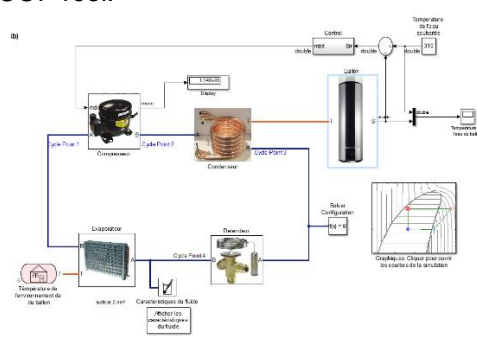
On obtient B en réchauffant l'air on obtient B à 35% d'humidité

Puissance de chauffe

$$P = 1500 \cdot (17-32) / (0,795 \cdot 3600) = -7,86 \text{ kW}$$

## Question 18 :

Exemple de fiche d'activité expérimentale pour aborder le concept de transfert dans le champ de l'énergie.

| FICHE ACTIVITÉ EXPÉRIMENTATION  |   |   |             |   |           |   |                   |   |             |   |                          |   |            |   |             |   |           |   |   |  |  |
|---|---|---|-------------|---|-----------|---|-------------------|---|-------------|---|--------------------------|---|------------|---|-------------|---|-----------|---|---|--|--|
| Appréhender le concept de transfert d'énergie   |   |   |             |   |           |   |                   |   |             |   |                          |   |            |   |             |   |           |   |   |  |  |
| <b>COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES DANS L'ACTIVITÉ PROPOSÉE</b>   | CO6.1 → 3.3<br>CO7.2 → 6.2  |   |             |   |           |   |                   |   |             |   |                          |   |            |   |             |   |           |   |   |  |  |
| <b>TPOLOGIE DE L'ACTIVITÉ</b>   | <input type="checkbox"/> APPRÉHENDER UN CONCEPT FONDAMENTAL                   |   |             |   |           |   |                   |   |             |   |                          |   |            |   |             |   |           |   |   |  |  |
|   | <input checked="" type="checkbox"/> VALIDER UN MODÈLE DE COMPORTEMENT         |   |             |   |           |   |                   |   |             |   |                          |   |            |   |             |   |           |   |   |  |  |
|   | <input type="checkbox"/> QUALIFIER UNE SOLUTION CONSTRUCTIVE                  |   |             |   |           |   |                   |   |             |   |                          |   |            |   |             |   |           |   |   |  |  |
| DESCRIPTION DU MONTAGE EXPÉRIMENTAL   |   |   |             |   |           |   |                   |   |             |   |                          |   |            |   |             |   |           |   |   |  |  |
| Support d'expérimentation : un banc d'essai, représentant le fonctionnement d'une pompe à chaleur, équipé   |   |   |             |   |           |   |                   |   |             |   |                          |   |            |   |             |   |           |   |   |  |  |
| <p>1 - Présentation de la vue d'ensemble</p>   |   |   |             |   |           |   |                   |   |             |   |                          |   |            |   |             |   |           |   |   |  |  |
| <table border="1"> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Banc P.A.C.</td> <td>2</td> <td>Bac à eau</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Pupitre opérateur</td> <td>4</td> <td>Evaporateur</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Electronique de commande</td> <td>6</td> <td>Condenseur</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Compresseur</td> <td>8</td> <td>Détendeur</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td colspan="3">Interrupteur + câblage d'alimentation 230V 50Hz (sur le cote droit de la PAC)</td> </tr> </tbody> </table> |   | 1 | Banc P.A.C. | 2 | Bac à eau | 3 | Pupitre opérateur | 4 | Evaporateur | 5 | Electronique de commande | 6 | Condenseur | 7 | Compresseur | 8 | Détendeur | 9 | Interrupteur + câblage d'alimentation 230V 50Hz (sur le cote droit de la PAC) |  |  |
| 1   | Banc P.A.C.   | 2 | Bac à eau   |   |           |   |                   |   |             |   |                          |   |            |   |             |   |           |   |   |  |  |
| 3   | Pupitre opérateur   | 4 | Evaporateur |   |           |   |                   |   |             |   |                          |   |            |   |             |   |           |   |   |  |  |
| 5   | Electronique de commande  | 6 | Condenseur  |   |           |   |                   |   |             |   |                          |   |            |   |             |   |           |   |   |  |  |
| 7   | Compresseur   | 8 | Détendeur   |   |           |   |                   |   |             |   |                          |   |            |   |             |   |           |   |   |  |  |
| 9   | Interrupteur + câblage d'alimentation 230V 50Hz (sur le cote droit de la PAC) |   |             |   |           |   |                   |   |             |   |                          |   |            |   |             |   |           |   |   |  |  |
| Sollicitation du support :<br>Imposer une consigne de température extérieure.   |   |   |             |   |           |   |                   |   |             |   |                          |   |            |   |             |   |           |   |   |  |  |
| TRAITEMENT DES DONNÉES AU REGARD DE L'OBJECTIF DE L'ACTIVITÉ  |   |   |             |   |           |   |                   |   |             |   |                          |   |            |   |             |   |           |   |   |  |  |
| Les mesures effectuées permettent de tracer le cycle frigorifique.<br>L'élève peut ainsi déterminer le COP réel.  |   |   |             |   |           |   |                   |   |             |   |                          |   |            |   |             |   |           |   |   |  |  |
|   |   |   |             |   |           |   |                   |   |             |   |                          |   |            |   |             |   |           |   |   |  |  |
| Les mesures effectuées permettent à l'élève de réaliser des comparaisons avec les résultats du modèle multiphysique pour le valider.  |   |   |             |   |           |   |                   |   |             |   |                          |   |            |   |             |   |           |   |   |  |  |
| AXES DE GÉNÉRALISATION (STEM)   |   |   |             |   |           |   |                   |   |             |   |                          |   |            |   |             |   |           |   |   |  |  |
| Physique - Chimie : Énergie, puissance, rendement.<br>Mathématiques : fonctions   |   |   |             |   |           |   |                   |   |             |   |                          |   |            |   |             |   |           |   |   |  |  |

## Partie 3. Comment améliorer la récupération et le recyclage des poudres ?

### 3.1 Coulabilité dans la trémie, des poudres utilisées par le procédé DED :

#### Question 19 :

La force de gravité d'une particule est  $P = mg = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d_p}{2}\right)^3 \rho \cdot g$

$$P > F_{vdW} \leftrightarrow d > \frac{1}{2a} \sqrt{\frac{A}{\pi \rho g}}$$

Application numérique :

$$d > \frac{1}{2 \cdot 0,4 \cdot 10^{-9}} \sqrt{\frac{21 \cdot 10^{-20}}{\pi 4,7 \cdot 10^3 \cdot 9,81}} = 1,5 \text{ mm}$$

D'après le DT9, la taille des poudres est comprise en 3 et 16  $\mu\text{m}$ , elles sont donc cohésives. Il est nécessaire de prévoir une solution pour assurer la coulabilité des poudres.

#### Question 20 :

$$T = P \cdot \sin(\theta - \delta\theta)$$

$$N = P \cdot \cos(\theta - \delta\theta)$$

#### Question 21 :

La loi du frottement solide nous indique qu'il n'y a pas glissement tant que  $T < \mu N$ .

$$\tan(\theta - \delta\theta) < \tan(\Phi)$$

On en déduit donc finalement que pour assurer la coulabilité, il faut que l'inclinaison  $\theta$  soit supérieure à  $\Phi$ .

Application numérique :  $\mu = 0,5$  soit  $\tan(\Phi) = 0,5$  donc  $\Phi = 26,5^\circ$

#### Question 22 :

La trémie doit avoir un angle supérieur à  $26,5^\circ$

#### Question 23 :

$$P + \sigma \frac{\pi D^2}{4} - (\sigma + d\sigma) \frac{\pi D^2}{4} - \tau_p \pi D dz = 0$$

$$\frac{d\sigma}{dz} + \frac{4\tau_p}{D} = \rho g \quad (1)$$

$$\tau_p = \mu_s K \sigma \quad (2)$$

$$\frac{d\sigma}{dz} + \frac{4\mu_s K \sigma}{D} = \rho g \quad (1 \text{ et } 2)$$

**Question 24 :**

$$\sigma = \frac{\rho g D}{4\mu_s K} \left(1 - e^{-\frac{4\mu_s K}{D} z}\right) \quad H_c = \frac{D}{4\mu_s K}$$
$$m_{\text{sat}} = \frac{\pi \rho D^3}{16\mu_s K} \quad \sigma_{\text{maxi}} = \frac{\rho g D}{4\mu_s K}$$

Applications numériques :

$$D = 400 \text{ mm} \quad ; \quad K = 0,45 \quad ; \quad \mu_s = 0,5$$

$$H_c = \frac{0,4}{4 \cdot 0,5 \cdot 0,45} = 444 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\text{maxi}} = \frac{4,7 \cdot 10^6 \cdot 9,81 \cdot 0,4}{4 \cdot 0,45 \cdot 0,5} = 20,5 \cdot 10^6 = 20,5 \text{ MPa}$$

**Question 25 :**

Oui, la hauteur étant de 500 mm, et le diamètre diminuant dans la partie conique, le risque de voute est probable.

Présence vibration, donc de pieds souples ou d'une tige anti-voute.

**Question 26 :**

*Alimentation électrique*

*Sécurité zone ATEX 21 ou 22*

*Décolmatage donc fréquence 2000/3000tr/min*

*Calcul de la masse à vibrer :*

$$m_{\text{sat}} = \frac{\pi 4,7 \cdot 10^6 \cdot 0,4^3}{16 \cdot 0,5 \cdot 0,45} = 0,26 \cdot 10^6 \text{ g} = 260 \text{ kg}$$

Masse de la trémie : cylindre + cône tronqué 7,2 kg

Moteur UVC3Y

**3.2 Calcul du débit d'écoulement en fond de trémie :**

**Question 27 :**

$$Q = \frac{4,7 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot 0,03^2}{8} \sqrt{\frac{0,03 \cdot 9,81}{\tan 35^\circ}} = 10,7 \cdot 10^2 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1} = 1,07 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

**Question 28 :**

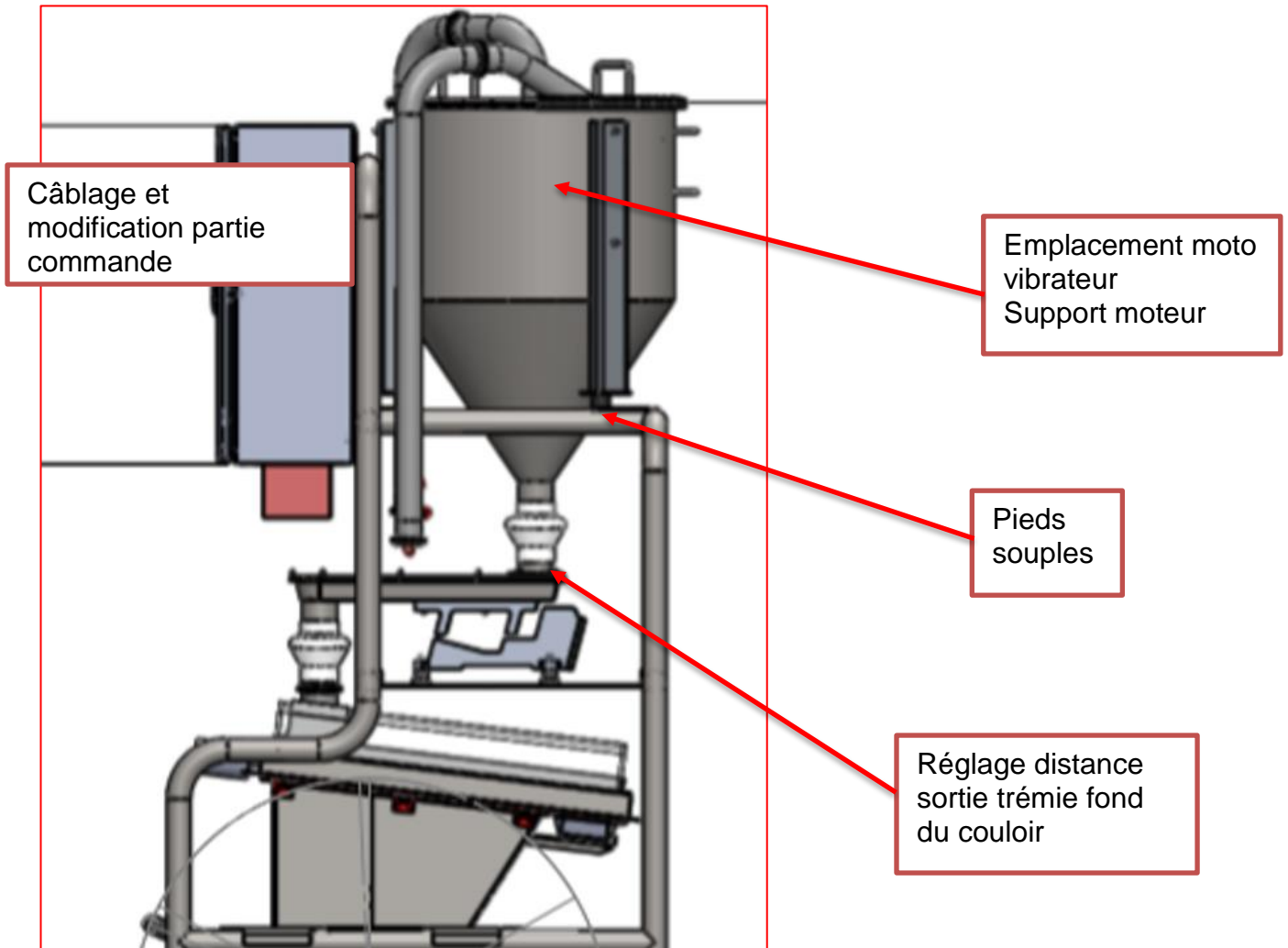
Le diagramme d'exigence préconise un débit de 5kg·min<sup>-1</sup>.

Il est nécessaire de prévoir une diminution du débit.

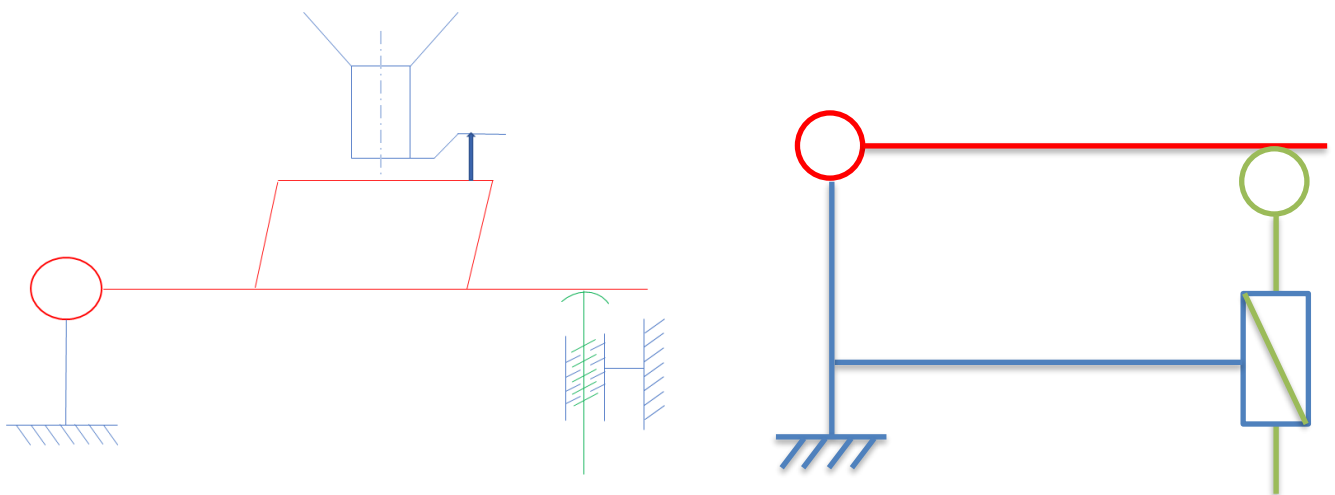
Prévoir un réglage de la distance entre le fond du couloir vibrant et la sortie de la trémie, afin de réduire le passage de la poudre. Avec le risque qu'il se produise un tassement dans la trémie.



**Question 29 :**



**Question 30 :**



## Partie 4. Comment adapter la structure du module AddUp FlexCare System à l'utilisation d'imprimantes 3D à poudres métalliques ?

### 4.1 Déformation du plancher – requirement – Etanchéité Id 1.1.6

#### Question 31 :

$$I (\text{ctbx}) = 0,025^3 \cdot 1,95/12$$

$$E \text{ bois} = 8000 \text{ MPa}$$

$$\text{Flèche } 1\text{mm/m} = l/1000$$



La traverse est assimilée à une poutre sur deux appuis simples chargée de façon répartie. À partir du critère de flèche défini dans le diagramme d'exigence :

$$f = (5Pl^4/384 EI) = l/1000 \text{ donc } l = \sqrt[3]{\frac{384 EI}{1000 \cdot 5 \cdot P}} = 0,62 \text{ m}$$

Soit  $l = 60 \text{ cm}$ .

#### Question 32 :

$$f_{\text{max}} = 1 \text{ mm} \cdot \text{m}^{-1} \text{ soit } 1,95 \text{ mm}$$

$$\text{Charges dues aux pieds : } 2300 \cdot 10/4 = 5750 \text{ N par pied}$$

$$\text{Charges exploit + plancher} = (2,50 + 0,90) \cdot 0,60 = 2040 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$$

Principe de superposition :



$$f_1 = \frac{2 P a^2 (L-a)^3}{3 E I (3L-2a)^2} \text{ donc } f_1 = \frac{9,376 \cdot 10^{-10}}{I}$$

$$f_2 = \frac{2 P a^3 b^2}{3 E I (L+2a)^2} \text{ donc } f_2 = \frac{2,3596 \cdot 10^{-11}}{I}$$


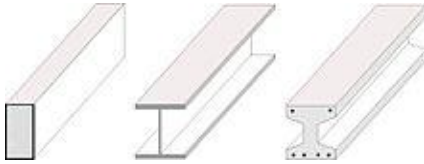
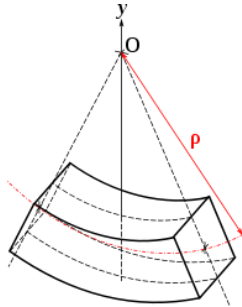
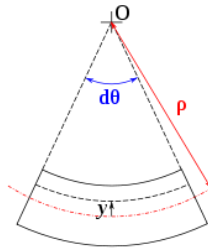
$$f_3 = \frac{5 P L^4}{384 E I} \text{ donc } f_3 = \frac{1,8289 \cdot 10^{-9}}{I}$$

Somme des  $f < 1,95 \text{ mm}$  donc  $l > 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$

Donc un IPE 100 convient.

### Question 33 :

Exemple de fiche d'activité expérimentale pour aborder le concept de résistance dans le champ de la matière.

| FICHE ACTIVITÉ EXPÉRIMENTATION   |  |
|--|--|
| <b>Appréhender le concept de résistance par un essai de traction jusqu'à la rupture</b>  |  |
| <b>COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES DANS L'ACTIVITÉ PROPOSÉE</b>  | CO6.4 → 3.2.3<br>CO7.2 → 6.2   |
| <b>TYPOLOGIE DE L'ACTIVITÉ</b>   | <input checked="" type="checkbox"/> APPRÉHENDER UN CONCEPT FONDAMENTAL               |
|  | <input type="checkbox"/> VALIDER UN MODÈLE DE COMPORTEMENT                           |
|  | <input type="checkbox"/> QUALIFIER UNE SOLUTION CONSTRUCTIVE                         |
| <b>DESCRIPTION DU MONTAGE EXPÉRIMENTAL</b>   |  |
| Support d'expérimentation : un banc d'essai de flexion équipé de comparateurs ou de capteurs, des éprouvettes de sections et de matériaux différents.                                    |  |
|   |    |
| Sollicitation du support :<br>Application d'une force sur l'éprouvette permettant de la solliciter en flexion.   |  |
| <b>TRAITEMENT DES DONNÉES AU REGARD DE L'OBJECTIF DE L'ACTIVITÉ</b>  |  |
| Les mesures effectuées permettent de tracer une courbe force = f(déplacement).<br>L'élève peut ainsi valider une forme, une répartition de matière ou une caractéristique d'un matériau. |  |
|   |  |
| <b>AXES DE GÉNÉRALISATION (STEM)</b>   |  |
| Physique – Chimie : Matière et matériaux   |  |

## Partie 5. Quelle exploitation pédagogique du dossier ?

### Question 34 :

Exemple de fiche descriptive de séquence pédagogique.

