



# Concours du second degré

## Rapport de jury

---

**Concours : Agrégation interne**

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

**Session 2015**

Rapport de jury présenté par :

Monsieur Michel RAGE  
Inspecteur Général

Président de jury

## SOMMAIRE

<i>Avant-propos</i>	3
<i>COMPOSITION DU JURY DE LA SESSION 2015</i>	6
<i>RÉSULTATS STATISTIQUES</i>	7
<b>ÉPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGENIEUR</b>	<b>8</b>
ÉLÉMENTS DE CORRIGE	9
COMMENTAIRES DU JURY	31
<b>ÉPREUVE D'EXPLOITATION PEDAGOGIQUE D'UN DOSSIER TECHNIQUE</b>	<b>33</b>
ÉLÉMENTS DE CORRIGE	34
COMMENTAIRES DU JURY	45
<b>ACTIVITE PRATIQUE ET EXPLOITATION PEDAGOGIQUE D'UN SYSTEME PLURITECHNIQUE</b>	<b>49</b>
<b>ÉPREUVE SUR DOSSIER</b>	<b>57</b>

## Avant-propos

L'agrégation interne s'attache à valider le niveau de maîtrise des compétences pour synthétiser les connaissances mobilisables pour répondre à un problème donné ; mais aussi et surtout pour élaborer des séquences pédagogiques.

Ces compétences, pour l'agrégation de sciences de l'ingénieur option ingénierie mécanique sont d'ordre scientifique, technologique, professionnel et pédagogique. Elles doivent aussi révéler le potentiel d'adaptabilité du candidat à faire évoluer ses pratiques pédagogiques et à montrer sa capacité à suivre, de façon réfléchie, les mutations d'un secteur d'activité en perpétuelle évolution. Des produits récents et innovants doivent illustrer en permanence nos enseignements.

Cette session 2015 est la deuxième d'un concours dont les épreuves ont largement évolué par rapport aux sessions antérieures. Les deux épreuves d'admissibilité ont donné des résultats peu satisfaisants dans leur globalité. Cette session, dotée d'un faible nombre de places à pourvoir, s'est révélée extrêmement sélective.

Les épreuves d'admissibilité sont définies ainsi :

- **1° Sciences industrielles de l'ingénieur.** *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 aux besoins exprimés 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 automatique. Durée : quatre heures ; coefficient 2.*
- **2° Exploitation pédagogique d'un dossier technique.** *A partir d'un dossier technique fourni au candidat comportant les éléments nécessaires à l'étude, l'épreuve a pour objectif de vérifier que le candidat est capable d'élaborer tout ou partie de l'organisation d'une séquence pédagogique, dont le thème est proposé par le jury, relative 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, et aux enseignements des BTS du domaine considéré ainsi que les documents techniques et pédagogiques nécessaires (documents professeurs, documents fournis aux élèves, éléments d'évaluation). Durée : six heures ; coefficient 1.*

La 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, l'énergie et l'information sont susceptibles d'être couverts par les futurs sujets.

Afin de bien préparer la deuxième épreuve, je conseille fortement aux futurs candidats de lire attentivement les commentaires liés aux épreuves d'admission contenus dans ce rapport et de bien analyser les sujets zéro, notamment ceux du CAPET SII publiés sur le site du ministère, qui montrent parfaitement les concepts liés à la conception de séquences de formation : (<http://www.education.gouv.fr/cid49096/exemples-de-sujets-et-notes-de-commentaires-concours-du-second-degre.html>).

Les épreuves d'admission sont définies ainsi :

- **1° 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-clés 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.

**2° 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 40min entretien 20min) ; coefficient 1*

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

La première épreuve comporte deux évaluations distinctes et complémentaires. Si les compétences scientifiques et technologiques sont évaluées dans la première partie, c'est bien une évaluation des compétences pédagogiques qui sont elles majoritairement analysées dans la deuxième partie. La difficulté des candidats à appréhender cette dernière est préoccupante, elle est pourtant l'essence même des démarches pédagogiques d'aujourd'hui.

La deuxième, très exigeante, se prépare dès maintenant ; de la pertinence du choix du support technique dépend la qualité du dossier. Ainsi, cette épreuve impose aux professeurs de s'engager, dès leur début de carrière, dans un processus de rapprochement avec le monde de l'entreprise. Elle doit amener le candidat à conduire personnellement une analyse technique et économique d'un problème authentique puis de concevoir une séquence d'enseignement en adaptant les documents techniques initiaux au niveau des élèves.

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

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

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

Michel RAGE  
Président du jury

## **COMPOSITION DU JURY DE LA SESSION 2015**

### **Président**

RAGE Michel – IGEN

### **Vice-président**

RIGAUD Régis – IA-IPR – Limoges

### **Membres du jury**

BERERA Federico – IA-IPR – Nouvelle Calédonie

CHANAL Hélène – Maître de conférence – IFMA

CHIRENT Claude – Professeur de chaire supérieure – Lycée Lafayette – Clermont-Ferrand

COUDEN Jérôme – PRAG – IFMA – Aubière

DELPLACE Virginie – Professeure agrégée – Lycée Baggio – Lille

DESPREZ Jean-Marc – IA-IPR – Lille

DONY Benoit – Chef de travaux – Lycée Louis Aragon – Givors

GAMELON Cédric – Professeur de chaire supérieure – Lycée La Martinière Monplaisir – Lyon

GUERRERO Jean – Professeur agrégé – Lycée Lafayette – Clermont-Ferrand

LEFEBVRE Philippe – IA-IPR – Dijon

LOUF François – Maître de conférence – ENS Cachan

VELUT Christophe – Professeur agrégé – Lycée Lafayette – Clermont-Ferrand

## 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>284</b>	<b>7</b>	<b>192</b>	<b>183</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>7</b>
Privé	<b>35</b>	<b>1</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

