

## **Agrégation interne et CAER**

### **Section : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR**

#### **Option : ingénierie mécanique**

### **Session 2018**

Rapport de jury présenté par : Jean-Marc DESPREZ  
Inspecteur général de sciences et techniques industrielles  
Président délégué du jury

## SOMMAIRE

<i>Avant-propos</i>	3
<i>Résultats statistiques</i>	7

### **ÉPREUVE D'ANALYSE ET EXPLOITATION D'UN SYSTÈME PLURITECHNIQUE** 8

ÉLÉMENTS DE CORRECTION	9
COMMENTAIRES DU JURY	28

### **ÉPREUVE D'ÉTUDE D'UN SYSTEME, D'UN PROCÉDÉ OU D'UNE ORGANISATION** 36

ÉLÉMENTS DE CORRIGE	37
COMMENTAIRES DU JURY	53

### **ÉPREUVE SUR DOSSIER** 57

### **ÉPREUVE D'ACTIVITE PRATIQUE ET D'EXPLOITATION PEDAGOGIQUE D'UN SYSTEME PLURITECHNIQUE** 57

## Avant-propos

L'agrégation interne de sciences industrielles de l'ingénieur option ingénierie mécanique s'attache à valider un haut niveau de maîtrise des compétences scientifiques, pédagogiques et professionnelles des candidats.

Des produits récents et innovants doivent illustrer en permanence nos enseignements. À l'écrit comme à l'oral, le candidat doit donc être capable de démontrer sa capacité à suivre et s'approprier les mutations d'un secteur d'activité et de produits pluri-technologiques ou d'organisations industrielles en perpétuelle évolution.

Les épreuves ont largement évolué par rapport aux sessions antérieures des agrégations internes de mécanique et de génie mécanique. Les épreuves restent exigeantes et requièrent des compétences sur de nombreux champs des sciences de l'ingénieur et plus particulièrement des champs transversaux spécialisés dans la mécanique et l'industrialisation, de ce fait à la fois transversales et spécifiques.

Dans le cadre des quatre épreuves de cette agrégation interne, les candidats doivent démontrer leurs capacités à mobiliser, appliquer, synthétiser leurs connaissances pour répondre systématiquement à un problème donné. Cette résolution de problèmes (à l'écrit comme à l'oral) doit permettre aux candidats d'exploiter les résultats de leurs investigations, résolutions et analyses dans la perspective d'une exploitation pédagogique ultérieure (épreuve écrite transversale, épreuve de dossier, épreuve de travaux pratiques). Les compétences d'ordre scientifique, technologique, professionnel et pédagogique mobilisées doivent révéler la capacité du candidat à s'adapter face aux différentes situations proposées. La démonstration de compétences d'ordre didactique et pédagogique doit révéler également la capacité du candidat à témoigner de pratiques pédagogiques en évolution pour enseigner les contenus des programmes.

Les deux épreuves d'admissibilité ont donné encore cette année des résultats peu satisfaisants dans leur globalité. Cette session, dotée d'un faible nombre de places à pourvoir, s'est, une nouvelle fois, révélée extrêmement sélective.

Les épreuves d'admissibilité sont définies ainsi :

- **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.***

Cette première épreuve, commune aux trois agrégations SII, est construite de manière à évaluer un spectre large de compétences et de connaissances scientifiques, technologiques et professionnelles nécessaires à la maîtrise des activités de conception, de dimensionnement, d'analyse de comportement. Tous les champs liés à la matière, les structures, l'énergie et l'information sont susceptibles d'être couverts par les sujets. Le coefficient de cette épreuve a un impact important sur la déclaration des candidats admissibles aux épreuves d'admission.

Afin de bien préparer la première épreuve, ainsi que les épreuves d'admission il est fortement conseillé aux futurs candidats de lire attentivement les commentaires liés aux épreuves et contenus dans ce rapport et de bien analyser les sujets des différents concours de recrutement d'enseignants, notamment ceux des agrégations et du CAPET SII publiés sur le site du ministère, qui montrent parfaitement les concepts liés à la conception de séquences de formation.

- **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**.*

Les épreuves d'admission sont définies ainsi :

- **Activité pratique et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique**

*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.*

Remarques : cette épreuve d'admission comporte deux évaluations distinctes et complémentaires. Si les compétences scientifiques et technologiques sont évaluées dans la première partie de l'épreuve, c'est bien une évaluation des compétences didactiques et pédagogiques qui sont majoritairement analysées dans la deuxième partie. La difficulté des candidats à appréhender cette dimension didactique et pédagogique à laquelle se présentent principalement des enseignants en activité est de nouveau constatée à cette session. C'est pourtant l'essence même des compétences professionnelles à démontrer et exigées pour imaginer des exploitations pédagogiques et pour développer les démarches pédagogiques.

### **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 collège ou en lycée.*

*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 collège ou en lycée. 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.*

Remarques : cette épreuve se prépare très en amont, dès que le candidat a pris la décision de s'inscrire à l'agrégation interne et surtout pas au moment de la déclaration des résultats de l'admissibilité. Au plus tôt, le candidat doit résoudre plusieurs problèmes : rechercher un support, réaliser les développements scientifiques et technologiques au niveau scientifique exigé par l'agrégation (en référence aux programmes des agrégations), définir des séquences et séances pédagogiques.

En effet, la pertinence du choix du support technique dépend la qualité du dossier. Ainsi, cette épreuve impose aux candidats de s'engager dans un processus de rapprochement avec le monde de l'entreprise. Le candidat doit s'obliger à conduire personnellement une analyse scientifique, technique et économique d'un ou de plusieurs problèmes puis de concevoir une séquence d'enseignement en adaptant les documents techniques initiaux en prenant en compte le niveau d'exigence attendu dans les référentiels ou programmes de formation (BTS ou DUT).

De façon générale, l'agrégation interne reste un concours exigeant, pour lequel les candidats doivent démontrer tout leur potentiel et toute l'amplitude de leurs compétences et savoir être. Pour cela, les candidats sont invités à se former, à actualiser de nouveau leurs connaissances, à inscrire leur candidature dans le cadre d'une veille scientifique, technologique, didactique et pédagogique. Le jury attend des candidats, dans toutes les épreuves, une expression écrite et orale de qualité.

L'agrégation interne impose de la part des candidats un comportement et une présentation adaptés à recrutement, ce qui a été démontré par la majorité des candidats à cette session 2018. Le jury reste vigilant sur ce dernier aspect et invite les candidats à avoir une tenue adaptée aux circonstances particulières d'un recrutement de cadres de la catégorie A de la fonction publique.

Pour conclure, ce rapport de jury est rédigé afin qu'il reste 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 délégué 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	Présents aux deux épreuves d'admission	Admis
Public	<b>296</b>	<b>7</b>	<b>173</b>	<b>174</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>7</b>
Privé	<b>34</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

### Public

Moyenne obtenue par le premier candidat admissible	<b>14</b>
Moyenne obtenue par le dernier candidat admissible	<b>11,04</b>
Moyenne obtenue par le premier candidat admis (4 épreuves)	<b>15,45</b>
Moyenne obtenue par le dernier candidat admis (4 épreuves)	<b>11,63</b>

La répartition des notes aux épreuves d'admissibilité démontre que de nombreux candidats étaient en capacité d'être admissibles. Près de 60 candidats obtiennent une note entre 10 et 13 à l'épreuve de spécialité. Les 18 candidats admissibles obtiennent une note supérieure à 10/20 à l'épreuve transversale, coefficient 2. Cette épreuve reste discriminante pour prétendre à être déclaré admissible.

### Privé, accès à l'échelle de rémunération

Moyenne obtenue par le premier candidat admissible	<b>12,45</b>
Moyenne obtenue par le dernier candidat admissible	<b>11,06</b>
Moyenne obtenue par le premier candidat admis (4 épreuves)	<b>09,68</b>
Moyenne obtenue par le dernier candidat admis	<b>1 seul admis</b>

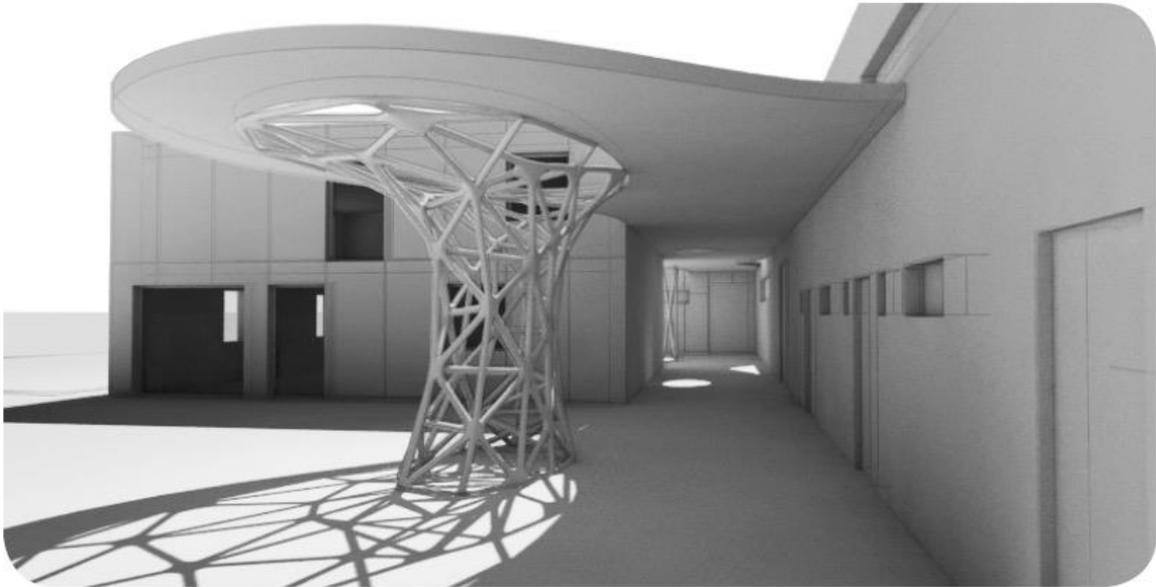
Les résultats aux épreuves d'admission des candidats admissibles au CAER sont nettement inférieurs aux résultats des candidats admissibles inscrits à l'agrégation interne, le jury a néanmoins décidé de déclarer admis le candidat.

### Répartition des admis par académie :

Académies	Nombre d'admis
Bordeaux	1
Clermont-Ferrand	1
Créteil-Paris-Versailles	1
Montpellier	1
Reims	1
Rennes	1 (CAER)
Rouen	1
Toulouse	1

# Épreuve d'analyse et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique

Coefficient 2 – Durée 5 heures



**Le sujet est disponible en téléchargement sur le site du ministère.**

## Éléments de correction

### Partie 1. Étude du besoin et du contexte en béton XtreeE

#### 1.1 Analyse du besoin

**Question 1.** Décrire le procédé traditionnel permettant de réaliser sur un projet de villa, des poteaux et des murs en béton hydraulique (béton de ciment).

*Le procédé consiste à mouler des formes en béton dans un coffrage.*

*Le coffrage doit être positionné à l'endroit où l'ouvrage en béton sera construit, fermé, éventuellement soutenu mécaniquement (contreventement, fermeture du coffrage).*

**Question 2.** À partir des critères de performances énoncés dans le tableau 1 ci-dessous, proposer un argumentaire permettant de dresser un comparatif entre le procédé traditionnel et le procédé XtreeE. Présenter la réponse dans un tableau respectant le modèle ci-dessous.

<i>Critères de performance</i>	<i>Procédé traditionnel</i>	<i>Procédé XtreeE</i>
<i>Volumes simples et pleins (cylindres, plans ...)</i>	<i>Facilement réalisable Maîtrisé, facile à mettre en œuvre</i>	<i>Réalisable en deux étapes : impression du coffrage en béton puis coulage du volume. Mise en œuvre non justifiée car trop chère</i>
<i>Volumes complexes</i>	<i>Difficile voire impossible à réaliser</i>	<i>Réalisable</i>
<i>Volumes creux</i>	<i>Impossible sur des pièces de formes complexes</i>	<i>Réalisable</i>
<i>Rapidité d'exécution</i>	<i>Dépend de la forme</i>	<i>Élevée</i>
<i>Résistance mécanique de l'ouvrage</i>	<i>Bonne</i>	<i>Élevée</i>
<i>Performance thermique de l'ouvrage</i>	<i>Réduite</i>	<i>Bonne</i>
<i>Coût estimé de l'ouvrage produit</i>	<i>Élevé car main d'œuvre importante et qualifiée</i>	<i>Réduit car peu de main d'œuvre</i>

#### 1-2 – Analyse du procédé XtreeE

**Question 3.** À partir des informations disponibles sur les diagrammes de blocs internes de la figure 30 du DT1, identifier la nature des flux F12, F15, F16 et F17 (flux de matière, d'énergie ou d'information).

*F12 : énergie (mécanique)*

*F15 : information (pilotage d'impression)*

*F16 : matière (mélange de béton)*

*F17 : matière (agent accélérateur)*

### 1-3 – Exigences portant sur le matériau

**Question 4.** En exploitant le diagramme des exigences du procédé, identifier les exigences liées au comportement mécanique de ce matériau qui semblent contradictoires.

*Les exigences 1.2.2 et 1.1.1 apparaissent contradictoires car le matériau doit être suffisamment « mou » pour être pompé, mais il doit également être très rapidement rigide pour ne pas s'affaisser sous son propre poids.*

**Question 5.** En se référant au document DT2, identifier les conséquences induites par le modèle de comportement de Bingham adopté pour décrire le comportement du béton frais, lors de sa mise en œuvre dans le procédé d'impression par couches successives.

*On observe que ce matériau se comporte au repos comme un solide, puisqu'il faut dépasser un seuil de contrainte appelé seuil de viscosité pour que ce matériau se mette en mouvement. Passé ce seuil le béton aura un comportement fluide induisant lors de sa mise en mouvement des frottements fluide/fluide et fluide/solide. La conséquence de ce comportement est que le béton pourra garder une forme et rester au repos si la contrainte de cisaillement ne dépasse pas le seuil de viscosité, au-delà de cette valeur le béton s'écoulera comme un fluide de manière à libérer les contraintes qui lui sont imposées.*

**Question 6.** En exploitant cette modélisation et les informations contenues dans le diagramme d'exigences (figure 28 du DT1), déterminer la valeur de la hauteur maximum H de béton frais que l'on peut imprimer sans effondrement, si l'angle  $\theta$  est égal à  $45^\circ$ .

À la limite :

$$\tau_0 = \rho_b \cdot g \cdot H \cdot \cos\alpha \cdot \sin\alpha \cdot \left( \cos\theta + 6 \cdot \frac{H}{w} \cdot \sin\theta \right)$$

Dans le cas particulier que l'on étudie ;  $\cos\theta = \sin\theta = \frac{\sqrt{2}}{2}$

$$\tau_0 = \rho_b \cdot g \cdot H \cdot \cos\alpha \cdot \sin\alpha \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \left( 1 + 6 \cdot \frac{H}{w} \right)$$

La valeur maximale de la fonction en  $\sin$  et  $\cos\alpha$ , est atteinte pour  $\alpha = 45^\circ$  modulo  $\pi$  ;  
Soit :

$$\tau_0 = 2380 \times 9,81 \times H \times \left( \frac{\sqrt{2}}{2} \right)^3 \times \left( 1 + 6 \times \frac{H}{0,02} \right)$$

$$H = \frac{\sqrt{1 + 4 \times \frac{\tau_0}{8254,7} \times \frac{6}{0,02}} - 1}{2 \times \frac{6}{0,02}} = 0,0063 \text{ m}$$

**Question 7.** Conclure quant à la vérification de l'exigence 1.4.1 (voir figure 28 du DT1) et à la nécessité d'utiliser un accélérateur de prise.

*Les caractéristiques du béton sans additif ne permettent pas d'imprimer plus de 6 mm de cordon avec un angle de 45°.*

*Par ailleurs, on voit mal comment une succession de couches pourrait se maintenir sans accélérateur de prise.*

*Sans additif modifiant la rhéologie du béton au moment de sa dépose et sans accélérateur de prise l'exigence 1.4.1 n'est pas vérifiée.*

## Partie 2 – Étude d'un ouvrage imprimé par le procédé

### 2-1 – Influence du procédé sur les performances mécaniques

**Question 8.** Déterminer à partir des données, la contrainte verticale maximale exercée au sein du poteau cylindrique « de référence » cité précédemment, ainsi que le raccourcissement total attendu pour ce type de poteau courant. Comparer ces résultats avec ceux fournis par la simulation ci-dessous (figure 8) sur le poteau de la villa d'Aix-en-Provence et conclure quant au comportement des deux ouvrages. Argumenter sur le choix des paramètres pour la simulation.

*La simulation du poteau d'Aix donne pour un effort normal de 0,7 MN, un béton de module de Young de 11 000 MPa, une contrainte maximale de Von Mises de 24 MPa et un déplacement vertical maximal estimé à 7,5 mm. Le calcul réglementaire classique sur un poteau cylindrique donne avec les données du sujet :*

$$\text{Section du poteau : } S = \pi \times \left(\frac{200}{2}\right)^2 = 31415 \text{ mm}^2$$

$$\text{Hauteur du poteau : } H = 3,00 \text{ m}$$

$$\text{Contrainte maximale de compression : } \sigma = \frac{N}{S} = \frac{0,7 \cdot 10^6}{31415} = 22,28 \text{ MPa}$$

$$\text{Après 60 jours, Module de Young instantané : } E_{ij} = 11000 \times (1,1 \times 25)^{1/3} = 33\,202 \text{ MPa}$$

$$\text{Après 60 jours, Module de Young différé : } E_{vj} = 3700 \times (1,1 \times 25)^{1/3} = 11\,168 \text{ MPa}$$

$$\text{Déformation instantanée du poteau : } dHi \quad \text{avec (loi de Hooke) : } \varepsilon_i = \frac{dHi}{H} = \frac{\sigma}{E_{ij}}$$

$$\text{soit } dHi = \frac{\sigma}{E_{ij}} \times H$$

$$\text{Ce qui donne : } dHi = \frac{22,28}{33202} \cdot 3,00 = 2 \text{ mm}$$

$$\text{Et déformation différée dHd : } dHd = 6 \text{ mm}$$

*La déformation totale du poteau cylindrique est de 8 mm alors qu'elle est de 7.6mm sur la simulation. Ceci dit, le paramétrage de la simulation avec un module d'élasticité de 11 000 MPa est trop faible (3 fois plus faible que les 32000 MPa d'un béton courant de 25 MPa de résistance).*

## 2-2 – Influence du procédé sur les performances thermiques

**Question 9.** Justifier que l'on peut se limiter à l'étude d'un dôme de l'âme du mur pour déterminer la résistance thermique de cette âme.

*Par périodicité, la détermination de la résistance thermique de conduction au travers d'un « dôme » doit nous permettre de déterminer la résistance globale de l'âme.*

**Question 10.** Préciser ce que traduit cette hypothèse.

*Cela veut dire que le flux échangé en surface du dôme est nul : pas d'échange convectif, ou radiatif en surface. Ce flux est donc intégralement transmis du haut du dôme vers sa base.*

**Question 11.** En appliquant la loi de Fourier  $\vec{\varphi}(r, \theta) = -\lambda \cdot \overrightarrow{\text{grad}}(T(r, \theta))$  rendant compte localement des phénomènes de conduction de la chaleur, démontrer que l'expression du flux de chaleur transmis par le dôme depuis sa partie supérieure peut se mettre sous la forme :

*La conduction est régie par la loi de fourrier et en régime permanent établi, on a :*

$$\vec{\varphi}(r, \theta) = -\lambda \cdot \overrightarrow{\text{grad}}(T(r, \theta))$$

*Les isothermes étant perpendiculaires à la courbe C :*

- Le flux de chaleur est porté par le vecteur  $\vec{t}$  tangent à la courbe C ;
- Le gradient est lui aussi porté par le vecteur  $\vec{t}$  .