|   |   |                    |                      |                    |                     |
|---|---|--------------------|----------------------|--------------------|---------------------|
| <b>THÈME DE LA SÉQUENCE</b><br><i>(Choisir un thème parmi les 8 de la liste ou autre)</i>   | Préserver la santé  |                    |                      |                    |                     |
| <b>TITRE DE LA SÉQUENCE</b><br><i>(une problématique liée à un enjeu de société)</i>  | Comment créer une zone de travail sécurisée pour utiliser des poudres métalliques   |                    |                      |                    |                     |
| <b>Durée en h</b><br><i>(Base de 3 semaines pour une séquence)</i>  | <b>Ens. Commun</b><br>(12h)   | <b>AC</b><br>(24h) | <b>ITEC</b><br>(24h) | <b>EE</b><br>(24h) | <b>SIN</b><br>(24h) |
| <b>ENSEIGNEMENT COMMUN</b>  |   |                    |                      |                    |                     |
| <b>Compétences visées</b>   | <p>CO1.1 Justifier les choix des structures matérielles et/ou logicielles d'un produit, identifier les flux mis en œuvre dans une approche de développement durable</p> <p>CO3.4 Identifier et caractériser des solutions techniques</p> <p>CO5.7 Définir la structure matérielle, la constitution d'un produit en fonction des caractéristiques technico-économiques et environnementales attendues</p> <p>CO7.2 Mettre en œuvre un scénario de validation devant intégrer un protocole d'essais, de mesures et/ou d'observations sur le prototype ou la maquette, interpréter les résultats et qualifier le produit.</p>  |                    |                      |                    |                     |
| <b>Connaissances associées</b>  | <p>1.2.1 Approche système</p> <p>1.2.2 Fonctionnalités, structure physique, flux internes/externes</p> <p>2.1 Représentation des flux MEI</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Principaux flux de transfert de matière, d'énergie, d'information</li> <li>- Principes de caractérisation des flux, unités, calcul</li> </ul> <p><b>6.2 Expérimentations et essais</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Protocole d'essai</li> <li>- Expérimentation sur les matériaux et sur les structures</li> <li>- Expérimentations de constituants de la chaîne de puissance</li> <li>- Expérimentations de constituants de la chaîne d'information</li> </ul>                                 |                    |                      |                    |                     |
| <b>Type d'activité</b><br><i>(Préciser le ou les types d'activité mis en œuvre : étude de dossier, expérimentations, simulation, ...)</i> | <p>Étude de dossier s'appuyant sur le dossier du sujet.</p> <p>À partir d'une maquette représentant un container métallique, proposer des expérimentations permettant d'identifier tous les paramètres ayant une influence sur la sécurisation d'une zone de travail utilisant des poudres métalliques : dépression, renouvellement d'air, température, hygrométrie, filtration, etc.</p>   |                    |                      |                    |                     |
| <b>Synthèse</b><br><i>(en lien avec la problématique)</i>   | Méthodologie pour mettre en place un protocole d'essais, quel que soit le domaine d'étude.  |                    |                      |                    |                     |
| <b>Évaluation</b>   | <p>Formative pendant la mise en place des essais (exemples d'indicateurs : les consignes sont correctement comprises ; les matériels mis à disposition sont correctement utilisés ; les mesures sont correctes ; l'analyse est cohérente ; etc.).</p> <p>Sommative en proposant la mise en place d'un protocole d'essais sur un élément nouveau dans un autre contexte (exemples d'indicateurs : l'objectif des essais est compris ; l'identification des grandeurs physiques concernées est complète ; le choix des matériels et des capteurs est pertinents ; la mise en place du protocole d'essais est cohérente ; les mesures sont correctes ; l'analyse des résultats est pertinente ; etc.).</p> |                    |                      |                    |                     |

| <b>ENSEIGNEMENTS SPÉCIFIQUES</b>                                     |   |  |   |  |
|--|---|--|---|--|
|  | <b>AC</b>   | <b>ITEC</b>  | <b>EE</b>   | <b>SIN</b>   |
| <b>Déclinaison de la problématique</b>                               | Comment créer une enveloppe étanche pour sécuriser une zone ?           | Comment limiter la déformation d'une structure ?                 | Comment maintenir une température et taux d'humidité au sein du container ?     | Comment contrôler la dépression d'une zone sécurisée       |
| <b>Compétences visées</b><br><i>(En particulier CO5.8 Concevoir)</i> | CO 7.3 AC1 : Sur des ouvrages ou des maquettes physiques simplifiées et | CO 7.3 ITEC2 : Mesurer des performances d'un constituant ou d'un | CO 7.3 EE2 : Tout ou partie d'une chaîne de puissance associée à son système de | CO 7.3 SIN2 : Des architectures matérielles et logicielles |

|   |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|
| <i>CO6.5 Interpréter les résultats d'une simulation et conclure sur la performance de la solution CO7.3 Expérimenter)</i>                 | instrumentées pour étudier l'usage ou le comportement d'un ouvrage réel ou celui d'éléments constitutifs et valider des choix techniques.<br>CO 6.5 AC1 : Simulation d'un usage ou d'un <b>comportement structurel</b> , thermique, acoustique, etc. de tout ou partie d'une construction.   | sous-ensemble d'un produit.<br>CO 6.5 ITEC1 : Simulation mécanique pour obtenir les caractéristiques d'une loi d'entrée/sortie d'un sous-ensemble mécanique ou observer le comportement sous charges d'un assemblage.  | gestion dans l'objectif d'en relever les performances énergétiques et d'en optimiser le fonctionnement<br>CO 6.5 EE1 : Simulation énergétique (électrique, mécanique, <b>thermique</b> , lumineuse, etc.) de tout ou partie d'un produit connaissant les caractéristiques utiles et les paramètres externes et internes.   | en réponse à une problématique posée.<br><br>CO6.5 SIN1 : Simulation d'un comportement informationnel faisant intervenir un ou plusieurs constituants matériels et/ou traitements logiciels simples d'une chaîne d'information.  |
| <b>Connaissances associées</b>  | 3.2.3 : concept de résistance  |  | 3.3 : Comportement énergétique des produits  | 3.4.3 : Interopérabilité des produits  |
| <b>Type d'activité</b><br><i>(préciser le ou les types d'activité mis en œuvre : étude de dossier, expérimentations, simulation, ...)</i> | Expérimentations dont celle définie dans la question 33 et des simulations associées.  |  | Expérimentations dont celle définie dans la question 18 et des simulations associées.  | Expérimentations dont celle définie dans la question 12  |
| <b>Synthèses</b>  | Résistance des matériaux   | Résistance des matériaux   | Transfert énergétique, performance énergétique   | Liaisons séries : protocoles de communication, sens du flux de données, débit et rapidité de transmission.   |
| <b>Solutions constructives abordées</b>   | Profilés métalliques. Éléments d'assemblage d'une structure.   | Profilés métalliques. Éléments d'assemblage d'une structure.   | Production de chaleur  | Protocoles de communication  |
| Évaluations   | Formative pendant la mise en place des essais de résistance des matériaux.<br><br>Sommatrice en proposant la <b>mise en place d'un protocole d'essais</b> faisant appel à la compétence CO7.3 AC1 et aux connaissances en lien avec la résistance des matériaux.<br><br>(Exemples d'indicateurs : Les paramètres significatifs à observer sont identifiés ; Le protocole d'essai est justifié et adapté à l'objectif ; Les observations et mesures sont méthodiquement menées et les incertitudes de mesures estimées ; L'interprétation des résultats est cohérente et pertinente ; La solution est validée au vu du cahier des charges ; etc.) | Formative pendant la mise en place des essais de résistance des matériaux.<br><br>Sommatrice en proposant la <b>mise en place d'un protocole d'essais</b> faisant appel à la compétence CO7.3 ITEC2 et aux connaissances en lien avec la résistance des matériaux.<br><br>(Exemples d'indicateurs : Les paramètres significatifs à observer sont identifiés ; Le protocole d'essai est justifié et adapté à l'objectif ; Les observations et mesures sont méthodiquement menées et les incertitudes de mesures estimées ; L'interprétation des résultats est cohérente et pertinente ; La solution est validée au vu du cahier des charges ; etc.) | Formative pendant la mise en place des essais caractérisant des matériaux isolants.<br><br>Sommatrice en proposant la <b>mise en place d'un protocole d'essais</b> faisant appel à la compétence CO7.3 EE2 et aux connaissances en lien avec le transfert d'énergie et la performance énergétique.<br><br>(Exemples d'indicateurs : Les paramètres significatifs à observer sont identifiés ; Le protocole d'essai est justifié et adapté à l'objectif ; Les observations et mesures sont méthodiquement menées et les incertitudes de mesures estimées ; L'interprétation des résultats est cohérente et pertinente ; La solution est validée au vu du cahier des charges ; etc.) | Formative pendant la mise en place des essais de communication.<br><br>Sommatrice en proposant la <b>mise en place d'un protocole d'essais</b> faisant appel à la compétence CO7.3 SIN et aux connaissances en lien avec les différents protocoles de communication.<br><br>(Exemples d'indicateurs : Les paramètres significatifs à observer sont identifiés ; Le protocole d'essai est justifié et adapté à l'objectif ; Les observations et mesures sont méthodiquement menées et les incertitudes de mesures estimées ; L'interprétation des résultats est cohérente et pertinente ; La solution est validée au vu du cahier des charges ; etc.) |

La structuration de cette séquence passe par :

- le choix d'un intitulé de séquence faisant appel à une problématique sociétale en lien avec le thème global ;
- l'identification de compétences et connaissances associées, cohérentes avec l'objectif de la séquence et permettant un lien entre la partie commune et la partie spécifique développée. Il convient de cibler des connaissances en lien avec les 4 enseignements spécifiques pour la partie commune (exemple : paramétrage d'un modèle) puis des connaissances spécifiques (exemple ITEC/AC : concept de résistance/simulation par éléments finis) ;
- Le choix des indicateurs d'évaluation liés aux compétences ciblées et transversales
- des activités permettant de mobiliser les compétences ciblées et correspondant aux profils d'élèves en STI2D, notamment en valorisant les expérimentations y compris dans la partie commune ;
- des synthèses et des évaluations variées au bon niveau en fonction des compétences et des connaissances ciblées dans la partie commune et la partie spécifique ;
- des solutions constructives abordées en enseignement spécifique.

### Question 35 :

Exemple d'organisation :

|                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                                      |         |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------------|---------|
| Enseignement commun     | TSTI2D 1 (36 élèves)    |                         | TSTI2D 2 (36 élèves)    |                         | TSTI2D 3 (36 élèves)    |                         | 1 h/sem                              |         |
|                         | Gr STI2D 1A (18 élèves) | Gr STI2D 1B (18 élèves) | Gr STI2D 2A (18 élèves) | Gr STI2D 2B (18 élèves) | Gr STI2D 3A (18 élèves) | Gr STI2D 3B (18 élèves) | 3 h/sem                              |         |
| Enseignement spécifique | ITEC (27 élèves)        |                         | AC (27 élèves)          |                         | EE (27 élèves)          |                         | SIN (27 élèves)                      | 2 h/sem |
|                         | Groupe ITEC1 (14)       | Groupe ITEC2 (13)       | Groupe AC1 (14)         | Groupe AC2 (13)         | Groupe EE1 (14)         | Groupe EE2 (13)         | Groupe SIN1 (14)<br>Groupe SIN2 (13) | 6 h/sem |

L'exemple suivant n'est qu'une possibilité parmi d'autres. Pour simplifier la représentation, l'exemple portera sur une division et sur un seul enseignement spécifique ITEC.

|       | Lundi   | Mardi  | Mercredi                                     | Jeudi  | Vendredi                                     |
|-------|---|--|--|--|--|
| Sem 1 |   | ITEC (2h)<br>Démarrage partie spécifique                               | Gr ITEC1 (3h)<br>Activités partie spécifique | Gr STI2D 1B (3h)<br>Activités partie commune | Gr ITEC1 (3h)<br>Activités partie spécifique |
|       | TSTI2D 1 (1h)<br>Lancement de séquence                                  |  | Gr STI2D 1A (3h)<br>Activités partie commune | Gr ITEC2 (3h)<br>Activités partie spécifique | Gr ITEC2 (3h)<br>Activités partie spécifique |
| Sem 2 |   | ITEC (2h)<br>Bilan intermédiaire des activités de la partie spécifique | Gr ITEC1 (3h)<br>Activités partie spécifique | Gr STI2D 1B (3h)<br>Activités partie commune | Gr ITEC1 (3h)<br>Activités partie spécifique |
|       | TSTI2D 1 (1h)<br>Bilan intermédiaire des activités de la partie commune |  | Gr STI2D 1A (3h)<br>Activités partie commune | Gr ITEC2 (3h)<br>Activités partie spécifique | Gr ITEC2 (3h)<br>Activités partie spécifique |
| Sem 3 |   | ITEC (2h)  | Gr ITEC1 (3h)                                | Gr STI2D 1B (3h)                             | Gr ITEC1 (3h)                                |

|  |  | Synthèse<br>partie<br>spécifique | Évaluation<br>partie<br>spécifique | Évaluation<br>partie<br>commune    | Remédiation<br>possible |
|--|--|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|
|  | <b>TSTI2D 1 (1h)</b>                       |                                  | <b>Gr STI2D 1A (3h)</b>            | <b>Gr ITEC2 (3h)</b>               | <b>Gr ITEC2 (3h)</b>    |
|  | Synthèse<br>activités<br>partie<br>commune |                                  | Évaluation<br>partie<br>commune    | Évaluation<br>partie<br>spécifique | Remédiation<br>possible |

Pour résumer, la séquence comprend par élève :

Partie commune :

- 1h de lancement ;
- 6h d'activités ;
- 1h de bilan intermédiaire ;
- 1h de synthèse sur les compétences et connaissances communes ;
- 2h d'évaluation pouvant être regroupée avec l'évaluation de la partie spécifique de type épreuve terminale.

Partie spécifique :

- 2h de démarrage (une partie pouvant être destinée à la fin de la séquence précédente) ;
- 12h d'activités ;
- 2h de bilan intermédiaire par exemple pour faire intervenir les élèves sur des présentations orales ;
- 2h de synthèse notamment pour clarifier les solutions constructives ;
- 3h d'évaluation pouvant être regroupée avec l'évaluation de la partie commune de type épreuve terminale.

**Question 36 :** Pour un enseignement spécifique de votre choix, **décrire** une activité pratique s'intégrant dans la séquence pédagogique précédente en mettant en évidence les activités des élèves.

Exemple pour l'enseignement spécifique EE.

### Rappel

**Contexte global :** Comment créer une zone de travail sécurisée pour utiliser des poudres métalliques

**Problématique spécifique EE :** Comment maintenir une température et taux d'humidité au sein du container ?

**CO 7.3 EE2 :** Tout ou partie d'une chaîne de puissance associée à son système de gestion dans l'objectif d'en relever les performances énergétiques et d'en optimiser le fonctionnement

**Connaissance 3.3 :** Comportement énergétique des produits

Plusieurs activités sont mises en place pour répondre à la problématique et mobiliser la compétence ciblée. L'activité décrite ci-dessous correspond à la fiche activité expérimentation de la question 18 et permet de mobiliser la compétence ci-dessus.

Groupe de 3 élèves ayant à leur disposition :

- une maquette permettant de reproduire le fonctionnement d'une pompe à chaleur et de mesurer différents paramètres : températures, pressions, débit, etc.

Travail demandé - mise en place du protocole d'essais :

- À partir de la définition du COP et du principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur, déterminer les grandeurs physiques devant être mesurées pour calculer le COP de la maquette du laboratoire.
- Choisir les capteurs permettant la mesure de ces grandeurs. Préciser si les capteurs utilisés sur la maquette sont pertinents ou s'ils peuvent occasionner des erreurs.
- Pour chaque paramètre mesuré, tracer la courbe montrant sa loi d'évolution par rapport au temps.
- Relever les mesures effectuées 30 minutes après le début de fonctionnement sur le schéma simplifié de fonctionnement.
- Tracer le diagramme (simplifié) enthalpique (diagramme de MOLLIER) correspondant aux relevés précédents.
- Déterminer le COP de la pompe à chaleur.
- Préciser, de manière argumentée, si l'écart de température entre la zone où les calories sont puisées et celle où elles sont restituées, a une importance sur le fonctionnement de la P.A.C.
- Identifier les paramètres pouvant avoir une influence sur la température souhaitée.



## **Constats sur la composition des candidats**

Le sujet est structurellement long, les candidats peuvent ainsi s'exprimer sur l'ensemble de leurs compétences et montrer leur capacité à aborder un problème dans sa globalité.

Il subsiste néanmoins quelques rares candidats qui ne traitent pas (ou de manière très superficielle) les parties pédagogiques. Le jury rappelle que ces candidats se retrouvent fortement pénalisés sur la note finale étant donné le poids non négligeable de la partie pédagogique.

Le sujet ne posait pas de difficulté particulière de compréhension et les questions posées sont globalement au niveau des candidats. Dans toutes les parties du sujet, des connaissances de base sont évaluées. Bon nombre de candidats ne les maîtrisent pas. Sur les parties pédagogiques, de nombreux candidats n'ont pas pris connaissance des évolutions du programme de STI2D. Il y a de nombreuses confusions entre l'ancien et le nouveau programme, par exemple des erreurs entre spécialité et enseignement spécifique. Il est noté également que de nombreuses réponses ne correspondent pas aux attentes. Le jury conseille d'être attentif lors de la lecture du sujet d'autant que certains éléments de réponse sont parfois présents dans le dossier.

Les candidats ont généralement su profiter des parties indépendantes et des questions indépendantes à l'intérieur de chaque partie. Certaines parties sont néanmoins intégralement non traitées par certains candidats.

## **Recommandations aux futurs candidats**

Il est fortement conseillé à ces candidats de mieux préparer cette épreuve et de lui réserver un temps important en termes de préparation au concours.

Pour réussir une telle épreuve, une lecture complète du dossier est vivement conseillée afin de s'imprégner du sujet, afin de comprendre les problématiques des différentes parties et leurs liens. En effet une lecture attentive du sujet apporte de précieuses informations et permet souvent de traiter des questions qui ne sont pas à priori dans le domaine de prédilection du candidat. De plus, s'agissant d'une épreuve transversale, de nombreuses informations fournies s'avèrent utiles pour répondre à la question posée.

Au-delà des résultats des parties scientifiques ou des propositions des parties pédagogiques, il est avant tout attendu la mise en évidence d'une méthode de résolution ou une démarche réflexive montrant une maîtrise des deux domaines, scientifique et pédagogique. On évitera donc de trop longs développements de calculs en laissant subsister les articulations du raisonnement. De même, les réponses d'ordre pédagogique doivent s'appuyer sur l'étude scientifique afin de donner du sens à la démarche pédagogique et à la didactique envisagées.

On rappelle que la présentation, la qualité de la rédaction et l'orthographe sont des éléments importants de la communication. Encore cette année de trop nombreuses copies sont quasiment illisibles ou remplies de fautes d'orthographe.

# ÉPREUVE D'ÉTUDE D'UN SYSTÈME, D'UN PROCÉDÉ OU D'UNE ORGANISATION

Coefficient 1 – Durée 4 heures

## *Éléments de corrigé*

**Le sujet comportait 3 parties distinctes (cf. durées conseillées indiquées) qui peuvent être traitées de façon indépendantes. Certaines sous-parties peuvent également être traitées également de façon indépendantes.**



Figure 1 – Différents modèles Iguana Yachts en utilisation



Figure 2 – Le Système de Mobilité Iguana (IMS)

**Partie A : Analyse de l'IMS et de son comportement**

**Partie B : Étude comportementale du navire amphibie en déplacement terrestre**

**Partie C : Étude de conception et d'industrialisation du bras tribord**

## Partie A

QUESTION A.1.1 | À l'aide du schéma cinématique fourni sur le document technique DT1, DT1 et en explicitant la démarche retenue, **déterminer** le degré d'hyperstaticité du mécanisme de déploiement.  
Feuille de copie | **Commenter** le résultat obtenu.

Le graphe des liaisons est le suivant :

### Détermination des mobilités :

1 mobilité utile (assurée par le déplacement des vérins)

4 mobilités internes (rotation des corps et tiges de vérins sur eux-mêmes)

$$m = m_u + m_i = 5$$

### Méthode "cinématique" :

On note  $\gamma = l - n + 1 = 8 - 6 + 1 = 3$  cycles indépendants.

On pourra donc écrire  $Ec = 6 \cdot \gamma = 18$  équations indépendantes issues des fermetures cinématiques.

Le problème possède 18 inconnues de liaison :

$$Ic = \underbrace{2 \times 1}_{\text{pivots}} + \underbrace{2 \times 2}_{\text{pivots glissants}} + \underbrace{4 \times 3}_{\text{rotules}} = 18$$

On a  $h = Ec - Ic + m = 5$ .

### Méthode statique :

On peut écrire  $Es = 6 \times (n - 1) = 30$  équations indépendantes issues de l'application du PFS à chaque solide hors bâti.

Le problème possède 30 inconnues de liaison :

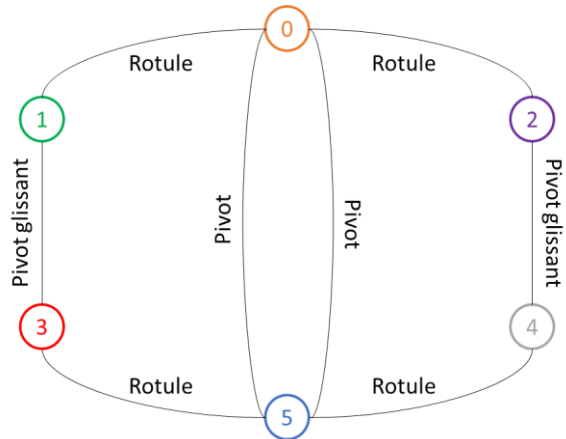
$$Is = 2 \times 5 + 2 \times 4 + 4 \times 3 = 30$$

On a  $h = Is - Es + m = 5$

### Conclusion :

Le problème est hyperstatique d'ordre 5. Ceci est dû à la mise en parallèle des deux liaisons pivot entre châssis et coque du navire (en supprimant une de ces deux liaisons, le fonctionnement n'est pas affecté et le mécanisme est isostatique).

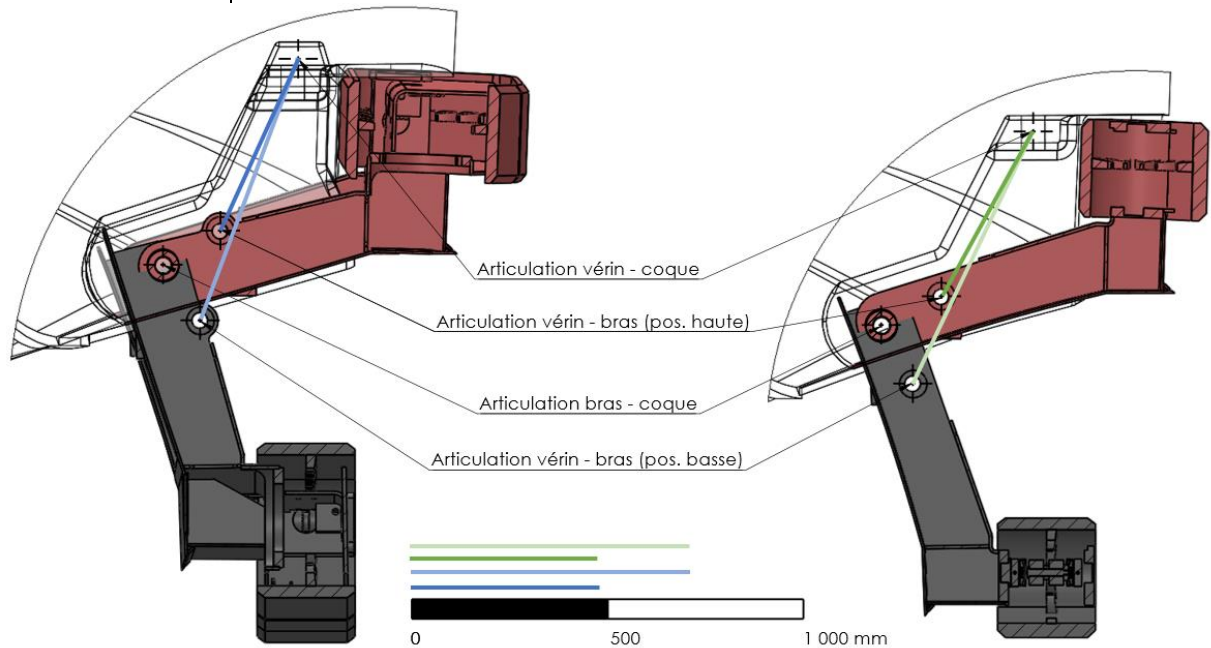
Ce choix permet d'augmenter la rigidité de la structure, ce qui est primordial au regard des conditions d'utilisation.