<b>Moyenne obtenue par le premier candidat admissible</b>	<b>17,14</b>
<b>Moyenne obtenue par le dernier candidat admissible</b>	<b>12,58</b>
<b>Moyenne obtenue par le premier candidat admis</b>	<b>15,62</b>
<b>Moyenne obtenue par le dernier candidat admis</b>	<b>13</b>

### Répartition des admis par académies

Académies	Nombre d'admis
<b>Besançon</b>	<b>1</b>
<b>Caen</b>	<b>1</b>
<b>Lyon</b>	<b>2</b>
<b>Nouvelle Calédonie</b>	<b>1</b>
<b>Rouen</b>	<b>2</b>

## Épreuve de sciences industrielles de l'ingénieur

Coefficient 2 – Durée 4 heures

Le sujet est disponible en téléchargement sur le site du ministère



## ÉLÉMENTS DE CORRIGE

L'étude portait sur un **catamaran électrique**, L'Ar Vag Tredan, sans batteries qui peut accueillir 150 personnes, dont 3 à mobilité réduite, ainsi que 10 vélos. Il est doté de deux propulseurs azimutaux et est capable d'atteindre une vitesse maximum (en charge) de 10 nœuds. Ils permettent à la fois de propulser le navire et d'assurer la direction puisqu'ils peuvent pivoter sur 360° indépendamment l'un de l'autre.

Construit par le chantier STX de Lanester, ce bateau navette, à la propulsion exclusivement électrique, **se recharge à chaque escale en seulement 4 minutes**. Cette performance, offerte par la rapidité de recharge des supercondensateurs, surpasse de loin celle des batteries traditionnelles.

En exploitation, l'Ar Vag Tredan effectue chaque jour 28 allers-retours, à raison d'un par demi-heure, pour un trajet aller d'environ 7 minutes entre Lorient et Locmiquélic, de l'autre côté de la rade. Avec 28 recharges complètes par jour, le bateau sera rechargé environ 7000 fois par an.

Le sujet a été décomposé en 6 parties indépendantes afin de ne pas pénaliser les candidats.

La première partie permettait de bien comprendre les spécificités de l'étude à travers l'analyse du trajet, de l'estimation des besoins en énergie, et comment y répondre au vu de la place disponible dans les flotteurs.

La seconde partie portait sur l'étude de la flottabilité du navire dans différentes situations afin de vérifier si la stabilité transversale était assurée avec différents cas de charges.

La troisième partie reprenait un des cas de chargement de la partie 2 afin de vérifier la résistance mécanique, en flexion composée, d'un des barrots, élément qui relie les deux coques.

La pompe à chaleur, qui permet d'assurer le confort thermique lors des traversées est succinctement étudiée en partie 4.

La partie 5 portait sur le paramétrage de la loi de commande du convertisseur d'énergie afin de respecter le temps de charge des supercondensateurs lors de chaque escale.

L'étude des propulseurs azimutaux d'un point de vue purement mécanique était demandée dans la partie 6.

## PARTIE N°1 : ARCHITECTURE NAVALE ET AUTONOMIE ÉNERGÉTIQUE

**Question 1 :** établir les expressions littérales des grandeurs  $V_F$ ,  $\Delta t$ ,  $W$  et  $W_T$

Voir document-réponse n°1.

**Question 2 :** compléter le tableau « Bilan énergétique de la traversée aller-retour »

Voir document-réponse n°1.

L'énergie totale nécessaire est de :  $13,65 * 1,2 = 16,38 \text{ kW} \cdot h$

**Question 3 :** pour chaque bord, déterminer le nombre maximum de modules M65V375F intégrables dans le volume utile alloué.

Pour un bord :

- $Volume\ utile = 4,8 * (1 - 0,3)$
- $Volume\ utile = 4,8 * (0,7)$
- $Volume\ utile = 3,36 \text{ m}^3$

Pour chaque module M65V375V, le volume est de  $52 \text{ l}$  ( $52 \text{ dm}^3$ ) d'où le nombre total de modules  $N_T$  par bord :

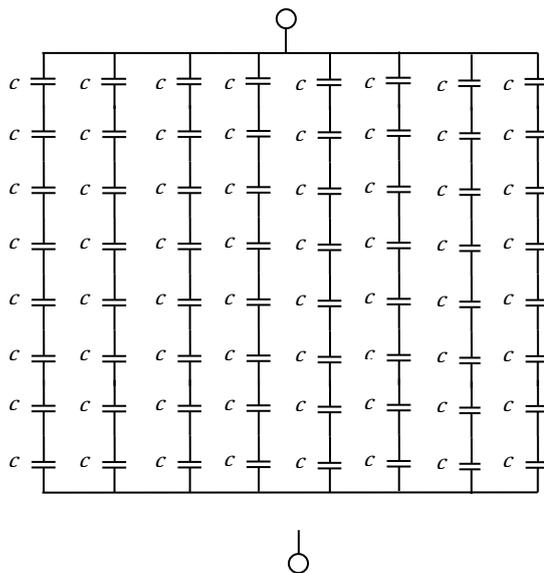
$$N_T = \frac{3,36}{0,052} = 64,6$$

On retiendra 64 modules.

**Question 4 :** comment associer les modules pour obtenir une tension aux bornes de l'ensemble de 520V compte-tenu de leurs caractéristiques électriques ?

Proposer un schéma de raccordement permettant d'intégrer tous les modules.

Chaque module présente à ses bornes une tension de 65 V. Pour réaliser 520V, il faut mettre 8 modules en série. Pour stocker le maximum d'énergie dans l'espace imparti, il faut disposer 8 branches en parallèle de 8 supercondensateurs en série.



**Question 5 :** calculer la capacité du supercondensateur équivalant à tous les modules convenablement associés d'un bord.