*En basculant en coordonnées curvilignes, on peut donc écrire la loi de Fourier :*

$$\varphi(s) \cdot \vec{t} = -\lambda \cdot \frac{d}{ds} T(s) \cdot \vec{t}$$

*Et par projection dans le repère local de Frenet on a :*

$$\varphi(s) = -\lambda \cdot \frac{d}{ds} T(s)$$

*La géométrie étudiée ne dépendant que de r, ou de s, et par symétrie axiale, on a donc :*

$$\frac{\emptyset}{2 \cdot \pi \cdot w \cdot r} = -\lambda \cdot \frac{d}{ds} T(s)$$

*Par ailleurs on peut noter que pour tout s :*

$$ds^2 = dr^2 + dz^2$$

*Et pour tout r :*

$$\frac{dz}{dr} = \frac{A \cdot \pi}{L} \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot r}{L}\right)$$

*Il vient donc :*

$$ds = dr \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{A \cdot \pi}{L} \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot r}{L}\right)\right)^2}$$

On en déduit alors :

$$dT(r) = - \frac{\phi}{2 \cdot \pi \cdot w \cdot \lambda} \cdot \frac{\sqrt{1 + \left( \frac{A \cdot \pi}{L} \cdot \sin \left( \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{L} \right) \right)^2}}{r} \cdot dr$$

Et l'expression recherchée :

$$\Delta T = T(r=\rho) - T \left( r = \frac{L}{4} \right) = \frac{\phi}{2 \cdot \pi \cdot w \cdot \lambda} \cdot \int_{r=\rho}^{r=\frac{L}{4}} \frac{\sqrt{1 + \left( \frac{\pi \cdot A}{L} \cdot \sin \left( \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{L} \right) \right)^2}}{r} \cdot dr$$

**Question 12.** Déterminer en justifiant la démarche, la valeur de la résistance thermique surfacique de l'âme du mur étudié.

La résistance globale d'un dôme est :

$$R_{th} = \frac{\Delta T}{\phi} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot w \cdot \lambda} \cdot l$$

$$R_{th} = \frac{1}{2 \times \pi \times 0,02 \times 1} \times 2,21 = 17,58 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$$

Pour une surface carrée de murs de coté :

$$c = \frac{L}{\sqrt{2}}$$

La résistance thermique correspondant à celle de deux dômes montés en séries apparaît. On en déduit donc la résistance thermique surfacique de conduction de l'âme du mur :

$$R_{s_{\text{âme}}} = \frac{L^2}{2} \cdot 2 \cdot R_{th}$$

$$R_{s_{\text{âme}}} = 0,272^2 \cdot 17,58 = 1,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$$

**Question 13.** En déduire le gain énergétique apporté par le choix d'une structure alvéolaire dans le cadre des hypothèses énoncées et conclure quant au choix de la forme « boîte à œuf » par rapport à une forme « traditionnelle ».

On observe ici que la résistance de la forme « boîte à œuf » est 35 % plus grande que la forme traditionnelle pour la même quantité de matière mise en œuvre. Dans le cadre des hypothèses réalisées, on peut en conclure que la forme complexe « boîte à œuf » apporte une amélioration de la construction d'un point de vue thermique par rapport à une solution « traditionnelle ».

### Partie 3 – Étude du procédé d'impression XtreeE

#### 3-1 – Cohérence des vitesses d'avance et du débit d'extrusion du béton

**Question 14.** Déterminer la vitesse que la tête d'injection doit pouvoir atteindre pour remplir l'exigence 1.4. énoncée sur le diagramme des exigences (figure 28 – DT1).

*L'exigence 1.4.1 permet de déduire la vitesse maximale de déplacement que doit observer la tête d'injection. En effet pour réaliser un cordon de 500 m de longueur et faire en sorte que le temps de recouvrement soit inférieur à 5 minutes il vient que la vitesse doit être de  $100 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ .*

**Question 15.** En s'appuyant sur les résultats précédents et sur le diagramme des exigences, déterminer le débit volumique maximum de béton qui peut être extrudé par la tête.

*L'exigence 1.4.2 explicite que le cordon peut avoir une épaisseur allant jusqu'à 10 mm, la largeur allant jusqu'à 40 mm on en déduit le débit maximum :*

$$Q_v = 100 \times 0,01 \times 0,04 = 40 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}.$$

#### 3-2 – Pompe péristaltique

**Question 16.** Vérifier que la pompe péristaltique choisie est capable d'apporter la pression nécessaire à l'impression d'un cordon de béton de 20 mm de largeur, 5 mm d'épaisseur à une vitesse d'impression de  $40 \text{ m min}^{-1}$ , à 4 mètres au-dessus du refoulement de celle-ci.

*Le débit volume qu'il est prévu d'injecter se calcule comme suit :*

$$Q_v = \frac{0,02 \times 0,005 \times 40}{60} = 6,67 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

*La perte de charge de la conduite sera donc :*

$$J = 2 \times \left( \frac{8 \times 10}{\pi \cdot 0,02^4} \times 6,67 \cdot 10^{-5} + \frac{8}{3} \cdot \frac{160}{0,02} \right) \times 20 = 12,78 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

*L'application du théorème de Bernoulli généralisé à la conduite étudiée donne :*

$$P_{\text{tête}} + J + \rho_b \cdot g \cdot H = P_{\text{pompe}}$$

*Soit :*

$$P_{\text{pompe}} = 20\,000 + 12,78 \cdot 10^5 + 2310 \times 9,81 \times 4 = 13,88 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 13,88 \text{ bars}$$

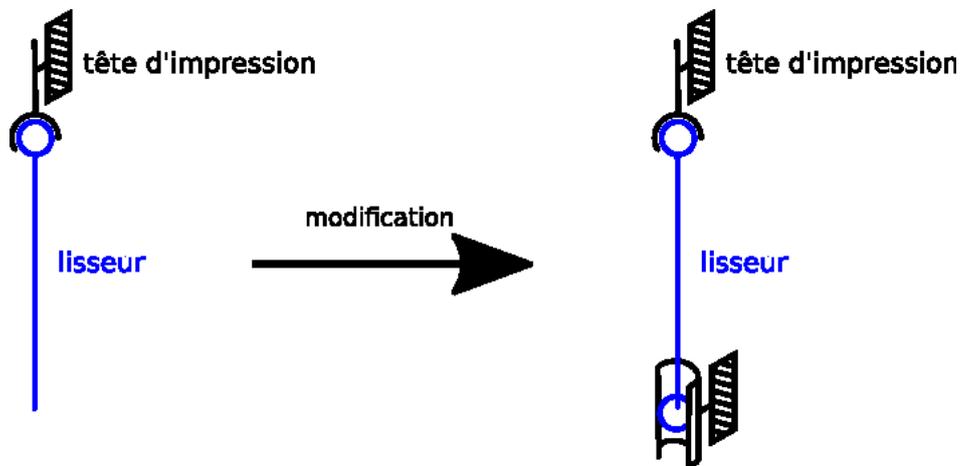
*La pompe proposée sera donc capable de transporter le béton puisque la pression apportée par la pompe est supérieure aux 13,88 bars nécessaires.*

### 3-3 Étude du lisseur

#### 3.3.1 Modélisation et modification de la solution constructive de la liaison pivot du lisseur

**Question 17.** Réaliser un schéma cinématique d'architecture de la liaison pivot entre le lisseur et la tête d'impression, expliquer la présence de défauts en dent de scie. Proposer un schéma d'architecture permettant d'éviter les défauts en dent de scie.

*Les défauts en dents de scie apparaissent en raison du rotulage dû à la présence d'un seul roulement. Une solution classique est l'utilisation de deux roulements en parallèle permettant de rigidifier la liaison et diminuer le rotulage. L'utilisation de dentures droites peut aussi provoquer des vibrations.*



*(Remarque : les engrenages et le moteur ne sont pas représentés sur cette figure, ils sont représentés à la Q21)*

#### 3.3.2 – Détermination du nombre de couches réalisables sans interruption

**Question 18.** Dans la baie ABB, le codage de la valeur de l'angle étant codé sur 16 bits et la résolution souhaitée pour l'angle de l'axe du lisseur étant de 1°, déterminer le nombre de couches réalisables N sans devoir remettre la valeur de la variable à 0.

$$N = \frac{2^{16}}{360} \approx 182 \text{ tours}$$

**Question 19.** Indiquer le critère limitant entre le nombre de bits de codage de la baie de contrôle et le nombre de tours autorisés dans le logiciel ABB.

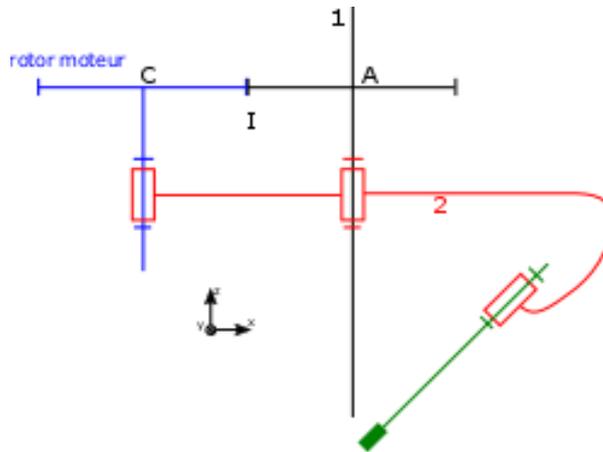
*Dans le contexte  $182 < 10000$ , donc le critère limitant est le nombre de bits de codage de la baie de contrôle. Cela peut provoquer un surplus de matière qui peut nuire à l'esthétique de la pièce imprimée.*

### 3.3.3 – Détermination du couple dynamique du moteur d'orientation du lisseur

**Question 20.** Déterminer la vitesse du point A dans son mouvement par rapport à  $R_0$  notée  $\vec{V}_{A,1/0}$  et la vitesse du point  $G_2$  dans son mouvement par rapport à  $R_0$  notée  $\vec{V}_{G_2,2/0}$ . Déterminer l'accélération du point A dans son mouvement par rapport à  $R_0$  et l'accélération du point  $G_2$  dans son mouvement par rapport à  $R_0$ .

$$\begin{aligned}\vec{V}_{A,1/0} &= a\dot{\theta}_1 \cdot \vec{y}_1 \\ \vec{V}_{G_2,2/0} &= a\dot{\theta}_1 \cdot \vec{y}_1 + b(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2)\vec{y}_2 \\ \vec{a}_{A,1/0} &= a\ddot{\theta}_1 \cdot \vec{y}_1 - a\dot{\theta}_1^2 \cdot \vec{x}_1 \\ \vec{a}_{G_2,2/0} &= a\ddot{\theta}_1 \cdot \vec{y}_1 - a\dot{\theta}_1^2 \cdot \vec{x}_1 + b(\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2)\vec{y}_2 - b(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2)^2 \vec{x}_2\end{aligned}$$

**Question 21.** Déterminer la relation entre le couple moteur  $C_m$  du moteur d'orientation du lisseur, le couple  $C_r$  et le moment dynamique  $\overrightarrow{\delta_{A,2/0}}$ .



On isole le lisseur 2 (comprenant le rotor moteur) pour appliquer le théorème du moment dynamique autour de l'axe  $(A, \vec{z})$ . La liaison pivot supposée parfaite entre 1 et 2 ne transmet pas de moment autour de  $(A, \vec{z})$ . Le couple résistant  $C_r$  est directement donné autour de l'axe  $(A, \vec{z})$ . Le couple moteur de 2 sur l'arbre moteur, noté  $C_m$  devient  $-0,9 C_m$  en sortie de l'engrenage (rendement de 0,9 et rapport de réduction de  $-1$ ). Donc en I, l'action du rotor sur 1 est dirigée suivant  $+y$ . Par conséquent, en I l'action de 1 sur le rotor est suivant  $-y$ . Ce qui induit un couple de 1 sur le rotor moteur autour de  $(A, \vec{z})$  positif et égal à  $0.9C_m$ .

$$0,9 C_m + C_r = \overrightarrow{\delta_{A,2/0}} \cdot \vec{z}$$

**Question 22.** Calculer la résultant dynamique du lisseur (2) dans son mouvement par rapport à  $R_0$  notée  $\overrightarrow{R_{d,2/0}}$ . Calculer le moment dynamique du point A dans son mouvement de (2) par rapport à  $R_0$  noté  $\overrightarrow{\delta_{A,2/0}}$ . Utiliser les notations ci-après.

$$\overrightarrow{R_d}(2/0) = m_2 \vec{a}_{G_2,2/0} = m_2 [a\ddot{\theta}_1 \cdot \vec{y}_1 - a\dot{\theta}_1^2 \cdot \vec{x}_1 + b(\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2)\vec{y}_2 - b(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2)^2 \vec{x}_2]$$

Le plan  $(A, \vec{x}_2, \vec{z}_2)$  est plan de symétrie du lisseur (2) (hypothèse), donc les termes  $D_2$  et  $F_2$  sont nuls.

$$\begin{aligned} \bullet \quad \vec{\sigma}_{A,2/0} &= I(A,2)\vec{\Omega}_{2/0} + m_2\vec{AG}_2 \wedge \vec{V}_{A,2/0} = \begin{bmatrix} A_2 & 0 & -E_2 \\ 0 & B_2 & 0 \\ -E_2 & 0 & C_2 \end{bmatrix}_{B_2} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2 \end{bmatrix}_{B_2} + m_2 \begin{bmatrix} b \\ 0 \\ h_2 \end{bmatrix}_{B_2} \wedge \begin{bmatrix} a\dot{\theta}_1 \sin\theta_2 \\ a\dot{\theta}_1 \cos\theta_2 \\ 0 \end{bmatrix}_{B_2} \\ \vec{\sigma}_{A,2/0} &= \begin{bmatrix} -E_2(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2) - m_2 h_2 a \dot{\theta}_1 \cos\theta_2 \\ m_2 h_2 a \dot{\theta}_1 \sin\theta_2 \\ C_2(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2) + m_2 b a \dot{\theta}_1 \cos\theta_2 \end{bmatrix}_{B_2} \\ \bullet \quad \vec{\delta}_{A,2/0} &= \left( \frac{d\vec{\sigma}_{A,2/0}}{dt} \right)_{R_0} + \vec{V}_{A/0} \wedge m \vec{V}_{G_2,2/R_0} \\ \bullet \quad \left( \frac{d\vec{\sigma}_{A,2/0}}{dt} \right)_{R_0} &= \left( \frac{d\vec{\sigma}_{A,2/0}}{dt} \right)_{R_2} + \vec{\Omega}_{2/0} \wedge \vec{\sigma}_{A,2/0} = \begin{bmatrix} -E_2(\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2) - m_2 h_2 a \ddot{\theta}_1 \cos\theta_2 + m_2 h_2 a \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 \sin\theta_2 \\ m_2 h_2 a \ddot{\theta}_1 \sin\theta_2 + m_2 h_2 a \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 \cos\theta_2 \\ C_2(\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2) + m_2 b a \ddot{\theta}_1 \cos\theta_2 - m_2 b a \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 \sin\theta_2 \end{bmatrix}_{B_2} + \\ &\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2 \end{bmatrix}_{B_2} \wedge \begin{bmatrix} -E_2(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2) - m_2 h_2 a \dot{\theta}_1 \cos\theta_2 \\ m_2 h_2 a \dot{\theta}_1 \sin\theta_2 \\ C_2(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2) + m_2 b a \dot{\theta}_1 \cos\theta_2 \end{bmatrix}_{B_2} = \\ &\begin{bmatrix} -E_2(\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2) - m_2 h_2 a \ddot{\theta}_1 \cos\theta_2 + m_2 h_2 a \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 \sin\theta_2 \\ m_2 h_2 a \ddot{\theta}_1 \sin\theta_2 + m_2 h_2 a \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 \cos\theta_2 \\ C_2(\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2) + m_2 b a \ddot{\theta}_1 \cos\theta_2 - m_2 b a \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 \sin\theta_2 \end{bmatrix}_{B_2} + \\ &\begin{bmatrix} -m_2(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2) h_2 a \dot{\theta}_1 \sin\theta_2 \\ -E_2(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2)^2 - m_2 h_2 a \dot{\theta}_1 \cos\theta_2 (\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2) \\ 0 \end{bmatrix}_{B_2} \\ \bullet \quad \vec{V}_{A/0} \wedge m_2 \vec{V}_{G_2,2/R_0} &= \begin{bmatrix} 0 \\ a\dot{\theta}_1 \\ 0 \end{bmatrix}_{B_1} \wedge m_2 \begin{bmatrix} -\sin\theta_2 b (\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2) \\ a\dot{\theta}_1 + \cos\theta_2 b (\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2) \\ 0 \end{bmatrix}_{B_1} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ m_2 a \dot{\theta}_1 \sin\theta_2 b (\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2) \end{bmatrix}_{B_2} \end{aligned}$$

Donc :

$$\vec{\delta}_{A,2/0} = \begin{bmatrix} -E_2(\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2) - m_2 h_2 a \ddot{\theta}_1 \cos\theta_2 + m_2 h_2 a \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 \sin\theta_2 - m_2(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2) h_2 a \dot{\theta}_1 \sin\theta_2 \\ m_2 h_2 a \ddot{\theta}_1 \sin\theta_2 + m_2 h_2 a \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 \cos\theta_2 - E_2(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2)^2 - m_2 h_2 a \dot{\theta}_1 \cos\theta_2 (\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2) \\ C_2(\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2) + m_2 b a \ddot{\theta}_1 \cos\theta_2 - m_2 b a \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 \sin\theta_2 + m_2 a \dot{\theta}_1 \sin\theta_2 b (\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2) \end{bmatrix}_{B_2}$$

En simplifiant :

$$\vec{\delta}_{A,2/0} = \begin{bmatrix} -E_2(\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2) + m_2 a h_2 [\dot{\theta}_1^2 \sin\theta_2 - \ddot{\theta}_1 \cos\theta_2] \\ -E_2(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2)^2 + m_2 a h_2 [\ddot{\theta}_1 \sin\theta_2 - \dot{\theta}_1^2 \cos\theta_2] \\ C_2(\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2) + m_2 a b [\ddot{\theta}_1 \cos\theta_2 + \dot{\theta}_1^2 \sin\theta_2] \end{bmatrix}_{B_2}$$

**Question 23.** En déduire le couple moteur  $C_m$  du moteur d'orientation du lisseur.

L'équation de la question 22 devient :

$$C_m = \frac{1}{0.9} (C_2(\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2) + m_2 ab[\ddot{\theta}_1 \cos\theta_2 + \dot{\theta}_1^2 \sin\theta_2] - C_r)$$

**Question 24.** En reprenant les hypothèses énoncées précédemment, déterminer l'expression numérique de  $C_2$ . Faire l'application numérique (unités SI).

En appliquant le théorème de Huygens, et en prenant comme unité des kg et des m, on obtient :

$$C_2 = 0.054 + 2,755 \cdot (0,0051^2) \simeq 0,054 \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

**Question 25.** Relever sur le DT5, les vitesses et accélérations angulaires dans les deux liaisons pivots (correspondant à  $\dot{\theta}_1, \dot{\theta}_2, \ddot{\theta}_1$  et  $\ddot{\theta}_2$ ) pour un temps  $t = 0,05s$ . Faire l'application numérique de  $C_m$  pour des angles  $\theta_1$  et  $\theta_2$  nuls.

$$\dot{\theta}_1(t = 0,05s) = 0.1 \text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\dot{\theta}_2(t = 0,05s) = 0.5 \text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\ddot{\theta}_1(t = 0,05s) = 2 \text{rad} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$\ddot{\theta}_2(t = 0,05s) = 10 \text{rad} \cdot \text{s}^{-2}$$

En reprenant le résultat de la question 23, on obtient :

$$C_m = \left(\frac{1}{0.9}\right) * (0.054 * (2 + 10) + 2.755 * 2 * 0.005 * 2 + 0.5) \simeq 1.34 \text{ Nm}$$

**Question 26.** En exploitant les résultats de la simulation et en prenant en compte le couple  $C_r$  et le rendement de l'engrenage  $\eta$  déterminer le couple maximal  $C_{m \text{ max}}$  que le moteur doit développer. Comparer cette valeur à la valeur obtenue précédemment et justifier l'écart constaté. Proposer un protocole expérimental permettant de mesurer ce couple moteur directement sur le système en fonctionnement.

La valeur absolue du couple moteur est obtenue pour  $t = 0,05s$ .

$$C_{12-SIMULATION \text{ MAX}} = 0,85 \text{Nm}$$

Dans le cas de la simulation :

$$C_{12-SIMULATION \text{ MAX}} = \overrightarrow{\delta_{A,2/0}} \cdot \vec{z} (t = 0,05s)$$

En remplaçant le moment dynamique par  $C_{12-SIMULATION \text{ MAX}}$  dans l'expression du couple moteur, on obtient :

$$C_{m-SIMULATION} = \frac{1}{0.9} (C_{12-SIMULATION \text{ MAX}} - C_r) = \left(\frac{1}{0.9}\right) * (0.85 + 0.5) = 1.5 \text{ Nm}$$

Les écarts (1.34 et 1.5) peuvent provenir de l'hypothèse du plan de symétrie.