QUESTION A.1.2

Feuille de copie  
DR1

Sur l'épure du document réponse DR1, **déterminer** les longueurs en position rentrée et sortie des deux vérins de déploiement. **En déduire** la course nécessaire pour chaque vérin.



Les tracés permettent d'obtenir des longueurs en configuration rentrée et sortie quasi-identiques pour les deux vérins de déploiement :

- Longueur vérin rentré :  $l_r \approx 475 \text{ mm}$
- Longueur vérin sorti :  $l_s \approx 710 \text{ mm}$

Soit une course  $c = 710 - 475 = 235 \text{ mm}$ .

**Remarque :**

Les différences de longueurs mesurées entre les vérins avant et arrière provient du fait qu'ils ne sont pas implantés dans des plans tout à fait parallèles, l'étude plane est donc légèrement faussée.

L'étude du modèle numérique donne des longueurs réellement identiques pour les deux vérins, et une course théorique  $c = 232 \text{ mm}$ .

QUESTION A.1.3

DT2 & DT3  
Feuille de copie

À partir des caractéristiques dimensionnelles des vérins, et des performances nominales du groupe hydraulique, **déterminer** le temps nécessaire au déploiement complet de l'IMS.

**Justifier** le fait que la phase de déploiement soit la plus défavorable du point de vue du débit.

Pour le déploiement, on est en phase de poussée, c'est donc le diamètre  $D_p$  du piston qu'il convient de prendre en compte.

Le volume d'huile nécessaire au déploiement des deux bras (donc 4 vérins) est :

$$V = 4 \cdot c \cdot \pi \cdot \frac{(D_p)^2}{4} = 2,66 \text{ L}$$

En supposant que le moteur permet d'entraîner la pompe à une vitesse de  $3500 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ , on relève un débit  $Q > 20 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$  sur toute la plage de pression.

$$\Delta t = \frac{V}{Q} = 7,98 \text{ s}$$

On est bien ici dans la phase la plus défavorable puisque la section des vérins est réduite de la section de la tige durant la phase d'escamotage.

QUESTION A.2.1

**Proposer** une désignation de distributeur hydraulique permettant d'annuler la puissance consommée par les vérins de déploiement une fois l'IMS en position déployé.

**Représenter** son schéma normalisé sur feuille de copie.

Pour garantir l'immobilité du vérin en l'absence de puissance hydraulique, il faut choisir un distributeur à centre fermé disposant d'une position neutre.

On veut commander les vérins dans les deux sens de déplacement.

Un distributeur 4/3 à centre fermé convient pour le fonctionnement demandé.

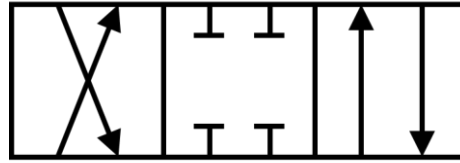


Figure 1.

QUESTION A.2.2  
DT3 & DT4  
Feuille de copie

Lors de la construction du modèle multiphysique du groupe électrohydraulique, il a été choisi de ne pas modéliser le fonctionnement du moteur électrique.

**Justifier** l'emploi d'une source de vitesse angulaire idéale.



Le moteur utilisé est un servomoteur, sa vitesse et sa position sont donc contrôlées en permanence par le driver du moteur, sur toute sa plage de puissance. On peut donc considérer que la vitesse de rotation reste constante si la consigne le lui impose.



Du point de vue du modèle multiphysique, une source de vitesse angulaire idéale impose une vitesse de rotation choisie quelle que soit la valeur du couple demandé.

QUESTION A.2.3  
DT4  
DR2

**Compléter** les tableaux du document réponse DR2 en identifiant, pour chacun des blocs figurant sur le modèle :

- les grandeurs caractéristiques du(des) domaine(s) physique(s) associé(s) au composant et leur type ;
- Le type de grandeur mesurée ;
- la(les) caractéristique(s) principale(s) du composant ;
- les unités correspondantes.

| Bloc  | Grandeur(s) de flux |                    | Grandeur(s) d'effort |       | Caractéristique(s) principale(s)                       |
|---|---------------------|--------------------|----------------------|-------|--|
|   | Type                | Unité              | Type                 | Unité |  |
| <br>Fixed Orifice                    | Débit               | $m^3 \cdot s^{-1}$ | Pression             | $Pa$  | Section de passage<br>$m^2$                            |
| <br>Double-Acting Hydraulic Cylinder | Vitesse             | $m \cdot s^{-1}$   | Force                | $N$   | Diamètre piston $m$<br>Diamètre tige $m$<br>Course $m$ |
|   | Débit               | $m^3 \cdot s^{-1}$ | Pression             | $Pa$  | (frottement sec) $N$                                   |

| Bloc  | Grandeur physique mesurée et type (flux ou effort) | Grandeur d'entrée                          | Grandeur de sortie                             | Unité              |
|---|--|--|--|--------------------|
| <br>Hydraulic Pressure Sensor  | Différence de pression<br>Grandeur d'effort        | Pression au point A<br>Pression au point B | Différence de pression entre les points A et B | Pa                 |
| <br>Hydraulic Flow Rate Sensor | Débit volumique<br>Grandeur de flux                | X  | Débit passant dans le capteur                  | $m^3 \cdot s^{-1}$ |

QUESTION A.2.4  
DT5  
Feuille de copie

En s'appuyant sur les résultats de simulation proposés, **comparer** qualitativement, et pour les différentes phases du mouvement :

- le comportement hydraulique de la pompe ;
- le comportement hydraulique du vérin ;
- le mouvement de l'IMS lié à la tige du vérin.

**Préciser** si le modèle régulé permet d'assurer un mouvement de déploiement / escamotage dont on maîtrise la durée. **Conclure** quant à la validation de l'exigence associée.

| Modèle "élémentaire"   |  | Modèle "régulé"   |   |
|--|--|---|---|
| Aller  | Retour   | Aller   | Retour  |
| Hors phases de déplacement, la pompe fournit une pression de 250 bar (valeur de réglage de la soupape de décharge)<br>Le débit est maximal dès l'ouverture du distributeur ( $\approx 20 L \cdot min^{-1}$ ), puis présente, en fin de mouvement un caractère oscillatoire amorti. |  | La pression fournie par la pompe est en permanence égale à 250 bar.<br>Le débit (en aval de la soupape de décharge) est quant à lui nettement plus stable (moins d'oscillations) et correspond davantage aux valeurs des débits entrant/sortant du vérin. |   |
| Les grandeurs hydrauliques en entrée de vérin correspondent à celles que l'on trouve en sortie de pompe pour cette phase   | Le fonctionnement du vérin n'est pas cohérent avec celui de la pompe ( le débit sortant du vérin atteint la valeur de $100 L \cdot min^{-1}$ ), soit un passage de l'huile par la soupape de sécurité. | La pression dans la chambre alimentée par la pompe est ici légèrement négative (effet de la charge menante).<br>Le débit de la pompe est d'environ $5 L \cdot min^{-1}$ pour un seul vérin.   | Le fonctionnement est stable et cohérent avec les valeurs de sections réelles du vérin (section du piston réduite de la section de la tige) |
| Le déploiement se fait à pleine vitesse, la durée du mouvement est de l'ordre d'une seconde.   | L'escamotage est encore plus rapide (du fait de la section utile moindre).   | L'évolution de la position de l'IMS est parfaitement maîtrisée, la durée de sortie est identique à celle retour. On constate bien une durée   |   |

La régulation mise en place permet d'assurer une maîtrise de la durée du mouvement, dans les deux sens. Par ailleurs, les réglages de cette régulation correspondent bien à une durée de 8 s

pour chaque phase du mouvement. Enfin, le débit maximal de la pompe correspond bien à l'alimentation de 4 vérins en parallèle.

QUESTION A.2.5  
DT4  
Feuille de copie  
DR2

**Expliquer** succinctement le fonctionnement des deux composants représentés sur le document réponse DR2.  
**Compléter** le tableau des fonctions qu'assurent chacun de ces composants au sein du circuit hydraulique étudié.



### Valve d'équilibrage :

Composant obligatoire dans les installations où la charge est menante (norme), il est en général flasqué sur l'un des orifices du vérin. Le réglage de sa pression de seuil (valeur intermédiaire entre la pression de la soupape, et la pression utile maximale du vérin) permet de garantir deux caractéristiques importantes du mouvement :

- absence de survitesse durant les phases de mouvement où la charge est menante en créant une contre pression dans la chambre qui se vide (fonctionnement stabilisé)
- maintien de la charge en position en absence de commande, ce qui permet d'avoir recours à un distributeur centre ouvert ou centre tandem.

### Soupape :

Composant présent sur tous les circuits hydrauliques, devient passante au-delà d'un seuil de pression pré réglé. Son installation entre la sortie de pompe et le réservoir permet de garantir que le circuit situé en aval ne sera jamais exposé à une pression supérieure au seuil choisi.

| Fonction technique  | <br>Counterbalance Valve<br>"valve d'équilibrage" | <br>Pressure Relief Valve<br>"soupape" |
|---|---|--|
| Protéger le circuit hydraulique des surpressions                  |   | X  |
| Assurer une contre pression dans la chambre côté "charge menante" | X   |  |
| Garantir la continuité du débit en sortie de pompe                | X   | X  |

QUESTION A.2.6  
Feuille de copie

**Préciser** comment la valve d'équilibrage permet au circuit hydraulique d'encaisser un choc en bout de tige de vérin alors que celui-ci est en position sortie.

En cas de "choc" en bout de tige de vérin, la valve d'équilibrage se comporte comme une soupape de sécurité à l'échelle du vérin, permettant un léger déplacement pour éviter une surpression. Le débit étant limité, le vérin se comporte comme un amortisseur.

Selon la stratégie adoptée, la commande peut ramener le vérin en position suite à un choc.

QUESTION A.3.1  
DT6  
Feuille de copie

**Préciser** les hypothèses nécessaires à ce que l'étude de la pression de contact entre les chenilles et le sol se ramène à un problème dans le plan longitudinal médian du navire.  
**Donner** les dimensions utiles de la surface de contact chenilles / sol du problème ainsi modélisé.

Les hypothèses sont :

- Symétrie de masse : On considère que le centre d'inertie de l'ensemble navire + moteur reste dans le plan de symétrie  $(\vec{x}_N, \vec{y}_N)$  ;
- Symétrie de chargement : Les actions du sol sur les deux chenilles sont appliquées symétriquement par rapport au plan de symétrie, et leur résultante est contenue dans le plan  $(\vec{x}_N, \vec{y}_N)$ .

L'étude peut donc se ramener à ne considérer qu'une seule chenille de longueur  $L$  selon  $\vec{x}_N$  et de largeur  $2 \times l$  selon  $\vec{y}_N$ .

QUESTION A.3.2  
DT6  
Feuille de copie

En supposant linéaire l'évolution de la répartition de la charge entre les points  $A$  et  $B$  selon l'axe longitudinal, **déterminer** sa valeur maximale lorsque le bateau est à l'arrêt.  
**Conclure** quant au respect de l'exigence portant sur la limitation de l'impact environnemental.

Répartition linéaire :  $p(u) = p_A + k \cdot u$

TRS selon  $\vec{y}_N$  :

$$2 \cdot l \cdot \int_0^L (p_A + k \cdot u) \cdot du = 2 \cdot l \left( L \cdot p_A + k \cdot \frac{L^2}{2} \right) = \boxed{l \cdot L \cdot (2 \cdot p_A + k \cdot L) = (M + m) \cdot g}$$

TMS en  $A$  selon  $\vec{z}_N$  :

$$2 \cdot l \cdot \int_0^L u \cdot (p_A + k \cdot u) \cdot dx = l \cdot L^2 \cdot \left( p_A + \frac{2}{3} \cdot k \cdot L \right) = (M \cdot x_G - m \cdot x_M) \cdot g$$

Soit le système suivant :

$$\left\{ \begin{array}{l} 2 \cdot p_A + k \cdot L = (M + m) \cdot \frac{g}{l \cdot L} \\ p_A + \frac{2}{3} \cdot k \cdot L = \left( M \cdot \frac{x_G}{L} - m \cdot \frac{x_M}{L} \right) \cdot \frac{g}{l \cdot L} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} 2 \cdot p_A + k \cdot L = (M + m) \cdot \frac{g}{l \cdot L} \\ -\frac{3}{2} \cdot p_A - k \cdot L = -\frac{3}{2} \cdot \left( M \cdot \frac{x_G}{L} - m \cdot \frac{x_M}{L} \right) \cdot \frac{g}{l \cdot L} \end{array} \right.$$

$$\boxed{k = \frac{3 \cdot g}{l \cdot L^2} \cdot \left[ M \cdot \left( \frac{2 \cdot x_G}{L} - 1 \right) - m \cdot \left( \frac{2 \cdot x_M}{L} + 1 \right) \right]} \quad \boxed{p_A = \frac{g}{l \cdot L} \cdot \left[ M \cdot \left( 2 - \frac{3 \cdot x_G}{L} \right) + m \cdot \left( 2 + \frac{3 \cdot x_M}{L} \right) \right]}$$

Avec  $x_G = 1 \text{ m}$  et  $x_M = 3,2 \text{ m}$  on a  $p_A = 116 \cdot 10^3 \text{ Pa}$  et  $p_B = 7,37 \cdot 10^3 \text{ Pa}$



QUESTION B.1.1  
DT6  
Feuille de copie

**Déterminer** les coordonnées du centre d'inertie  $G_\varepsilon$  de l'ensemble  $\varepsilon$  en définissant le vecteur  $\overrightarrow{AG_\varepsilon} = x_\varepsilon \cdot \overrightarrow{x_N} + y_\varepsilon \cdot \overrightarrow{y_N}$ .  
**Préciser** les valeurs numériques de  $x_\varepsilon$  et  $y_\varepsilon$ .

$$\begin{aligned}\overrightarrow{AG_\varepsilon} &= x_\varepsilon \cdot \overrightarrow{x_N} + y_\varepsilon \cdot \overrightarrow{y_N} \\ \overrightarrow{AG_\varepsilon} &= \frac{1}{M+m} \cdot (M \cdot \overrightarrow{AG} + m \cdot \overrightarrow{AM}) \\ \overrightarrow{AG_\varepsilon} &= \frac{1}{M+m} \cdot (M \cdot (x_G \cdot \overrightarrow{x_N} + y_G \cdot \overrightarrow{y_N}) + m \cdot (-x_M \cdot \overrightarrow{x_N} + y_M \cdot \overrightarrow{y_N})) \\ \overrightarrow{AG_\varepsilon} &= \frac{1}{M+m} \cdot ((M \cdot x_G - m \cdot x_M) \cdot \overrightarrow{x_N} + (M \cdot y_G + m \cdot y_M) \cdot \overrightarrow{y_N})\end{aligned}$$

On a alors :

|   |   |
|---|---|
| $x_\varepsilon = \frac{M \cdot x_G - m \cdot x_M}{M + m} = 0,618 \text{ m}$ | $y_\varepsilon = \frac{M \cdot y_G + m \cdot y_M}{M + m} = 0,927 \text{ m}$ |
|---|---|

QUESTION B.1.2  
Feuille de copie

En précisant la démarche utilisée, **déterminer** les éléments de réduction de l'action mécanique exercée par le sol sur la chenille.

Mouvement de translation rectiligne uniforme : application du PFS

$$\begin{aligned}\{T_{sol \rightarrow \varepsilon}\} + \{T_{pes \rightarrow \varepsilon}\} &= \{0\} \\ \{T_{sol \rightarrow \varepsilon}\} &= -\{T_{pes \rightarrow \varepsilon}\}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\{T_{pes \rightarrow \varepsilon}\} &= \left\{ \begin{array}{c} -(M+m) \cdot g \cdot \overrightarrow{x_0} \\ \vec{0} \end{array} \right\}_{G_\varepsilon} = \left\{ \begin{array}{c} -(M+m) \cdot \sin \alpha_0 \cdot \overrightarrow{x_N} - (M+m) \cdot g \cdot \cos \alpha_0 \cdot \overrightarrow{y_N} \\ (M+m) \cdot g \cdot (y_\varepsilon \cdot \sin \alpha_0 - (x_\varepsilon - x(t)) \cdot \cos \alpha_0) \cdot \overrightarrow{z_0} \end{array} \right\}_O \\ \overrightarrow{OG_\varepsilon} &= \overrightarrow{OA} + \overrightarrow{AG_\varepsilon} = (x_\varepsilon - x(t)) \cdot \overrightarrow{x_N} + y_\varepsilon \cdot \overrightarrow{y_N}\end{aligned}$$

On en déduit :

|  |
|--|
| $\{T_{sol \rightarrow \varepsilon}\} = \left\{ \begin{array}{c} (M+m) \cdot g \cdot \sin \alpha_0 \cdot \overrightarrow{x_N} + (M+m) \cdot g \cdot \cos \alpha_0 \cdot \overrightarrow{y_N} \\ (M+m) \cdot g \cdot ((x_\varepsilon - x(t)) \cdot \cos \alpha_0 - y_\varepsilon \cdot \sin \alpha_0) \cdot \overrightarrow{z_0} \end{array} \right\}_O$ |
|--|

QUESTION B.1.3  
Feuille de copie

**En déduire** la condition qui permet de déterminer le début du basculement de l'ensemble  $\varepsilon$  autour du point  $O$ .  
**Déterminer** la valeur  $x_{lim}$  du paramètre  $x(t)$  pour laquelle débute le basculement.

Le basculement intervient quand le moment exercé par le sol sur l'ensemble  $\varepsilon$  s'annule (liaison équivalente à un contact ponctuel en  $O$ )

$$\begin{aligned}((x_\varepsilon - x_{lim}) \cdot \cos \alpha_0 - y_\varepsilon \cdot \sin \alpha_0) &= 0 \\ x_{lim} &= x_\varepsilon - y_\varepsilon \cdot \tan \alpha_0\end{aligned}$$

|   |
|---|
| $x_{lim} = \frac{M \cdot x_G - m \cdot x_M - (M \cdot y_G + m \cdot y_M) \cdot \tan \alpha_0}{M + m} = 0,244 \text{ m}$ |
|---|

QUESTION B.1.4  
DT6  
Feuille de copie

Déterminer l'expression du moment d'inertie, noté  $I_{G_\varepsilon(\varepsilon)}$ , de l'ensemble  $\varepsilon$  autour de l'axe  $(G_\varepsilon, \vec{z}_0)$ .

D'après le théorème de Huygens :

$$I_{G_\varepsilon \varepsilon} = I_{G_\varepsilon N} + I_{G_\varepsilon M}$$

$$I_{G_\varepsilon \varepsilon} = I_{GN} + M \cdot \|\vec{GG}_\varepsilon\|^2 + I_{MM} + m \cdot \|\vec{MG}_\varepsilon\|^2$$

$$\|\vec{G}_\varepsilon \vec{G}\|^2 = \|\vec{AG} - \vec{AG}_\varepsilon\|^2 = \|(x_G - x_\varepsilon) \cdot \vec{x}_N + (y_G - y_\varepsilon) \cdot \vec{y}_N\|^2 = (x_G - x_\varepsilon)^2 + (y_G - y_\varepsilon)^2$$

$$\|\vec{G}_\varepsilon \vec{M}\|^2 = \|\vec{AM} - \vec{AG}_\varepsilon\|^2 = \|(x_M + x_\varepsilon) \cdot \vec{x}_N + (y_M - y_\varepsilon) \cdot \vec{y}_N\|^2 = (x_M + x_\varepsilon)^2 + (y_M - y_\varepsilon)^2$$

$$I_{G_\varepsilon(\varepsilon)} = I_{GN} + I_{MM} + M \cdot ((x_G - x_\varepsilon)^2 + (y_G - y_\varepsilon)^2) + m \cdot ((x_M + x_\varepsilon)^2 + (y_M - y_\varepsilon)^2) = 18,1 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

QUESTION B.1.5  
Feuille de copie

En tenant compte des conditions initiales, donner la relation liant le paramètre  $x(t)$  à la norme de la vitesse  $V_0$ .

$$x(t) = x_{lim} - V_0 \cdot t \Rightarrow \dot{x}(t) = -V_0 \Rightarrow \ddot{x}(t) = 0$$

QUESTION B.1.6  
Feuille de copie

Déterminer l'équation différentielle liant l'évolution du paramètre  $\alpha(t)$  et ses dérivées successives aux paramètres géométriques, de masse et d'inertie du navire et à la vitesse  $V_0$ .