Huit branches de huit condensateurs de capacités « c » de 375 F en série ont une capacité équivalente « c » de 375 F. L'ensemble supporte 520V.

Une approche temporelle (utilisation des lois de Kirchhoff) ou fréquentielle (utilisation des impédances complexes et des règles d'association de dipôle) sont possibles.

**Question 6 :** déterminer numériquement les coefficients  $a_1$  et  $c_1$  sachant que 100% de  $v$  correspond à la tension maximale de 520 V pour laquelle la capacité des supercondensateurs est de 375 F. Donner l'expression renseignée de  $c(v)$ .

$$c_1 = 230,8 F$$

$$a_1 = 277 mF \cdot V^{-1}$$

$$c(v) = 0,277 * v + 230,8$$

**Question 7 :** montrer que, lors d'une charge, l'énergie stockée par la capacité du supercondensateur peut s'écrire :

$$W_c = \frac{1}{2} c_1 (V_{max}^2 - V_{min}^2) + \frac{1}{3} a_1 (V_{max}^3 - V_{min}^3)$$

On rappelle que l'expression de l'énergie stockée  $W_c$  en fonction de la puissance instantanée  $p(t)$  s'écrit :

$$W_c = \int_0^t p(t) dt \text{ avec } p(t) = v(t) \cdot i(t)$$

On notera  $V_{min}$  la tension en début de charge et  $V_{max}$  la tension obtenue en fin de charge.

$$W_c = \int_0^t p(t) \cdot dt$$

$$W_c = \int_0^t v(t) \cdot i(t) \cdot dt$$

$$W_c = \int_0^t v(t) \cdot c(v) \frac{dv}{dt} \cdot dt$$

$$W_c = \int_{v(0)}^{v(t)} v(t) \cdot c(v) \frac{dv}{dt} \cdot dt$$

On pose  $v(0) = V_{min}$  et  $v(t) = V_{max}$ .

$$W_c = \int_{V_{min}}^{V_{max}} v \cdot (a_1 \cdot v + c_1) dv$$

$$W_c = \int_{V_{min}}^{V_{max}} (a_1 \cdot v^2 + c_1 \cdot v) \cdot dv$$

$$W_c = \left[ a_1 \cdot \frac{v^3}{3} + c_1 \cdot \frac{v^2}{2} \right]_{V_{min}}^{V_{max}}$$

$$W_c = a_1 \cdot \frac{V_{max}^3}{3} + c_1 \cdot \frac{V_{max}^2}{2} - a_1 \cdot \frac{V_{min}^3}{3} - c_1 \cdot \frac{V_{min}^2}{2}$$
$$W_c = \frac{1}{2} \cdot c_1 \cdot (V_{max}^2 - V_{min}^2) + \frac{1}{3} \cdot a_1 \cdot (V_{max}^3 - V_{min}^3)$$

**Question 8 :** évaluer la quantité d'énergie totale (kW·h) stockée lors d'une charge à l'embarcadère de Port Mané.

1- Pour un bord en tenant compte de la variation de capacité des supercondensateurs avec la tension :

$$W_c = \frac{1}{2} * 230,8 * (520^2 - 250^2) + \frac{1}{3} * 0.277 * (520^3 - 250^3)$$

$$W_c = 9,869 \text{ kW.h}$$

Pour la navette complète (deux bords), l'énergie stockée est de 19,74 kW.h.

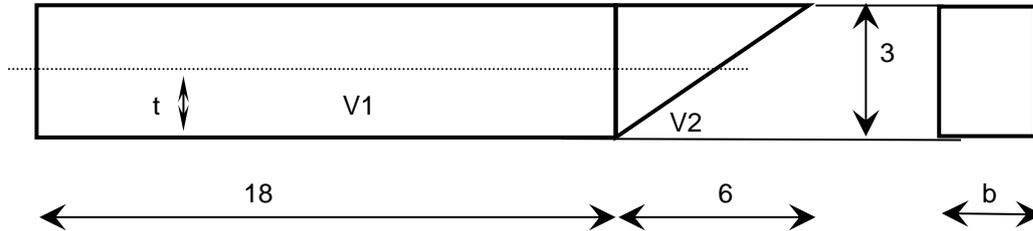
2- Pour la navette, on peut directement calculer l'énergie stockée :  $W_c = 2 * 64 * 220 = 28,16 \text{ kW.h}$   
En ne tenant pas compte de la variation de la capacité des supercondensateurs, on commet une erreur non négligeable sur l'estimation de l'énergie stockée pendant la charge.

**Question 9 :** les résultats obtenus précédemment permettent-ils de valider l'autonomie énergétique de la navette compte-tenu de l'évolution de sa structure ? Justifier la réponse.

L'autonomie est satisfaite car l'énergie stockée (19,74 kW.h) couvre les besoins qui sont de 16,38 kW.h.

**PARTIE N°2 : FLOTTABILITE DU NAVIRE DANS LES CONDITIONS PRÉVUES PAR LE « RÈGLEMENT DE CLASSIFICATION DES NAVIRES » DU BUREAU VÉRITAS.**

**Question 10 :** montrer que le volume immergé d'un flotteur peut s'écrire en fonction du tirant d'eau  $t$  et de la largeur d'un flotteur  $b$  sous la forme  $V = 18 \cdot b \cdot t + b \cdot t^2$ .



$$V = V1 + V2 = 18 \cdot b \cdot t + \frac{2 \cdot t \cdot b \cdot t}{2} = 18 \cdot b \cdot t + b \cdot t^2$$

**Question 11 :** vérifier que l'équation qui détermine le volume immergé en fonction du tirant d'eau s'écrit de la façon suivante :  $V = 2t^2 + 36t$