Pour vérifier expérimentalement le couple moteur, on peut placer une MCC et mesurer le courant moteur. Connaissant la constante de couple, on peut alors déterminer le couple maximum  $C = k \cdot I$

**Question 27.** D'après ces simulations, le moteur peut-il suivre les variations de couple ?

Les relevés sur le « scope 6 » montrent la réponse du moteur à un échelon de couple. On s'aperçoit que le moteur parvient à atteindre le couple de consigne, ce qui traduit sa capacité à suivre la variation de couple.

**Question 28.** Le moteur peut être modélisé par le schéma équivalent précisé ci-dessous en figure 21 :

- E est la force électromotrice, elle est proportionnelle à la vitesse de rotation du moteur ;
- R est la résistance interne du bobinage du moteur ;
- Le couple moteur est donné par la relation suivante  $C = k \cdot I$ .

En exploitant les résultats des relevés de simulation, déterminer la résistance interne  $R$  du moteur et la constante de couple (K).

Calcul de la résistance interne du moteur : On se place au démarrage, on relève  $I_d = 50A$ .

$$\text{Donc } R = \frac{U}{I_d} = \frac{24}{50} = 0,48\Omega .$$

Pour la constante de couple, on sait que  $C = K \cdot I$  donc :

$$K = \frac{C}{I} = \frac{1}{12} = 0,083.$$

### 3.4 – Étude de la compatibilité électrique du système XtreeE avec les caractéristiques des réseaux électriques des pays dans lequel il sera utilisé

**Question 29.** D'après les éléments donnés (figure 22, 23, 24, 25), contrôler en justifiant vos réponses que le système XtreeE peut être alimenté électriquement sur tous les sites.

Trois réseaux sont donnés en exemple. On constate que les systèmes de tensions et de fréquences sont différents. Pour pouvoir alimenter le système dans différents pays, il faut que celui supporte les différentes tensions et fréquences disponibles.

Vérification :

D'après la plaque signalétique du moteur asynchrone monophasé, on constate que celui-ci peut être alimenté :

- o de 220 à 242 V en couplage triangle et de 380 à 420 en couplage étoile avec une fréquence de 50 Hz donc compatible avec le réseau français.

- de 254 à 277 V en couplage triangle et de 440 à 480 en couplage étoile avec une fréquence de 60 Hz donc compatible avec le réseau américain.

Cependant avec le changement de fréquence, la vitesse de rotation des moteurs diffère. Il faudra vérifier si cela est gênant ou pas.

Pour les moteurs brushless alimentés par un variateur, d'après les caractéristiques suivantes des tensions d'alimentation des variateurs : en monophasé 120 à 240 V, en triphasé 400 à 480V, donc ces tensions sont compatibles avec les deux pays.

La structure des variateurs pour moteur brushless est la suivante : redresseur-bus continu-onduleur. Comme on passe par un bus continu, la fréquence d'entrée n'a pas d'importance. Par conséquent les servo-drive peuvent être alimentés par différentes fréquences.

Les alimentations continues ont une tension d'entrée comprise entre 85 et 265 V donc il n'y a pas de problème pour les connecter aux deux réseaux.

Coté fréquence, la structure interne de ces alimentations est constituée d'une alimentation à découpage donc pas de problème pour les deux fréquences.

En conclusion le système peut être alimenté par les deux réseaux.

**Question 30.** Déterminer la puissance et l'intensité nécessaires pour alimenter le système par un réseau 230/400V 50 Hz, en veillant à prendre en compte une marge de 20%.

Pour répondre à la question, il faut faire un bilan de puissance pour chaque récepteur :

$$\text{Malaxeur : } P_{am} = \frac{P_u}{\eta} = \frac{3000}{0,85} = 3530W; \quad \cos\varphi = 0,82 \Rightarrow \varphi = 34,9^\circ \Rightarrow \tan\varphi = 0,68$$
$$Q_{am} = P_{am} \cdot \tan\varphi = 2400 \text{ VAR}$$

$$\text{Agitateur : } P_{aa} = \frac{P_u}{\eta} = \frac{1100}{0,816} = 1348W; \quad \cos\varphi = 0,75 \Rightarrow \varphi = 41,4^\circ \Rightarrow \tan\varphi = 0,882$$
$$Q_{aa} = P_{aa} \cdot \tan\varphi = 1189 \text{ VAR}$$

$$\text{Pompe : } P_{ap} = \frac{P_u}{\eta} = \frac{1500}{0,828} = 1812W; \quad \cos\varphi = 0,75 \Rightarrow \varphi = 41,4^\circ \Rightarrow \tan\varphi = 0,882$$
$$Q_{ap} = P_{ap} \cdot \tan\varphi = 1598 \text{ VAR}$$

$$\text{Tête d'impression : } P_{at} = 6500W; \quad \cos\varphi = 0,9 \Rightarrow \varphi = 25,8^\circ \Rightarrow \tan\varphi = 0,484$$
$$Q_{at} = P_{at} \cdot \tan\varphi = 3146 \text{ VAR}$$

Ensemble moteur brushless :

$$P_{amb} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 5 \cdot 0,9 = 3117W; \quad \cos\varphi = 0,9 \Rightarrow \varphi = 25,8^\circ$$
$$\Rightarrow \tan\varphi = 0,484$$
$$Q_{amb} = P_{amb} \cdot \tan\varphi = 1605 \text{ VAR}$$

Puissance active totale :

$$\begin{aligned}P_t &= P_{am} + P_{aa} + P_{ap} + P_{at} + P_{amb} = 16307W \\Q_t &= Q_{am} + Q_{aa} + Q_{ap} + Q_{at} + Q_{amb} = 9938VAR \\S_t &= \sqrt{P_t^2 + Q_t^2} = 19096VA \\I_t &= \frac{S_t}{\sqrt{3} \cdot U} = 27,5A\end{aligned}$$

Avec une marge de 20% il faudra une puissance de  $19096 \cdot 1.2 = 22915VA$ . Soit 23 KVA

## Partie 4 – Analyse et proposition d’une séquence pédagogique

**Les éléments de corrigé ci-dessous indiquent ce que les membres de jury ont cherché à évaluer. Ils ne constituent pas une réponse unique.**

Le corrigé ci-dessous ne constitue pas une réponse unique en réponse aux questions posées. L’objectif principal de cette partie est de vérifier :

- la maîtrise des liens qui existent entre : objectifs de formation, compétences, savoirs, indicateurs de réussite ;
- la maîtrise des différentes démarches pédagogiques en STI : alternance et articulation des approches inductive, déductive ;
- la maîtrise des différentes modalités pédagogiques : cours, TD, démarche de projet, activité pratique, etc. ;
- la maîtrise des modalités d’évaluation et leurs objectifs : diagnostic, formatif, sommatif ;
- la capacité à mettre en place une organisation pédagogique cohérente en tenant compte des contraintes matérielles, horaires, d’effectifs, etc.

**Question 31.** Détailler les repères de progressivité à définir par le professeur pour contribuer, dans cette séquence, à atteindre partiellement les objectifs O1 et O4 fixés dans le programme de formation. Utiliser le modèle de tableau ci-dessous.

Un point important de cette question évaluée repose sur la notion de progressivité, dans le cycle de formation demandé mais qui tient compte également des pré-requis des élèves.

Objectif défini au référentiel	Repère de progressivité	Justification
O1 : caractériser des systèmes privilégiant un usage raisonné du point de vue du développement durable.	<p>Dans un premier temps, conforter les connaissances globales du concept de développement durable dont les trois piliers : social, économique, environnemental.</p> <p>Dans un second temps à partir du ou des systèmes choisis pour répondre à la problématique de la séquence, identifier les développements technologiques prenant en compte la démarche DD.</p> <p>Par la suite, les aspects de Développement Durable seront</p>	<p>Le concept de développement durable est abordé dans plusieurs disciplines, et ce depuis l’enseignement primaire primaire. Les élèves arrivent donc en début de première STI2D avec des notions globales qu’il convient de structurer.</p> <p>En STI2D, le développement durable n’est pas un objectif d’apprentissage en tant</p>

	<p><i>diffusés en continue dans les différentes séquences.</i></p>	<p><i>que tel mais fait partie intégrante de l'évolution des systèmes d'aujourd'hui.</i></p>
<p><i>O4 : Décoder l'organisation fonctionnelle, structurelle et logicielle d'un système.</i></p>	<p><i>Dans cette première séquence, se limiter à décoder l'organisation fonctionnelle et structurelle.</i></p> <p><i>Sans faire un cours spécifique sur les outils de description des systèmes, donner le diagramme de cas d'utilisation, d'exigences, le bdd et l'ibd d'un système simple.</i></p> <p><i>Questionner les élèves afin qu'ils recherchent des informations sur les différents diagrammes.</i></p> <p><i>Une synthèse expliquant les règles de lecture simples pour ce type de diagrammes.</i></p> <p><i>Dans les séquences suivantes, les élèves pourront compléter ces diagrammes.</i></p>	<p><i>Même si les outils de description sont différents, tous les élèves ont abordé l'approche fonctionnelle en collège dans le cadre de l'enseignement de la technologie.</i></p> <p><i>Concernant l'organisation structurelle, les élèves peuvent aisément comprendre un diagramme explicitant le besoin et les exigences s'ils ont le système en leur possession.</i></p>

**Question 32.** Identifier en lien avec les objectifs précédents, les indicateurs de réussite (observables par le professeur) de la séquence. Utiliser le modèle de tableau ci-dessous.

*Les indicateurs de réussite sont des observables donnant des indications sur le niveau d'acquisition des compétences. Ils doivent donc être écrits en lien avec les compétences ciblées. Dans l'exemple proposé, les compétences rayées ne seront pas ciblées.*

Système d'étude : imprimante 3D

Objectif visé	Indicateur de réussite	Justification
O1 : caractériser des systèmes privilégiant un usage raisonné du point de vue du développement durable.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le choix des matériaux est justifié en tenant compte des critères d'écoconception.</li> <li>- La structure matérielle est correctement justifiée.</li> </ul>	CO1.1. Justifier les choix des matériaux, des structures d'un système et les énergies mises en œuvre dans une approche de développement durable.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La justification des paramètres de confort est explicitée.</li> <li>- La réponse apportée par le système aux contraintes de préservation de la santé et du respect de la sécurité est explicitée</li> </ul>	CO1.2. Justifier le choix d'une solution selon des contraintes d'ergonomie et d'effets sur la santé de l'homme et du vivant.
O4 : Décoder l'organisation fonctionnelle, structurelle et logicielle d'un système.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les flux et la forme de l'énergie sont décrits de façon qualitative.</li> <li>- Les caractéristiques d'entrées/sorties des transformations ou modulations sont correctement précisées.</li> </ul>	CO4.1. Identifier et caractériser les fonctions et les constituants d'un système ainsi que ses entrées/sorties.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La structure matérielle est correctement identifiée et caractérisée</li> </ul>	<p>CO4.2. Identifier et caractériser l'agencement matériel d'un système</p> <p>CO4.4. Identifier et caractériser des solutions techniques relatives aux matériaux, à la structure, à l'énergie et aux informations (acquisition, traitement, transmission) d'un système.</p>

**Question 33.** Définir de manière précise l'organisation d'une séance de 2h en classe entière en enseignements technologiques transversaux incluse dans la séquence et qui porterait plus spécifiquement sur l'objectif O3 et l'état de l'art de la fabrication additive. Préciser notamment :

- les activités des élèves ;
- les activités du professeur ;
- les ressources pédagogiques nécessaires ;
- le phasage et déroulement de la séance ;
- toutes autres précisions utiles à la compréhension de la séance.

*O3 – Identifier les éléments permettant la limitation de l'impact environnemental d'un système et de ses constituants.*

*Pour cette question, les auteurs du sujet attendaient une véritable mise en activité des élèves avec une approche ayant du sens pour les élèves. Il y a plusieurs réponses possibles. Quelques points importants méritaient d'être explicités comme :*

- *préciser les différentes phases de la séance : lancement, activité, bilan ;*
- *préciser la ou les problématiques que devront résoudre les élèves au regard d'un élément du cahier des charges ;*
- *pendant la phase activité, préciser les tâches à accomplir par chaque élève. Mais aussi quelle attention à la mise en place des activités en îlots, avec des réserves quant à la proposition d'une seule et même consigne pour un groupe d'élèves jugée non suffisant, de même que la définition d'un rôle comme rapporteur, ingénieur, ou autre, si ces rôles ne sont pas explicités ou que la part du travail collaboratif n'est pas définie ;*
- *préciser les éléments d'observation (évaluation formative) ;*
- *préciser les éléments d'aide mis à disposition des élèves s'ils rencontrent des difficultés ;*
- *lors de la phase bilan, le retour sur la problématique, avec l'attention accordée aux restitutions. Cette modalité pédagogique, chronophage, mérite que son organisation soit détaillée.*

**Question 34.** Préciser les liens à prévoir entre cette séquence et les enseignements dispensés dans les spécialités.

*Dans le cadre de l'expérimentation proposée dans le sujet, il était possible d'établir différents liens entre l'enseignement technologique transversal et les enseignements technologiques d'approfondissement également appelés de spécialité, en fonction de l'organisation pédagogique envisagée.*

*Il est possible d'envisager l'expérimentation dans un objectif de découverte des spécialités, ceci en gardant l'enseignement transversal. Dans ce cas les liens peuvent être établis en identifiant les compétences en enseignement technologique transversal et en enseignement technologique de spécialité se rapprochant. Ou bien en ciblant les*

compétences identiques dans les 4 spécialités. Par exemple les compétences liées à la démarche de projet ainsi que l'approche ACV : analyse de cycle de vie.

**EXEMPLE 1**

**Organisation** Pour un élève choisissant **AC à posteriori**

Exemple d'un établissement faisant découvrir les différentes spécialités avant le positionnement de l'élève

	septembre				octobre			novembre		
	semaine 1	semaine 2	semaine 3	semaine 4	semaine 5	semaine 6	semaine 7	semaine 8	semaine 9	semaine 10
Heures E.T.T (7)	Séq ETT									
Heures spé (5)	Séq ITEC	Séq AC	Séq SIN	Séq EE	Séq AC					

Toujours dans le cadre de l'expérimentation, il est possible d'envisager un enseignement unique sur les 12h en première STI2D. Là encore, et afin de respecter la répartition horaire sur le cycle, il convenait de cibler des compétences pouvant être associées dans les différents programmes.

**EXEMPLE 2**

**Organisation** Pour un élève choisissant **AC à postérieur**

Exemple d'un établissement utilisant les 12h de début de première pour l'ETT

	septembre				octobre			novembre		
	semaine 1	semaine 2	semaine 3	semaine 4	semaine 5	semaine 6	semaine 7	semaine 8	semaine 9	semaine 10
Heures E.T.T (7h)	Séq ETT									
Heures spé (5h)	Séq ETT	Séq AC	Séq AC	Séq AC	Séq AC					

Les auteurs attendaient également que les liens entre les différents enseignements puissent être établis à partir de l'étude de différents systèmes. L'imprimante 3D étant un système couvrant les champs Matière, Énergie et Information, elle pouvait constituer un lien intéressant mais avec des formes de vigilance. En effet, même si dans le cas de l'étude, l'imprimante 3D est utilisée dans le domaine de la construction, le système en lui-même est un système mécatronique. L'étude de l'imprimante 3D seule n'est donc pas suffisante pour créer un lien avec la spécialité AC. Le procédé d'impression 3D, proposé par l'étude scientifique, est donc à privilégier.

**Question 35.** Définir le nombre de séance et les thèmes des séances composant la séquence.

Là encore il n'existe pas de solution unique mais les auteurs souhaitaient avant tout pouvoir vérifier la cohérence des propositions. Notamment entre le nombre de séances et le nombre d'heures disponibles en première STI2D en classe entière ou en groupe.

**Question 36.** Définir la position et la durée de la séquence dans la période d'expérimentation. Justifier les choix réalisés.

En se référant aux différentes présentations ou actes de séminaires STI2D disponibles (cf. site du RNR STI sur Eduscol ou cf. sites académiques), il existe plusieurs schémas proposant des organisations de progression ou séquences pédagogiques. Ici les auteurs attendaient de voir comment les candidats allaient adapter l'organisation dans le cadre de l'expérimentation. La séquence pédagogique pouvait se placer à différents

endroits dans le premier trimestre. L'important était de justifier cette position et les pré-requis nécessaires sans oublier que les élèves ont des connaissances acquises les années précédentes dans les disciplines technologiques mais également dans d'autres disciplines. En général, les séquences pédagogiques durent entre 2 et 4 semaines. Les correcteurs ont été vigilants sur la cohérence de l'organisation proposée et les justifications.

**Question 37.** Définir de manière précise le contenu du document de structuration des connaissances à élaborer pour la séquence ainsi développée.

Le document attendu ici doit être constitué à partir des savoirs du DP2. Dans le sujet, l'attendu N°5 précise « La séquence, située en début de formation, veillera à présenter aux élèves les principales innovations et évolutions technologiques qui traversent l'industrie ». Soit :

1. Principes de conception des systèmes de développement durable
  - a. Compétitivité et créativité
    - i. ..
    - ii. Cycle de vie d'un produit et choix techniques, économiques et environnementaux
    - iii. Compromis complexité – efficacité – coût

Le document pourrait donc être une synthèse :

- des phases de cycle de vie d'un produit ;
- des entrants (énergie, matière) et des sortants (polluants, déchets, énergies) ;
- des scénarios de fin de vie ;
- des indicateurs d'impacts environnementaux ;
- des impacts lors d'une modification/évolution de produit ;
- des déséquilibres possibles entre les poids des fonctions, leur coût et leurs impacts.

**Question 38.** Définir les modalités du suivi des progrès des élèves pendant cette séquence. Préciser les outils d'évaluation à mobiliser et leurs impacts sur les stratégies pédagogiques à déployer dans les séquences pédagogiques suivantes.

Dans cette question, les auteurs souhaitaient vérifier la capacité du candidat à revenir vers les critères de réussite utilisés dans le cadre de la formation (évaluation formative) et à utiliser les résultats d'évaluation pour adapter son enseignement par de la remédiation ou en modifiant les séquences suivantes. Il était possible de revenir sur les indicateurs de réussite de la première question.

Les auteurs attendaient également que les candidats fassent des références à des outils de suivi et d'accompagnement, comme les possibilités offertes au travers des ENT, environnements numériques de travail.

## Commentaires du jury

Le sujet proposé pour cette épreuve de sciences industrielles de l'ingénieur portait sur l'étude d'un procédé d'impression 3D en béton de structures du bâtiment et sur sa validation en vue de répondre à des exigences issues de demandes particulières. Deux projets architecturaux étaient envisagés pour lesquels la technologie de l'imprimante utilisée est assez différente. Dans le premier cas la tête d'impression est portée par un portique robotisé, dans le second cas par un robot multiaxe.

Une première partie était consacrée à la mise en évidence des attentes spécifiques de l'architecte afin d'identifier les intérêts du procédé d'impression et les particularités techniques induites par le procédé sur le matériau. La deuxième partie permettait de mettre en évidence l'intérêt d'un tel procédé pour la réalisation de géométries complexes en lien avec les performances techniques et environnementales de l'ouvrage réalisé. La troisième partie visait à caractériser le pilotage du procédé d'extrusion en termes de vitesse d'avance, de débit volumique de béton et de pression de refoulement de la pompe. Enfin la quatrième et dernière partie était consacrée à l'élaboration d'une séquence pédagogique relative aux enseignements technologiques du cycle terminal de STI2D.

Les poids relatifs des différentes parties du sujet correspondent au prorata du temps conseillé pour composer sur chacune d'elles, à savoir :

- Partie scientifique (Parties 1, 2 et 3) 60 %

Thématiquement, sur la partie scientifique, la répartition de la notation a été faite de la manière suivante :

- *Partie 1* : Q1 à Q7 15 %

- *Partie 2* : Q8 à Q13 19 %

- *Partie 3* : Q14 à 30 66 %

- Partie 4 : Partie pédagogique 40 %

### COMMENTAIRE GÉNÉRAL

Les 4 parties proposées étaient indépendantes les unes des autres. Les candidats pouvaient exprimer l'ensemble de leurs compétences et montrer leur capacité à aborder un problème dans sa globalité. Une lecture complète du sujet était conseillée afin de s'imprégner du sujet. Le sujet ne posait pas de difficulté particulière de compréhension.

Les questions posées étaient globalement au niveau des candidats (pour 26 questions parmi 38, plusieurs candidats obtiennent le maximum des points).

Dans toutes les parties du sujet, des connaissances de base étaient évaluées. Les correcteurs constatent que bon nombre de candidats qui se présentent à l'agrégation interne ne les maîtrisent pas.