On utilise le TMD en O selon  $\vec{z}_0$  de manière à ne pas avoir besoin de l'expression l'action de la chenille

$$\overrightarrow{\delta_{O,\varepsilon/R_0}} \cdot \vec{z}_0 = \overrightarrow{\delta_{G_\varepsilon,N/R_0}} \cdot \vec{z}_0 + (M + m) \cdot (\overrightarrow{OG_\varepsilon} \wedge \overrightarrow{\Gamma_{G_\varepsilon/R_0}}) \cdot \vec{z}_0$$

Avec :

$$\overrightarrow{\delta_{G_\varepsilon,\varepsilon/R_0}} \cdot \vec{z}_0 = \left. \frac{d}{dt} (\overrightarrow{\sigma_{G_\varepsilon,\varepsilon/R_0}} \cdot \vec{z}_0) \right|_{R_0} = I_{G_\varepsilon(\varepsilon)} \cdot \ddot{\alpha}(t)$$

Et :

$$\overrightarrow{OG_\varepsilon} = \overrightarrow{OA} + \overrightarrow{AG_\varepsilon} = \underbrace{-x(t) \cdot \vec{x}_N}_{\overrightarrow{OA}} + x_\varepsilon \cdot \vec{x}_N + y_\varepsilon \cdot \vec{y}_N = (x_\varepsilon - x(t)) \cdot \vec{x}_N + y_\varepsilon \cdot \vec{y}_N$$

|  |  |   |
|--|--|---|
| $\frac{d(x_\varepsilon - x(t))}{dt} = -\dot{x}(t) = V_0$ | $\left. \frac{dx_N}{dt} \right _{R_0} = \dot{\alpha}(t) \cdot \vec{y}_N$ | $\left. \frac{dy_N}{dt} \right _{R_0} = -\dot{\alpha}(t) \cdot \vec{x}_N$ |
|--|--|---|

$$\overrightarrow{V_{G_\varepsilon/R_0}} = \left. \frac{d\overrightarrow{OG_\varepsilon}}{dt} \right|_{R_0} = -\dot{x}(t) \cdot \vec{x}_N + (x_\varepsilon - x(t)) \cdot \dot{\alpha}(t) \cdot \vec{y}_N - y_\varepsilon \cdot \dot{\alpha}(t) \cdot \vec{x}_N$$

$$\overrightarrow{V_{G_\varepsilon/R_0}} = (V_0 - y_\varepsilon \cdot \dot{\alpha}(t)) \cdot \vec{x}_N + (x_\varepsilon - x(t)) \cdot \dot{\alpha}(t) \cdot \vec{y}_N$$

$$\overrightarrow{\Gamma_{G_\varepsilon/R_0}} = \frac{d\overrightarrow{V_{G_\varepsilon/R_0}}}{dt} \Big|_{R_0} = -y_\varepsilon \cdot \ddot{\alpha}(t) \cdot \overrightarrow{x_N} + (V_0 - y_\varepsilon \cdot \dot{\alpha}(t)) \cdot \dot{\alpha}(t) \cdot \overrightarrow{y_N} + [V_0 \cdot \dot{\alpha}(t) + (x_\varepsilon - x(t)) \cdot \ddot{\alpha}(t)] \cdot \overrightarrow{y_N} - (x_\varepsilon - x(t)) \cdot \dot{\alpha}^2(t) \cdot \overrightarrow{x_N}$$

$$\overrightarrow{\Gamma_{G_\varepsilon/R_0}} = -[(x_\varepsilon - x(t)) \cdot \dot{\alpha}^2(t) + y_\varepsilon \cdot \ddot{\alpha}(t)] \cdot \overrightarrow{x_N} + [2 \cdot V_0 \cdot \dot{\alpha}(t) - y_\varepsilon \cdot \dot{\alpha}^2(t) + (x_\varepsilon - x(t)) \cdot \ddot{\alpha}(t)] \cdot \overrightarrow{y_N}$$

$$(\overrightarrow{OG_\varepsilon} \wedge \overrightarrow{\Gamma_{G_\varepsilon/R_0}}) \cdot \overrightarrow{z_0} = (x_\varepsilon - x(t)) \cdot [2 \cdot V_0 \cdot \dot{\alpha}(t) - y_\varepsilon \cdot \dot{\alpha}^2(t) + (x_\varepsilon - x(t)) \cdot \ddot{\alpha}(t)] + y_\varepsilon \cdot [(x_\varepsilon - x(t)) \cdot \dot{\alpha}^2(t) + y_\varepsilon \cdot \ddot{\alpha}(t)]$$

$$(\overrightarrow{OG_\varepsilon} \wedge \overrightarrow{\Gamma_{G_\varepsilon/R_0}}) \cdot \overrightarrow{z_0} = \ddot{\alpha}(t) \cdot (y_\varepsilon^2 + (x_\varepsilon - x(t))^2) - \dot{\alpha}(t) \cdot 2 \cdot V_0 \cdot (x_\varepsilon - x(t))$$

En introduisant  $x(t) = x_{lim} - V_0 \cdot t$  :

$$(\overrightarrow{OG_\varepsilon} \wedge \overrightarrow{\Gamma_{G_\varepsilon/R_0}}) \cdot \overrightarrow{z_0} = \ddot{\alpha}(t) \cdot (y_\varepsilon^2 + (x_\varepsilon - x_{lim} + V_0 \cdot t)^2) - \dot{\alpha}(t) \cdot 2 \cdot V_0 \cdot (x_\varepsilon - x_{lim} + V_0 \cdot t)$$

$$(\overrightarrow{OG_\varepsilon} \wedge \overrightarrow{\Gamma_{G_\varepsilon/R_0}}) \cdot \overrightarrow{z_0} = \ddot{\alpha}(t) \cdot (V_0^2 \cdot t^2 + 2 \cdot V_0 \cdot (x_\varepsilon - x_{lim}) \cdot t + y_\varepsilon^2 + (x_\varepsilon - x_{lim})^2) + \dot{\alpha}(t) \cdot 2 \cdot (V_0^2 \cdot t + V_0 \cdot (x_\varepsilon - x_{lim}))$$

Soit finalement :

$$\overrightarrow{\delta_{O,\varepsilon/R_0}} \cdot \overrightarrow{z_0} = \ddot{\alpha}(t) \cdot \left[ M_\varepsilon \cdot \left( \frac{V_0^2}{A^2} \cdot t^2 + \frac{2 \cdot V_0 \cdot (x_\varepsilon - x_{lim})}{A \cdot B} \cdot t + \frac{y_\varepsilon^2 + (x_\varepsilon - x_{lim})^2 + \frac{I_{G_\varepsilon \varepsilon}}{(M + m)}}{C} \right) \right] + \dot{\alpha}(t) \cdot M_\varepsilon \cdot \left( \frac{2 \cdot V_0^2}{A^2} \cdot t + \frac{2 \cdot V_0 \cdot (x_\varepsilon - x_{lim})}{A \cdot B} \right)$$

|           |   |   |
|-----------|---|---|
| $A = V_0$ | $B = 2 \cdot (x_\varepsilon - x_{lim})$ | $C = y_\varepsilon^2 + (x_\varepsilon - x_{lim})^2 + \frac{I_{G_\varepsilon \varepsilon}}{(M + m)}$ |
|-----------|---|---|

L'application du TMD permet d'écrire :

$$\overrightarrow{\delta_{O,\varepsilon/R_0}} \cdot \overrightarrow{z_0} = \underbrace{\overrightarrow{M_{O,sol \rightarrow \varepsilon}} \cdot \overrightarrow{z_0}}_{=0} + \overrightarrow{M_{O,pes \rightarrow \varepsilon}} \cdot \overrightarrow{z_0} = (M + m) \cdot g \cdot (y_\varepsilon \cdot \sin \alpha(t) - (x_\varepsilon - x(t)) \cdot \cos \alpha(t))$$

car liaison ponctuelle

$$\ddot{\alpha}(t) \cdot (A^2 \cdot t^2 + A \cdot B \cdot t + C) + \dot{\alpha}(t) \cdot (2 \cdot A^2 \cdot t + A \cdot B) = g \cdot (y_\varepsilon \cdot \sin \alpha(t) - (x_\varepsilon - x_{lim} + V_0 \cdot t) \cdot \cos \alpha(t))$$

$$\ddot{\alpha}(t) \cdot (A^2 \cdot t^2 + A \cdot B \cdot t + C) + \dot{\alpha}(t) \cdot (2 \cdot A^2 \cdot t + A \cdot B) = g \cdot \left( y_\varepsilon \cdot \sin \alpha(t) - \left( A \cdot t + \frac{B}{2} \right) \cdot \cos \alpha(t) \right)$$

QUESTION B.1.7

Feuille de copie

Montrer que cette équation peut se mettre sous la forme :

$$\ddot{\alpha}(t) \cdot P(t) + \dot{\alpha}(t) \cdot \frac{dP(t)}{dt} + D \cdot \sin(\alpha(t)) + E \cdot \frac{dP(t)}{dt} \cdot \cos(\alpha(t)) = 0$$

Avec :

- $P(t) = M_\varepsilon \cdot (A^2 \cdot t^2 + A \cdot B \cdot t + C)$ , un polynôme du temps ;
- $A, B, C, D$  et  $E$  des constantes à **exprimer** en fonction des paramètres géométriques, de masse et d'inertie du navire et de la vitesse  $V_0$ .

$$\ddot{\alpha}(t) \cdot \underbrace{(A^2 \cdot t^2 + A \cdot B \cdot t + C)}_{P(t)} + \dot{\alpha}(t) \cdot \underbrace{(2 \cdot A^2 \cdot t + A \cdot B)}_{\frac{dP(t)}{dt}} \cdot \underbrace{-g \cdot y_\varepsilon}_D \cdot \sin(\alpha(t)) + \underbrace{\frac{g}{2 \cdot A} \cdot (2 \cdot A^2 \cdot t + A \cdot B)}_{E \cdot \frac{dP(t)}{dt}} \cdot \cos(\alpha(t)) = 0$$

|                              |                           |
|------------------------------|---------------------------|
| $D = -g \cdot y_\varepsilon$ | $E = \frac{g}{2 \cdot A}$ |
|------------------------------|---------------------------|

$$\ddot{\alpha}(t) \cdot P(t) + \dot{\alpha}(t) \cdot \frac{dP(t)}{dt} + D \cdot \sin(\alpha(t)) + E \cdot \frac{dP(t)}{dt} \cdot \cos(\alpha(t)) = 0$$

**Remarque : Résolution numérique non demandée lors de l'épreuve**

Résolution numérique de l'équation différentielle :

$$\ddot{\alpha}(t) = - \frac{D \cdot \sin(\alpha(t)) + \frac{dP(t)}{dt} \cdot (E \cdot \cos(\alpha(t)) + \dot{\alpha}(t))}{P(t)}$$

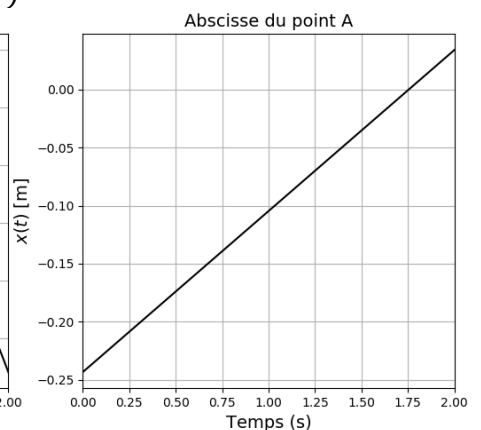
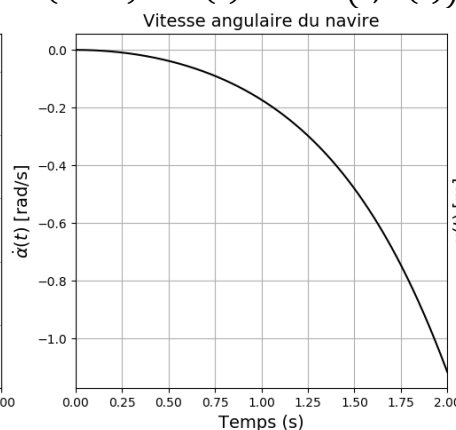
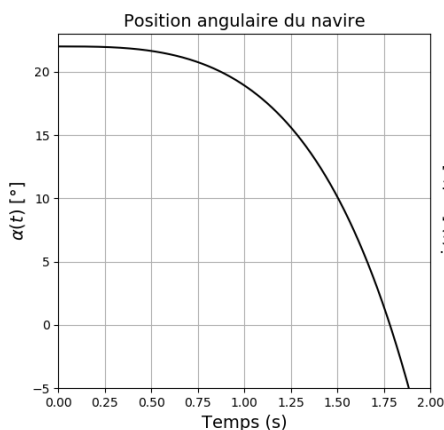
On définit les vecteurs suivants :

$$Y(t) = \begin{bmatrix} \alpha(t) \\ \dot{\alpha}(t) \end{bmatrix} \Rightarrow \frac{dY(t)}{dt} = F(t, Y(t)) = \begin{bmatrix} \dot{\alpha}(t) \\ \ddot{\alpha}(t) \end{bmatrix}$$

$$\frac{dY(t)}{dt} = \begin{bmatrix} Y(t)[1] \\ \frac{D \cdot \sin(Y(t)[0]) + \frac{dP(t)}{dt} \cdot (E \cdot \cos(Y(t)[0]) - Y(t)[1])}{P(t)} \end{bmatrix}$$

Conformément au schéma d'Euler explicite :

$$Y(t + 1) = Y(t) + dt \cdot F(t, Y(t))$$



**QUESTION B.1.8**

Feuille de copie

En s'appuyant sur l'ordre de grandeur des différentes vitesses de l'ensemble  $\varepsilon$  en fin de rétablissement, **conclure** quant à la nécessité de mettre en place une solution de liaison au sol qui ne soit pas infiniment rigide.

À la fin du rétablissement, c'est-à-dire au moment de l'impact, la vitesse de rotation autour du point  $O$  (quasiment confondu avec le point  $A$  à ce stade du mouvement) est de  $-0,788 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ .

On peut donc estimer l'énergie cinétique à dissiper :

$$E_{C_{\varepsilon/R_0}} = \frac{1}{2} \cdot m_{\varepsilon} \cdot (V_{G/R_0})^2 + \frac{1}{2} \cdot I_{G_{\varepsilon}}(\varepsilon) \cdot \dot{\alpha}^2$$

$$E_{C_{\varepsilon/R_0}} = \frac{1}{2} \cdot [5500 \times (1,11 \times 0,788)^2 + 18,1 \cdot 10^3 \times 0,788^2] \approx 7700 \text{ J}$$

On peut estimer l'accélération angulaire à  $-1,33 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2}$  du navire. Donc un point éloigné de :

$$l = \frac{9,81}{1,33} \approx 7,5 \text{ m}$$

du point de pivot subit la même décélération qu'en chute libre. C'est pratiquement le cas d'un passager qui se trouverait sur la plage avant du bateau.

Si la liaison au sol et la structure sont infiniment rigide, le risque existe de voir le véhicule "basculer" vers l'avant (rupture du contact en  $A$  et contact au point  $B$  uniquement). Sans évoquer des conséquences dramatiques telles que l'éjection d'un passager ou le retournement du navire, on peut imaginer l'inconfort généré par ce type de mouvement.

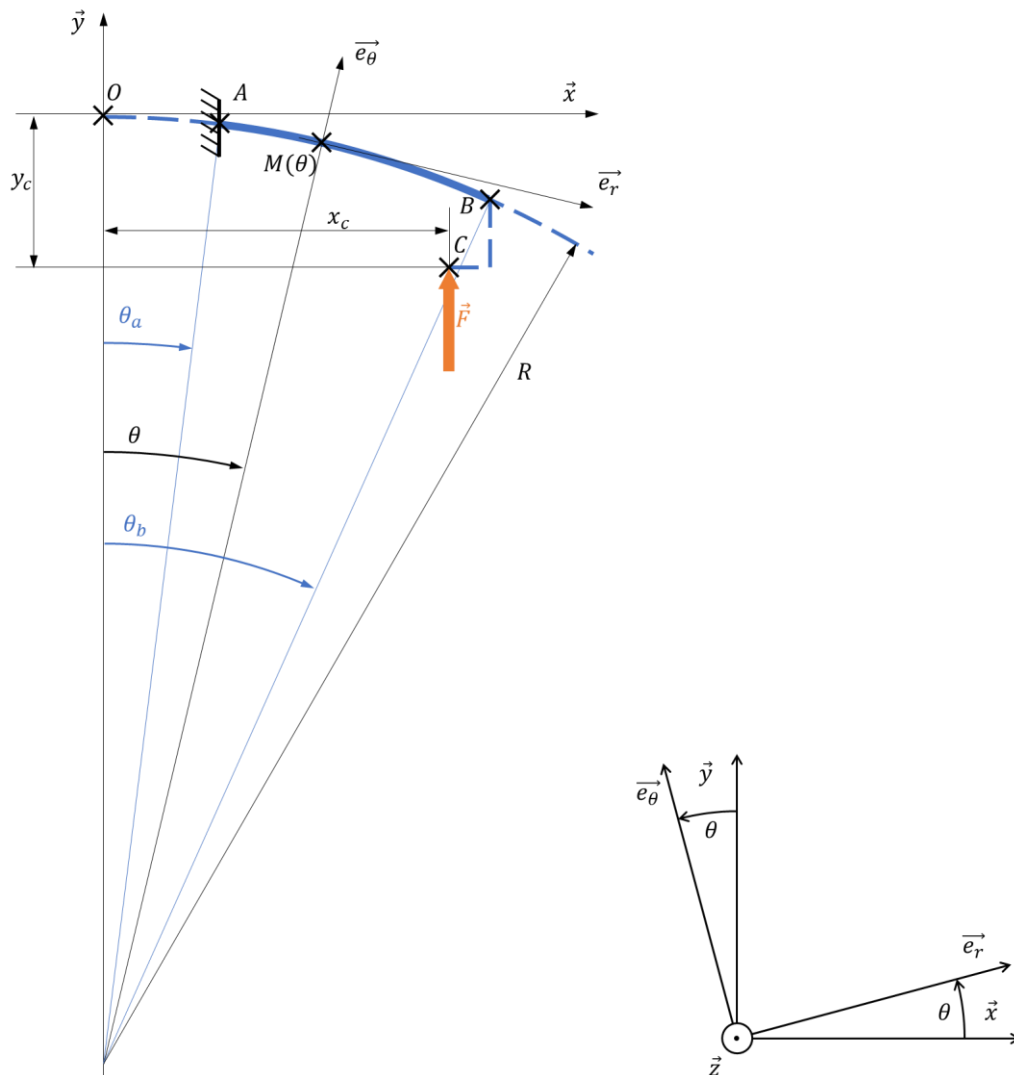
En envisageant une structure déformable pour les galets de guidage des chenilles, on peut bénéficier de deux avantages :

- Dissipation d'énergie de déformation si choix de matériau pertinent ;
- Franchissement plus "progressif" des obstacles.

QUESTION B.2.1  
DT7  
Feuille de copie

A partir de la modélisation partielle proposée sur le document technique DT7, **proposer** un modèle poutre faisant apparaître :

- la géométrie circulaire de la fibre neutre et les points caractéristiques définis sur le document technique ;
- un point d'étude, noté  $M(\theta)$ , qui servira à l'expression du torseur de cohésion, la base locale  $(\vec{e}_r, \vec{e}_\theta, \vec{z})$  avec  $\vec{e}_r$  tangent à la fibre neutre en  $M$ . L'angle  $\theta = (\vec{x}, \vec{e}_r) = (\vec{y}, \vec{e}_\theta)$  sera représenté ;
- les conditions aux limites et le chargement.



QUESTION B.2.2  
Feuille de copie

En ne considérant que le tronçon  $[AB]$ , **donner** l'expression du torseur de cohésion au point  $M(\theta)$  dans la base locale  $(\vec{e}_r, \vec{e}_\theta, \vec{z})$ . **Préciser** alors les sollicitations simples auxquelles est soumise la demi-lame.

Les valeurs de l'angle  $\theta$  sur le tronçon  $[AB]$  sont négatives, on a bien :

$$\vec{e}_r = \cos \theta \cdot \vec{x} + \sin \theta \cdot \vec{y} \text{ et } \vec{e}_\theta = -\sin \theta \cdot \vec{x} + \cos \theta \cdot \vec{y}$$

$$\vec{x} = \cos \theta \cdot \vec{e}_r - \sin \theta \cdot \vec{e}_\theta \text{ et } \vec{y} = \sin \theta \cdot \vec{e}_r + \cos \theta \cdot \vec{e}_\theta$$

On exprime les vecteurs :

$$\vec{OM} = R \cdot (\vec{e}_\theta - \vec{y}) = R \cdot (-\sin \theta \cdot \vec{x} + (\cos \theta - 1) \cdot \vec{y})$$

$$\vec{OC} = x_c \cdot \vec{x} - y_c \cdot \vec{y}$$

$$\vec{MC} \wedge \vec{F} = [(R \cdot \sin \theta + x_c) \cdot \vec{x} + (R \cdot (1 - \cos \theta) - y_c) \cdot \vec{y}] \wedge (F \cdot \vec{y}) = F \cdot (R \cdot \sin \theta + x_c) \cdot \vec{z}$$

D'où :

$$\{T_{coh}\} = \left\{ \begin{array}{l} F \cdot \sin \theta \cdot \vec{e}_r + F \cdot \cos \theta \cdot \vec{e}_\theta \\ F \cdot (R \cdot \sin \theta + x_c) \cdot \vec{z} \end{array} \right\}_{M(\theta)}$$

Les sollicitations auxquelles est soumis le tronçon  $[AB]$  sont :

- Compression ( $\sin \theta < 0$ )
- Cisaillement
- Flexion plane

QUESTION B.2.3  
DT7  
Feuille de copie

**Déterminer**, en fonction des seuls paramètres géométriques  $b$  et  $h$  fournies sur le document technique DT7 :

- $I_c$  le moment quadratique par rapport à l'axe  $(M, \vec{z})$  de l'ensemble des deux demi-lames en matériau composite ;
- $I_e$ , le moment quadratique par rapport à l'axe  $(M, \vec{z})$  de l'âme en élastomère.

Par soustraction des sections :

$$I_c = \frac{b \cdot (5 \cdot h)^3}{12} - \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{124 \cdot b \cdot h^3}{12}$$

Et :

$$I_e = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

QUESTION B.2.4  
DT7  
Feuille de copie

En précisant le raisonnement utilisé, **déterminer** le produit  $E \cdot I$  qu'aurait une poutre homogène dont le comportement en flexion serait identique à celui de la lame de suspension étudiée.

Le résultat sera exprimé en fonction de  $E_c$ ,  $E_e$  et des paramètres géométriques  $b$  et  $h$  de la section de la poutre.

A l'aide des valeurs de module d'Young proposées, **conclure** sur la contribution en raideur de l'âme élastomère. **Donner** au moins une justification à sa présence.

Les deux poutres ont le même chargement et le même déplacement, les fibres neutres restent confondues. Par analogie avec des ressorts en parallèle, les raideurs s'additionnent.

$$E \cdot I = E_c \cdot I_c + E_e \cdot I_e = \frac{b \cdot h^3}{12} \cdot (124 \cdot E_c + E_e)$$

Les valeurs lues sur le DT permettent d'écrire :

$$E_c \gg E_e$$

On a donc :

$$E \cdot I \approx \frac{124}{12} \cdot b \cdot h^3 \cdot E_c$$

La contribution sur la raideur en flexion de l'âme élastomère est complètement négligeable (de l'ordre de  $10^{-5}$ ).

Les élastomères permettent de dissiper l'énergie de déformation sous forme de chaleur, et introduisent donc le comportement d'un amortisseur dans la lame de suspension.