Application numérique avec  $b = 2$  donne  $V = 2t^2 + 36t$

**Question 12 :** déterminer le tirant d'eau du navire à vide.

Principe d'Archimède :  $F = V \cdot \rho \cdot g$        $V = F / (\rho \cdot g)$        $F = m \cdot g / 2$  pour un flotteur

$$V = m \cdot g / (\rho \cdot g \cdot 2) = m / (\rho \cdot 2) = 80\,000 / (2 \cdot 1025) = 39 \text{ m}^3$$

$$\text{D'où l'expression : } 2 \cdot t^2 + 36 \cdot t - 39 = 0$$

$$\Delta = 36^2 + 4 \cdot 2 \cdot 39 = 1608$$

$$\sqrt{\Delta} = 40,1$$

$$t1 = (-36 + 40,1) / (2 \cdot 2) = 1,02 \text{ m}$$

$$t2 < 0$$

**Question 13 :** on admettra une modélisation mécanique d'une poutre sur deux appuis, compléter le schéma du DR 4 avec les valeurs de  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  et  $d$  :

$$F_1 = 10^4 \cdot 9,81 = 98\,100 \text{ N Charge exceptionnelle due à une voie d'eau}$$

$$F_2 = 150 \cdot 100 \cdot 9,81 = 147\,150 \text{ N Charges dues aux passagers et aux charges transportées}$$

$$F_3 = 8 \cdot 10^6 \cdot 9,81 = 784\,800 \text{ N Charge due à la masse du navire}$$

$d = 1,25 \text{ m}$  position du centre de gravité de la charge due aux passagers et aux charges transportées concentrées sur une moitié de la cabine  $4,5/2 = 2,25 \text{ m}$  et à  $2,25 - 1 = 1,25 \text{ m}$  par rapport à l'axe du flotteur 1

**Question 14 :** calculer la charge supportée par chaque flotteur  $F_{v1}$ ,  $F_{v2}$  et  $F_{h1}$

Application du PFS ou simple calcul de moment au point 1 donne :

$$F_{h1} = 0 \text{ N (pas de charges horizontales à équilibrer)}$$

$$F_{v2} = (784\,800 \times 3,5 + 147\,150 \times 1,25) / 7 = 418\,677 \text{ N}$$

$$F_{v1} = 98\,100 + 147\,150 + 784\,800 - 418\,677 = 611\,373 \text{ N}$$

**Question 15** : quelle serait alors l'inclinaison transversale du navire en degrés ?

Il faut déterminer l'immersion de chaque flotteur et en déduire l'inclinaison du navire

Flotteur 1

$$V = F / \rho \cdot g = 611\,373 / (9,81 \cdot 1025) = 60,80 \text{ m}^3$$

d'où l'équation  $2 \cdot t^2 + 36 \cdot t - 60,80 = 0$  à résoudre

$$\Delta = 36^2 + 4 \cdot 2 \cdot 60 \cdot 80 = 1782$$

$$\sqrt{\Delta} = 42,21$$

$$t_1 = (-36 + 42,21) / 2 \cdot 2 = 1,55 \text{ m}$$

$$t_2 < 0$$

Flotteur 2

$$V = F / \rho \cdot g = 418\,677 / (9,81 \cdot 1025) = 41,64 \text{ m}^3$$

D'où l'équation  $2 \cdot t^2 + 36 \cdot t - 41,64 = 0$  à résoudre

$$\Delta = 36^2 + 4 \cdot 2 \cdot 41 \cdot 64 = 1629$$

$$\sqrt{\Delta} = 40,36$$

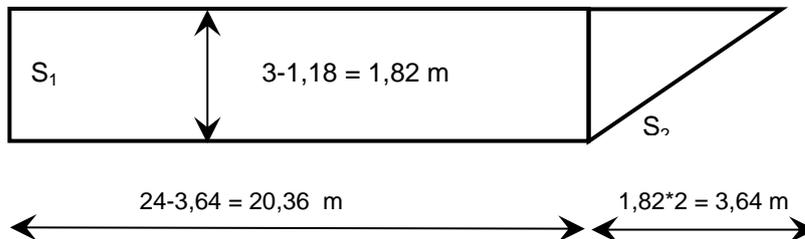
$$t_1 = (-36 + 40,36) / 2 \cdot 2 = 1,09 \text{ m}$$

$$t_2 < 0$$

L'inclinaison est donc de  $\arctan((1,5 - 1,9)/7) = 3,76^\circ$

**Question 16** : calculer l'intensité et la position verticale D de  $F_h$  due au vent

Surfaces exposées au vent (surface émergée du flotteur) :



- Partie 1 émergée du flotteur :  $S_1 = 1,82 \cdot 20,36 = 37,05 \text{ m}^2$
- Distance de la force à la ligne de flottaison :  $d_1 = 1,82 / 2 = 0,91 \text{ m}$
- Partie 2 émergée du flotteur :  $S_2 = 1,82 \times 3,64 / 2 = 3,31 \text{ m}^2$
- Distance de la force à la ligne de flottaison :  $d_2 = 1,82 \cdot 2 / 3 = 1,213 \text{ m}$   
(position du centre de gravité d'un triangle rectangle à 1/3 de la hauteur)
- Surface de la cabine :  $S_3 = 19 \cdot 2,38 = 45,22 \text{ m}^2$
- Distance de la force par à la ligne de flottaison :  $d_3 = 1,82 + 2,38 / 2 = 3,01 \text{ m}$
- Surface du poste de pilotage :  $S_4 = (6 \cdot 1,12) = 6,72 \text{ m}^2$
- Distance de la force par à la ligne de flottaison :  $d_4 = 1,82 + 2,38 + 1,12 / 2 = 4,76 \text{ m}$