Une grande majorité des candidats a traité ou entamé chaque partie, avec une exception **pour la partie 4 que près d'un tiers des candidats n'aborde pas en dépit de son poids dans la note finale.**

Par comparaison avec les résultats de la session précédente, le jury remarque néanmoins que les candidats semblent plus familiers cette année, de ce format

d'épreuve transversale comportant la partie pédagogique à traiter. Ils sont nombreux à avoir abandonné la partie scientifique pour traiter la partie pédagogique.

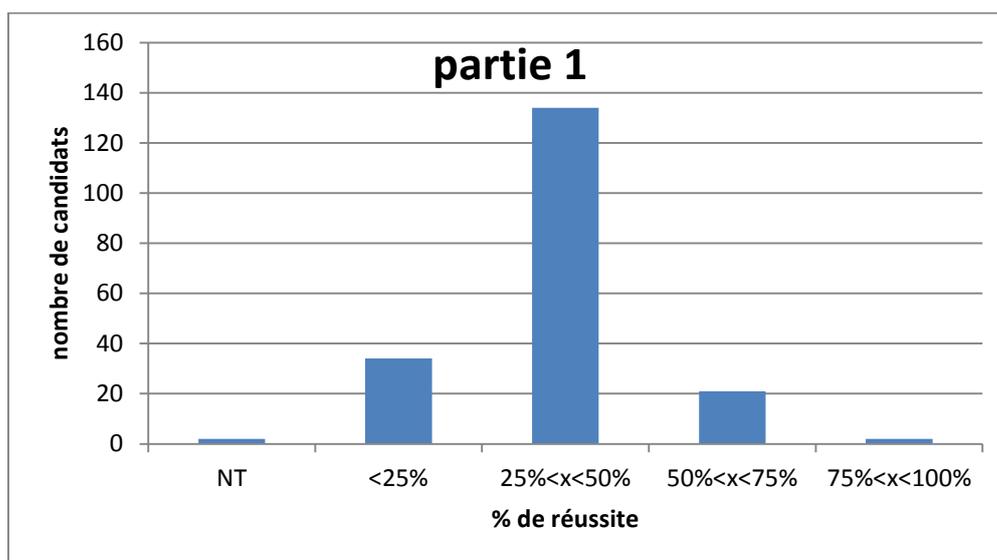
## **ANALYSE PAR PARTIE**

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

### **Partie 1 : Étude du besoin et du contexte**

Cette partie, portant sur l'analyse du besoin, l'analyse du procédé XtreeE et les exigences sur le matériau, a été abordée quasiment par la totalité des candidats. Pour l'analyse du besoin, les candidats ont fréquemment manqué de précision dans leurs réponses. Néanmoins ces questions sont globalement bien traitées.

La question portant sur l'analyse du procédé XtreeE a été également bien réussie par les candidats. En revanche les exigences portant sur le matériau qui devait être suffisamment fluide pour être pompé mais suffisamment visqueux pour ne pas s'écrouler sous son propre poids ont été assez mal comprises ce qui a conduit à avoir assez peu de réponses correctes pour la hauteur de béton frais que l'on peut imprimer sans effondrement.

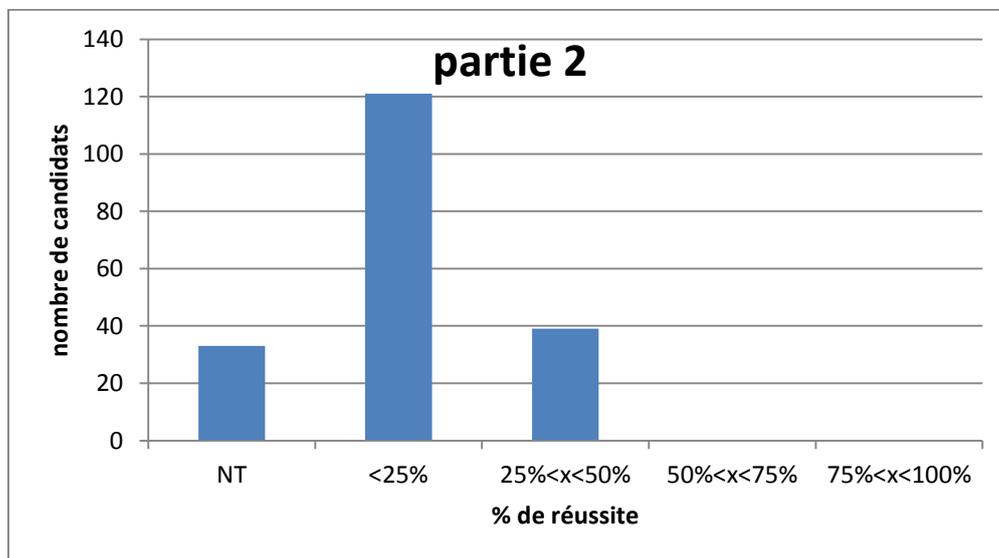


## Partie 2 : Étude d'un ouvrage imprimé par le procédé

La première partie portait sur l'influence du procédé sur les propriétés mécaniques. Il s'agissait de calculer la tenue mécanique d'un poteau réalisé de manière classique et un poteau réalisé avec le procédé XtreeE modélisé par éléments finis.

Autant le calcul de la contrainte est bien traité par les candidats, autant celui de la déformation totale ne l'est pas du fait de l'oubli de la déformation différée dans le calcul ou d'erreurs sur le calcul du module équivalent au modules instantané et différé. Trop de candidats confondent le déplacement et la déformation.

La seconde partie portait sur l'influence du procédé sur les performances thermiques. Il s'agissait de calculer le gain énergétique apporté par une structure alvéolaire imprimée par le procédé XtreeE. Cette partie est la moins bien traitée. Pour les questions 11, 12 et 13, aucun candidat n'a obtenu le maximum des points alors même qu'un résultat intermédiaire était donné à la fin de la question 11.



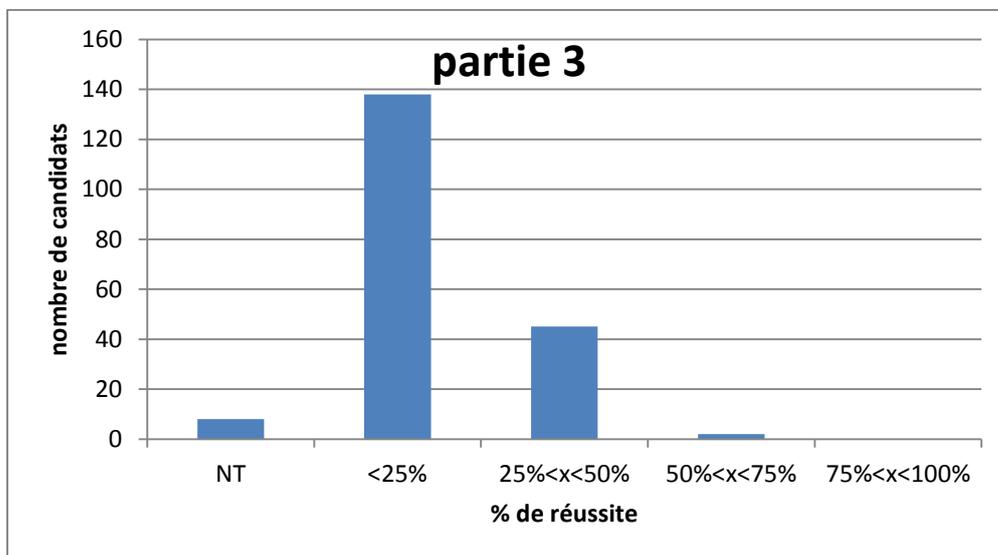
## Partie 3 : Étude du procédé d'impression XtreeE

La partie démarrait avec le calcul des vitesses d'avance et du débit d'extrusion du béton, ce qui n'a pas posé de difficultés majeures aux candidats. Par la suite le dimensionnement à la pression de la pompe péristaltique avec prise en compte des pertes de charges a été moins bien traité.

Pour la question 17, beaucoup de candidats ne réalisent pas un schéma d'architecture. Les questions 18 et 19 portant sur la détermination du nombre de couches réalisables sans interruption n'ont pas posé de problèmes. La question 20, portant sur la cinématique a été traitée correctement par trop peu de candidats, certains égalisant vecteur et scalaire ou bien ne sachant pas dériver un vecteur dans un repère mobile. À la question 21, portant sur l'application du moment dynamique autour de l'axe  $(A, \vec{z})$ , très peu de candidats ont expliqué la subtilité comme quoi le couple de la tête d'impression sur le rotor moteur était autour de l'axe  $(A, \vec{z})$ . La résultante dynamique et le moment dynamique, bien que les formules fussent données, aucun candidat n'a été en capacité de traiter correctement ces questions. Un seul candidat a pris en compte l'hypothèse de symétrie du lisseur simplifiant les termes D et E de la matrice d'inertie.

De manière générale, les candidats manquent de rigueur sur ce genre de calcul.

La question 23 consistait simplement à appliquer le TMD de la question 21. La question 24 a été traitée correctement par un certain nombre de candidats. La question 25, qui consistait à mesurer des vitesses et des accélérations angulaires sur une courbe de profil cinématique a été traitée correctement par beaucoup de candidats. La question 26 consistait à comparer la valeur obtenue par simulation et ensuite considérer que cette valeur correspondait au moment dynamique pour la réinjecter dans la question 21. La question 27 consistait à vérifier que le moteur pouvait suivre les variations de couple, ce qui était le cas. La question 28, consistait à calculer la résistance interne du moteur, pour laquelle peu de candidats ont pris l'intensité au démarrage. La constante de couple a bien été traitée. Les questions 29 et 30 consistaient à vérifier la compatibilité électrique du système XtreeE avec les caractéristiques des réseaux électriques des pays dans lequel il sera utilisé ; peu de candidats ont répondu juste.



#### **Partie 4 : Analyse et proposition d'une séquence pédagogique**

Cette partie portait sur des questions d'ordre pédagogique mais n'a pas été traitée à la hauteur escomptée. 29% des candidats n'ont répondu à aucune des questions. La longueur du sujet peut expliquer en partie ce pourcentage mais il s'agit tout de même d'une épreuve d'agrégation interne. Tous les candidats ont donc une expérience dans l'enseignement.

Parmi les copies restantes, de nombreuses sont illisibles ou difficilement compréhensibles. Là encore le jury s'interroge sur ces compétences d'expression écrite qui ne sont pas directement ciblées par l'épreuve mais sont très importantes pour enseigner.

À contrario si quelques copies sont très bien rédigées (parfois à la manière d'un récit) la description des activités ne fait appel à aucun fond technique ou scientifique. Le jury rappelle l'importance de construire des séquences pédagogiques pour l'acquisition de compétences qui s'appuient sur des connaissances scientifiques et techniques définies dans le programme.

Le jury constate également que très peu de candidats mobilisent les éléments vus dans la partie scientifique pour l'investir dans la partie pédagogique. Par exemple, les diagrammes SysML adaptés au niveau d'enseignement, auraient pu être des éléments pour l'objectif O4.

Dans la première question il était demandé de proposer une progressivité pour les objectifs de formation O1 et O4. 33% des candidats n'ont pas traité cette question et 46% n'ont eu aucun point car les réponses ne correspondaient pas à une progressivité. Dans la plupart des cas les candidats ont énuméré une liste de compétences ou d'activités sans expliquer la progression. Un seul candidat a évoqué une continuité avec le programme de technologie du cycle 4.

La deuxième question, traitée par 58% des candidats, consistait à définir des critères de réussite pour les objectifs O1 et O4. 4,5% des candidats ont su répondre correctement en proposant de véritables critères de réussites ou observables en lien avec les compétences ciblées. Le jury attendait davantage de réussite sur cette question importante pour la construction des apprentissages et notamment des évaluations. En effet, les critères de réussites constituent des observables permettant de repérer le niveau d'acquisition des compétences. En STI2D et en S.SI, mais également dans la majorité des référentiels des BTS, ces critères sont repris dans les grilles d'évaluation des différentes épreuves, écrites, conduite de projet ou présentation de projet.

La troisième question consistait à construire une séquence pédagogique. Cette question a été la mieux traitée. Malgré cela, pour la majorité des copies, les descriptions ne sont pas assez précises. À la lecture des copies, il n'est notamment pas possible de savoir ce que font réellement les élèves. Quels matériels utilisent-ils et pourquoi. Quelles utilisations font-ils des logiciels : simulation d'un modèle de comportement, gestion des ressources numériques, gestion du travail de groupe, etc. Au regard du profil des élèves STI2D dont il était question dans le sujet, au-delà de l'étude d'un dossier, il aurait été pertinent d'imaginer des activités pratiques mettant en œuvre des imprimantes 3D. Celles-ci sont maintenant accessibles et très présentes dans les établissements pour amener des éléments concrets pour ces élèves. De

nombreux candidats ont proposé des problématiques qui n'en sont pas ainsi que des situations pédagogiques limitées à des recherches sur internet dans le but de construire un diaporama. Ici une démarche inductive pourrait être mise en place à partir d'un contexte réel, d'un CCTP, d'un DCE ou d'un cahier des charges. A partir de surfaces fonctionnelles les élèves pourraient imaginer des formes « esthétiques » mais également fonctionnelles, formant des pièces résistantes. L'aspect Bio mimétisme est intéressant mais ne doit pas être pris seulement pour une imitation de la nature. Le bio mimétisme c'est d'abord être conscient que les formes rencontrées dans la nature sont optimisées en fonction de contraintes : l'optimisation morphologique.

Il manque très souvent un contexte global avec des enjeux sociétaux poussant à résoudre des problématiques techniques.

Dans la majorité des cas, les candidats ont placé les élèves dans l'idée que l'impression 3D est la solution à tous les problèmes techniques devant les autres procédés. Ceci sans proposer des critères de comparaison objectifs dépendant du contexte.

Dans la quatrième question, il s'agissait de proposer des liens entre l'enseignement technologique transversal et les enseignements technologiques de spécialités. 51% des candidats ont traité cette question mais 31% n'ont eu aucun point. Le jury attendait du candidat qu'il définisse des liens entre les compétences des différents enseignements et notamment les compétences communes aux quatre spécialités. Il était également attendu que le candidat propose des systèmes permettant ces liens. Dans le contexte de l'arrêté du 11 juillet 2016, plusieurs possibilités peuvent être envisagées. Par exemple, ces compétences communes peuvent être abordées lors des séances habituelles de l'enseignement technologique transversal et des enseignements technologiques de spécialités avec des rotations sur les spécialités afin que les élèves puissent les découvrir. Mais il est également possible d'imaginer des horaires globalisés afin de construire des séquences pédagogiques sans forcément cibler les spécialités mais à partir de contextes et de problématiques concrètes porteuses de sens.

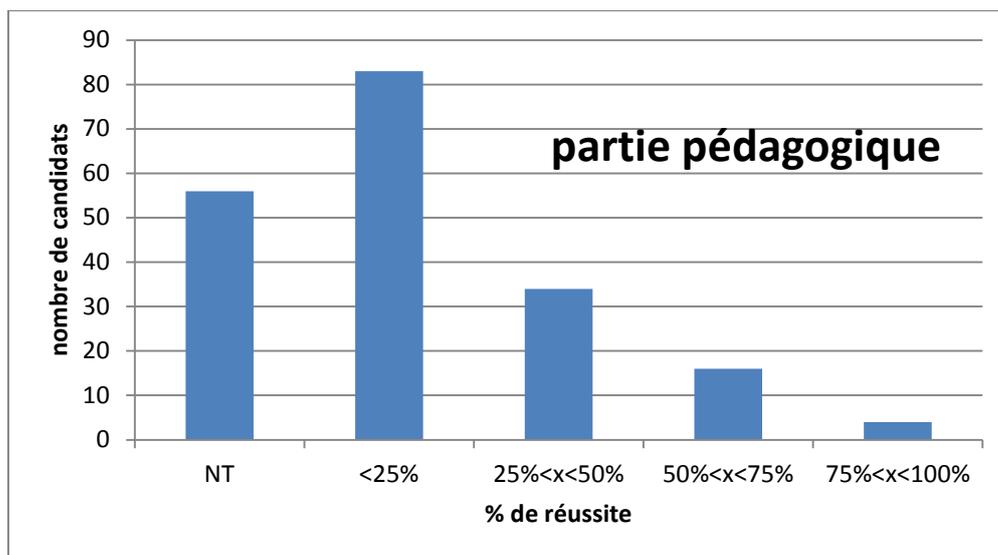
La cinquième question proposait de définir le nombre de séances et les thèmes des séances composant la séquence. Seulement 40% des candidats ont traité cette question. Deux candidats ont eu le maximum de points. Là encore les réponses étaient peu précises. Les candidats auraient pu utiliser des schémas afin d'expliquer de manière simple et claire, l'organisation de la séquence en tenant compte des heures disponibles dans les différents enseignements. De nombreux candidats ont commis des erreurs sur la répartition horaire en première STI2D.

Dans la sixième question, il s'agissait de positionner la séquence dans la période d'expérimentation. Comme la précédente, 40% des candidats l'ont traitée. La plupart ont placé cette séquence dès le début d'année car elle ne nécessitait pas de prérequis.

Dans la septième question il était demandé de construire de manière précise la synthèse de la séquence. Traitée seulement par 22% des candidats, une majorité a mal répondu. Les liens avec les savoirs sont très rarement explicités et lorsqu'ils le sont, il n'y a aucun contenu précisé.

Dans la dernière question, il fallait proposer des modalités d'évaluation. Un seul candidat a fait le lien avec les indicateurs de réussite proposés dans la première question. Ces indicateurs pouvaient permettre la mise en place d'observables pour une évaluation formative ou sommative. L'évaluation formative est trop peu imaginée. Cela

mériterait une attention particulière dans la mise en place d'une évaluation explicite pour l'acquisition des compétences.



## **Recommandations aux futurs candidats**

Compte tenu du coefficient de l'épreuve et des compétences évaluées, il est indispensable que les candidats qui se présentent à cette agrégation interne soient en mesure de mobiliser leurs compétences scientifiques, technologiques, didactiques et pédagogiques.

Sur le plan scientifique, il est nécessaire de maîtriser les outils et méthodes scientifiques de résolution de problèmes pluri-technologiques (méthode de dérivation vectorielle (formule de Bour), changement de point de repère, calcul de la vitesse d'un solide (formule de Varignon), réalisation de schémas cinématiques d'architecture, simplification de matrices d'inertie avec symétries, maîtrise des asservissements...).

Donc pour réussir une telle épreuve, il est vivement conseillé aux candidats de conforter leurs connaissances dans tous les champs relevant des sciences de l'ingénieur et de l'industrie. Depuis plusieurs années, des sujets d'examens, de concours traitent de supports et de problématiques technologiques et scientifiques transversales. Pour l'agrégation interne, il est indispensable que les futurs candidats soient en capacité d'aborder tous ces champs. Il est recommandé aux futurs candidats de s'entraîner à l'aide de ces sujets (CAPET, agrégations interne et externe, sujets SII des concours d'entrée aux grandes écoles...).

La lecture du sujet dans sa totalité et la lecture des problématiques des différentes parties constituent aussi un préalable, pour définir une stratégie de réponse et une organisation du temps consacré aux réponses des différentes parties. 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.

Les résultats intermédiaires donnés dans l'énoncé doivent permettre aux candidats de valider leur résultat, dans tous les cas, de poursuivre le questionnement.