QUESTION B.2.5

Feuille de copie

Après **avoir précisé** clairement la démarche et les conditions aux limites utilisées pour la résolution, **déterminer** l'expression de la déformée  $v(s)$  de la demi-lame selon la direction  $\vec{e}_\theta$ .

$$Mf_z = F \cdot (R \cdot \sin \theta + x_c) = F \cdot \left( R \cdot \sin \left( \frac{s}{R} \right) + x_c \right)$$

Calcul de la déformée :

On retient les conditions initiales :  $v'(s_a) = v(s_a) = 0$  (encastrement en A)

$$E.I. v''(s) = F \cdot \left( R \cdot \sin \left( \frac{s}{R} \right) + x_c \right)$$

$$E.I. v'(s) = F \cdot \left( A + x_c \cdot s - R^2 \cdot \cos \left( \frac{s}{R} \right) \right)$$

$$A = R^2 \cdot \cos \left( \frac{s_a}{R} \right) - s_a \cdot x_c$$

$$E.I. v(s) = F \cdot \left( B + A \cdot s + \frac{x_c}{2} \cdot s^2 - R^3 \cdot \sin \left( \frac{s}{R} \right) \right)$$

$$B = R^3 \cdot \sin \left( \frac{s_a}{R} \right) - s_a^2 \cdot \frac{x_c}{2} - A \cdot s_a$$

$$v(s) = \frac{F}{E.I} \cdot \left( B + A \cdot s + \frac{x_c}{2} \cdot s^2 - R^3 \cdot \sin \left( \frac{s}{R} \right) \right)$$

QUESTION B.2.6

Feuille de copie

**Donner** l'expression en B, dans la base  $(\vec{e}_{rB}, \vec{e}_{\theta B}, \vec{z})$  du torseur correspondant au petit déplacement de la section droite située au point B lors de la déformation de la lame. On le notera :

$$\{\delta_B\} = \left\{ \begin{array}{c} \vec{\alpha}_B \\ u_B(B) \end{array} \right\}_B = \left\{ \begin{array}{cc} \alpha_{rB} & u_{rB}(B) \\ \alpha_{\theta B} & u_{\theta B}(B) \\ \alpha_{zB} & u_{zB}(B) \end{array} \right\}_{B, (\vec{e}_{rB}, \vec{e}_{\theta B}, \vec{z})}$$

En supposant que la pièce d'articulation du galet est infiniment rigide, **déterminer** le déplacement vertical (selon  $\vec{y}$ ) du point C noté  $\Delta_C$ . Effectuer l'application numérique.

En ne tenant compte que de la déformation de flexion :

$$v'(s) = \frac{F}{E.I} \cdot \left( A + x_c \cdot s - R^2 \cdot \cos \left( \frac{s}{R} \right) \right)$$

$$v(s) = \frac{F}{E.I} \cdot \left( B + A \cdot s + \frac{x_c}{2} \cdot s^2 - R^3 \cdot \sin \left( \frac{s}{R} \right) \right)$$

$$\{\delta_B\} = \left\{ \begin{array}{c} \vec{\alpha}_B \\ u_B(B) \end{array} \right\}_B = \left\{ \begin{array}{cc} 0 & 0 \\ 0 & v(B) \\ v'(B) & 0 \end{array} \right\}_{B, (\vec{e}_{rB}, \vec{e}_{\theta B}, \vec{z})}$$

Avec  $v'(B) = -6,15 \cdot 10^{-6} \text{ rad}$  et  $v(b) = 0,549 \cdot 10^{-6} \text{ m}$  pour une charge  $F = 1 \text{ N}$

$$\vec{OB} = R \cdot (\vec{e}_{\theta B} - \vec{y})$$

$$\vec{OC} = x_c \cdot \vec{x} - y_c \cdot \vec{y}$$

$$\vec{CB} = -x_c \cdot \vec{x} + (y_c - R) \cdot \vec{y} + R \cdot \vec{e}_{\theta B}$$

$$\vec{u}_B(C) = \vec{u}_B(B) + \vec{CB} \wedge \vec{\alpha}_B$$

$$\vec{u}_B(C) = v(B) \cdot \vec{e}_{\theta B} + (-x_c \cdot \vec{x} + (y_c - R) \cdot \vec{y} + R \cdot \vec{e}_{\theta B}) \wedge (v'(B) \cdot \vec{z})$$



$$\overrightarrow{u_B(C)} = v(B) \cdot \overrightarrow{e_{\theta_B}} + x_c \cdot v'(B) \cdot \vec{y} + (y_c - R) \cdot v'(B) \cdot \vec{x} + R \cdot v'(B) \cdot \overrightarrow{e_{rB}}$$

$$\Delta_c = \vec{y} \cdot \overrightarrow{u_B(C)} = v(B) \cdot \cos(\theta_B) + (x_c + R \cdot \sin(\theta_B)) \cdot v'(B)$$

$$\Delta_c \approx 0,612 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

QUESTION B.2.7

Feuille de copie

**Déterminer** alors l'expression puis la valeur numérique de la raideur équivalente  $k_c$  associée au déplacement vertical de chaque galet. **Préciser** les solutions constructives qui interviennent dans la dissipation d'énergie nécessaire à l'amortissement du mouvement.

On définit la raideur  $k_c = \frac{F}{\Delta_c} = 1,63 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$

Le comportement de l'élastomère n'est pas élastique linéaire. On a montré que sa contribution en raideur était négligeable. Sa propriété exploitée ici est la dissipation de l'énergie de déformation.

QUESTION C.1.1

DT8

Feuille de copie

On note  $\omega_r$  la vitesse de rotation du bras par rapport à la coque. En la supposant constante sur le cycle de déploiement, **calculer** sa valeur. **Exprimer** alors la vitesse de glissement, notée  $V$  au niveau du palier en fonction de  $\omega_r$  et des caractéristiques dimensionnelles du coussinet.

D'après le diagramme des exigences, on doit parcourir  $92^\circ$  et  $8 \text{ s}$

$$\omega_r = \frac{\Delta\theta_r}{\Delta t} = \frac{92 \cdot \frac{\pi}{180}}{8} = 0,200 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

Le diamètre intérieur est noté  $d_1$  :

$$V = \frac{d_1 \cdot \omega_r}{2}$$

QUESTION C.1.2

DT8

Feuille de copie

Pour les dimensions de paliers lisses présélectionnées sur le document technique DT8, **donner** les valeurs extrêmes que peut atteindre la vitesse de glissement  $V$ . **En déduire** le critère prépondérant de dimensionnement pour le palier.

Pour la gamme présélectionnée, on a :

$$35 \text{ mm} \leq d_1 \leq 75 \text{ mm}$$

$$3,5 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \leq V \leq 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

On voit sur les courbes charge / vitesse que pour des vitesses inférieures à  $10^{-2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  le seul critère à prendre en compte est la charge.

QUESTION C.1.3

DT8

Feuille de copie

Pour les gammes X et H de palier iglidur®, **déterminer** la section minimale que doit présenter le guidage en rotation pour résister à la charge radiale maximale.

On peut exprimer :

$$S_{min} = \frac{F_r}{Ch_{max}}$$

| GAMME X                       | GAMME H                       |
|-------------------------------|-------------------------------|
| $Ch_{max} = 120 \text{ MPa}$  | $Ch_{max} = 100 \text{ MPa}$  |
| $S_{min} = 2500 \text{ mm}^2$ | $S_{min} = 3000 \text{ mm}^2$ |

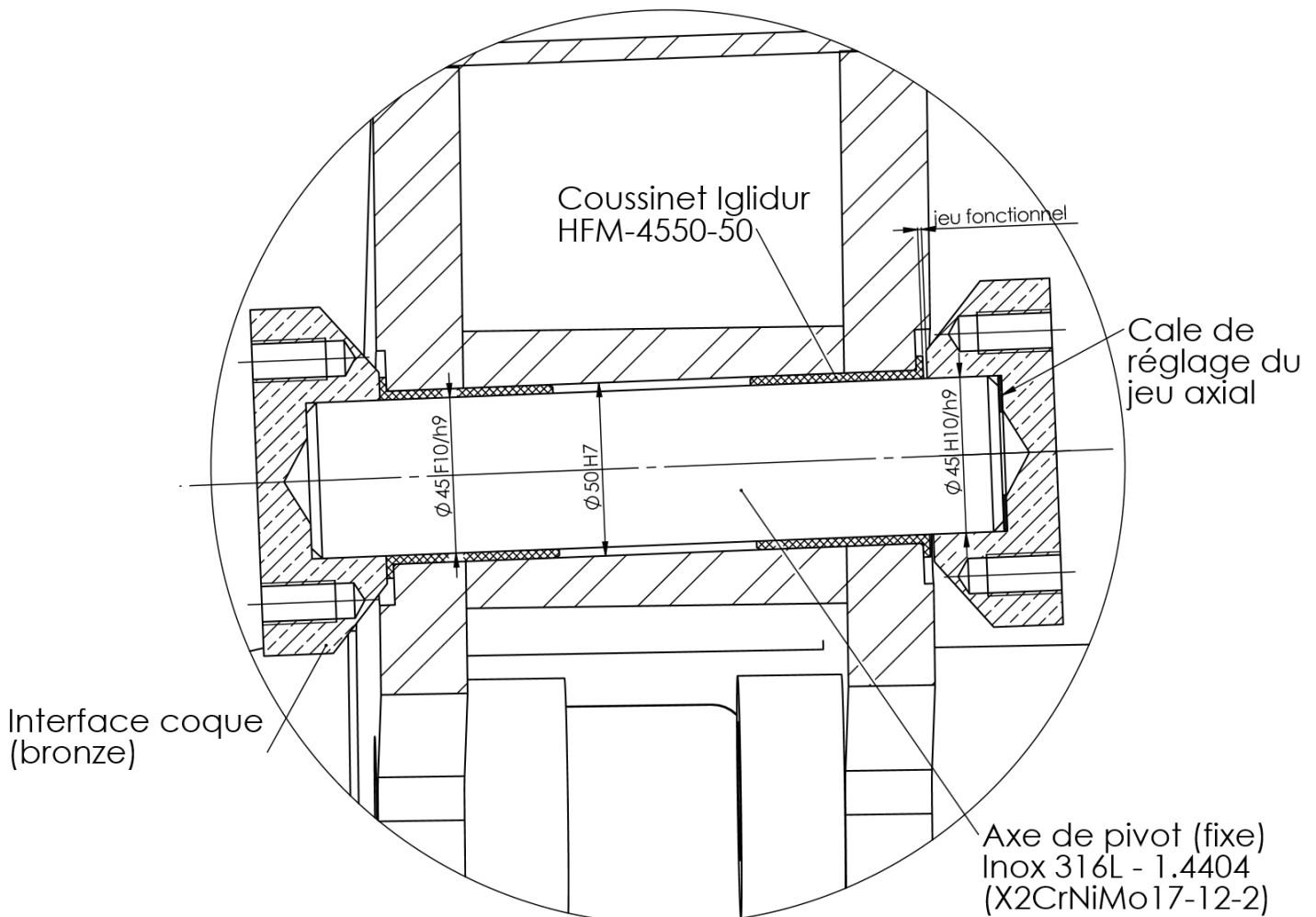
QUESTION C.1.4  
DT8  
Feuille de copie  
DR3

A partir des propositions de références fournies dans le document technique DT8, **déterminer** une architecture pour la liaison pivot :

- **représenter** la solution retenue sur le document réponse DR3 ;
- **préciser** les références des paliers lisses retenus ;
- **indiquer** les conditions fonctionnelles du montage.

Le tracé du document réponse DR3 invite à utiliser des paliers lisses de diamètre extérieur  $d_2 = 50 \text{ mm}$

Le choix de la gamme H semble plus indiqué pour l'utilisation en construction navale



On choisit donc deux paliers référence HFM-4550-50 qui présentent ainsi une surface projetée de  $2 \times 45 \times 50 = 4500 \text{ mm}^2$  soit un coefficient de sécurité de 1,5.

Les conditions fonctionnelles associées à un montage de palier lisse sont le montage serré dans l'alésage et glissant sur l'arbre. Le document technique indique un ajustement  $F10/h9$  sur l'arbre (avec jeu) et  $H7/d_{1+0,025/+0,125}$  qui correspond bien à un ajustement serré.

QUESTION C.1.5  
DT10  
Feuille de copie

Après avoir précisé la valeur notée 'XXXX' sur le dessin de définition du document technique DT10, liée aux choix constructifs précédents, **interpréter** la spécification dimensionnelle suivante  $\phi$  'XXXX' (E).  
**Proposer** un moyen de contrôle pour la vérifier.

Avec le palier lisse choisi, on a  $\phi 50H7$

La spécification proposée s'interprète de la manière suivante :

"tout bipoint mesuré diamétralement par rapport à l'axe du cylindre parfait associé à la surface réputée cylindrique doit être compris dans l'intervalle associé au  $\phi 50H7$  soit entre 50 mm et 50,025 mm."

Le principe de l'enveloppe impose qu'à l'état maximum de matière, un cylindre parfait de diamètre 50 mm doit pouvoir être contenu dans l'alésage.

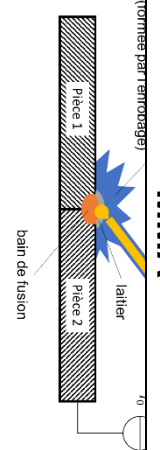
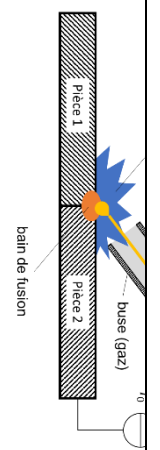
Ce type de cote bi-limite peut avantageusement être contrôlée en utilisant un calibre entre / n'entre pas.

QUESTION C.2.1

**Expliquer** à l'aide d'un schéma de principe, sur le document réponse DR4, les trois procédés de soudage à l'arc suivants :

DR4

- soudage à l'électrode enrobée MMA ;
- soudage MIG/MAG ;
- soudage TIG.

| QUESTION D.2.2  |   | QUESTION D.2.1  |  |
|---|---|---|--|
| INCONVENIENTS   | AVANTAGES   | DESCRIPTION   | SCHEMA   |
| <p>Peu productif.</p> <p>Projections de métal abondantes</p> <p>Non robotisable (électrode finie)</p>                                       | <p>Facilité de mise en œuvre matérielle.</p> <p>Grande polyvalence (positions, métaux soudables).</p> <p>Maîtrise du procédé aisée.</p> | <p>Procédé de base de la soudure à l'arc. L'électrode est de longueur finie (300 – 400 mm). La formation de laitier impose un nettoyage des</p>             | <p style="text-align: center;"><b>Électrode enrobée<br/>MMA</b></p>  <p style="text-align: center;"><i>Figure 2.</i></p> |
| <p>Installation plus lourde (gestion du gaz).</p> <p>Gamme de matériaux soudables moins étendue.</p> <p>Nécessite une main d'œuvre plus</p> | <p>Grande productivité.</p> <p>Qualité des soudures.</p> <p>Aisément robotisable.</p>   | <p>La dissociation de la protection gazeuse (MIG : inerte / MAG : active) et de l'électrode permet l'utilisation d'un fil fusible de diamètre limité et</p> | <p style="text-align: center;"><b>MIG / MAG</b></p>  <p style="text-align: center;"><i>Figure 3.</i></p>                |

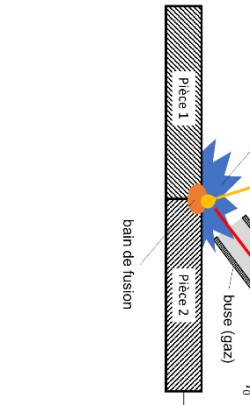
|  |  |   |   |
|--|--|---|---|
| <p>Très faible productivité.<br/>Coût linéaire élevé.<br/>Nécessite des opérateurs très qualifiés.</p> | <p>Excellente maîtrise de l'arc électrique (fines épaisseurs possibles)<br/>Gamme étendue de matériaux.<br/>Soudures étanches.</p> | <p>L'utilisation d'une électrode non fusible permet une excellente maîtrise de l'arc et rend optionnelle l'utilisation de métal d'apport.</p> |  |
|--|--|---|---|

Figure 4.

QUESTION C.2.2  
DT9  
Feuille de copie  
DR4

En s'appuyant sur des critères technico-économiques, **proposer** au moins deux avantages et deux inconvénients par procédé sur le document réponse DR4.  
Sur feuille de copie, **conclure** sur le (les) procédé(s) qui semble(nt) le plus approprié(s) pour l'assemblage des bras de l'IMS.

L'assemblage des nombreuses pièces qui composent l'IMS requiert un procédé suffisamment productif et adapté au matériau à souder (les alliages d'aluminium).  
On retiendra principalement le procédé MAG (sous atmosphère protectrice argon pur).  
On peut imaginer que certaines petites pièces soient assemblées par soudage TIG (source de courant alternatif pour les alliages d'aluminium) pour limiter les déformations tout en garantissant une bonne pénétration du cordon.

QUESTION C.2.3  
DT9  
Feuille de copie

**Proposer** une désignation d'alliage d'aluminium pour la réalisation des bras de l'IMS. La validation du triptyque produit – procédé – matériau reposera sur un minimum de 3 arguments issus du document technique DT9 .

Le feuillet 1/2 du document technique DT9 permet d'éliminer les familles d'alliages non apte au soudage (2000 – 4000 – 7000) et à considérer avec nuance la famille 6000 sujette à la fissuration et dont le coefficient de joint est assez faible.

L'utilisation en milieu marin amène à sélectionner la famille 5000, en privilégiant les alliages contenant plus de 3% de magnésium pour limiter l'apparition de fissuration.

Le feuillet 2/2 permet de réduire les recherches aux alliages 5083 et 5086 qui présentent un très bon comportement à l'atmosphère saline, une très bonne soudabilité ainsi qu'une assez bonne fragmentation des copeaux lors de l'usinage des surfaces fonctionnelles. (les alliages 5454 et 5754 contenant moins de 3% de magnésium, ils sont exclus de la sélection.

Usuellement, les structures nautiques en alliages d'aluminium sont réalisées avec les alliages 5083 et 5086 dans leur état d'écrouissage H111.

QUESTION C.3.1  
DT10  
Feuille de copie

En s'appuyant sur les fonctions assurées par les différentes surfaces fonctionnelles du bras tribord, **justifier** le choix des surfaces **A** et **B** comme éléments de référence sur le dessin de définition du document technique DT10.

Surface **A** : face intérieure de la tôle supérieure du bras de l'IMS, utilisée pour la mise en position des galets montés sur lames composites (fig. 16)

Surface **B** : face extérieure de la tôle latérale du bras de l'IMS, utilisée comme surface de mise en position du bras par rapport à la coque en position repliée. L'étendue de l'élément de référence **B** est limité aux zones de contact *B1* et *B2* des butées présentes sur la coque

QUESTION C.3.2  
DT10  
Feuille de copie

**Analyser et interpréter** la spécification  $\text{⌀} \text{ } \phi \text{ } 0.1 \text{ } \text{A} \text{ } \text{B}$  relative aux surfaces éléments de référence **A** et **B**. Donner la nature de l'élément de référence repéré **C**.

Type de spécification : Position (localisation)

Élément tolérancé : Axe de la surface nominalement cylindrique  $\text{⌀}180H11$

Élément de référence **A** : surface réputée plane

Élément de référence **B** : surface réputée plane

Référence spécifiée **A** : Plan tangent côté libre de matière minimisant le plus grand des écarts

Référence spécifiée **B** : Plan tangent côté libre de matière, perpendiculaire à la référence spécifiée **A**, minimisant le plus grand des écarts

Zone de tolérance : cylindre de diamètre  $\text{⌀}0,1$ , dont l'axe est :

- perpendiculaire à la référence spécifiée **B** (et parallèle à la référence spécifiée **A**)
- située à  $64 \text{ mm}$  de **A**
- située à  $(400) \text{ mm}$  de **B1**

L'élément de référence repéré **C** est la ligne nominalement rectiligne, axe de la surface nominalement cylindrique  $\text{⌀}180H11$

**Expliciter** la spécification associée à l'axe de pivotement du bras par rapport à la coque  $\oplus \phi 1.0 CZ \begin{matrix} A \\ B \\ C \end{matrix}$ . **Préciser** notamment les informations suivantes :

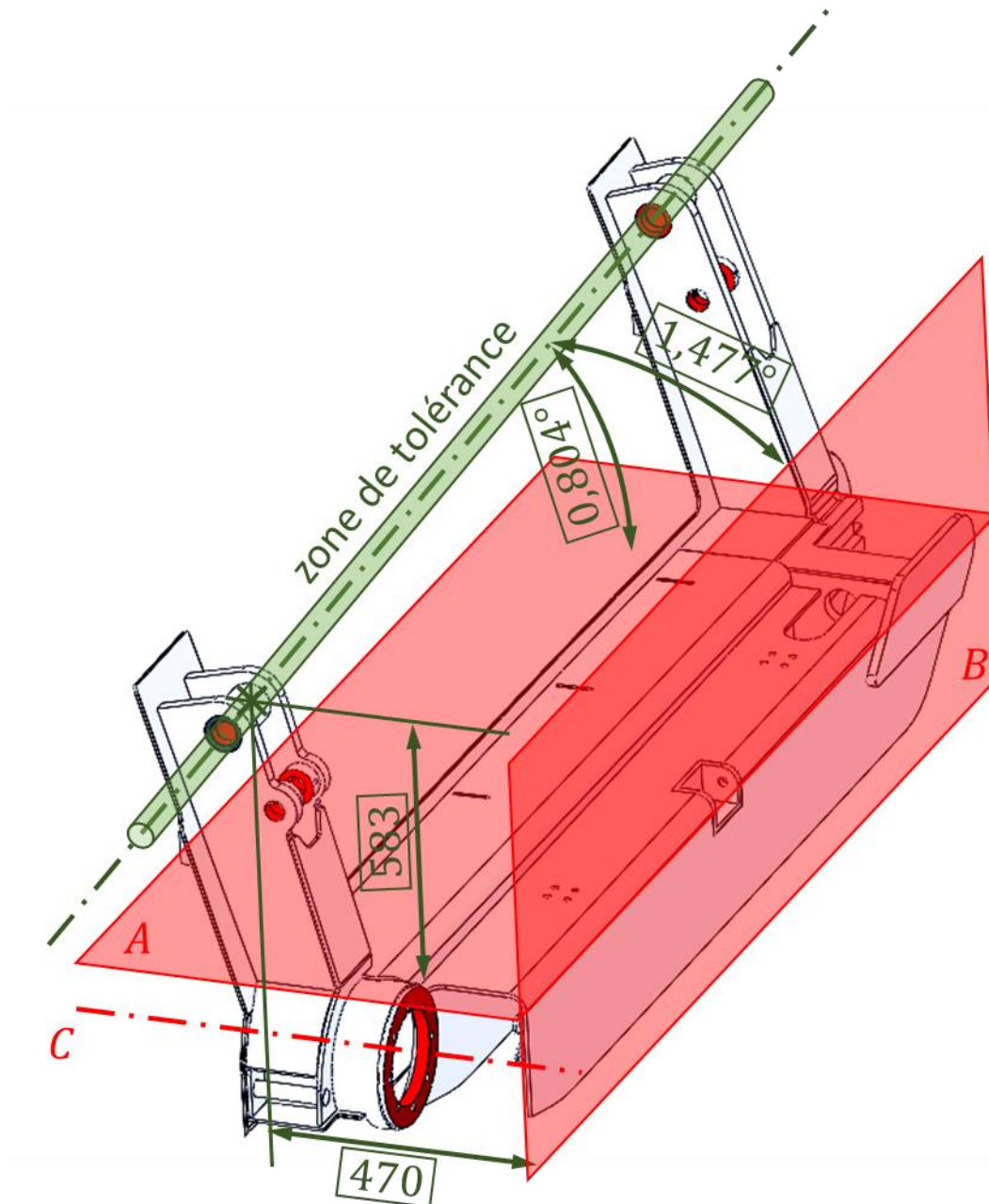
- la nature de l'élément tolérancé ;
- la nature des éléments de référence ;
- la construction des références spécifiées ;
- la forme et le positionnement par rapport aux références spécifiées de la zone de tolérance.