Une pression de 750 Pa

Calcul de la résultante des forces et sa position verticale :

$$F_V = \sum (P_i \cdot S_i) = 750 \times 37,05 + 750 \times 3,31 + 750 \times 45,22 + 750 \times 6,72 =$$

$$F_V = 69\,225 \text{ N}$$

$$d = \sum (d_i \cdot P_i \cdot S_i) / \sum (P_i \cdot S_i) \text{ par rapport à la ligne de flottaison}$$

$$d = 2,23 \text{ m}$$

Résultante efforts du vent sous forme de tableau

	<b>b m</b>	<b>h m</b>	<b>S m<sup>2</sup></b>	<b>d m</b>	<b>F (S,750) N</b>	<b>d.F N.m</b>	<b>D m</b>
Flotteur S1	20,36	1,82	37,06	0,910	27791,40	25290,17	
Flotteur S2	3,64	1,82	3,31	1,213	2484,30	3014,28	
Cabine	19	2,38	45,22	3,010	33915,00	102084,15	
pilotage 1	6	1,12	6,72	4,760	5040,00	23990,40	
			<b>92,31</b>		<b>69230,70</b>	<b>154379,01</b>	<b>2,230</b>

Résultante efforts du vent avec prise en compte de l'avancée du poste de pilotage

	<b>b m</b>	<b>h m</b>	<b>S m<sup>2</sup></b>	<b>d m</b>	<b>F (S.750) N</b>	<b>d.F N.m</b>	<b>D m</b>
Flotteur S1	20,36	1,82	37,06	0,910	27791,40	25290,17	
Flotteur S2	3,64	1,82	3,31	1,213	2484,30	3014,28	
Cabine	19	2,38	45,22	3,010	33915,00	102084,15	
pilotage 1	6	1,12	6,72	4,760	5040,00	23990,40	
pilotage 2	1,12	0,56	0,63	2,709	470,40	1274,45	
			<b>92,93</b>		<b>69701,10</b>	<b>155653,45</b>	<b>2,233</b>

L'hypothèse de négliger l'avancée du poste de pilotage est donc tout à fait justifiée

**Question 17** : calculer la charge verticale supplémentaire sur chaque flotteur  $F'_{v1}$  et  $F'_{v2}$  qu'engendrent les effets du vent, compléter le document DR4

Application du PFS ou simple calcul de moment au point 1 donne :

$$F'_{v2} = 69225 \times 2,23 / (-7) = -22\,053 \text{ N}$$

$$F'_{v1} = +22\,053 \text{ N}$$

Les efforts horizontaux dus au vent seront équilibrés par la pression horizontale de l'eau répartie équitablement sur chaque flotteur

$$F'_{h1} = F'_{h2} = F_h / 2 = 69\,225 / 2 = 34\,613 \text{ N}$$

**Question 18** : déterminer l'inclinaison du navire en tenant compte des effets du vent, l'inclinaison totale ne doit pas dépasser 5 °, conclure.

On applique le principe de superposition et on détermine le tirant d'eau de chaque flotteur :

- Flotteur F1

$$F = F_{v1} + F_{v1} = 22053 + 611\,373 = 633\,426 \text{ N}$$
$$V = F / \rho \cdot g = 633\,426 / (9,81 \cdot 1025) = 63 \text{ m}^3$$

d'où l'équation  $2t^2 + 36 \cdot t - 63 = 0$  à résoudre

$$\Delta = 36^2 + 4 \cdot 2 \cdot 63 = 1800$$
$$\sqrt{\Delta} = 42,43$$
$$t1 = (-36 + 42,43) / 2 \cdot 2 = 1,60 \text{ m}$$
$$t2 < 0$$

- Flotteur F2

$$F = F_{v2} + F_{v2} = -22053 + 418\,677 = 396\,624 \text{ N}$$
$$V = F / \rho \cdot g = 396\,624 / (9,81 \cdot 1025) = 39,44 \text{ m}^3$$

d'où l'équation :  $2t^2 + 36 \cdot t - 39,44 = 0$

$$\Delta = 36^2 + 4 \cdot 2 \cdot 39,44 = 1611,6$$
$$\sqrt{\Delta} = 40,14$$
$$t1 = (-36 + 40,14) / 2 \cdot 2 = 1,03 \text{ m}$$
$$t2 < 0$$

La différence d'immersion des flotteurs est de  $1,60 - 1,03 = 0,57 \text{ m}$

L'inclinaison total est donc de  $\arctan(0,57/7) = 4,66^\circ < 5^\circ$

L'inclinaison supplémentaire due au vent est de  $4,66 - 3,76 = 0,9^\circ$

### Partie n°3 : DIMENSIONNEMENT D'ELEMENTS DE STRUCTURE

**Question 19** : montrer que la charge répartie sur une traverse (ou barrot), peut être assimilée à une charge linéique de  $5790 \text{ N/m}$

Les flotteurs ne sont pas à prendre en compte, seules les superstructures sont à considérer :

$$\text{Charge par m}^2 = \sum m \cdot g / s = 70\,000 \cdot 9,81 / (9 \cdot 24) + 150 \cdot 100 \cdot 9,81 / (9 \cdot 24) = 3860 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Charge linéique} : 3860 \cdot 1,5 = 5790 \text{ N/m}$$

**Question 20** : on admettra que la charge horizontale due au vent calculée à la **Question 16** est de  $70000 \text{ N}$ , déterminer l'effort de compression dans un des barrots.