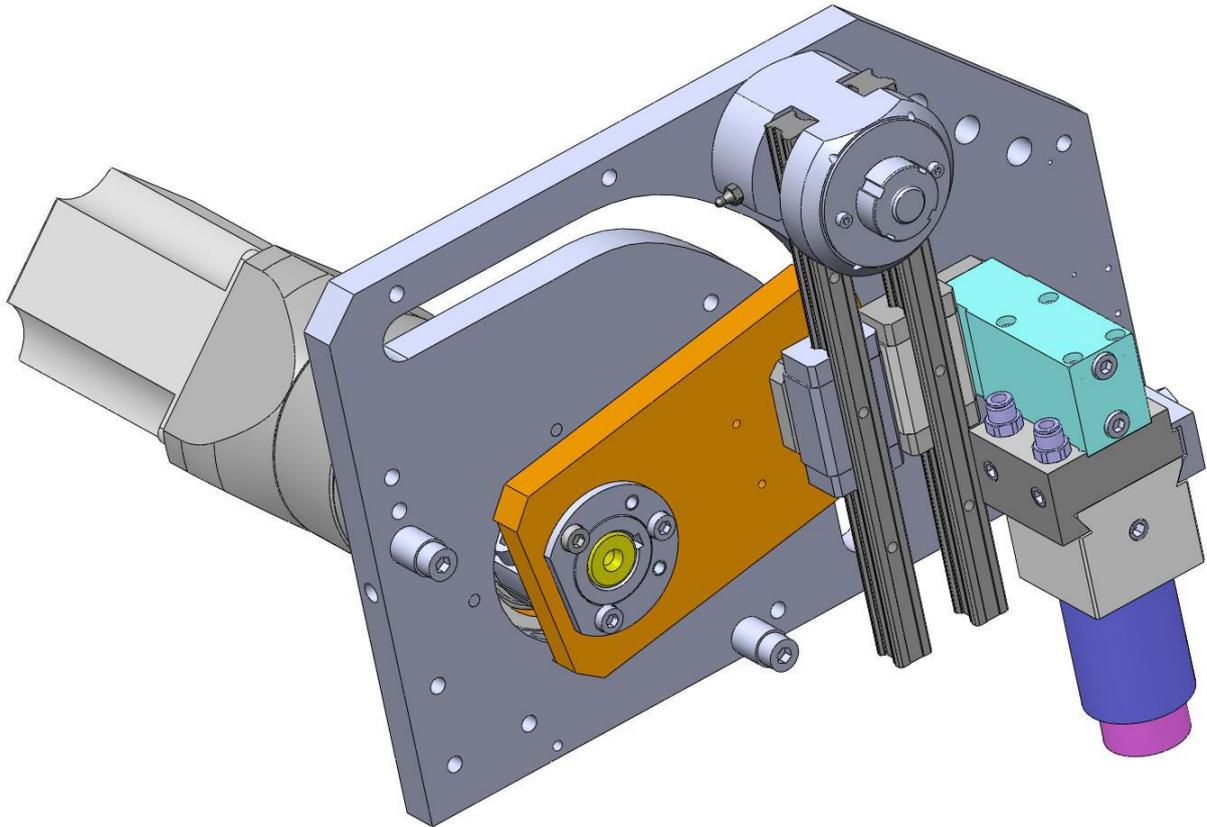
Il est important que les futurs candidats pensent à justifier de façon synthétique leurs méthodes de résolution et ne se contentent pas de dérouler un calcul. On évitera donc de trop longs développements de calculs en laissant subsister les articulations du raisonnement.

Il est rappelé que la présentation, la qualité de la rédaction et l'orthographe sont des éléments importants de la communication.

## Épreuve d'étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation

Coefficient 1 – Durée 4 heures

Le sujet est disponible en téléchargement sur le site du ministère



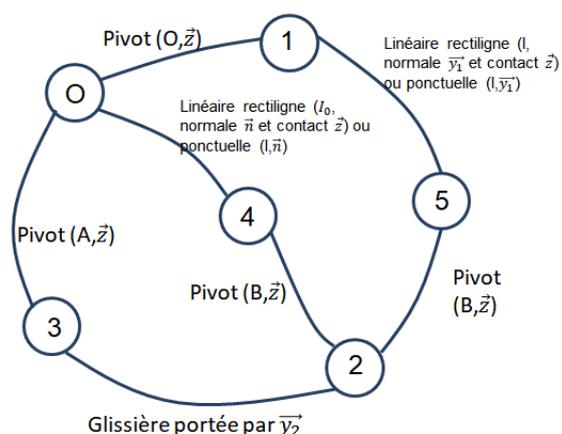
Manipulateur - préhenseur

## Éléments de correction

### Partie I – Justification de la géométrie de la solution

**Question 1.1 :** À partir du dessin d'ensemble du manipulateur donné DT1 et du schéma de principe de fonctionnement du manipulateur donné DT2, sur feuille de copie, proposer une modélisation de la liaison entre la plaque à came (25) appartenant à EC0 et le galet (22) appartenant à EC4 ainsi que la modélisation de la liaison entre le bras d'effort (23) appartenant à EC1 et le galet (14) appartenant à EC5. Justifier vos modèles. Etablir le graphe de liaisons du manipulateur.

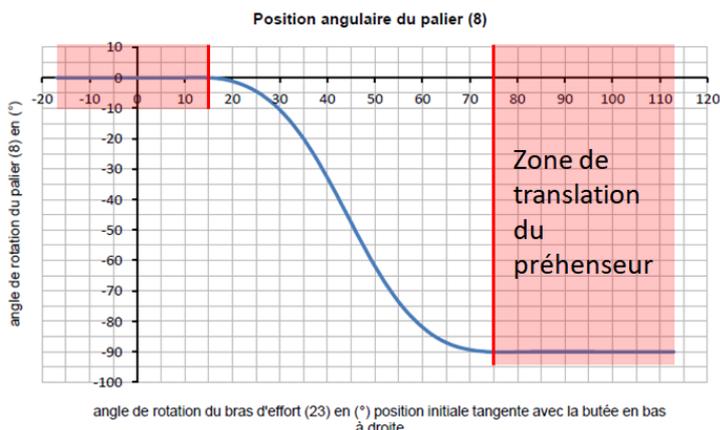
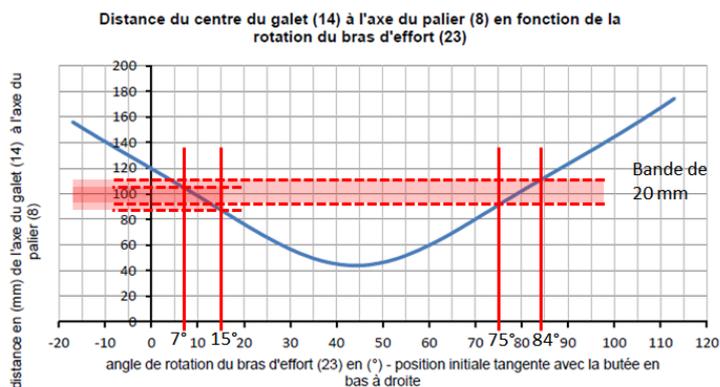
Le contact entre le galet (22) et la plaque à came (25), ainsi qu'entre le galet (14) et le bras d'effort (23) est celui du cylindre sur un plan soit une ligne rectiligne. Il peut être modélisé par une liaison linéaire rectiligne. Si on considère un contact court ou bien une surface bombée pour le galet, alors il peut être modélisé par une liaison ponctuelle.



**Question 1.2 :** À l'aide de DT3, repérer les zones de translation du préhenseur et donner la longueur des déplacements rectilignes sur feuille de copie. Conclure quant au respect de l'exigence  $Id = \ll 2 \gg$ . En déduire le débattement utile de l'angle de rotation du bras de force (23).

Les courbes (voir ci-après) permettent d'établir que les translations ont lieu pour un angle du bras d'effort compris entre :

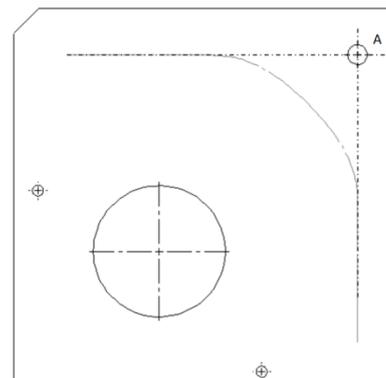
- $-17^\circ$  et  $15^\circ$  qui correspond à une translation sur 63 mm
- $75^\circ$  à  $112^\circ$  qui correspond à une translation de 85 mm



Le cahier des charges impose une exigence d'une course pour chacune des translations de 20mm, le système sera donc utilisé pour une rotation du bras de force compris entre 7° et 85° soit un débattement angulaire de 78°.

**Question 1.3 :** Sur feuille de copie, établir et justifier les contraintes géométriques de la position de l'axe de l'alésage de la plaque à came (25) passant par « A », centre de la liaison pivot entre la plaque à came (25) et le palier de rotation (8) garantissant le mouvement de translation du coulisseau préhenseur EC2 en fin de mouvement.

Afin que les translations du préhenseur en fin de mouvement puissent se réaliser, il est nécessaire que l'axe de la liaison pivot de centre A soit à l'intersection des trajectoires rectilignes. Donc l'axe de rotation doit passer par l'intersection des 2 plans de symétrie de la rainure de came dans les 2 zones rectilignes.



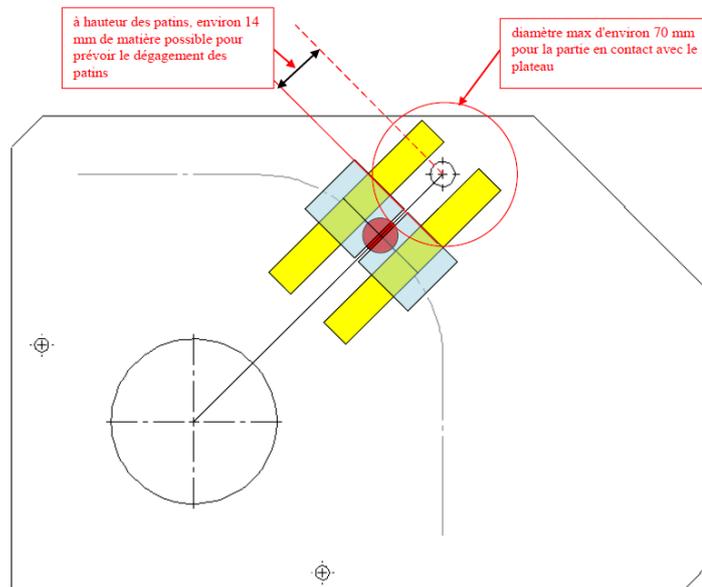
**Question 1.4 :** Sur feuille de copie, expliciter les contraintes de conception qui imposent la cote « a » de 21mm.

La cote de 21mm pour "a" est imposée par le diamètre de l'axe (31) ainsi que par le minimum de matière autour de cet axe pour la pièce (8) afin de garantir le guidage en rotation de (8) par rapport à (31).

**Question 1.5 :** Sur le document DR1, tracer une épure de la position des galets et des patins dans la position où la distance entre le coulisseau préhenseur (**EC2**) et le palier en rotation (**8**) est la plus faible.

**Question 1.6 :** Sur le document DR1, donner les dimensions d'encombrement du palier de rotation (**8**) par rapport aux galets puis aux paliers.

Épure → échelle 1:2

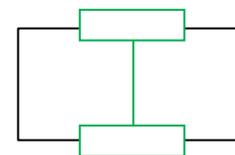


**Question 1.7 :** Sur feuille de copie, justifier le choix constructif d'utiliser deux guidages linéaires pour réaliser la liaison glissière. Faire le schéma cinématique non simplifié des liaisons entre **EC2** et **EC3**. Calculer le degré d'hyperstatisme de cette solution. Expliciter les contraintes imposées par cet hyperstatisme.

Une architecture avec un seul guidage linéaire permettrait la même cinématique, d'autant plus que cela supprimerait des contraintes géométriques sur la pièce 8 (palier de rotation) qui porte la partie rail.

Cependant il a été choisi deux rails pour une raison d'encombrement, en effet dans le cas d'un rail il faudrait placer celui-ci centré sur la pièce 8, ce qui entraînerait une augmentation de l'épaisseur du mécanisme et des difficultés de montage, de plus le rail devrait être de taille supérieure afin d'encaisser seul l'ensemble des actions mécaniques mises en jeu.

$$\begin{aligned}
 H &= N_{\text{incstatique}} - N_{\text{equation}} + N_{\text{mobilité}} \\
 &= (5 + 5) - 6 \times (2 - 1) + (1 + 0) \\
 H &= 5
 \end{aligned}$$



Le degré d'hyperstatisme de 5 va engendrer des contraintes de parallélisme des deux rails (et de localisation).

## Partie II – Étude de la réalisation du palier

**Question 2.1 :** Repérer et analyser, à l'aide du dessin d'ensemble DT1 et du tableau d'analyse des antériorités DT6, les surfaces de mise en position des rails.

Les surfaces sont deux plans orthogonaux GC6 (appui plan) et GC7 (linéaire rectiligne). Le ddl restant, translation, est bloqué par le maintien en position réalisé par 2 vis.

**Question 2.2 :** Ces surfaces sont spécifiées, entre autre, par rapport à la référence spécifiée « A ». Définir complètement « A » et justifier le choix du concepteur concernant cette référence et de sa construction.

« A » est la droite axe dérivé des deux cylindres coaxiaux tangents extérieurs matières aux deux surfaces réputées cylindriques de diamètre maximal.

« A » représente l'axe théorique de la liaison pivot qui correspond au montage des roulements. Ce sont les surfaces de liaison entre l'ensemble EC0 et EC3.

**Question 2.3 :** Argumenter le choix du procédé de réalisation du palier (8) par enlèvement de matière à partir d'un brut cylindrique.

Arguments :

- petite série ;
- nombre important de surfaces fonctionnelles par rapport au volume de la pièce (montage de roulement, montage des rails, perçages et taraudages).

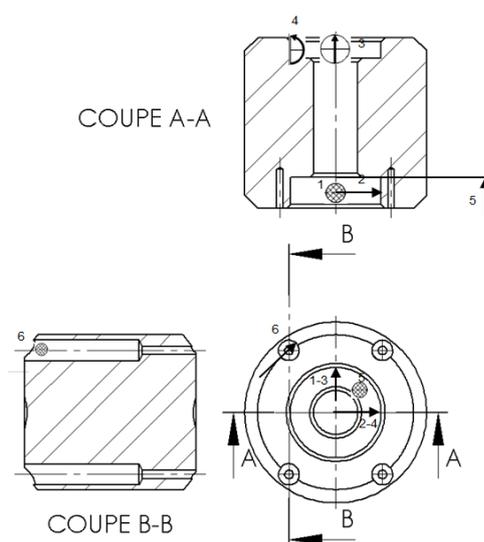
**Question 2.4 :** Sur le document réponse DR2, proposer une solution de mise en position isostatique de la pièce pour réaliser les surfaces restantes. Justifier vos choix de surfaces d'appui. Représenter votre solution en utilisant les symboles de la norme NF E 04-013 donnée partiellement sur le DT7.

Les surfaces d'appui sont des surfaces usinées dans la phase précédente. Ce sont les surfaces de référence.

La solution (ci-contre) centrage long (pivot glissant) et appui ponctuel avec un locating (appui ponctuel) dans un perçage pour supprimer le dernier ddl, est la solution la plus proche de la définition.

Une autre solution avec appui plan (1, 2 et 3) et centrage court (linéaire annulaire) (4 et 5), un locating (6) dans un perçage pour supprimer le dernier ddl, est acceptable.

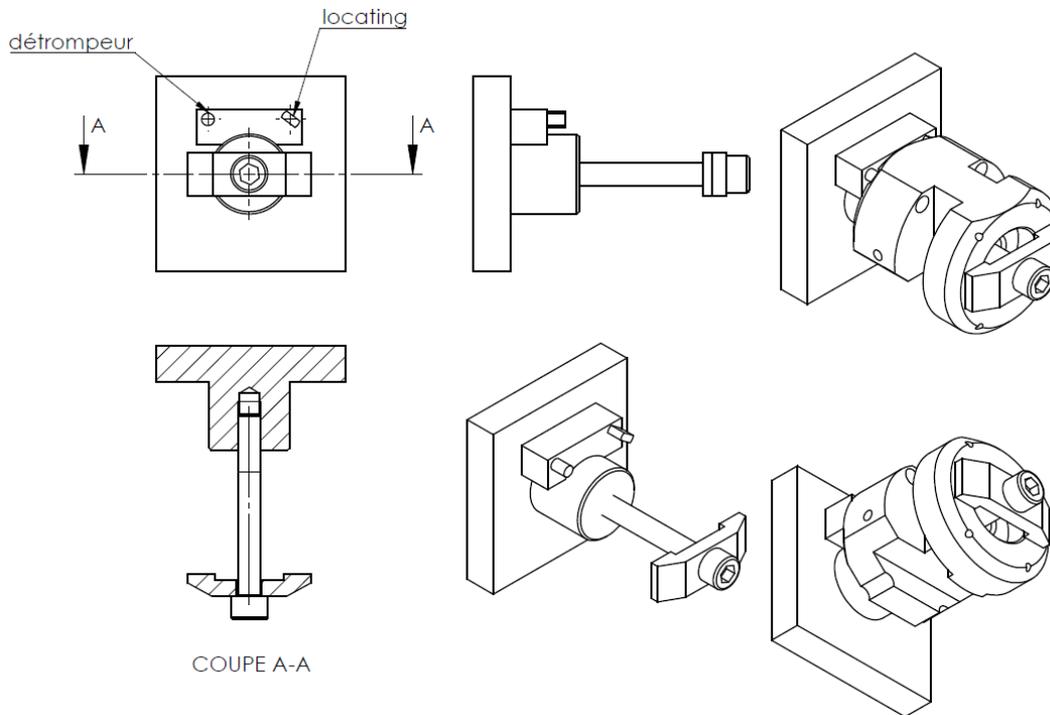
Un détrompeur est aussi nécessaire. Il n'apparaît pas sur la MIP.



**Question 2.5 :** Proposer un type de machine et ses caractéristiques permettant de réaliser les surfaces restantes du palier. Justifier votre choix.

Un centre d'usinage 4 axes avec l'axe de l'outil horizontal est suffisant pour réaliser l'usinage complet.

**Question 2.6 :** Sur document réponse DR3, réaliser un croquis plan et 3D du montage d'usinage garantissant la mise en position de la pièce définie plus haut et le maintien en position. Ce montage doit être adapté à la machine choisie à la question précédente. Repérer les axes machines.



**Question 2.7 :** Analyser la spécification  $\text{⌀ } 0.1 \text{ CZ } | \text{AD}$  sur le document réponse DR4.

Tableau d'analyse de spécification

TOLERANCEMENT NORMALISE		Analyse d'une spécification par zone de tolérance				
Symbole de la spécification		Éléments non idéaux (Réels)		Éléments idéaux (Modèles)		
Type de spécification		Élément(s) tolérancé(s)	Élément(s) de référence	Référence(s) spécifiée(s)	Zone de tolérance	
Forme Position	Orientation Battement					
<b>Condition de conformité :</b> L'élément tolérancé doit être inclus dans la zone de tolérance.		Nature géométrique	Nature géométrique	Type, nature géométrique, contraintes, critère d'association	Type, nature géométrique, contraintes	Contraintes, objectif d'association
$\text{⌀ } 0.1 \text{ CZ }   \text{AD}$		Deux surfaces réputées planes. 	Deux surfaces réputées cylindriques et une surface réputée plane. 	DROITE « A » axe des deux cylindres contraints coaxiaux tangents extérieur matière aux surfaces de références minimisant l'écart maxi.  PLAN « D » tangent extérieur matière contraint perpendiculaire à la droite « A ».	Volume entre deux plans distants de 0,1mm. 	Le plan médian de la zone de tolérance doit être à 39,8mm du plan « D » 

**Question 2.8 :** Proposer et détailler le contrôle avec une MMT de la spécification

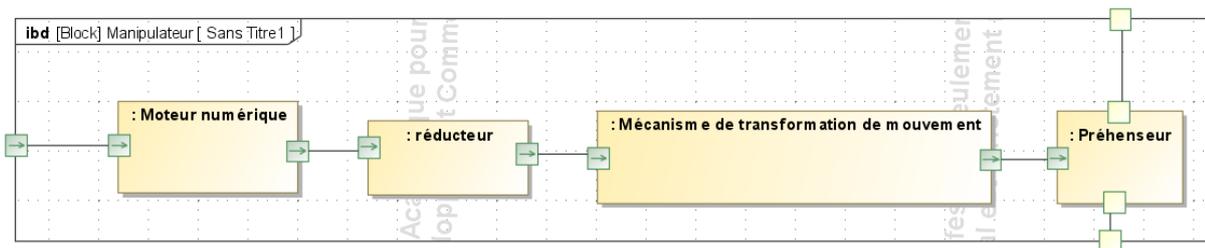
$\oplus$  0.1 CZ | A | D.

La pièce est placée sur le marbre de telle sorte que les surfaces « A » et « D » ainsi que GC6 soient accessibles aux palpeurs.

1. Construction de la droite « A » à partir du palpé des surfaces cylindriques
2. Construction du plan « D » à partir du palpé de la surface réelle.
3. Palpé de la surface tolérancée et définition de la spécification pour validation.

### Partie III – Validation de la motorisation choisie

**Question 3.1 :** À partir du diagramme BDD sur le DT14 réaliser un diagramme IBD du manipulateur, détailler les flux d'énergie.



**Question 3.2 :** Déterminer la durée d'un cycle d'aller-retour en seconde.

$$t_{\text{cycle}} = \frac{3600}{7000} = 0,514s$$

**Question 3.3 :** Relever la valeur de la vitesse de rotation maximale du moteur. Calculer la vitesse de rotation maximale du bras d'effort (23) en rad/s.