L'utilisation de schémas visant à expliciter tout ou partie des réponses proposées est vivement recommandée.

La spécification géométrique considérée est une localisation. Le critère d'validation est : "l'élément tolérancé doit être contenu dans la zone de tolérance"

| ÉLÉMENTS REELS   |  | ÉLÉMENTS IDEAUX  |                                    |   |
|--|--|--|------------------------------------|---|
| Élément tolérancé  | Éléments de référence  | Références spécifiées  | Forme de la zone de tolérance      | Position de la zone de tolérance  |
| Axe commun des deux surfaces réputées cylindriques $\phi 50H7$ | A : Surface réputée plane (face inférieure de la tôle horizontale)               | Référence $\boxed{A}$ : plan tangent côté libre de matière minimisant le plus grand des écarts   | Cylindre de diamètre $1\text{ mm}$ | Dont l'axe est :  |
|  | B : Surface réputée plane (face arrière de la tôle verticale sur la vue de face) | Référence $\boxed{B}$ : plan perpendiculaire à la référence spécifiée $\boxed{A}$ , tangent côté libre de matière minimisant le plus grand des écarts  |                                    | incliné de $0,804^\circ$ par rapport à la référence spécifiée $\boxed{A}$ ,   |
|  | C : ligne réputée rectiligne, axe d'une surface réputée cylindrique              | Référence $\boxed{C}$ : axe du plus grand cylindre inscrit dans la surface réputée cylindrique $\phi 180H11$ , dont l'axe est parallèle à la référence spécifiée $\boxed{A}$ , et perpendiculaire à la référence spécifiée $\boxed{B}$ |                                    | incliné de $1,477^\circ$ par rapport à la référence spécifiée $\boxed{B}$ ,   |
|  |  |  |                                    | et dont l'intersection de l'axe avec le plan perpendiculaire aux références spécifiées $\boxed{A}$ et $\boxed{B}$ , passant par $\boxed{C}$ se trouve : |
|  |  |  |                                    | à une distance de $583\text{ mm}$ par rapport à la référence spécifiée $\boxed{A}$ ,  |
|  |  |  |                                    | à une distance de $470\text{ mm}$ par rapport à la référence spécifiée $\boxed{B}$  |

Positionnement de la zone de tolérance par rapport au système de référence :



QUESTION C.3.4  
DT10  
Feuille de copie

**Proposer** une architecture de machine (nombre et disposition des axes et courses notamment) permettant de réaliser le plus simplement possible les surfaces proposées sur la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

L'analyse de la spécification à la question précédente a permis de mettre en évidence que l'axe de pivotement du bras n'est parallèle à aucune des surfaces de référence.

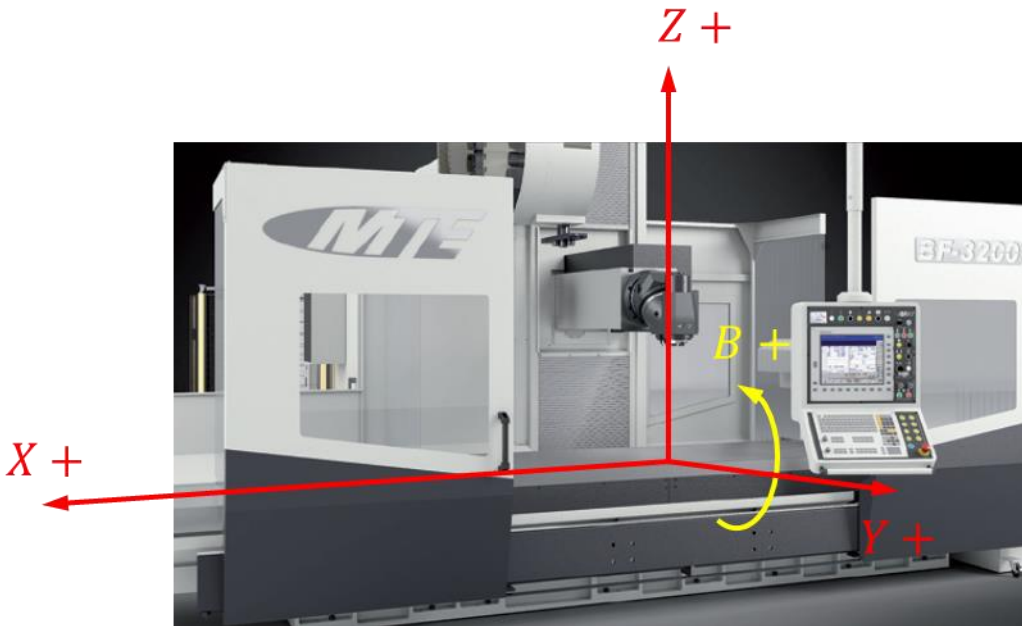
Un centre d'usinage disposant au minimum de 5 axes est nécessaire pour placer la broche dans l'axe des alésages à réaliser. (On suppose  $X$ ,  $Y$  et  $Z$  avec  $Z$  vertical et  $X$  selon la plus grande dimension de la pièce, et deux orientations selon  $B$  et  $C$ )

Les courses utiles sont approximativement 2500 mm sur  $X$ , 700 mm sur  $Y$  et 900 mm sur  $Z$ .



QUESTION C.3.5  
DT11  
Feuille de copie

Sur une vue en perspective reprenant approximativement l'orientation des photos du document technique DT11, **représenter** les 4 axes de déplacement continus dont dispose la machine.



QUESTION C.3.6  
DT10  
Feuille de copie

En raisonnant sur les positions et orientations relatives des surfaces usinées entre elles et par rapport aux surfaces de référence, **justifier** la nécessité d'employer un montage dédié pour réaliser l'usinage des surfaces proposées sur la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** en u ne seule phase sur la fraiseuse retenue.

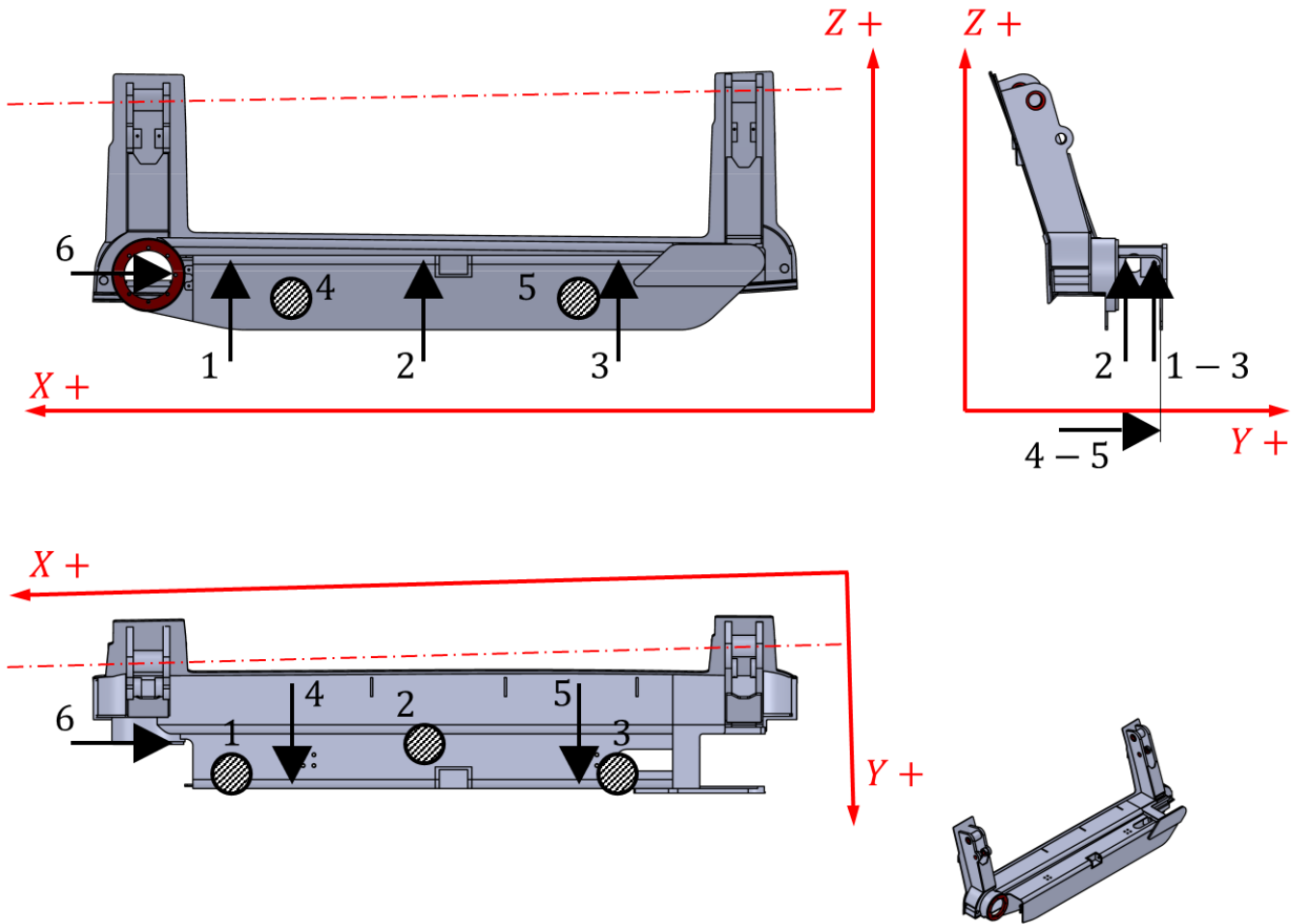
Le fait de ne disposer que d'un seul axe de rotation impose de positionner la pièce de sorte que l'axe de pivotement soit contenu dans le plan XZ à l'aide d'un montage d'usinage.

Remarque : Cette orientation ne permet plus l'usinage de la portée de bride du moteur roue, mais il peut être réalisé dans une phase précédente avec un positionnement de type "3 axes" car il est parallèle aux références A et B.

QUESTION C.3.7  
DT10

DR5

Sur le document réponse DR5, **proposer** une représentation des éléments de mise en position du bras tribord sur le montage d'usinage. **Représenter** sur les vues utilisées la position des trois axes de déplacement X, Y et Z ainsi que leurs orientations respectives par rapport à la pièce.



QUESTION C.3.8  
DT11  
Feuille de copie  
DR5

En considérant la sélection d'outils proposés sur le document technique DT11, **proposer** les opérations d'usinage qui permettent la réalisation des surfaces proposées sur la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Pour les portées d'axes de pivot et de vérin :

- Surfaçage des épaulements (Fraise 2T) ;
- Perçage ;
- Alésage (H7).

Pour la portée de bride du moteur :

- Surfaçage et alésage (H11) en contournage (Fraise 2T).

## Commentaires sur la composition des candidats

### Analyse de l'IMS et de son comportement

Remarques générales :

Comme dans la plupart des sujets de spécialité, les premières questions ont pour but d'amener le candidat à appréhender les spécificités du support de l'étude. Les problématiques proposées sont relativement courtes et permettent de balayer un spectre large de l'ingénierie mécanique. Les candidats doivent se montrer rigoureux sur les démarches employées, et ne pas sous-estimer les détails qui permettent de répondre parfaitement aux questions.

#### Question A.1.1

62% des copies n'obtiennent aucun point sur cette question. Beaucoup d'erreurs de méthode et/ou de calcul, ainsi que l'absence de commentaires sur le résultat obtenu en sont responsables.

#### Question A.1.2

Cette question n'a pas posé de difficulté particulière. Le jury s'étonne toutefois de trouver des réponses présentant jusqu'à 5 chiffres significatifs alors qu'elles sont issues d'une construction graphique.

#### Question A.1.3

Cette question ne présente pas de réelles difficultés, et n'a pas posé de soucis majeurs sur le plan technique. Toutefois, peu de candidats obtiennent la totalité des points à cause de négligences telles que la non-prise en compte des 4 vérins de l'IMS.

#### Question A.2.1

Question bien réussie par les 25% de candidats ayant un minimum de notions en représentation des schémas fluidiques.

#### Question A.2.2

La justification attendue ici était l'utilisation d'un servomoteur ayant une vitesse contrôlée. Peu de candidats ont été capables de fournir cet argument.

#### Question A.2.3

Sans attendre une connaissance fine des modèles multiphysiques dits acausaux, le jury s'étonne que seulement 8% des candidats obtiennent la note maximale. Les notions de grandeurs de flux et d'effort, ainsi que les unités associées sont la base du raisonnement scientifique employé en Sciences industrielles.

#### Question A.2.4

Lors des questions d'analyse, les candidats doivent être rigoureux et avoir une vision pédagogique pour retransmettre les informations importantes. Trop de candidats font une description sans analyse qui dénote une mécompréhension du fonctionnement du système.

#### Questions A.2.5 et A.2.6

Pour les deux composants proposés à l'analyse, les attentes n'étaient pas du tout les mêmes. En effet, la soupape est un composant basique des circuits fluidiques, empêchant toute surpression dans le circuit, et est en ce sens un basique que tout candidat devrait connaître. La valve d'équilibrage, si elle est rencontrée moins fréquemment, est un composant intégré à la quasi-totalité des vérins double effet.

### Questions A.3.1 et A.3.2

Les deux questions de cette sous partie visaient à étudier une répartition de pression variant linéairement selon une dimension de la surface de contact. Le raisonnement attendu était celui d'une modélisation locale, intégrée sur le domaine du contact pour obtenir les valeurs minimales et maximales. Seuls 3 candidats ont été en mesure d'obtenir la totalité des points de ces deux questions.

## **Partie B : Étude comportementale du navire amphibie en déplacement terrestre**

Cette partie s'intéressait à la phase de rétablissement au passage d'un tronçon de sol incliné à un tronçon de sol horizontal. On proposait dans un premier temps de modéliser le mouvement de rétablissement au travers d'une étude de dynamique. On s'intéressait ensuite à l'étude de la solution de lame déformable utilisée pour la liaison au sol du navire. Le jury s'étonne du peu de réussite de l'ensemble des candidats sur cette partie qui relève de la spécialité choisie à l'inscription (réussite moyenne de 8% sur la partie B)

### Question B.1.1

Cette première question, qui se voulait un grand classique des problèmes de statique et de dynamique, n'a permis qu'à 29% des candidats d'obtenir la totalité des points. Si la moitié des copies propose une formule de calcul des coordonnées du barycentre correcte, les nombreuses erreurs d'application numériques et le manque de recul sur les résultats obtenus, ont donné lieu à des valeurs farfelues.

### Question B.1.2

Cette question, pourtant simple, n'a été que peu traitée, et seuls 12% des candidats ont obtenu des points. S'agissant d'un mouvement rectiligne uniforme, il suffisait d'appliquer un PFS pour obtenir l'action du sol comme opposé du poids de l'ensemble.

### Question B.1.3

Liée à la question précédente, cette question n'a été que peu traitée et a vu un nombre important de résultats incohérents (valeurs négatives ou supérieures à la longueur des chenilles).

### Question B.1.4

Il s'agissait ici d'appliquer directement le théorème de Huygens pour un moment d'inertie. Le jury est étonné de voir que ce théorème ne semble pas connu d'une partie des candidats.

### Question B.1.5

Trop peu de candidats répondent à cette question pourtant simple. L'intégration d'un polynôme n'est pas acquise et l'utilisation des conditions initiales non plus.

### Question B.1.6

Trop peu de candidats ont l'idée d'utiliser le TMD, c'est pourtant l'outil qui permet de mettre en relation les actions mécaniques extérieures et les paramètres du mouvement. Dans les quelques copies qui s'y risquent, on note un gros manque de rigueur dans les notations (solide isolé, théorème, point de calcul, expression du moment dynamique ...).

### Question B.1.7

Question non traitée par la majorité des candidats

### Question B.1.8

RAS

#### Question B.2.1

Traitée par la moitié des candidats, cette question n'a pas été totalement réussie. De manière assez récurrente, les candidats ne répondent pas à la totalité des items précisés dans la question.

#### Question B.2.2

Les candidats qui ont abordé cette question montrent la plupart du temps des lacunes sérieuses en Résistance des Matériaux et/ou font des erreurs de projection dans le calcul de moment fléchissant.

#### Question B.2.3

Si l'expression du moment quadratique d'une poutre de section rectangulaire centrée sur la fibre neutre est souvent restituée par cœur, très peu de candidats sont capables d'arriver à l'expression attendue, par addition / soustraction de surfaces simples.

#### Question B.2.4

Pour les candidats n'ayant pas commis d'erreurs à la question précédente, cette question n'a pas présenté de difficulté particulière.

#### Question B.2.5

La plupart des candidats ont pu donner l'expression de la dérivée seconde par rapport à l'abscisse curviligne en fonction du moment fléchissant, mais l'expression finale de la déformée était conditionnée par la réussite de la question B.2.2.

Questions B.2.6 et B.2.7 : Questions généralement non traitées par les candidats

### **Partie C : Étude de conception et d'industrialisation du bras tribord**

Cette partie du sujet proposait une approche globale liée à la conception et à la mise en production d'un bras de l'IMS. Si les connaissances fines liées aux différents procédés de fabrication et aux matériaux n'étaient pas attendus, le jury attendait ici, de la part des candidats, une réelle prise en compte des spécificités liées au produit étudié. Il s'agit ici essentiellement du milieu marin et de la production en petite série.

#### Question C.1.1 et C.1.2

Si le calcul de vitesse moyenne n'a pas posé de soucis particuliers, il semble que certains candidats souhaitent absolument proposer une valeur numérique pour la vitesse de glissement, alors même qu'à ce stade du raisonnement, aucun composant n'a été sélectionné. Le jury conseille donc aux candidats d'appréhender le raisonnement attendu en raisonnant par ensemble de questions plutôt qu'en cherchant à les traiter "à l'unité".

Pour la gamme présélectionnée, la démarche proposée permettait de mettre en évidence que la vitesse de glissement restait très faible, c'est donc la pression de contact qui devenait le critère prépondérant. S'agissant d'un composant basique des conceptions mécaniques, le jury s'étonne du manque de recul sur les critères de dimensionnement, alors même qu'ils étaient rappelés en annexe.

#### Questions C.1.3 et C.1.4

Ces deux questions devaient permettre de choisir une référence de palier en lien avec la charge radiale. Le jury est surpris de voir qu'un grand nombre de candidats utilisent la surface frontale du palier, et non pas la surface projetée.

Concernant l'implantation des paliers, la majorité des propositions ont été trop superficielles et manquaient de soin. A ce niveau de recrutement, il est en effet impossible d'attribuer des points à des solutions trop partielles (axe non représenté), ne respectant pas les dimensions des paliers, ou ne faisant pas apparaître les jeux et ajustements nécessaires au bon fonctionnement de la liaison pivot ainsi conçue.

#### Question C.1.5

L'interprétation d'une spécification dimensionnelle demeure un point compliqué et peu de réponses satisfaisantes sont données. Il s'agit pourtant du cœur de métier de la plupart des STS où des professeurs agrégés de la spécialité ingénierie mécanique sont amenés à enseigner.

#### Question C.2.1 et C.2.2

Sans attendre de compétences fines sur la connaissance des procédés de soudage à l'arc, le jury souhaitait ici mettre en valeur les candidats qui étaient capables d'expliquer succinctement les spécificités de ces 3 procédés. Le jury a particulièrement apprécié les quelques candidats qui ont proposé des schémas descriptifs de qualité, soucieux de l'objectif didactique.

L'analyse des avantages / inconvénients avait surtout pour but d'argumenter le choix de procédé pour l'assemblage de l'IMS. A ce titre, les candidats qui restent trop vagues dans leurs descriptions ont souvent du mal à justifier leur choix de manière rationnelle.

#### Question C.2.3

L'analyse des documents fournis devait permettre d'aboutir aux deux alliages employés quasi systématiquement en construction navale (5083 et 5086). Beaucoup de réponses montrent une lecture beaucoup trop superficielle des ressources. Au niveau de recrutement que représente ce concours, les candidats doivent comprendre que seules les réponses argumentées et reposant sur une analyse scientifique et technique solide sont en mesure d'être valorisées.

#### Question C.3.1, C.3.2 et C.3.3

Cette série de questions, devait permettre, par le biais de l'analyse de spécifications géométriques, de mettre en évidence la géométrie particulière du bras de l'IMS (axe de pivotement incliné selon 2 directions par rapport aux plans de référence).

Les arguments permettant de justifier les deux premières surfaces de référence se trouvant dans le texte du sujet ont permis à la majorité des candidats de proposer une réponse juste.

L'analyse de spécifications géométriques proposée n'a été traitée que par la moitié des candidats. Les réponses fournies sont souvent incomplètes et ne reflètent pas une bonne maîtrise des concepts associés (notions de skin modèle, critères d'association...). Le jury s'étonne du faible nombre de candidats qui proposent des réponses complètes et structurées, il s'agit pourtant du cœur de métier de l'ingénierie mécanique, et du trait d'union entre les champs de la conception, et ceux de l'industrialisation.

#### Question C.3.4

Cette question a permis de valoriser les rares candidats qui avaient tenu un raisonnement rigoureux sur l'analyse de la géométrie du bras de l'IMS.

#### Question C.3.5 et C.3.6

Au travers de ces questions, abordées par moins d'un tiers des candidats, le jury voulait mettre en valeur les candidats ayant des connaissances sur l'architecture des machines-outils et le posage des pièces. Les documents techniques proposés permettaient de proposer une réponse satisfaisante à la question C.3.5, alors que la question C.3.6 nécessitait d'avoir relevé la nécessité d'orienter les surfaces à usiner pour les rendre accessibles par la machine retenue.

#### Question C.3.7

Le jury attendait ici une proposition de mise en position isostatique en cohérence avec les surfaces de référence proposées. Quelques candidats, certainement rompus à cet exercice, ont pu être valorisés. S'agissant de la fin du sujet, il est illusoire de penser que quelques normales de contact posées en urgence sur le document réponse sont susceptibles de rapporter des points.