Détermination du nombre de traverses : 16 Traverses (barrots) d'après les données

$$N = 70\,000 / 16 = 4\,375 \text{ N}$$

**Question 21** : quelle est la sollicitation à laquelle est soumis un barrot ?

Flexion composée

**Question 22** : justifier la valeur de  $b_{s1}$

voir tableau DR 5

**Question 23** : calculer les caractéristiques géométriques de la section transversale.

voir tableau DR 5

**Question 24** : calculer la contrainte normale maximale dans la section la plus sollicitée d'un barrot

$$\sigma_{\text{compression}} = N/S = 4\,375 \cdot 10^{-6} / 0,00625 = 0,7 \text{ MPa} \text{ valeur négligeable}$$

5 mètres est la portée "libre" de la poutre entre les deux coques et moment fléchissant maximum se situe à un des deux appuis

$$Mf_{\text{max}} = Pl^2/12 = 5\,790,5^2/12 = 12\,063 \text{ N.m}$$

$$\sigma_{\text{max}} = Mf_{\text{max}}/(I_{Gx}/v_1) = 66,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{min}} = Mf_{\text{max}}/(I_{Gx}/v_2) = 19 \text{ MPa}$$

$$\text{Concluez : } \sigma_{\text{max Flexion}} + \sigma_{\text{compression}} : 66,3 - 0,7 = 65,6 \text{ MPa}$$

Valeurs qui restent en dessous de la limite élastique de l'aluminium utilisé  $\sigma_e = 190 \text{ MPa}$

**Question 25** : vérifier la contrainte au point le plus sollicité avec le critère donné dans le règlement NR84 du 1<sup>er</sup> mars 1996 qui précise qu'en un point i :

$$\sigma_{\text{max}} = (\sigma_i^2 + 3 \cdot \tau_i^2)^{1/2}$$

$$\sigma_{\text{max}} = \sqrt{(65,6)^2 + 3 \cdot (30)^2} = 84 \text{ MPa} > 80 \text{ MPa} \text{ la section est trop faible}$$

Faire le choix le plus économique entre augmenter la hauteur de l'âme (ou l'épaisseur de la semelle S2) ou rajouter un (ou des) barrots supplémentaires.

**Partie n°4 : ANALYSE D'UN ELEMENT DE CONFORT, LA CLIMATISATION ET PLUS SPECIFIQUEMENT LA POMPE A CHALEUR.**

**Question 26** : à partir du cycle frigorifique (document technique **DT8**), voir DR6

**Question 27** : calculer le Coefficient de Performance théorique ( $COP_{Th}$ )

$$COP_{th} = (h_4 - h_6)/(h_4 - h_3) = (475 - 245)/(475 - 420) = 4,18$$

**Question 28** : calculer le  $COP_{\text{réel}}$  (expérimentalement l'énergie récupérée au condenseur a été calculée 145 KW dans la situation la plus défavorable).

$$COP_{\text{réel}} = 145 / 37,5 = 3,86$$

**Question 29** : comparer le  $COP_{\text{Réel}}$  et le  $COP_{Th}$ . Pourquoi observe-t-on une différence ?

La différence s'explique par la non-prise en compte du rendement du compresseur et des pertes de charges dans les tuyauteries, dans le compresseur et dans les échangeurs de la PAC.

Par ailleurs, comparer ces deux valeurs n'a pas une grande signification, sachant que pour le calcul du  $COP_{Th}$  on utilise des éléments liés au fluide frigorigène et dans le calcul du  $COP_{\text{réel}}$

on utilise des données liées à l'installation et aux composants de l'installation. Comparer ces deux valeurs nécessite de donner des précisions quant aux limites de l'étude.

**PARTIE N°5 : PARAMÉTRAGE DE LA LOI DE COMMANDE DU CONVERTISSEUR D'ÉNERGIE ADAPTÉ AU RESPECT DU TEMPS DE CHARGE DES SUPERCONDENSATEURS.**

**Question 30 :** sur le document-réponse **DR2**, compléter les cases associées aux composants électriques de puissance en indiquant leur désignation.

Voir document-réponse DR2.

**Question 31 :** exprimer littéralement l'expression de  $v_c(t)$  en fonction de  $E$ ,  $r_s$  et  $c$ . En déduire les expressions littérale puis numérique de  $i_{sc}(t)$ . Tracer  $i_{sc}(t)$  sur votre feuille de copie en précisant les points caractéristiques de son évolution. Quelle valeur maximale atteint-il ?

Nous avons à résoudre l'équation différentielle suivante :

$$r_s \cdot c \cdot \frac{dv_c(t)}{dt} + v_c(t) = E$$

$$v_c(t) = (v_c(0) - E) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + E$$

Avec :

$$\tau = r_s \cdot c$$

Or

$$i_{sc}(t) = c \cdot \frac{dv_c(t)}{dt}$$

$$i_{sc}(t) = \frac{(E - v_c(0))}{r_s} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Numériquement :

$$i_{sc}(t) = 103846 \cdot e^{-\frac{t}{0.975}}$$

La valeur maximale théorique que le courant puisse atteindre est de 103 846 A

Le courant maximal que peut débiter le convertisseur A1 est de 530 A.

**Question 32 :** cette stratégie de commande est-elle compatible avec les caractéristiques électriques des constituants de la chaîne d'énergie ? Justifier la réponse.

Cette stratégie de commande n'est absolument pas envisageable compte-tenu de la valeur théorique du courant appelé ( $I_{max} = 103846$  A).

La **loi de commande** du convertisseur d'énergie A1 retenue par la société STX est du type **IPV**. Elle se décompose en trois phases successives :

- phase n°1 : Charge à courant constant (**I**) de l'ensemble des supercondensateurs ;
- phase n°2 : Charge à puissance constante (**P**) de l'ensemble des supercondensateurs ;

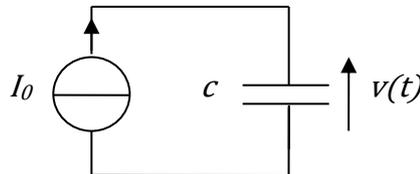
- phase n°3 : Charge à tension constante (**V**) de l'ensemble des supercondensateurs.