La vitesse de rotation maximale  $\omega_m = 5000tr/min = 523,6rad/s$

La vitesse de rotation en sortie du réducteur avec le rapport de réduction de  $\frac{1}{30}$  donné dans le document DT14 :

$$\dot{\theta}_{10} \text{max} = \frac{523,6}{30} = 17,45rad/s$$

(Avec un rapport de réduction de  $\frac{1}{50}$  du document DT1  $\dot{\theta}_{10} \text{max} = \frac{523,6}{50} = 10,47rad/s$ )

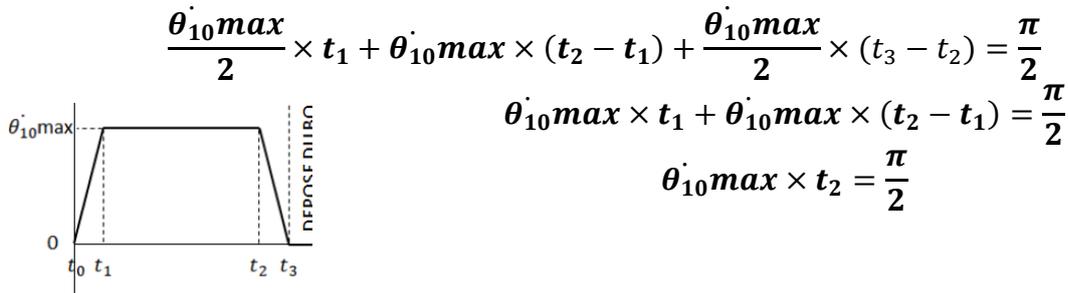
**Question 3.4 :** Déterminer les valeurs de  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ,  $t_4$  ainsi que l'accélération du bras d'effort (23) en  $rad/s^2$ .

$$t_4 = \frac{0,514}{2} = 0,257s$$

$$t_3 = t_4 - 0,1 = 0,157s$$

$$t_3 = 0,157s$$

Aire sous la courbe :



$$t_2 = 0,09s \left( r = \frac{1}{30} \right)$$

$$\text{ou } t_2 = 0,15s \left( r = \frac{1}{50} \right)$$

$$t_1 = t_3 - t_2 = 0,155 - 0,09 = 0,067s$$

$$t_1 = 0,067s \left( r = \frac{1}{30} \right)$$

$$\text{ou } t_1 = 0,007s \left( r = \frac{1}{50} \right)$$

$$\ddot{\theta}_{10} = \frac{17,45}{0,067} = 260,4 \text{ rad. s}^{-2} \left( r = \frac{1}{30} \right)$$

$$\text{ou } \ddot{\theta}_{10} = 1500 \text{ rad. s}^{-2} \left( r = \frac{1}{50} \right)$$

Un candidat s'est appuyé sur les courbes DT9 pour résoudre en prenant  $\Delta\theta_{10}$  (phase accélération) =  $35^\circ$ . Ces courbes sont tracées avec un rapport de réduction de  $(r = \frac{1}{30})$

**Question 3.5 :** Calculer  $\ddot{\theta}_m$ , l'accélération du moteur en  $\text{rad/s}^2$ . Comparer l'accélération calculée à celle du document constructeur. Conclure.

$$\ddot{\theta}_m = \frac{523,6}{0,067} = 7815 \text{ rad. s}^{-2} < 30800 \text{ rad. s}^{-2}$$

Cette accélération est compatible avec le servomoteur choisi.

**Question 3.6 :** Isoler l'ensemble {EC1, EC2, EC3}, faire le bilan des actions mécaniques extérieures. Ecrire les torseurs correspondants.

Bilan des actions mécaniques extérieures au système étudié :

$$\{\tau(EC0 \rightarrow EC1)\} = \begin{pmatrix} X_{01} & L_{01} \\ Y_{01} & M_{01} \\ Z_{01} & 0 \end{pmatrix}_{(O,x_0,y_0,z_0)} \quad (\text{pivot})$$

$$\{\tau(EC0 \rightarrow EC3)\} = \begin{pmatrix} X_{03} & L_{03} \\ Y_{03} & M_{03} \\ Z_{03} & 0 \end{pmatrix}_{(A,x_0,y_0,z_0)} \quad (\text{pivot})$$

$$\{\tau(EC0 \rightarrow EC2)\} = \begin{pmatrix} X_{02} & 0 \\ 0 & M_{02} \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_{(I_0,n,t,z_0)} \quad (\text{linéaire rectiligne})$$

$$\{\tau(pes \rightarrow EC1)\} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ -m_1 \times g & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_{(G1,x_0,y_0,z_0)}$$

$$\{\tau(pes \rightarrow EC2)\} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ -m_2 \times g & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_{(G2,x_0,y_0,z_0)}$$

$$\{\tau(pes \rightarrow EC3)\} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ -m_3 \times g & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_{(G3,x_0,y_0,z_0)}$$

$$\{\tau(moteur \rightarrow EC1)\} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & C_{10} \end{pmatrix}_{(O,x_0,y_0,z_0)}$$

**Question 3.7 :** En appliquant le théorème de l'énergie-puissance, déterminer la relation liant le  $C_m$  et les différentes grandeurs caractéristiques du mécanisme.

$$\sum P(f_{ext} \rightarrow S/R_0) + \sum P(f_{int} \rightarrow S/R_0) = \frac{d}{dt} [E_c(S/R_0)]$$

Avec :

$$P(f_{ext} \rightarrow S/R_0) = \overrightarrow{R_{f_{ext}}} \cdot \vec{V}(A, S/R_0) + \overrightarrow{M_A}(f_{ext}/R_0) \cdot \vec{\Omega}(S/R_0)$$

$$E_c(S/R_0) = E_c(EC1/R_0) + E_c(EC2/R_0) + E_c(EC3/R_0)$$

$$E_c(S/R_0) = \frac{1}{2} \times (I_1 \dot{\theta}_{10}^2 + I_3 \dot{\theta}_{20}^2 + C \dot{\theta}_{20}^2 + m_1 V(G_1 \in 1/0)^2 + m_2 V(G_2 \in 2/0)^2 + m_3 V(G_3 \in 3/0)^2)$$

$$\frac{d}{dt} [E_c(S/R_0)]$$

$$= (m_1 L_1^2 + I_1) \dot{\theta}_{10} \ddot{\theta}_{10} + (m_3 L_3^2 + I_3 + C) \dot{\theta}_{20} \ddot{\theta}_{20} + 0.5 \times m_2 \frac{d}{dt} [(\lambda_{32} + a)^2 \dot{\theta}_{20}^2 + (b \dot{\theta}_{20} - \lambda_{32})^2]$$

Avec la dérivée de l'expression de la vitesse  $V(G_2 \in 2/0)^2$

$$\frac{d}{dt} [(\lambda_{32} + a)^2 \dot{\theta}_{20}^2 + (b\dot{\theta}_{20} - \dot{\lambda}_{32})^2]$$

$$= 2((\lambda_{32} + a)^2 \dot{\theta}_{20} \ddot{\theta}_{20} + \dot{\theta}_{20}^2 (\lambda_{32} + a) \dot{\lambda}_{32} + (b\dot{\theta}_{20} - \dot{\lambda}_{32}) \times (b\ddot{\theta}_{20} - \ddot{\lambda}_{32}))$$

Les puissances :

$$P(\text{moteur} \rightarrow \mathbf{EC1/R_0}) = C_{10} \dot{\theta}_{10} = C_m \times \frac{\eta}{r} \times \dot{\theta}_{10}$$

$$P(\text{pesanteur} \rightarrow \mathbf{EC1/R_0}) = -m_1 g L_1 \dot{\theta}_{10} \cos \theta_{10}$$

$$P(\text{pesanteur} \rightarrow \mathbf{EC2/R_0}) = -m_2 g \vec{y}_0 \cdot [(\lambda_{32} + a) \dot{\theta}_{20} \vec{x}_2 + (b\dot{\theta}_{20} - \dot{\lambda}_{32}) \vec{y}_2]$$

$$P(\text{pesanteur} \rightarrow \mathbf{EC2/R_0}) = -m_2 g ((\lambda_{32} + a) \dot{\theta}_{20} \sin \theta_{20} + (b\dot{\theta}_{20} - \dot{\lambda}_{32}) \cos \theta_{20})$$

$$P(\text{pesanteur} \rightarrow \mathbf{EC3/R_0}) = -m_3 g L_3 \dot{\theta}_{20} \cos \theta_{20}$$

Enfin,

$$C_m \times \frac{\eta}{r} \times \dot{\theta}_{10} = m_1 g L_1 \dot{\theta}_{10} \cos \theta_{10} + m_2 g ((\lambda_{32} + a) \dot{\theta}_{20} \sin \theta_{20} + (b\dot{\theta}_{20} - \dot{\lambda}_{32}) \cos \theta_{20})$$

$$+ m_3 g L_3 \dot{\theta}_{20} \cos \theta_{20} (m_1 L_1^2 + I_1) \dot{\theta}_{10} \ddot{\theta}_{10} + (m_3 L_3^2 + I_3 + C) \dot{\theta}_{20} \ddot{\theta}_{20} + 0.5$$

$$\times m_2 \frac{d}{dt} [(\lambda_{32} + a)^2 \dot{\theta}_{20}^2 + (b\dot{\theta}_{20} - \dot{\lambda}_{32})^2]$$

**Question 3.8 :** Déterminer la valeur du couple moteur maximal  $C_m^{max}$  nécessaire.

La valeur de couple maxi lu sur le DT est 190N.m

$$\text{Le couple moteur est alors de } C_m = \frac{C_{red}}{30 \times \eta} = \frac{190}{30 \times 0,98} = 6.46 \text{ N.m}$$

**Question 3.9 :** À partir de la lecture du document DT9, isoler EC1 et déterminer l'inertie équivalente de l'ensemble ramenée à l'arbre de sortie du réducteur pour la position particulière de  $\theta_{10} = 55^\circ$  correspondant au début de la décélération.

Application du théorème du moment dynamique sur l'axe de rotation du réducteur dans le repère galiléen  $R_0$ .

$$C_{10} - C_{charge} = J_{eq\_red} \times \ddot{\theta}_{10}$$

Dans le cas où  $\ddot{\theta}_{10} = 0$ , alors

$$C_{10} = C_{charge}$$

Le pic de couple correspond à  $\theta_{10} = 55^\circ$  et  $J_{eq\_red} \times \ddot{\theta}_{10} = 190 - 135 = 55 \text{ N.m}$

$$J_{eq\_red} (\text{pour } \theta_{10} \text{ considéré}) = \frac{55}{260,4} = 0,211 \text{ kg.m}^2$$

**Question 3.10 :** Conclure quant au choix du servomoteur.

L'inertie équivalente ramenée à l'arbre moteur est avec  $J_{red} = 0,881 \times 10^{-4} \text{ kg.m}^2$  (donnée absente) :

$$J_{eq\_mot} = J_{moteur} + J_{red} + \frac{J_{eq\_red}}{30^2} = 0,672 \times 10^{-4} + 0,881 \times 10^{-4} + 2,346 \times 10^{-4}$$

$$= 3,899 \times 10^{-4} \text{ kg.m}^2$$

La documentation donne que le moment d'inertie de la charge admissible est au maximum de :

$$20 \times J_m = 20 \times 0,672 \times 10^{-4} = 13,44 \times 10^{-4} \text{kg.m}^2 > 3,899 \times 10^{-4} \text{kg.m}^2$$

Le servomoteur choisi est adapté pour :

- le couple maxi ;
- l'accélération maxi ;
- le moment d'inertie de la charge admissible.

**Question 3.11** : Critiquer le choix d'une commande de vitesse de forme trapézoïdale sur le couple maximal et proposer un autre type de loi de commande en vitesse. Justifier.

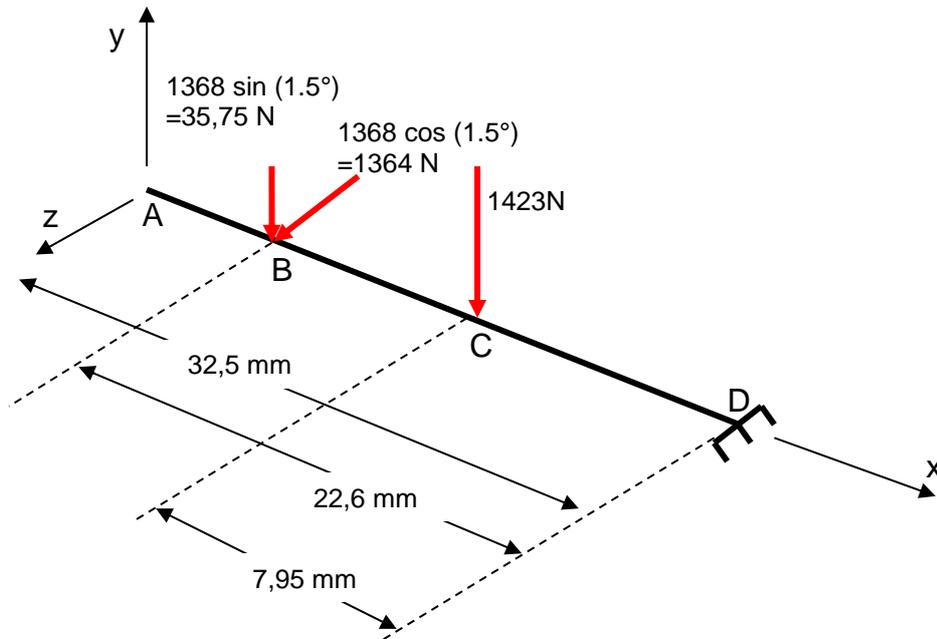
Afin de limiter le pic de couple au moment de l'accélération ou de la décélération, l'accélération peut être progressive avec une valeur maximale qui peut être supérieure à celle calculée (nous sommes loin de l'accélération  $30800 \text{ rad.s}^{-2}$  possible). Une loi de commande avec variation de l'accélération en sinus, sinus carré ou polynomiale serait plus adaptée.

**Partie IV – Dimensionnement de l'axe 13**

**Question 4.1 :** Sur feuille de copie, établir et justifier à partir du document DT10 un modèle d'étude RdM pour l'axe (13).

*Modèle d'étude choisi : D'après les courbes de simulation dynamique, la position la plus défavorable est pour une rotation du bras de force de 32°.*

*Les deux efforts relevés sont de 1368N et 1423N avec un angle entre les deux efforts de 91,5°.*



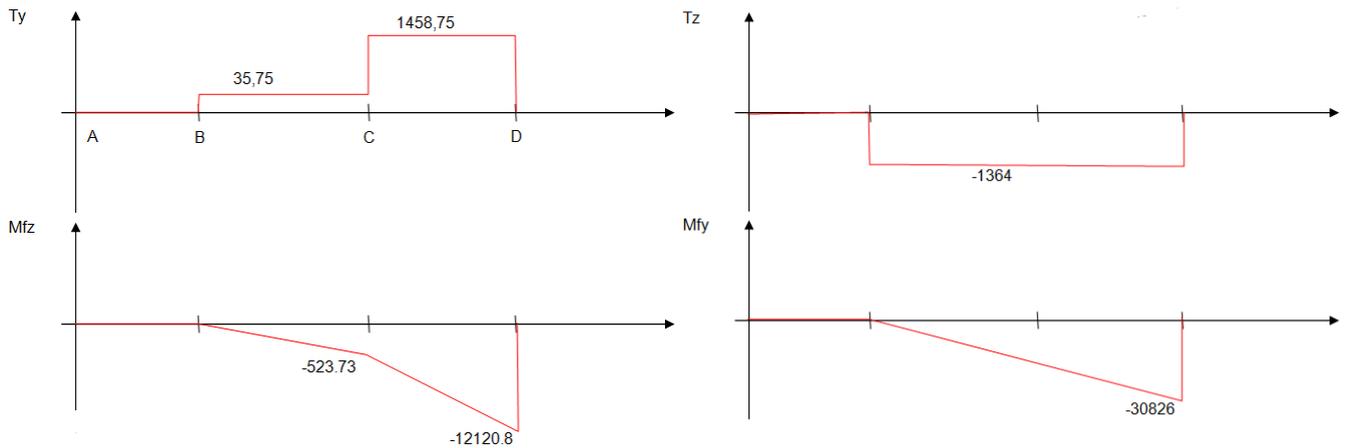
**Question 4.2 :** Écrire les torseurs de cohésions pour chacune des sections du modèle choisi.

Tronçon AB :  $\{\tau_{coh}\}_G = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$

Tronçon BC :  $\{\tau_{coh}\}_G = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 35,75 & -1364(x - 9,9) \\ -1364 & -35,75(x - 9,9) \end{pmatrix}$

Tronçon CD :  $\{\tau_{coh}\}_G = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 35,75 + 1423 & -1364(x - 9,9) \\ -1364 & -35,75(x - 9,9) - 1423(x - 24,55) \end{pmatrix}$   
 $= \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 1458,75 & -1364(x - 9,9) \\ -1364 & -35,75(x - 9,9) - 1423(x - 24,55) \end{pmatrix}$

**Question 4.3 :** Sur feuille de copie, établir les diagrammes des actions de cohésion, conclure sur la nature des sollicitations et sur la section la plus critique.

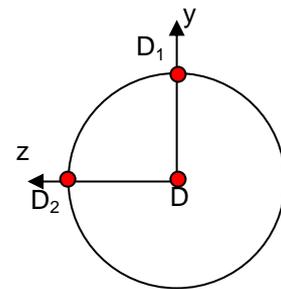


La poutre est sollicitée en flexion.  
La section la plus sollicitée est en D.

**Question 4.4 :** Sur feuille de copie, calculer la contrainte maximale et conclure avec une analyse critique de vos résultats.

La contrainte sera maximale au point  $D_1$

$$\sigma_{D_1} = \frac{Mfy}{\frac{I_{Dy}}{y_{D1}}} \text{ avec } \frac{I_{Dy}}{y_{D1}} = \frac{\frac{\pi D^4}{64}}{\frac{D}{2}} = \frac{\pi D^3}{32} \text{ d'où } \sigma_{D_1} = \frac{30826}{\frac{\pi 8^3}{32}} = 613,2 \text{ Mpa}$$



La contrainte maximale correspond bien à la zone fragile observée par l'entreprise.  
La contrainte maximale est bien supérieure à la limite à la rupture, cependant le fait que la pièce ne casse pas à chaque utilisation s'explique facilement :

- le calcul se fait en considérant les actions mécaniques comme des forces ponctuelles, en réalité nous avons une charge répartie sur une petite longueur ce qui va faire diminuer la contrainte maximale.
- nous avons considéré les efforts pour les cadences théoriques maximales, cependant il est très rare qu'elles soient atteintes.

Cependant on peut tout de même être très critique sur le dimensionnement de cet arbre, en effet la contrainte maximale restera supérieure à la limite élastique ce qui n'est pas approprié pour un bon fonctionnement puisque la pièce sera en déformation plastique d'où un problème de fatigue de la pièce.

**Question 4.5 :** Sur feuille de copie, calculer les diamètres minimaux de l'axe (13). A l'aide de l'extrait donné DT11, établir les dimensions du nouvel axe. Expliciter l'ensemble des modifications que ces nouvelles dimensions engendrent sur le système.

L'axe est en E335 soit avec une limite élastique à 335 MPa

Calcul du diamètre minimum dans la section D

$$\frac{Mfy}{\frac{I_{Dy}}{y_{D1}}} \leq \sigma_e \Rightarrow \frac{30826}{\frac{\pi D^3}{32}} \leq 335 \Rightarrow \sqrt[3]{\frac{30826 \cdot 32}{335 \cdot \pi}} \leq D \Rightarrow D \geq 9,78 \text{ mm}$$

Calcul du diamètre minimum dans la section C

$$\frac{Mfy}{\frac{I_{Cy}}{y_{C1}}} \leq \sigma_e \Rightarrow \frac{19982,6}{\frac{\pi D^3}{32}} \leq 335 \Rightarrow \sqrt[3]{\frac{19982,6 \cdot 32}{335 \cdot \pi}} \leq D \Rightarrow D \geq 8,46 \text{ mm}$$

Au vu des dimensions possibles dans la série de galet, on choisira un axe épaulé avec les diamètres de 12 mm et 10 mm ce qui permettra d'avoir un petit coefficient de sécurité entre 1,5 et 2, ce qui est un minimum en sachant que l'on n'a pas pris en considération la concentration de contrainte due au changement de diamètre.