#### Question C.3.8

Cette question permettait de valoriser les candidats disposant d'une culture technologique sur l'ordonnancement des différentes opérations d'usinage au sein d'une phase.

# ÉPREUVE D'ACTIVITÉ PRATIQUE ET D'EXPLOITATION PÉDAGOGIQUE

## Coefficient 2 – Durée 6 heures

Cette épreuve de coefficient 2 se déroule sur une durée totale de 6 heures réparties comme suit :

- activités pratiques : 4 heures ;
- préparation de l'exposé : 1 heure ;
- exposé : 30 minutes maximum ;
- entretien avec les membres de jury : 30 minutes maximum.

Dans l'option choisie « Ingénierie Mécanique », le candidat a déterminé, au moment de l'inscription, un domaine d'activité parmi les deux proposés ci-après : "conception des systèmes mécaniques" ou "industrialisation des systèmes mécaniques" pour l'option sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie mécanique. De ce fait, les activités pratiques durant l'épreuve prennent en compte le domaine d'activité déterminé au moment de l'inscription.

Concernant l'évaluation, 10 points sont attribués à la première partie liée aux activités pratiques et 10 points à la seconde partie liée à l'exposé oral scientifique et pédagogique. Ces deux parties sont évaluées de façon indépendante. La première partie est évaluée par le ou les membres de jury qui ont suivi le candidat durant les activités pratiques proposées au candidat. La deuxième partie est évaluée par les membres de jury à partir de l'exposé du candidat et de l'entretien avec celui-ci.

Les membres de jury disposent d'une grille d'aide à la décision et à l'évaluation des compétences démontrées par le candidat pour chacune de ces deux parties distinctes.

Pour la première partie est évalué chez le candidat, sa capacité à :

- mettre en œuvre des matériels et équipements ;
- conduire une expérimentation ;
- conduire une analyse de fonctionnement d'un mécanisme ou produit, d'une solution technologique, d'un procédé, d'un processus ;
- exploiter des résultats obtenus ;
- exploiter les données ou informations échangées en interaction avec le membre de jury qui suit le candidat ;
- formuler des hypothèses et/ou des conclusions ;
- imaginer la séquence pédagogique qui sera présentée en deuxième partie.

De fait, le support de l'activité pratique proposée permet, à partir d'une analyse systémique globale, l'analyse d'un problème technique particulier et relatif à la spécialité de l'agrégation. Pour mettre en œuvre les matériels ou les équipements, des systèmes informatiques de pilotage, de traitement de données, de simulation, de représentation sont associés. L'opérationnalité sur un matériel ou un logiciel spécialisé n'est pas exigée.

Pour la deuxième partie le candidat est évalué sur sa capacité à :

- analyser la démarche expérimentale mise en œuvre en TP ;
- décrire une séquence de formation pour un objectif pédagogique imposé ;
- communiquer.

Le candidat est amené au cours de sa présentation orale à expliciter et analyser sa démarche méthodologique, à mettre en évidence les informations, données et résultats issus des

investigations conduites au cours des activités pratiques qui lui ont permis de répondre à la problématique étudiée et construire sa proposition pédagogique.

La proposition pédagogique attendue, directement liée aux activités pratiques réalisées, s'inscrit dans le cadre des programmes de cycle terminal pré-baccalauréat, BTS, BUT relatifs aux champs couverts par l'option choisie. Pour un objectif pédagogique imposé, à un niveau de classe donné, la conception de la séquence de formation suppose de présenter de manière détaillée un ou plusieurs points-clefs des séances de formation constitutives. Elle prend appui sur les investigations et les analyses effectuées au préalable par le candidat au cours des activités pratiques.

Au cours de l'entretien, le candidat est conduit plus particulièrement à préciser certains points de sa présentation ainsi qu'à expliquer et justifier les choix de nature didactique et pédagogique qu'il a opérés dans la construction de la séquence de formation présentée.

### **Déroulement détaillé de l'épreuve :**

Cette épreuve de 6 heures comporte donc 3 phases distinctes :

- phase 1 : activités pratiques, mise en œuvre des systèmes techniques et équipements et logiciels associés, et conception d'une séquence de formation (durée 4 heures) ;
- phase 2 : préparation de l'exposé dans une salle dédiée (durée 1 heure) ;
- phase 3 : exposé et entretien (durée 1 heure).

Le terme « système technique » doit être compris au sens large, les thèmes ou supports des activités pratiques proposées sont contextualisés, en référence à un système technique ou en référence à un produit extrait d'un support ou système technique.

L'utilisation d'une calculatrice est autorisée conformément aux textes et circulaires en vigueur. Durant l'épreuve, les candidats ont accès à un ensemble de ressources numériques. Les candidats disposent d'une tablette (système d'exploitation ANDROID) utilisable durant toute la durée de l'épreuve (accès à des ressources photo, vidéos, des animations préparées par les membres de jury, possibilités de prendre des photos ou vidéos pendant les activités pratiques). Durant l'épreuve, le candidat n'est pas autorisé à communiquer, par quelque moyen que ce soit, avec toute personne étrangère au concours et qui n'aurait pas la qualité de membre de jury.

### **Phase 1 :**

Cette phase se déroule au sein du plateau technique où sont mis à disposition des candidats les différents matériels, équipements et supports ou systèmes étudiés. Mobilisés au cours de cette première partie, ces moyens permettront aux candidats de proposer une séquence pédagogique.

**La séquence pédagogique qui sera proposée à l'initiative du candidat doit être liée aux activités pratiques réalisées.**

### **Cette phase se déroule en 3 parties :**

Première partie (durée indicative ≈ 0h30)

Le candidat est accueilli par un membre de jury. Il est invité à mettre en œuvre les matériels, supports et équipements associés aux activités pratiques de pilotage, d'expérimentation, de traitement, de simulation, de représentation afin d'acquérir rapidement une certaine autonomie dans les activités pratiques proposées. Dans cette partie, les activités proposées ont pour objectif de faciliter l'appropriation du support et de l'environnement du TP. Le membre de jury qui suit le candidat s'attache, durant cette partie à faciliter, pour le candidat, la prise en main des matériels et logiciels associés aux activités pratiques. Le ou les membres de jury qui suivent le candidat durant l'épreuve vérifient que celui-ci s'est correctement approprié la problématique et les différentes activités proposées.



## Deuxième partie (durée indicative et conseillée ≈ 2h00)

Le candidat doit d'abord s'organiser. Il lui appartient de répondre aux questions posées afin de résoudre les problèmes mis en évidence dans le cadre des différentes activités pratiques proposées. Ces activités et ces questions peuvent conduire le candidat à analyser le fonctionnement d'un produit, système ou solution technique, à analyser un procédé, un processus de réalisation, à analyser et vérifier les performances d'un système technique.

Le candidat doit donc planifier et répartir son temps, mobiliser ses connaissances et compétences pour résoudre le ou les problèmes mis en évidence. Dans le cadre d'une démarche technologique et/ou scientifique, le candidat doit démontrer sa capacité à formuler des hypothèses, à modéliser, à expérimenter, à organiser et exploiter des résultats obtenus au cours des activités pratiques et à caractériser les écarts constatés entre les réponses mesurées et/ou simulées.

Le candidat dispose de l'ensemble des moyens, données et ressources nécessaires aux activités proposées. S'il souhaite en disposer d'autres, il doit en faire la demande auprès des membres de jury qui décideront de l'opportunité, pour le candidat, d'en disposer.

## Troisième partie (durée indicative et conseillée ≈ 1h30)

Le candidat doit concevoir une séquence de formation pour un objectif pédagogique imposé (tout ou partie de compétences visées extraites des référentiels et programmes en vigueur), à un niveau de classe donné. Les membres de jury qui seront amenés à s'entretenir et à interroger le candidat, attendent de celui-ci la démonstration de sa capacité à exploiter le contexte qui lui a été proposé durant les activités pratiques, à exploiter les données et ressources fournies, mais aussi à exploiter les résultats obtenus au cours des activités pratiques pour alimenter la conception de sa séquence pédagogique. La proposition doit prendre appui sur ces données et ressources disponibles, sur les investigations, les problèmes qui étaient à résoudre et les analyses qu'il a pu conduire et sur les référentiels des diplômes.

Le candidat dispose durant toute la durée de l'épreuve d'un moyen de stockage, avec les données et ressources ou archives numériques fournies, sur lequel il peut sauvegarder ses propres résultats.

Remarque : Les membres de jury font le constat que cette partie est souvent peu investie, partie qui est pourtant une étape essentielle et le fil conducteur de la finalité du TP. Il est rappelé que cette partie conditionne l'évaluation du candidat lors de l'exposé oral.

### **Phase 2 : durée 1 heure, en salle de préparation (mise en loge)**

Cette phase se déroule dans une salle mise à disposition du candidat. Il dispose d'un poste informatique équipé des logiciels de bureautique les plus courants afin de finaliser la mise en forme des éléments de sa séquence pédagogique et de continuer à préparer son exposé. Le candidat dispose uniquement des données fournies et des résultats obtenus qu'il aura pris le temps de sauvegarder durant la première phase.

Durant cette phase de préparation en loge, le candidat n'a plus accès aux matériels, systèmes et moyens mobilisés durant les 4 premières heures.

Le candidat dispose à l'issue de ces 4 heures de quelques minutes pour accéder à la salle de jury, installer et régler les moyens de présentation mis à sa disposition et tester sa présentation.

### **Phase 3 : durée une heure maximum, en salle de jury**

Le candidat dispose d'un poste informatique équipé des principaux logiciels de bureautique, d'un vidéo projecteur relié à cet équipement informatique et d'un tableau blanc. Il peut mobiliser le support sur lequel il aura sauvegardé les données, ses résultats ainsi que sa présentation.

L'exposé oral du candidat d'une durée maximale de 30 minutes doit comporter :

- une présentation du système ou du produit étudié et de la problématique associée (durée conseillée 5 minutes) ;
- une synthèse des résultats obtenus ainsi que la démarche permettant de répondre à la problématique proposée durant la deuxième phase de la première partie (durée conseillée 10 minutes) ;
- une présentation de la séquence pédagogique conçue et détaillée (durée conseillée 15 minutes).

Le candidat est invité, au cours de sa présentation orale, en appui de la présentation numérique qu'il aura préparée et à l'aide des ressources et données fournies et organisées, à expliciter et justifier sa démarche, la méthode, les informations mobilisées dans le cadre de ses activités pratiques et de ses investigations, les éléments qui lui permettent de construire et de proposer ultérieurement une séquence pédagogique.

Il appartient ensuite au candidat de présenter sa séquence pédagogique, l'articulation des différentes modalités d'enseignement retenues, les moyens utilisés, la description des activités des élèves ou étudiants, les ressources mobilisées, la stratégie pédagogique envisagée ainsi que les conditions d'évaluation. À l'approche du temps imparti, le candidat sera invité à conclure.

L'entretien avec les membres de jury dure 30 minutes au maximum. Au cours de cet entretien, le candidat est interrogé et invité à préciser, à justifier et/ou à développer certains points de sa présentation, tant sur les aspects techniques et scientifiques en lien avec les activités pratiques réalisées que sur ses choix en matière de didactique et de pédagogie pour la séquence pédagogique proposée.

### **Thèmes et études proposées à la session 2022 :**

- étude énergétique d'une chaîne de transmission de puissance d'un véhicule;
- étude de pré-industrialisation d'un produit mécanique, qualification d'un processus d'usinage;
- étude de qualification et optimisation d'une phase de production ;
- étude d'une commande en position ;
- influence des paramètres d'un procédé de moulage sur les caractéristiques des pièces obtenues;
- caractérisation mécanique du matériau d'un produit mécanique obtenu par forgeage ;
- étude d'un dispositif de compensation mécanique sur un système motorisé
- métrologie et qualification d'un constituant mécanique ;
- évaluation des caractéristiques dynamique d'un système robotique.

Sont décrites ci-dessous des exemples d'activités demandées aux candidats sur les différents thèmes et études proposées :

- étude et modélisation d'un dispositif de compensation mécanique sur un système motorisé , évaluation de performances à partir de mesures sur un système instrumenté, mise en place d'une loi de comportement à partir de mesures sur le système réel, simulation à partir d'un modèle multiphysique, modélisation cinématique, mise en place d'une loi à partir d'un logiciel de simulation mécanique, synthèse, analyse des écarts ;
- étude du comportement cinématique et dynamique d'un système asservi en position, description d'un système pluri-technique de type "maitre-esclave" avec les outils de

l'ingénierie système, modélisation du comportement cinématique et analyse du tracé d'une résolution informatique, mise en œuvre d'un protocole expérimental et caractérisation des écarts entre le réel et le modèle simulé, modélisation du comportement dynamique à l'aide d'un logiciel multiphysique, caractérisation des écarts entre le réel et le modèle simulé, synthèse et conclusion sur la capacité à répondre aux exigences imposées par le cahier des charges ;

- étude de pré-industrialisation d'un produit mécanique, qualification de processus : caractéristiques du matériau, étude et justification de la relation produit matériau procédé, mise en œuvre d'un protocole expérimental à partir d'une table d'expérimentation, détermination de données, modélisation puis simulation logicielle du comportement, vérification de spécifications géométriques et dimensionnelles, optimisation, synthèse et conclusion sur la capacité à qualifier un processus en pré industrialisation ;
- étude de qualification et optimisation d'une phase de production : analyse de spécifications, évolution d'une gamme de fabrication fournie et justification au regard de contraintes technico-économiques, détermination d'une campagne d'essais, analyse et modélisation du comportement d'une pièce sous efforts de serrage, définition des paramètres de mise en œuvre en vue de la réalisation de la pièce, comparaison et analyse des résultats prévisionnels et réels ;
- comparaison de l'autonomie énergétique de deux systèmes, l'un en situation réelle et l'autre en situation de laboratoire : détermination de l'autonomie d'un système en situation réelle et en laboratoire, proposition d'un cas type d'utilisation afin d'effectuer une expérimentation in situ, comparaison de modèles dans différentes phases de vie, utilisation d'une loi de mouvement afin de quantifier un paramètre du modèle à partir de résultats expérimentaux, comparaison modèle/réel dans différentes phases d'utilisation ;
- pré-dimensionnement d'une chaîne de transmission mécanique réversible sur des critères énergétiques : identification des enjeux sociétaux d'un produit, analyse de modèles numériques puis de résultats de simulations, justification et mise en œuvre d'un protocole expérimental, vérification de performances par étude des écarts entre le réel et le modèle, détermination expérimentale de performances énergétiques ;
- influence des paramètres de mise en œuvre d'un alliage et conception d'un produit mécanique : caractéristiques du matériau, étude et justification de la relation produit-matériau-procédé, détermination de données, mise en œuvre d'un protocole expérimental simulé à partir d'une table d'expérimentation, modélisation puis simulation logicielle du procédé, modélisation puis simulation logicielle du comportement mécanique, optimisation de structure, conception sur modèleur 3D ;
- caractérisation mécanique du matériau d'un produit mécanique obtenu par forgeage : évolution des caractéristiques mécaniques du matériau au cours de sa mise en forme, étude et justification de la relation produit matériau procédé ;
- étude de solutions constructives dans un contexte technico-économique : analyse de l'évolution de la cinématique, des choix des solutions techniques, du triptyque produit / procédé /matériaux et du dimensionnement dans un contexte d'évolution technico-économique.

Quelques remarques récurrentes par rapport aux années précédentes :

- les candidats doivent connaître les BTS et BUT du champs de la mécanique, où ils pourront être amenés à enseigner ;
- on note de nombreuses lacunes dans la connaissance des matériaux (désignation, essai de traction, structure de la matière, ...) ;
- les candidats ne connaissent pas les plans d'expérience ;
- la formulation d'hypothèses scientifiques supplémentaires et la proposition de modèles sont fortement valorisées. Malheureusement certains candidats se contentent de répondre linéairement aux différentes activités proposées sans prise d'initiative ;
- beaucoup de candidats semblent découvrir l'intégration numérique.
- les candidats doivent adapter les activités effectuées lors des TP au niveau requis dans leur application pédagogique ;

Le jury tient à préciser que les supports des travaux pratiques sont principalement en lien avec les référentiels des BTS et BUT industriels relevant des champs de l'ingénierie mécanique. Ils prennent appui sur ces référentiels et mettent plus particulièrement en œuvre des moyens, des supports permettant de réaliser des activités de conception (préliminaire ou détaillée) de produits industriels, de pré-industrialisation, d'industrialisation de produits mécaniques ou d'optimisation de processus, faisant intervenir la relation « produit (fonctions et usages) – matériau – procédé – processus ».

Les études proposées ont permis aux candidats de démontrer et de mettre en œuvre leurs compétences dans le cadre des activités proposées suivantes (tout ou partie) :

Pour la partie « activité pratique » :

- s'approprier le système, produit ou processus ;
- s'approprier la problématique proposée, les ressources associées ;
- mettre en œuvre des systèmes, des matériels ou les procédés ;
- mettre en œuvre les outils informatiques, les logiciels métiers, les instruments de mesure, les protocoles expérimentaux proposés ;
- conduire une analyse fonctionnelle, structurelle ou comportementale de façon rigoureuse ;
- obtenir et exploiter des données et/ou des résultats exploitables ;
- formuler des hypothèses ;
- réaliser des développements scientifiques et technologiques ;
- décrire et caractériser des éléments du modèle de fonctionnement ou de comportement d'un système ;
- élaborer, justifier et analyser les modèles de manière critique ;
- comparer les données ou les résultats issus des expérimentations ou des simulations par rapport aux performances réelles constatées, évaluées à partir d'un modèle ou à partir de critères issus d'un cahier des charges ;
- proposer des solutions d'amélioration ou d'optimisation ;
- proposer des solutions pour réduire les écarts constatés (théorique, simulé, simulé) ;
- formuler des conclusions.

Pour la partie « exposé oral » :

- décrire le système étudié ;
- décrire la/les problématique(s) de l'activité pratique proposée ;
- synthétiser, mettre en forme, organiser les résultats des expérimentations, des investigations ;

- analyser, justifier les résultats obtenus issus des expérimentations, des investigations menées ;
- analyser les écarts constatés, formuler des hypothèses.

Et à la suite, en lien avec les référentiels de formation et de certifications en vigueur :

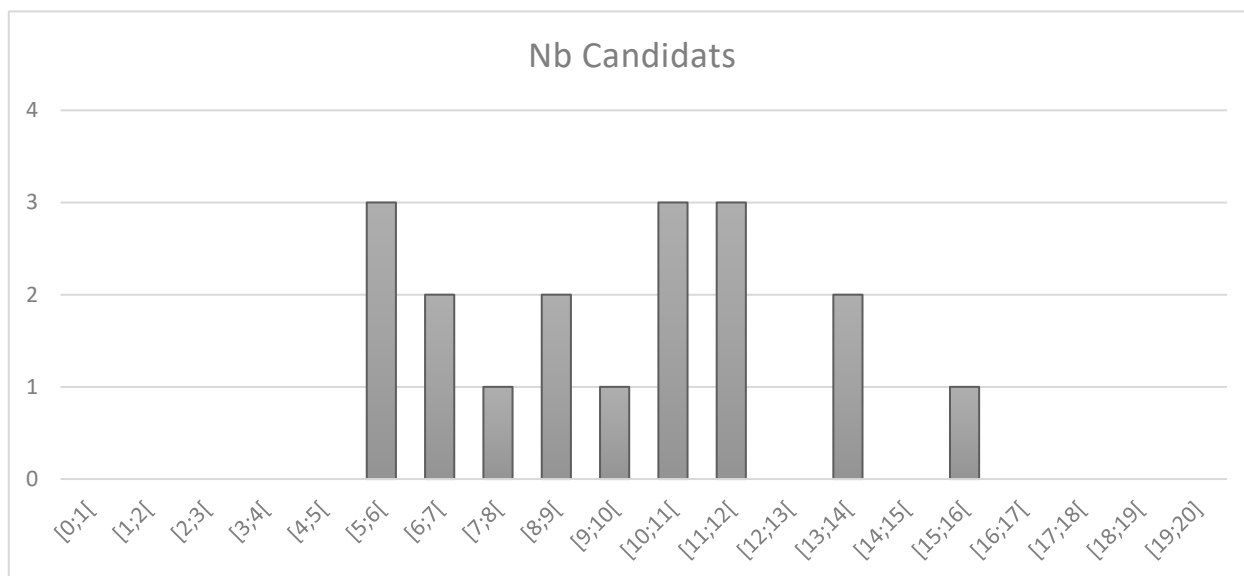
- proposer l'organisation (didactique et pédagogique) d'une séquence de formation ;
- préciser le rôle et la place du système, du support ou du produit étudié dans l'application pédagogique attendue ;
- adapter tout ou partie des activités vécues au cours de la partie « activité pratique » à la séquence pédagogique proposée ;
- décrire les activités des étudiants ;
- identifier les moyens et ressources mobilisés ;
- préciser les critères, modalités et conditions d'évaluation ;
- exposer de façon claire, précise et synthétique ;
- mobiliser les moyens de présentation mis à disposition ;
- communiquer avec les membres de jury de façon dynamique, interactive, réactive ;
- répondre aux questions posées de façon synthétique, cohérente, pertinente et argumentée.

### **Analyse des résultats :**

18 candidats ont composé aux deux parties de cette épreuve.

- la moyenne des notes obtenues est de **09,6/20** ;
- la meilleure note est de **15/20** ;
- la note la plus basse est de **05,7/20**
- l'écart type est de **2,8**.

Les notes se répartissent comme suit pour les deux parties évaluées :



La différence dans la performance des candidats est notable vis-à-vis de la réussite aux deux parties de cette épreuve. Peu de candidats démontrent des performances supérieures à **05/10** dans les deux parties. Pour la session, **9** candidats obtiennent une note supérieure à 10/20.

Comme pour la session précédente, les performances démontrées en première partie « activité pratique » (moyenne de **5,1/10**), sont proches de celles de la deuxième partie « exposé technique, scientifique, pédagogique et entretien avec les membres de jury (moyenne **4,4/10**).

Les membres de jury ont constaté au travers des épreuves pratiques et lors des entretiens, des faiblesses en termes de connaissances scientifiques et d'approche méthodologique des problèmes à résoudre et à analyser. Le niveau de culture technologique n'est pas toujours au rendez-vous.

Sur la première partie de l'épreuve, le jury constate, pour plusieurs candidats, des difficultés à :

- s'approprier rapidement le contexte et les ressources disponibles ;
- utiliser les données fournies ;
- mobiliser des outils de description ou d'analyse ;
- effectuer les manipulations proposées ;
- effectuer des développements scientifiques, démontrant ainsi un manque d'acquisition de compétences scientifiques pourtant attendues au niveau de l'agrégation ;
- produire une séquence pédagogique en regard de l'activité pratique menée.