On précise que :

- les supercondensateurs doivent stocker une énergie  $W_s$  de 9 kWh lors d'une charge complète portant la tension à leurs bornes de 250 V à 520 V ;
- le courant de charge **ne doit pas présenter de discontinuité** lors du passage d'une phase à la suivante ;
- le modèle retenu pour le supercondensateur équivalent se résume à une capacité « c » constante de 375 F : on néglige l'effet de la résistance série  $r_s$ .

**Question 33 : la phase n°1** de la charge dure 60 s et s'effectue à courant constant ( $I_0 = 530$  A). Déterminer les expressions littérales puis numériques de la tension  $v(t)$ , de la puissance  $p(t)$  puis de l'énergie stockée pendant cette phase.

On retiendra pour la phase n°1 le schéma équivalent suivant à partir de l'instant initial ( $t=0$ ) :



Tension  $v(t)$  :

$$i_{sc}(t) = c \cdot \frac{dv(t)}{dt} = I_0$$

$$v(t) = \frac{I_0}{c} \cdot t + V_0$$

$$v(t_1) = \frac{530}{375} \cdot t_1 + 250$$

À  $t = t_1 = 60$ s, on atteint une tension aux bornes des supercondensateurs de :

$$v(t) = \frac{530}{375} * 60 + 250$$

$$v(t) = 334,8 \text{ V}$$

La puissance atteinte à  $t = t_1 = 60$ s est de :

$$p(t_1) = v(t_1) \cdot i(t_1)$$

$$p(t_1) = v(t_1) \cdot I_0$$

$$p(t_1) = 334,8 * 530$$

$$p(t_1) = 177,5 \text{ kW}$$

Énergie stockée pendant cette phase :

$$W_I = \int_0^{t_I} p(t) \cdot dt$$

$$W_I = \int_0^{t_I} v(t) \cdot i(t) \cdot dt$$

$$W_I = \int_0^{t_I} \left( \frac{I_o}{c} \cdot t + V_o \right) \cdot I_o \cdot dt$$

$$W_I = \frac{I_o^2}{c} \cdot t_I^2 + V_o \cdot I_o \cdot t_I$$

Numériquement :

$$W_I = \frac{530^2}{375} \cdot 60^2 + 250 \cdot 530 \cdot 60$$

$$W_I = 2.96 \text{ kW} \cdot h$$

**Question 34 :** la phase n°2 de la charge s'effectue à puissance constante. La valeur de cette dernière correspond à la valeur de puissance instantanée atteinte en fin de phase n°1. En fin de phase n°2, la tension atteinte est de 520 V.

Déterminer la durée de cette phase de charge en considérant les grandeurs énergétiques.

Réponse : pendant la phase à puissance constante, il reste à charger  $9 \text{ kW} \cdot h - 2.96 \text{ kW} \cdot h$  soit  $W_p = 6,04 \text{ kW} \cdot h$ . La durée de charge ( $\Delta t_p$ ) à puissance constante est :

$$\Delta t_p = \frac{W_p}{p(t_I)} = \frac{6.04 * 1000 * 3600}{177500}$$

$$\Delta t_p = 122,5 \text{ s}$$

**Question 35 :** en considérant que la durée de la charge à tension constante de la phase n°3 est négligeable, calculer le temps total ( $t_{ct}$ ) nécessaire à la recharge des condensateurs. Le temps maximum prescrit dans le CCTP (document technique **DT8**) est-il validé ?

Le temps total de charge  $t_{ct}$  est de :

$$t_{ct} = 122,5 + 60$$

$$t_{ct} = 182,5 \text{ s}$$

On a négligé le temps de charge à tension constante.

Le temps maximum de charge de 4 min (240s) prescrit dans le CCTP est bien respecté.

**Question 36 :** pour la phase n°3, déterminer la valeur de la tension constante à appliquer aux supercondensateurs et valider l'hypothèse de durée négligeable de cette phase.

Il faut appliquer aux condensateurs 520V auxquels on ajoute 0.988 V pour assurer la continuité du courant pendant la charge.

On a négligé le temps de charge à tension constante car il n'excède pas 5s (5 fois la constante de temps)

$\tau = r_s \cdot c = 1 \text{ s}$  (Calculs identiques à la question n°31).

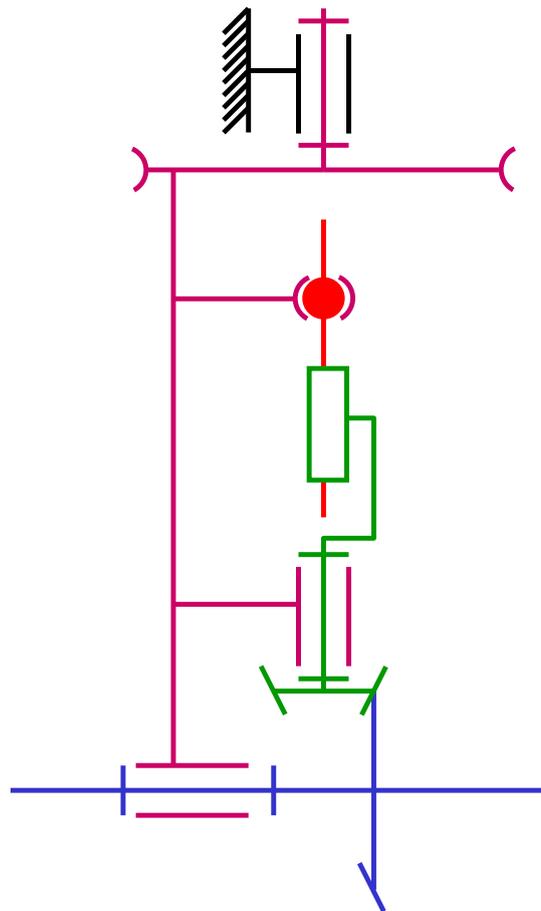
**Question 37 :** représenter sur le document-réponse **DR3** les allures du courant  $i_{sc}(t)$ , de la tension  $v(t)$  et de la puissance  $p(t)$  lors de la charge du supercondensateur équivalent. Proposer pour la phase n°2 des allures probables d'évolution du courant  $i_{sc}(t)$  et de la tension  $v(t)$ .