Les modifications sur l'axe et donc des galets entraînent :

- la modification de la rainure dans le bras d'effort 23
- la modification de la rainure de came dans la pièce 25, qui va entraîner la modification du palier de rotation 8 qui pourrait remettre en cause l'ensemble des solutions liées à celle-ci.

**Question 4.6 :** Sur feuille de copie, proposer une autre alternative à la modification dimensionnelle de l'axe (13), expliquer la démarche et les critères utilisés.

Une autre évolution possible est de remettre en cause le choix de matériau, pour ce faire il est possible d'utiliser un logiciel du type CES, en prenant comme critères :

- famille des métaux ;
- $\sigma_e \geq 613,2 \text{ MPa}$  ;
- en traçant un graphe de la densité en fonction du coût (avec pour objectif d'avoir une masse de la pièce faible et un coût modique).

## Partie V – Validation du contact Galet/Came

**Question 5.1 :** Sur feuille de copie, à partir des courbes des simulations du DT10, déterminer l'effort radial maximal encaissé par le galet (22) et conclure sur le choix du galet.

Le galet 14 doit encaisser des efforts radiaux  $F_R=1368 \text{ N}$ .

D'après la documentation constructeur, le galet 22 de type NATV6-PP fonctionnant en dynamique, peut supporter des efforts radiaux jusqu'à 5400N ce qui ici permet d'avoir un coefficient de sécurité d'environ 4, ce qui est amplement suffisant.

**Question 5.2 :** Sur DR5 puis sur feuille de copie, déterminer la pression de Hertz notée Ph du galet sur la came à l'aide de la documentation constructeur DT12.

Nomogramme pour la détermination de la pression d'Hertz  
(Exemple de calcul en rouge)

L'effort radial maximal a lieu sur la zone courbe de la came.

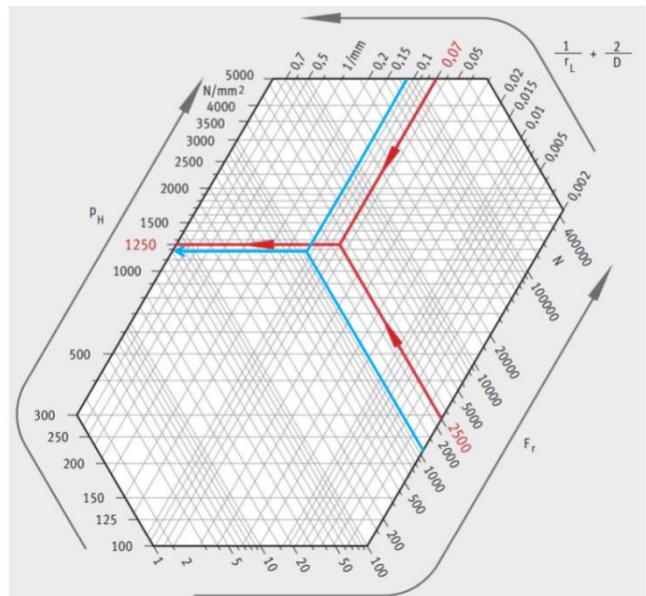
Avec DR3, en prenant :

- $F_R = 1368 \text{ N}$
- $\frac{1}{r_L} + \frac{2}{D} = \frac{1}{220} + \frac{2}{19} = 0,11$

On trouve  $Ph = 1180 \text{ MPa}$

Le galet étant un profilé optimisé on doit vérifier le coefficient correctif :

$Ph_{\text{optimisé}} = K * Ph_{500}$  avec pour ce galet  $K=1$   
d'où  $Ph_{\text{optimisé}} = 1180 \text{ MPa}$ .



**Question 5.3 :** Sur feuille de copie, en vous aidant de DT12 conclure sur le choix du matériau et de traitement de la came (25), justifier vos réponses.

La came est en 40 Cr Mn Mo S 8. D'après les valeurs fournies par le constructeur INA la pression de contact limite en dynamique came/galet serait d'environ 1000 MPa, ce qui est trop faible ici.

Pour cette raison il a été choisi de réaliser un traitement de surface par nitruration ionique qui va permettre d'obtenir une dureté superficielle importante et donc d'augmenter sensiblement la limite de la pression de contact pour atteindre une valeur supérieure à 1180 MPa.

## Partie VI – Validation du bras de force et du contact avec le galet

**Question 6.1 :** Sur feuille de copie, justifier la remise en cause des formes du bras d'effort (23) et de l'utilisation du Céloron pour celui-ci.

Au vu des observations faites par la maintenance, le Céloron possède une résistance insuffisante pour le contact galet / bras d'effort.

De plus la forme du bras d'effort est très massive, ce qui peut s'expliquer par la volonté de réduire les usinages au strict nécessaire afin de réduire les coûts. D'autre part le Céloron étant très léger, le poids du bras d'effort ne pose pas de problème.

Le Céloron est un matériau très utilisé pour réduire les frottements or ici il a été placé avec un galet à éléments roulants ; cette propriété n'est donc pas utile.

**Question 6.2 :** Sur feuille de copie, expliciter deux procédés de fabrication additives pour les poudres métalliques.

## Procédés de fusion sur lit de poudre

Il s'agit de procédés de fabrication additive selon lesquels certaines particules de poudre d'un lit de poudre sont fusionnées entre elles par énergie thermique.

**Dépôt de matériau et fusion (Direct Energy Deposition, DED)**

Il s'agit d'un procédé de fabrication additive selon lequel des particules de poudre sont projetées dans un faisceau d'énergie vers un bain de métal fondu, auxquelles elles s'ajoutent et fusionnent lors du refroidissement

**Question 6.3 :** Sur feuille de copie, pour chacune des simulations de DT13, commenter les paramètres utilisés, puis identifier la simulation correspondant aux critères énoncés.

Simulation 1 :

Les hypothèses de cette simulation gardent :

- les deux surfaces planes avec une épaisseur de matière ayant pour fonction de transmettre les d'efforts au galet ;
- le plan de symétrie ;
- les trous de fixation ;

Ce dernier point n'est pas nécessaire puisque l'on souhaite intégrer 23 et 27 en une même pièce : → Rejeté

Simulation 2 :

Les hypothèses de cette simulation gardent :

- les deux surfaces planes avec une épaisseur de matière ayant pour fonction de transmettre les d'efforts au galet ;
- les trous de fixation.

Ce dernier point n'est pas nécessaire puisque l'on souhaite intégrer 23 et 27 en une même pièce de plus la non symétrie ne permet pas d'assurer le mouvement de retour.  
→ Rejeté

Simulation 3 :

Les hypothèses de cette simulation gardent :

- l'alésage avec une épaisseur de matière ;
- les deux surfaces planes ayant pour fonction de transmettre les d'efforts au galet ;
- on prend en compte la symétrie qui garantit le fonctionnement de la pièce dans les deux sens de rotation.

→ Simulation choisie

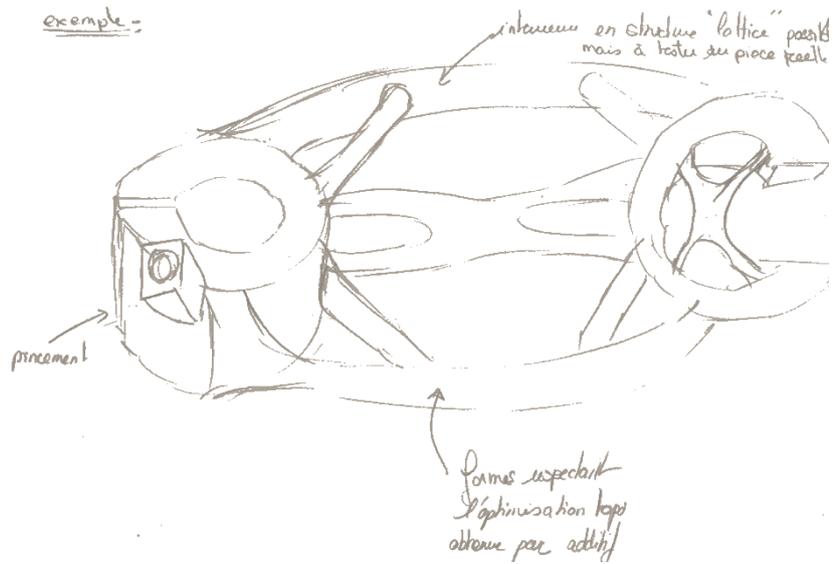
Simulation 4 :

Les hypothèses de cette simulation gardent :

- l'alésage avec une épaisseur de matière ;
- les deux surfaces planes ayant pour fonction de transmettre les d'efforts au galet.

Cependant on ne prend pas en compte le travail de la pièce dans les deux sens de rotation : → Rejeté

**Question 6.4 :** Sur feuille de copie, proposer sous forme d'un croquis légendé un nouveau bras d'effort intégrant les fonctions du moyeu porte bras d'effort (27), qui serait obtenu par procédé additif.

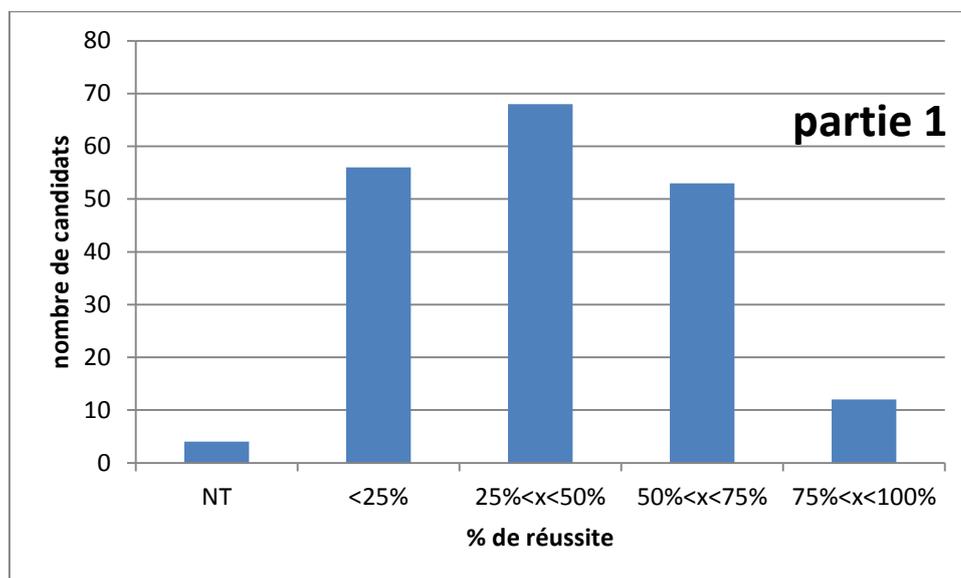


**Question 6.5 :** Sur feuille de copie, identifier le ou les composants qui devront être modifiés si la pièce (23+27) est réalisée par procédé additif métallique.

*Il faudra changer le capteur, qui avec une pièce complètement métallique ne pourra détecter sa non présence.*

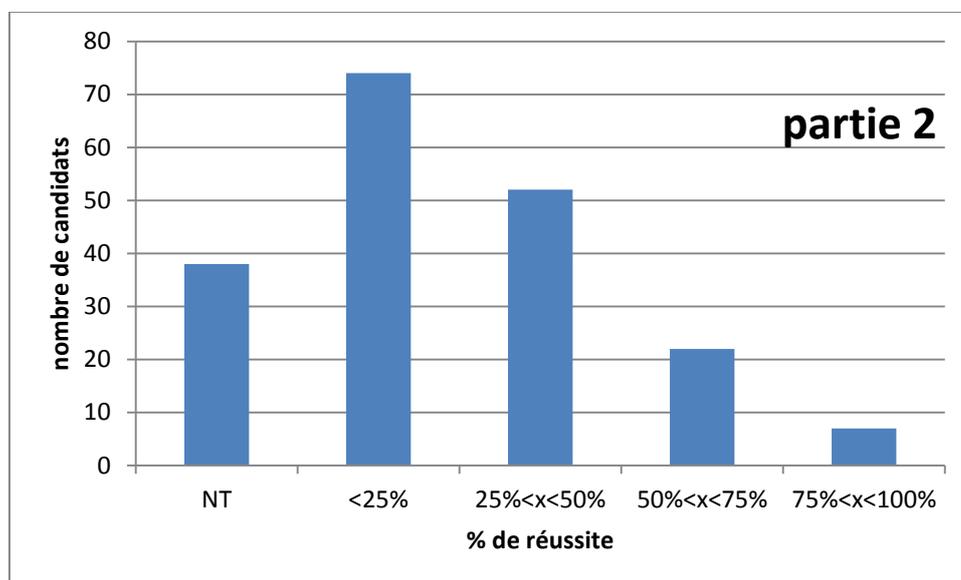
## Commentaires du jury

### PARTIE I - Justification de la géométrie de la solution



Cette partie a été traitée par quasiment tous les candidats. La majorité des candidats définit correctement les liaisons à partir des surfaces de contacts. Ceux qui tentent de les définir à partir des mouvements disponibles dans le mécanisme, proposent des liaisons non cohérentes. Le mécanisme a été bien compris.

### PARTIE II – Étude de la réalisation du palier



Certains candidats négligent les compétences liées à la production. Un concours du niveau de l'agrégation demande des connaissances dans l'ensemble des domaines des sciences de l'ingénieur.

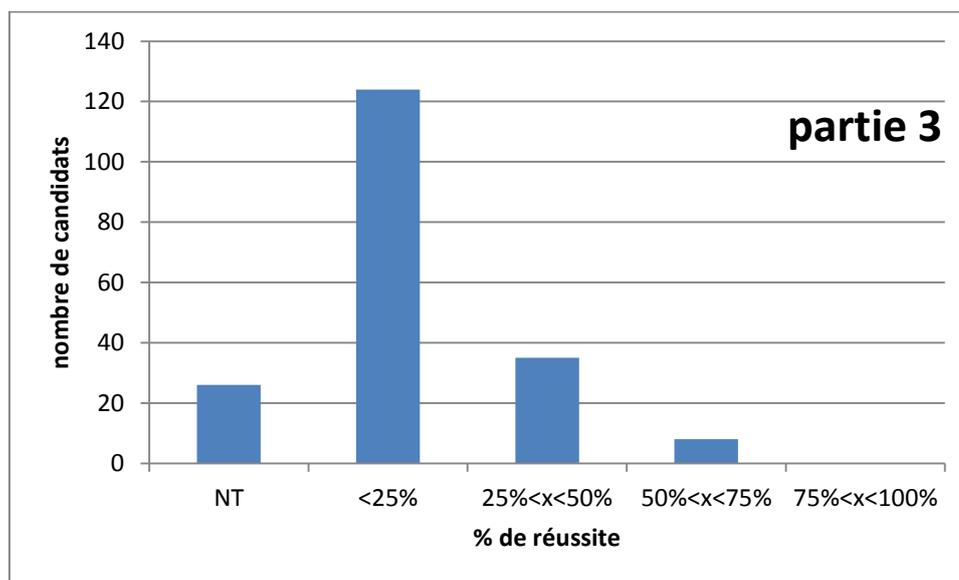
Question 2.3. Trop de candidats oublient qu'au-delà la possibilité technique, le choix se fait sur des critères économiques. Le principal ici étant la très faible série. Le brut était

proposé cylindrique, ce n'est pas pour cela que l'on imposait le tournage alors que de très nombreux candidats ont essayé de le justifier. Trop souvent aussi, le candidat explique pourquoi les autres procédés ne sont pas intéressants et non pourquoi la solution choisie est acceptable.

Question 2.4. Peu de positionnements corrects, il faut utiliser les surfaces de référence de la cotation ayant été usinées précédemment.

Question 2.8. En métrologie sur MMT, « palper » ne suffit pas, il faut aussi construire des géométries à partir des surfaces réelles et mesurer les écarts.

### Partie III - Validation de la motorisation choisie



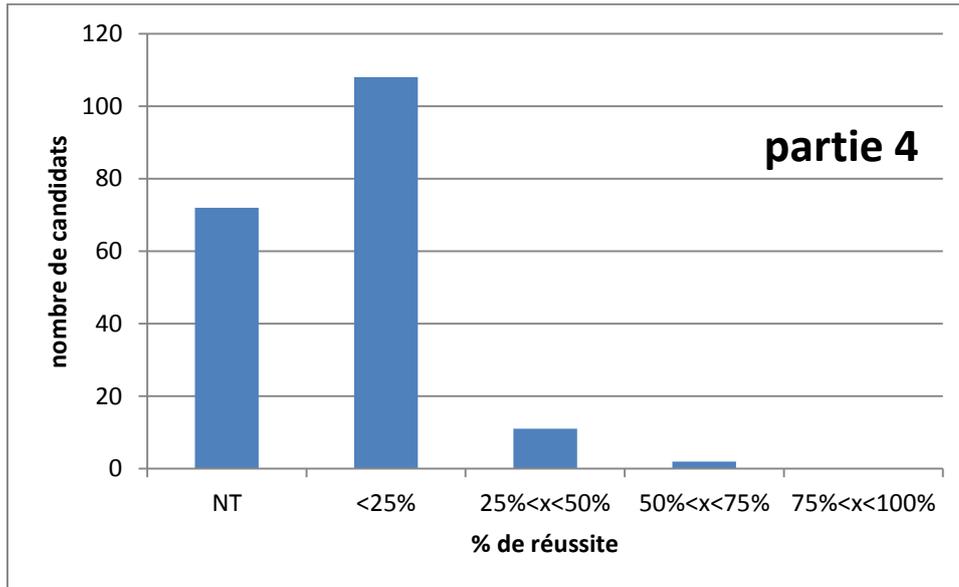
Cette partie a été traitée complètement ou partiellement par quasiment tous les candidats. Très peu ont représenté le diagramme de bloc interne (IBD) qui s'apparente ici à une chaîne d'énergie.

Beaucoup de candidats (40% de ceux qui ont traité la question) n'ont pas su déterminer la durée du cycle en seconde et ont fait le calcul inverse (nombre de pièces/seconde). La détermination des temps et de l'accélération a été peu réussie.

Quelques candidats ont réussi la partie dynamique par le calcul. Aucun n'a obtenu l'inertie équivalente à partir de l'exploitation de la courbe.

Quelques candidats ont pu conclure sur la validation du moteur choisi pour 2 des paramètres sur les 3 : accélération maximale, couple maximal et inertie équivalente de l'ensemble.

#### Partie IV - Dimensionnement de l'axe 13

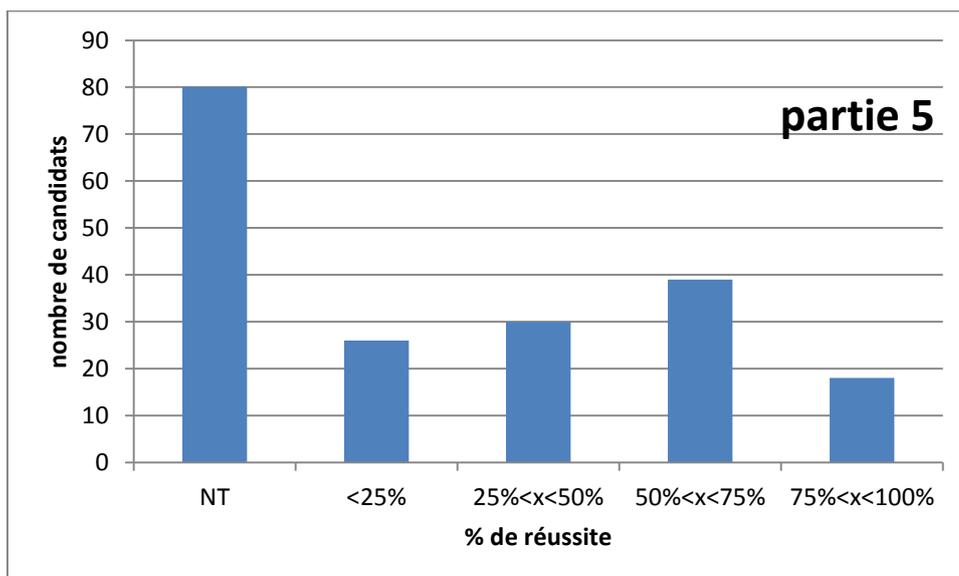


Cette partie a été traitée partiellement par une majorité des candidats, cependant très peu ont pu établir un modèle cohérent de l'étude de l'axe.

Peu de candidats ont été en capacité de déterminer complètement un torseur de cohésion ainsi que les diagrammes d'efforts et de moments. On peut remarquer une maîtrise insuffisante de la résistance des matériaux d'où des réponses très souvent incohérentes.