Ces difficultés deviennent récurrentes session après session.

Certains candidats ne consacrent pas suffisamment de temps à exploiter les données et informations disponibles ou, le cas échéant, apportées par le membre de jury lors du suivi du candidat durant la première partie. Cette collecte de données est pourtant nécessaire pour concevoir la séquence pédagogique attendue. Ce constat est devenu récurrent. **De façon générale, les candidats consacrent trop peu de temps, durant l'activité pratique, à l'organisation et la mise en forme des données et résultats en vue de l'exploitation pédagogique attendue.**

**Les membres de jury attendent du candidat la démonstration de sa compétence à concevoir une séquence pédagogique** à partir d'un contexte et d'un environnement matériel et logiciel disponible. La finalité de cette partie réside bien dans la possibilité, pour le candidat, à pouvoir disposer de données, d'une approche méthodologique, technologique, scientifique, de résultats d'expérimentation, issus de simulation pour décrire la séquence pédagogique imaginée et les activités des étudiants au cours de différentes séances d'enseignement.

Sur la deuxième partie de l'épreuve, les membres de jury font les constats suivants :

Nombre de candidats ne valorisent pas leurs propres expériences de l'enseignement. Certains candidats consacrent beaucoup plus de temps à présenter une organisation générique de la séquence pédagogique sans toujours replacer les ressources disponibles, utilisées, existantes et les résultats obtenus. Durant cette session, peu de séquences ont été suffisamment bien conçues, décrites et détaillées.

**Les recommandations suivantes restent d'actualité pour les futurs candidats**

- Bien comprendre la commande pédagogique :

Il est important que les candidats puissent disposer, avant de se présenter à cette épreuve, d'une meilleure connaissance des référentiels de BTS et de BUT relevant des champs de l'ingénierie mécanique et ce, pour pouvoir concevoir et exposer une séquence pédagogique répondant aux attendus. Trop de candidats semblent découvrir le jour de l'épreuve sa structure et son organisation, ainsi que les contenus et les spécificités des référentiels de diplômes en vigueur.

Il est important également pour les futurs candidats d'avoir à l'esprit ce qui est demandé en termes de développement pédagogique. Dans un premier temps, la proposition ou la commande pédagogique présentée au candidat par le membre de jury, en début d'épreuve, doit lui permettre de comprendre la finalité des travaux pratiques et expérimentations proposées. La commande pédagogique est systématiquement limitée aux apprentissages associés à quelques tâches et compétences du référentiel du diplôme visé.

- Mettre en œuvre des matériels et des équipements :

Durant l'activité pratique, les membres de jury recommandent aux futurs candidats :

- d'identifier les informations essentielles, étape indispensable pour une appropriation rapide du support et de la problématique ;
- d'utiliser les outils formalisés d'analyse pour décrire le système ou le produit, les problématiques proposées ;
- de mobiliser leurs acquis techniques, scientifiques, leur connaissance des outils et méthodes d'ingénierie mécanique ;
- d'appréhender rapidement le fil directeur des activités et manipulations proposées afin de donner du sens à la proposition de la séquence pédagogique ;
- de respecter le temps conseillé pour chaque activité afin de pouvoir se l'approprier et de donner davantage de consistance à la séquence pédagogique proposée ;
- d'organiser et présenter les résultats obtenus ;
- de sélectionner, au fur et à mesure des activités, les données et ressources jugées pertinentes, qui alimenteront l'exposé et la construction de la séquence pédagogique.

Pour cette activité pratique, il est rappelé aux futurs candidats la nécessité de faire la distinction entre valeurs mesurées et résultats extraits des simulations. L'activité pratique est au centre de la démarche de diagnostic des écarts puisqu'elle permet de formuler des hypothèses à partir des résultats obtenus, voire de remettre en cause la simulation ou la pertinence des mesures.

➤ Décrire l'organisation et le contenu d'une séquence :

Pour rappel, une séquence est un ensemble de séances articulées entre elles dans le temps et organisées autour d'une ou plusieurs activités en vue d'atteindre un ou plusieurs objectifs. Il appartient au candidat de faire une proposition de séquence pédagogique qui permette de mettre en évidence et donc d'apporter les éléments suivants :

- pour l'étudiant, la définition de l'objectif de la séance, ce qui est visé ;
- les compétences que l'étudiant devra démontrer à la fin de la séquence ;
- les objectifs opérationnels qui permettent d'atteindre l'objectif de la séquence ;
- les savoir-faire et savoirs associés mobilisés durant la séquence ;
- les supports pouvant être mobilisés ;
- les activités (cours, TD, TP, projets, synthèses, structurations, ...) qui seront initiées ;
- la stratégie pédagogique adoptée (articulation entre cours, TD et TP) ;
- la durée de la séquence ;
- les évaluations prévues, avec la définition des indicateurs et critères d'évaluation.

Pour aborder l'évaluation des étudiants à l'issue de la séquence proposée et présentée, les candidats doivent être capable de caractériser une compétence en termes de compétences détaillées, indicateurs de performance (critères et indicateurs d'évaluation). Cette question de l'évaluation est trop souvent abordée de façon superficielle.

➤ Communiquer : au cours de l'exposé, les membres de jury recommandent aux futurs candidats de répartir le temps consacré aux différentes parties de cet exposé de manière à répondre aux compétences attendues.

De ce fait, les membres de jury attendent des candidats :

- de concevoir un exposé qui soit à la fois structuré, organisé et dynamique en termes de présentation orale ;
- de ne pas négliger la présentation du système, le contexte du TP, la problématique et l'analyse des résultats obtenus qui alimenteront la séquence pédagogique ;
- de consacrer un temps suffisant pour exposer la conception de la séquence pédagogique imaginée, finalité de l'activité pratique proposée ;
- de replacer la séquence dans le continuum de formation des étudiants, en référence aux programmes officiels (durées de formation, modalités de formation, définition des activités professionnelles, référentiel de certification, définition des épreuves) ;

- de capitaliser sur l'expérience vis-à-vis des modalités d'apprentissage, du concept de centres d'intérêts, de construction de séquences articulant les cours, les TD, les TP, de la notion de synthèse et de structuration des connaissances acquises ;
- de dégager les prérequis, les savoirs associés aux compétences visées, en référence aux contenus des programmes officiels (définition des activités professionnelles, référentiel de compétences et savoirs associés) ;
- de structurer la démarche de construction des compétences dans le cadre des différents apprentissages et activités proposés, en les distinguant, dans le cadre d'une intervention face à une la classe ou à un groupe d'étudiants ;
- d'identifier les moyens et/ou matériels, les outils logiciels et les ressources numériques qui permettront aux étudiants de vivre la séquence pédagogique imaginée ;
- de dégager la plus-value de l'activité ou de la séquence proposée, d'en préciser les avantages, les conditions de réussite mais aussi les contraintes pressenties ;
- de conclure sur l'intérêt du système ou support étudié et sur sa finalité en termes d'apprentissages pour les étudiants.

Il semblerait que ces recommandations rappelées pourtant lors de l'accueil des candidats ne soient pas connues ou intégrées.

## Conclusion

Il reste nécessaire que les futurs candidats identifient la finalité de cette épreuve et s'y préparent par une meilleure maîtrise des outils d'analyse courants, par une plus grande capacité à construire et à mener des protocoles expérimentaux, à synthétiser, à organiser et à exploiter des données. Pour réussir cette épreuve, les futurs candidats doivent être en capacité de mobiliser leurs connaissances scientifiques et technologiques pour conduire ou construire des démarches qui permettront de mettre en évidence les écarts constatés entre les données disponibles, les résultats issus de la mise en œuvre de systèmes ou produits et les modèles simulés, d'études expérimentales de comportement. **Les connaissances scientifiques et technologiques relevant des sciences industrielles de l'ingénieur doivent être mobilisées et affirmées.**

Les candidats doivent pouvoir démontrer leur capacité à concevoir une séquence pédagogique cohérente, structurée. Il leur appartient donc de s'appropriier les différentes évolutions pédagogiques et didactiques proposées dans les documents qui accompagnent les référentiels de formation, de compléter cette préparation par une lecture des articles pédagogiques régulièrement publiés sur les sites de ressources académiques, nationaux et dans les revues disciplinaires. La connaissance de ces éléments et des évolutions en matière de didactique et de pédagogie, la réflexion personnelle et l'expérience acquise, devraient pouvoir amener les futurs candidats à améliorer leur réflexion dans la construction, la présentation et la justification de leur séquence pédagogique.

Comme pour les épreuves écrites, **la didactique et la pédagogie des enseignements en sciences industrielles de l'ingénieur méritent d'être confortées par une veille scientifique, technologique et professionnelle pour cette épreuve pratique et pédagogique.**

Les membres de jury recommandent aux futurs candidats **d'étudier de façon plus approfondie, les référentiels en vigueur**, ceux récemment rénovés ainsi que les documents, ressources ou actes des séminaires qui les accompagnent. Ainsi les candidats pourront plus facilement identifier l'organisation des référentiels de formation, véritables cahiers des charges des enseignements à dispenser (référentiels des activités professionnelles, référentiels de compétences, nature, contenus et exigences des compétences détaillées à faire acquérir, savoirs associés, grilles horaires, définition de la certification, cadre de l'évaluation des compétences et niveau d'exigence attendu).



# ÉPREUVE SUR DOSSIER

## Coefficient 1 – Durée 1 heure

Cette épreuve impose un rapprochement avec le monde de l'entreprise. Elle doit amener le candidat à conduire personnellement une analyse technique et économique d'un problème industriel authentique relatif à un système pluritechnologique contemporain. Pour cela, il est indispensable que les candidats prennent contact avec des responsables (ingénieurs, chercheurs...) au sein d'une entreprise afin d'identifier les problématiques techniques pertinentes ; un dossier élaboré à partir de ressources téléchargées sur Internet ne répond pas à l'esprit de cette épreuve. Une simple transmission de données techniques n'est pas suffisante pour permettre seule l'élaboration du dossier.

Cette analyse peut être soit à l'initiative de l'entreprise soit à celle du candidat. Elle s'appuie sur la résolution d'un problème technique identifié, authentique et ne saurait se limiter à une simple vérification de performance. La justification de la solution à ce problème est conduite par le candidat au regard d'un cahier des charges explicite intégrant des attendus caractérisés.

À l'issue de cette analyse le candidat doit proposer et développer une séquence pédagogique à un niveau choisi du second degré ou du supérieur dont la progression du cycle de formation est précisée.

Ce compte-rendu vise à mettre en évidence les caractéristiques de l'épreuve et les attentes du jury, afin de permettre aux candidats de conduire leur préparation dans les meilleures conditions.

### **1. Les attentes du jury**

Le dossier présenté doit résulter d'un travail personnel du candidat ; le jury le vérifie. Le dossier est réalisé dans le cadre d'un échange avec une entreprise. Le niveau de confidentialité ne doit pas nuire à la constitution du dossier et au dialogue avec le jury.

Le support de l'étude doit permettre au candidat de faire preuve de réelles connaissances scientifiques et technologiques dans un contexte industriel choisi pour sa pertinence technique et pédagogique.

Le candidat doit montrer les investigations qu'il a conduites et les développements traités au plus haut niveau scientifique pour s'approprier totalement le fonctionnement et les évolutions potentielles du support choisi. Il veillera à ce que les développements scientifiques soient toujours justifiés au regard de la problématique posée, complétés si cela est possible par des résultats d'expérimentation.

Ce travail personnel d'analyse sérieuse débouche sur des propositions de solutions techniques répondant aux problèmes posés. Le dossier doit contenir les études conduites exploitant les connaissances attendues d'un professeur agrégé dans le domaine de la conception, de l'industrialisation et de la mécanique industrielle, et comporter des documents techniques conformes aux normes en vigueur.

Le travail personnel attendu du candidat prend sens par la présentation argumentée des conclusions et non par la liste des actions menées.

L'épreuve s'appuie sur un dossier personnel réalisé par le candidat. Le dossier est préparatoire à l'épreuve. Le jury demande aux candidats de faire parvenir les dossiers en deux exemplaires

accompagnés d'une clé USB. La clé USB contient le fichier du dossier à minima au format pdf, la maquette numérique 3D dont le fichier complet est fourni, les fichiers de simulation et tout document jugé utile par le candidat. La clé USB est à structurer en quatre répertoires : CAO, simulations, dossier, et éventuellement annexes. Les maquettes numériques sont en format natif et en format neutre (IGES ou STEP).

## **2. Les compétences évaluées**

Parmi les compétences d'un futur enseignant, l'épreuve de soutenance d'un dossier industriel permet d'évaluer plus particulièrement celles décrites ci-après à l'aide des points d'observations précisés.

1 - Construire un dossier technique et scientifique.

- Choisir un support adapté aux attentes de l'épreuve (Pluritechnologique, M.E.I, innovant).
- Analyser un système et développer une étude en lien avec la problématique identifiée.
- Présenter et justifier des solutions en réponse à la problématique.

2 – Exploiter le dossier technique et scientifique dans le cadre d'activités pédagogiques.

- Proposer une séquence pédagogique s'insérant dans une progression clairement formalisée sur l'ensemble du cycle de formation choisi.
- Développer cette séquence en relation avec les attendus d'un référentiel spécifié.
- Décrire les démarches et stratégies pédagogiques mises en œuvre.
- Expliciter le dispositif d'évaluation associé.

3 - Communiquer par écrit et oralement une idée, un principe, une solution technique ou un projet, des concepts pédagogiques.

- Mobiliser des outils de communication efficaces.
- Développer une argumentation de qualité.

## **3. Constats et recommandations du jury**

De trop nombreux dossiers apparaissent comme traités dans l'urgence par les candidats.

Pour des questions pratiques, la clef USB s'adapte à tous les ordinateurs, éviter les cartes mémoire, cartes micro ou autres supports particuliers susceptibles d'engendrer des problèmes pour trouver le lecteur adéquat.

Cette épreuve nécessite, comme toutes les autres, une sérieuse préparation tant dans la recherche d'un support pertinent que dans la résolution de la problématique technique authentique qui constituera le fil conducteur du dossier.

Le jury constate que de trop nombreux dossiers ne présentent pas le niveau d'analyse et d'investigation requis pour l'agrégation. En effet, le dossier technique présenté ne saurait se résumer à une simple description du système choisi par le candidat.

Une véritable problématique technique identifiée sur le support est nécessaire pour justifier et donner du sens aux analyses scientifiques et technologiques.

Ainsi, le jury a apprécié l'introduction par certains candidats d'expérimentations en rapport avec la problématique traitée.

Quel que soit le support analysé, les éléments de définition du système (produit, processus, etc.) tels que cahier des charges fonctionnel du produit, dessin de définition, processus de réalisation, documents graphiques descriptifs du ou des outillages, etc. doivent être associés au dossier.

Les candidats doivent veiller à proposer des documents graphiques aux normes en relation avec l'étude menée. Le jury pourra toutefois être amené à demander les documents originaux de l'entreprise. En cas d'informations mentionnées « confidentielles », le jury s'engage à ne pas les reproduire ou les divulguer à des personnes extérieures pour que cet aspect ne constitue pas un obstacle pour le candidat.

Les candidats veilleront à ne pas rechercher de procédé ou de système technologique conduisant à une prestation purement descriptive et sans développement scientifique et technologique personnel.

Il n'y a pas de modèle unique tant les préoccupations, et donc les poids relatifs des parties, peuvent varier. Cependant, le jury attend que le candidat développe des applications pédagogiques et propose une progression au sein de laquelle prend part la ou les séances détaillées.

Une simple évocation des intentions pédagogiques ne saurait satisfaire aux exigences de l'épreuve.

A minima, on pourra trouver les parties suivantes : le contexte, l'entreprise, le système étudié ; la ou les problématiques techniques ; les développements au plus haut niveau permettant de déboucher sur une conclusion liée à la résolution de ces problématiques.

Ainsi, ces développements scientifiques et technologiques seront adaptés puis réinvestis dans l'exploitation pédagogique.

### **L'aspect technologique et scientifique**

Le jury conseille de nouveau aux candidats :

- de rechercher un support moderne pluri-technologique, attrayant et industrialisé dès la décision d'inscription au concours ;
- de choisir un support dont l'authenticité et l'actualité sont des éléments décisifs. Il se caractérise par une compétitivité reconnue, par la modernité de sa conception et par sa disponibilité réelle, qu'il soit de type "grand public" ou de type "équipement industriel" ;
- de vérifier les potentialités du support au regard des développements scientifiques, technologiques et pédagogiques possibles ;
- d'utiliser une ou plusieurs problématiques techniques pour guider l'étude répondant à un cahier des charges précisé et explicite. L'expérience montre que sans problématique technique, il est difficile d'éviter le piège de la validation de l'existant ;
- de rechercher une pertinence et une authenticité des problèmes posés ;
- de mettre en œuvre de manière lisible les méthodes de résolution de problème et les outils associés. Il est utile de rappeler que les outils numériques ne doivent pas être utilisés comme des « boîtes noires ». La maîtrise des modèles scientifiques utilisés avec ces outils est exigée. Pour le cas des codes « Éléments Finis », il convient de maîtriser les formulations, les algorithmes de résolution, la mise en données ;
- de justifier les modèles d'étude et leur domaine de validité, les hypothèses formulées, les solutions technologiques retenues et les méthodologies utilisées ; le développement des calculs associés au cours de l'exposé doit être réduit aux étapes essentielles (l'utilisation d'outils de simulation numérique est appréciée lorsqu'elle est pertinente) ;
- de proposer un dessin d'ensemble et la définition ISO d'un composant respectant la normalisation ;

- de s'appuyer sur une maquette numérique fonctionnelle, permettant l'utilisation d'outils de simulation de comportement ou de simulation de procédé/processus pour la partie étudiée ;
- de ne pas se limiter à des photos annotées et légendées ou à une description textuelle pour expliquer le fonctionnement du système. L'utilisation de schémas, voire d'animations, est vivement encouragée ;
- de placer l'étude d'une manière adaptée dans le cadre général d'une méthode moderne de développement de produit (ingénierie collaborative, simulation numérique, optimisation produit-matériau-procédé, spécifications ISO, utilisation d'une chaîne numérique intégrée, pré-industrialisation, industrialisation, réalisation...) sans voir dans chaque point un passage obligé ;
- de conserver un regard critique par rapport au travail réalisé en lien avec l'entreprise.

Le jury rappelle aux candidats que le développement de l'étude scientifique et technologique ne peut pas se résumer à l'élaboration d'outils d'analyse. *In fine*, si ces outils sont nécessaires à l'étude, ils n'ont de sens que pour répondre à la conception ou reconception technique de tout ou partie du système étudié, objet de la problématique à résoudre.

Le jury apprécie des réponses précises quant au contexte de la conception, de l'industrialisation ou de la réalisation car elles attestent d'une réelle investigation au sein de l'entreprise, fruit d'une étroite collaboration.

## **L'aspect pédagogique**

Dans sa partie pédagogique, le dossier doit présenter des propositions. Au moins une d'entre elles doit faire l'objet d'un développement conséquent. C'est une séquence complète qu'il s'agit de développer. Outre la situation calendaire et la conformité aux référentiels et programmes, il est impératif de mettre en situation la ou les activités proposées, leurs finalités pédagogiques et d'intégrer cette séquence dans une progression pédagogique formalisée sur le cycle de formation.

Le jury regrette, malgré ses précédentes recommandations, que trop peu de dossiers n'aient présenté ces caractéristiques pour la session 2022.

La pertinence de l'application pédagogique au regard du support proposé et du problème technique associé est appréciée par le jury. La partie pédagogique ne peut pas être entièrement distincte de la problématique ayant fait l'objet d'investigations dans la partie étude scientifique et technique.

Le jury conseille de nouveau aux candidats :

- d'identifier des propositions d'exploitation pédagogique, pré et post baccalauréat pertinentes en relation avec les points remarquables du dossier. L'exhaustivité n'a pas à être recherchée ;
- de proposer les exploitations pédagogiques dans le respect des référentiels et des directives pédagogiques ;
- de positionner la séquence dans une progression pédagogique détaillée sur le cycle de formation choisi ;
- de détailler les intentions pédagogiques ;
- de préciser les objectifs pédagogiques et d'être attentif à leur formulation ;
- d'identifier les difficultés prévisibles afin de scénariser la séquence et préciser la démarche pédagogique retenue en argumentant les raisons de ce choix ;
- préciser les acquis et besoins des élèves pour réaliser l'activité ;

- de privilégier les activités pédagogiques s’adossant à un problème technique réel issu du support choisi ;
- d’envisager des travaux pratiques sur le réel lorsque le support et la problématique le permettent.

## **L’expression et la communication dans le dossier**

La qualité du dossier et le respect des règles qui lui sont imposées (date d’envoi, support numérique) montrent la maîtrise par le candidat des outils de la communication écrite et la façon dont il s’inscrit dans une institution.

La prestation du candidat, à l’oral permet au jury d’évaluer qu’il sait maîtriser la communication dans une classe et exercer de manière efficace et sereine sa fonction de professeur.

Les questions posées par le jury permettent d’approfondir quelques-unes des informations données par le candidat, dans le dossier autant que dans l’exposé, et à renforcer au sein du jury la conviction que le dossier présenté résulte bien d’un travail personnel.

Le jury conseille donc de nouveau aux candidats de :

- préparer des documents multimédias adaptés à une soutenance d’une durée de trente minutes maximum ;
- préparer des animations aidant à comprendre le fonctionnement ;
- lors de la présentation, limiter le nombre de diapositives ;
- profiter des temps de préparation, qui ne sont pas des temps d’attente ; en particulier, ouvrir les fichiers annexes (CAO, vidéo) qui peuvent être utiles pour répondre à certaines questions ;
- de prendre un soin particulier à l’orthographe et à la typographie (notamment à l’écriture des unités de mesure) ;
- pour les candidats qui souhaitent présenter à nouveau un dossier élaboré pour une précédente session, de continuer à faire vivre le partenariat engagé, de faire évoluer le dossier et de prendre en compte les remarques du jury lors des entretiens précédents.

## **4. Résultats à la session 2022**

- La moyenne des notes obtenues est de **08,6/20** ;
- La meilleure note est de **13,8/20** ;
- La note la plus basse est de **02,2/20**.

**Le fait de ne pas avoir investi suffisamment de temps et ce dès son inscription à ce dossier, le fait de ne pas répondre aux attentes ou le fait de ne travailler cette épreuve, le dossier, qu’une fois les résultats d’admissibilités connus, ne permet pas à un candidat déclaré admissible d’espérer être reçu à cette agrégation.**