Les questions portant sur le calcul de la contrainte maximale et du diamètre de l'axe sont peu traitées.

#### Partie V – Validation du contact galet came



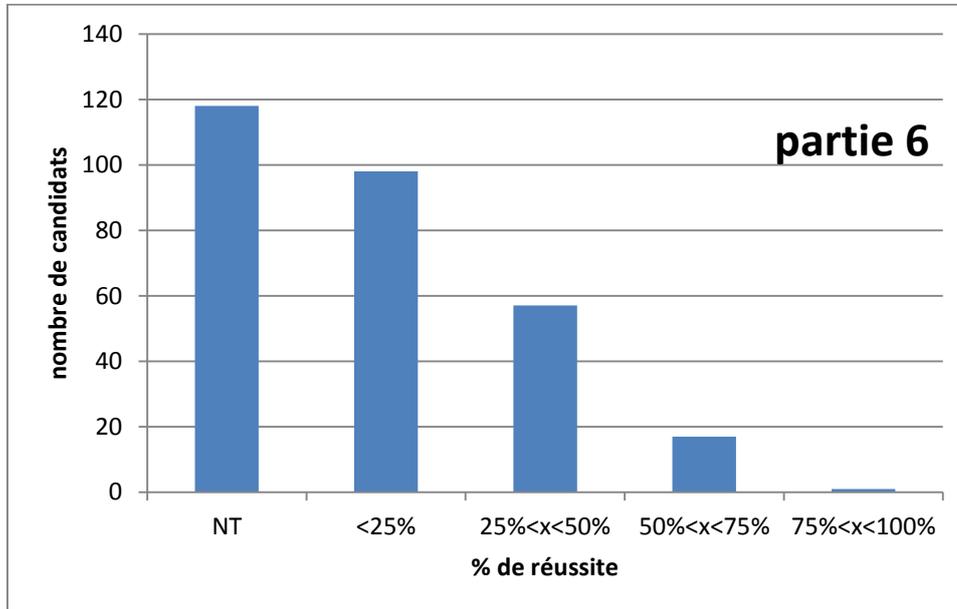
Très souvent oubliée, cette partie était très rapide à traiter, parfaite pour gagner des points.

Question 5.1. La lecture de l'effort est souvent effectuée mais la conclusion sur le choix de galet oubliée.

Question 5.2. Beaucoup d'erreurs sur le calcul de  $1/r+1/D$ .

Question 5.3. Facile et bien traitée par celles et ceux qui l'ont traitée.

## Partie VI - Validation du bras de force et du contact avec le galet



Cette partie a été partiellement abordée par une minorité de candidats.

Pour les candidats qui ont répondu à cette partie, 2 candidats sur 3 n'ont pas ou très peu de connaissances des nouvelles technologies additives et du principe de l'analyse topologique. Par conséquent les réponses furent souvent hors sujet. Ces questions mettent l'accent sur l'importance de la veille technologique dans des disciplines telles que l'ingénierie mécanique.

La partie "conception" fut très peu traitée et souvent dans la précipitation, de ce fait, dans la quasi-totalité des cas, le cahier des charges n'a pas été pris en compte correctement en ce qui concerne l'intégration de fonctions et en particulier de la solution par pincement.

### Remarques générales

Les candidats admissibles ont au moins traité 3 parties sur 6 convenablement et ont cherché à obtenir des points sur les autres parties.

Beaucoup de copies ne sont pas correctement ou suffisamment bien rédigées. La lisibilité de l'écriture, la qualité des schémas, l'orthographe et la grammaire sont aussi des éléments attendus et pris en compte dans l'évaluation de la copie. Les candidats se perdent parfois dans les explications, justifications, sans cette capacité à aller à l'essentiel. Il est donc conseillé aux candidats de chercher l'efficacité en rédigeant des réponses précises et concises dans le respect de la maîtrise de la langue française et en apportant une attention particulière à l'organisation et la qualité de la copie rédigée.

## Activité pratique et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique

Coefficient 2 – Durée 6 heures

**Définition de l'épreuve (extrait du bulletin officiel et arrêté modificatif du 16 avril 2016, publié au journal officiel du 1<sup>er</sup> juin 2016)**

*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 proposées au candidat 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 ces deux parties distinctes.

Pour la première partie, est évaluée la capacité du candidat 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, sont associés

des systèmes informatiques de pilotage, de traitement de données, de simulation, de représentation... L'opérationnalité sur un matériel ou un logiciel spécialisé n'est pas exigée.

Pour la deuxième partie est évaluée la capacité du candidat à :

- décrire, 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 construire sa proposition pédagogique.

La proposition pédagogique attendue, directement liée aux activités pratiques réalisées, est à associer plus particulièrement aux programmes de BTS et DUT des champs couverts par l'option choisie. La conception de la séquence de formation pour un objectif pédagogique imposé, à un niveau de classe donné, 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 relatives à un système technique.

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 photos, 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 (ensemble, 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 la démonstration de sa

capacité à exploiter le contexte proposé durant les activités pratiques, sa capacité 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 diplômés

**Remarque :** Les membres de jurys 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 pour moitié, l'évaluation du candidat lors de l'exposé oral.**

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.

### **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 relié à internet et équipé des logiciels de bureautique les plus courants afin de continuer à construire les éléments de sa séquence pédagogique et de continuer à préparer son exposé. Le candidat dispose uniquement des données fournies et des données et 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 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 d'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) ;
- le compte rendu des activités, manipulations et investigations menées, une analyse et justification des résultats obtenus dans la deuxième phase de la première partie (durée conseillée 10 minutes) ;
- l'exploitation pédagogique conçue (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 proposés à la session 2018

- étude structurelle et énergétique d'une chaîne de transmission de puissance ;
- étude de pré-industrialisation d'un produit mécanique, qualification de processus ;
- étude de qualification et optimisation d'une phase de production ;
- étude de solutions constructives dans un contexte technico économique ;
- étude d'une commande en position, caractérisation des écarts entre le réel et le modèle simulé ;
- comparaison de l'autonomie énergétique de deux systèmes, l'un en situation réelle et l'autre en situation de laboratoire ;
- pré-dimensionnement d'une chaîne de transmission mécanique réversible sur des critères énergétiques ;
- influence des paramètres de mise en œuvre sur la coulabilité d'un alliage et la qualité d'obtention d'un produit mécanique.

Le jury tient à préciser que les supports des travaux pratiques sont principalement en lien avec les référentiels des différents BTS et DUT industriels relevant des champs de l'ingénierie mécanique. Les travaux pratiques proposés prennent appui sur les exigences et contenus décrits dans 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 attentes du jury

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, expérimenté) ;
- formuler des conclusions.

Pour la partie « exposé ou soutenance 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 d'activités professionnelles et de certifications (compétences, savoirs associés, horaires, épreuves) en vigueur :

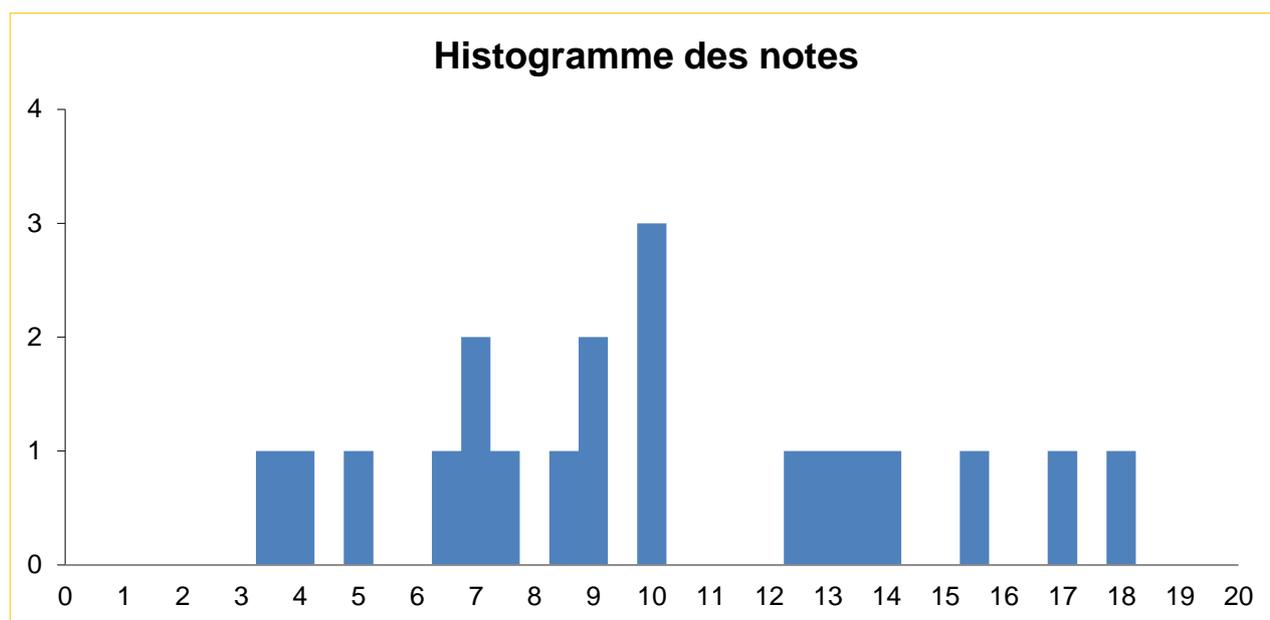
- proposer l'organisation (didactique et pédagogique) d'une séquence de formation ;
- préciser le rôle et la place du système, du support ou du produit étudié dans l'application pédagogique attendue ;
- replacer tout ou partie des activités vécues au cours de la partie « activité pratique » dans la séquence 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.

## Les résultats de la session 2018 :

20 candidats ont composé aux deux parties de cette épreuve.

- La moyenne des notes obtenues est de 09,8 /20 ;
- la meilleure note est de 17,7 / 20 ;
- la note la plus basse est de 03,4 / 20 ;
- l'écart type est de 4,1.

Les notes en travaux pratiques se répartissent comme suit :



## Analyse et commentaires

Une première analyse permet de constater une étendue plus large des résultats en comparaison avec ceux de la session précédente. La différence dans la performance des candidats est notable vis-à-vis de la réussite aux deux parties de cette épreuve. Seuls 6 candidats démontrent des performances supérieures à 05/10 dans les deux parties et obtiennent de ce fait une note supérieure à 12/20.

Comme pour la session précédente, les performances démontrées en première partie « activité pratique » (moyenne de 05,2/10), sont supérieures à celles relatives à la deuxième partie « exposé technique, scientifique, pédagogique et entretien avec les membres de jury » (moyenne 04,8/10).

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, même si le niveau de culture technologique reste globalement satisfaisant.

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

**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, même si une légère amélioration a été constatée à ce sujet durant cette 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.

**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**

- S'approprier 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 DUT 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, la structure, l'organisation et 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 externe et interne 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 pour pouvoir s'appuyer sur chacune d'elle et pour 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 capables de caractériser une compétence en termes de compétences détaillées, indicateurs de performance (critères et indicateurs d'évaluation). La question de l'évaluation des étudiants n'est que trop rarement abordée, lorsqu'elle est abordée, elle est traitée 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 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.

**Ces différents points ne peuvent être exposés de façon générique, mais bien replacés dans le cadre des activités menées durant les travaux pratiques et illustrés à partir des résultats obtenus et complétés par l'expérience du candidat.**

## Conclusion

Il appartient aux futurs candidats d'identifier la finalité de cette épreuve et de s'y préparer grâce à une véritable maîtrise des outils d'analyse courants, d'être en capacité de construire et de mener des protocoles expérimentaux, de synthétiser, d'organiser et d'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'étude expérimentale 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

### **Définition de l'épreuve (extrait du bulletin officiel et arrêté modificatif du 16 avril 2016, publié au journal officiel du 1<sup>er</sup> juin 2016)**

Cette épreuve de coefficient 1 se déroule sur une durée totale d'une heure répartie comme suit :

- présentation n'excédant pas 30 minutes ;
- entretien avec le jury : 30 minutes au maximum.

La qualité du dossier et le respect des règles qui sont imposées (date d'envoi, support numérique) montrent que le candidat maîtrise les outils de la communication écrite et aussi son positionnement face aux exigences de l'institution.

Le dossier est préparatoire à l'épreuve afin que le jury puisse en prendre connaissance préalablement. Il demande aux candidats de prendre toutes les dispositions pour lui faire parvenir les dossiers **au moins 5 jours ouvrés** avant le début des épreuves. (cf. définition de l'épreuve).

Les dossiers sont attendus en deux exemplaires accompagnés d'une clé USB contenant :

- le fichier du dossier à minima au format pdf ;
- les maquettes numériques 3D dont les fichiers sont en format natif ;
- les fichiers de simulation et tout document jugé utile par le candidat ;
- quelques annexes peuvent éventuellement être jointes.

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.

### **Les compétences évaluées**

Parmi les compétences d'un(e) futur(e) agrégé(e), 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 ;
- analyser un système et développer une étude (au plus haut niveau technique et scientifique) en lien avec la problématique identifiée ;
- présenter et justifier la démarche mise en œuvre et justifier les 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 ;
- développer cette séquence en relation avec les attendus d'un référentiel spécifié ;
- décrire les démarches et stratégies pédagogiques mises en œuvre ;
- expliciter les dispositifs d'évaluation associés.

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.

### **Les attentes du jury**

#### **Construire un dossier technique**

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. Il doit amener le candidat à conduire personnellement une analyse scientifique, technique, économique d'un problème industriel authentique relatif à un système pluritechnologique contemporain intégrant les champs Matière, Énergie, Information. Pour cela, il est indispensable que les candidats prennent contact avec des responsables au sein d'une entreprise afin d'identifier les problématiques techniques pertinentes ; un dossier élaboré à partir d'un support exclusivement pédagogique ou de ressources téléchargées sur Internet ne répond pas à l'esprit de cette épreuve.

Le niveau de confidentialité ne doit pas nuire à la constitution du dossier et au dialogue avec le jury. 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.

L'analyse scientifique s'appuie sur une démarche de résolution rigoureuse d'un problème technique identifié et ne saurait se limiter à une simple vérification de performance. La justification de(s) la(es) solution(s) à ce problème est conduite par le candidat au regard d'un cahier des charges explicite. L'analyse doit déboucher sur des propositions de solutions techniques répondant aux problèmes posés, complétés si cela est possible par des résultats d'expérimentation, puis sur l'exploitation pédagogique d'une séquence inscrite dans une progression pédagogique complète.

Le candidat s'attachera à produire 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.

Le candidat veillera à ce que les développements théoriques soient toujours justifiés au regard de la problématique posée.

Le jury attend des candidats qu'ils soient capables :

- de **rechercher un support** moderne pluri-technologique couvrant tout ou partie du triptyque Matière, Énergie et Information ou des champs de la mécanique ;
- 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 "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 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 ;
- 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, de vidéos, voire d'animations, est vivement encouragée et privilégiée face aux maquettes ou systèmes réels que les candidats apportent lors de la soutenance orale ;
- de justifier les modèles d'étude et leur domaine de validité, les hypothèses formulées, les solutions technologiques retenues ;
- 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 s'appuyer sur une maquette numérique fonctionnelle, permettant l'utilisation d'outils de simulation de comportement pour la partie étudiée ;
- de conserver un regard critique par rapport au travail réalisé en lien avec l'entreprise.

### **Imaginer des activités pédagogiques à partir d'un système, d'un ouvrage**

Le jury attend des candidats qu'ils soient capables :

- 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 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 pré-requis et besoins des élèves pour réaliser l'activité ;
- de privilégier les activités pédagogiques s'adossant à un problème technique réel issu du support industriel ;
- d'envisager des travaux pratiques sur le réel lorsque le support et la problématique le permettent.

### **Communiquer une idée, un principe, une solution technique ou un projet, des concepts pédagogiques**

Les membres du jury conseillent de paginer l'ensemble des documents, diaporama compris, afin de faciliter les échanges pendant l'entretien.

La prestation du candidat à l'oral, permet au jury d'évaluer son niveau de maîtrise de communication et la didactique mobilisée pour exposer son sujet.

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 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 du temps de préparation, qui n'est pas un temps d'attente ; pour tester la présentation et ouvrir les fichiers annexes (CAO, vidéo) qui pourront éventuellement accompagner ou illustrer les réponses ;
- d'apporter un soin particulier à l'orthographe, à la syntaxe et à la typographie ;

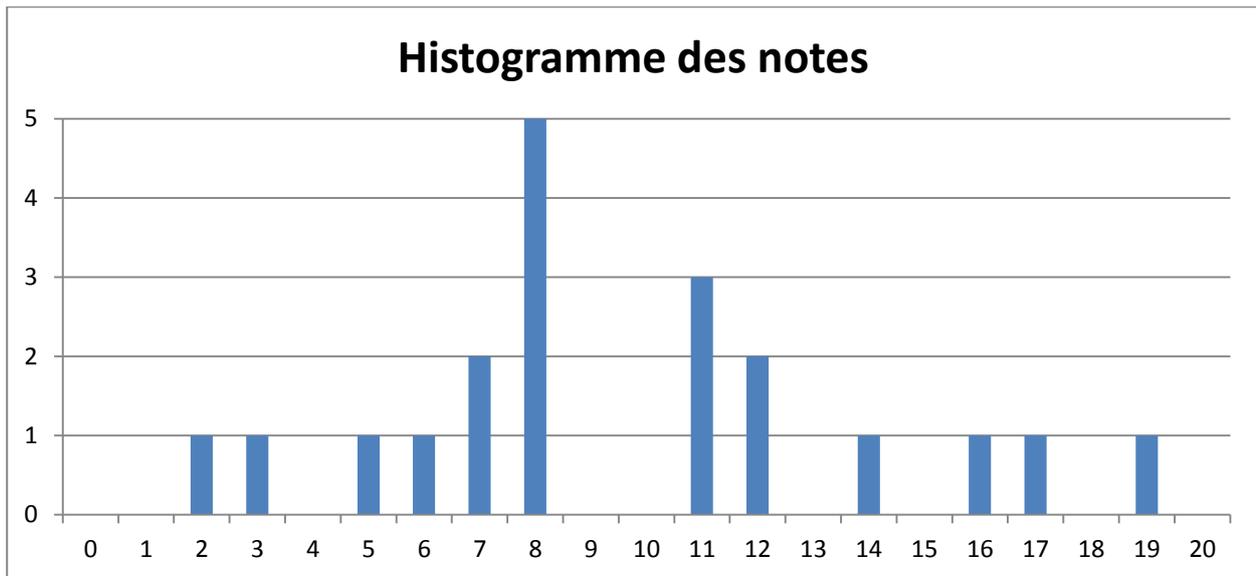
Pour les candidats qui se sont déjà présentés à une session précédente de l'agrégation à l'épreuve de dossier, il convient peut être d'envisager un nouveau support, ou à minima de nouveaux développements scientifiques et/ou pédagogiques. Dans ce cas, il est conseillé de continuer à faire vivre le partenariat engagé et de faire évoluer le dossier en tenant compte des remarques du jury lors des entretiens précédents.

## Résultats à la session 2018

20 candidats ont composé à cette épreuve de dossier.

- La moyenne des notes obtenues est de 10,03 /20 ;
- la meilleure note est de 19,3 / 20 ;
- la note la plus basse est de 02,3 / 20 ;
- l'écart type est de 4,89.

Les notes en dossier se répartissent comme suit :



## Analyse et commentaires

De nombreux dossiers apparaissent comme traités dans l'urgence par les candidats. Les dossiers des candidats réussissant à cette épreuve ont été développés avec le niveau d'analyse, d'investissement et d'investigation requis pour l'agrégation. Cette épreuve nécessite 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.

À 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 exploitations scientifiques et technologiques seront adaptées puis réinvesties dans l'exploitation pédagogique.

## L'aspect technologique et scientifique

Le dossier technique ne peut se résumer à une simple description du système choisi par le candidat. Seule la constitution d'une authentique problématique technique permet la mise en exergue de l'analyse scientifique et technologique.

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 et témoignent d'une étroite collaboration.

### **L'aspect pédagogique**

Le jury attend que le candidat développe une démarche pédagogique en lien avec la problématique investie dans la première partie du dossier et qu'il propose des activités dont la résolution de la problématique est le fil conducteur.

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

Dans sa partie pédagogique, le dossier doit présenter des propositions. Au moins une d'entre elles doit faire l'objet d'un développement conséquent. Il s'agit de développer une séquence complète. 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.

Les candidats ayant brillamment réussi l'épreuve ont tous respecté ces préconisations.

**Les recommandations associées à la description des attentes ainsi qu'à l'analyse des résultats restent d'actualité pour les futurs candidats**