Identifier les valeurs particulières des grandeurs physiques nécessaires au paramétrage du convertisseur d'énergie A1. Les faire apparaître sur les graphes du document-réponse **DR3**.

Voir DR3

**PARTIE N°6 : PROPULSEURS AZIMUTAUX : ANALYSE, JUSTIFICATION DES SOLUTIONS TECHNOLOGIQUES ET FABRICATION.**

**Question 38** : construire un schéma cinématique minimal d'un propulseur en modélisant les guidages en rotation des arbres par des liaisons pivots lorsque cela est possible.



**Question 39** : calculer et justifier le degré d'hyperstatisme du modèle ainsi construit.

En statique :

$$N_{eq} = 4 \times 6 = 24 \text{ équations}$$

$$N_{inc} = 24 \text{ inconnues (3 pivots - 1 glissière - 1 rotule - 1 ponctuelle)}$$

$$m = 2 \text{ mobilités utiles (0 interne)}$$

$$\text{Donc } h = 2$$

**Question 40** : proposer une justification du choix d'une motorisation hydraulique.

Le volume occupé dans le navire doit être faible (cf cahier des charges), un moteur hydraulique a une puissance bien supérieure à volume égal. Par ailleurs, malgré la réduction assurée par le réducteur roue vis sans fin, ce moteur tourne peu, et doit générer un couple élevé. Un moteur électrique serait possible mais moins performant qu'un moteur hydraulique.

**Question 41 :** expliquer comment, en commande manuelle, le barreur connaît la position du propulseur.

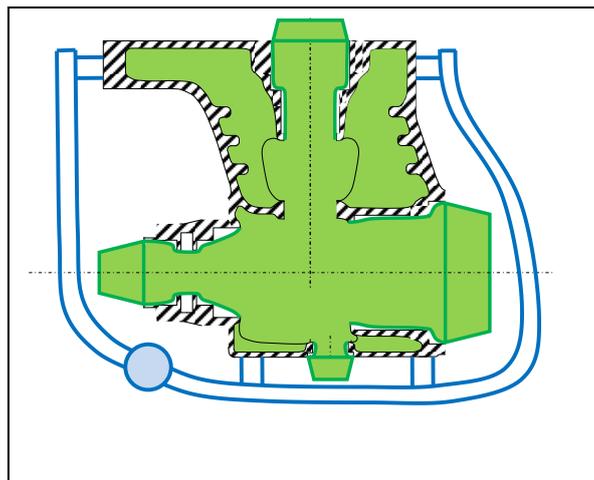
En manuel, un homme tourne la manivelle pour faire tourner le propulseur, une roue graduée lui donne l'orientation du propulseur

**Question 42 :** expliquer comment le système clean ship peut permettre d'éviter l'intrusion d'eau dans le propulseur et la pollution de l'eau de mer par de l'huile.

Ce sont les joints à lèvres qui permettent d'éviter que l'huile et l'eau de mer ne se mélangent. Le système « clean ship » est là pour vérifier que les joints assurent leur rôle. Périodiquement de l'air est injecté dans la canalisation qui arrive en haut de la gorge et un réservoir recueille l'eau de mer ou l'huile de l'autre canalisation. Si les quantités recueillies sont trop importantes, il y a un joint défectueux qu'il faut remplacer, mais ni le propulseur ni la mer n'ont subi de dommage.

**Question 43 :** proposer sous forme d'un schéma où apparaîtra le plan de joint, le système d'alimentation, les éventuels noyaux et les masselottes, une gamme de moulage du carter principal. Proposer et justifier un matériau. Expliquer comment des canalisations du « clean ship » peuvent être réalisées lors du moulage.

Le cahier des charges exprime la notion de poids, il est donc nécessaire d'utiliser un matériau utilisable en fonderie relativement léger : un aluminium semble convenir. Pour réaliser les canalisations, des noyaux en sable ou réalisés par lost foam ne sont pas envisageables au regard de la faiblesse des diamètres. Ici, un tube en inox est positionné dans le moule avant la coulée et assure ensuite directement la fonction de canalisation



**Question 44 :** expliquer l'intérêt de rapporter une bague sous les joints à lèvres. Proposer une manière de fixer la bague à l'arbre. Expliquer quelles sont les caractéristiques mécaniques attendues de cette bague et proposer un matériau et un procédé pour les obtenir.

La bague sous les joints à lèvres est une pièce d'usure. Elle évite de changer tout l'arbre d'hélice. Cette bague est frettée sur l'arbre d'hélice.

Elle doit avoir une dureté élevée pour résister à l'usure des lèvres et des particules présentes dans l'eau.

Le matériau doit être dur et inoxydable : un acier avec un pourcentage de carbone compris entre 0,4 et 0,7 convient.

Une trempe superficielle permet d'atteindre la dureté nécessaire.

**Question 45 :**

Chaque roulement à rouleaux coniques est modélisable par une « demi » rotule au regard de la géométrie des contacts qui le caractérisent. Les centres de poussée de ces deux roulements sont coïncidents, il est possible de les modéliser par une rotule complète. Sans négliger le rotulage du roulement à rouleaux cylindriques, il est possible de le modéliser par une liaison linéaire circulaire.

L'action de l'hélice a été modélisée sous la forme d'une force de poussée qui propulse le bateau et sous l'action d'un couple résistant. L'action du pignon sur la roue a été décomposée en deux forces, l'une transmettant le couple l'autre due à l'angle de pression des dentures. La composante selon Y a été négligée, ce qui reste à valider.

Bilan des actions sur (1)

$$\{A \rightarrow 1\} = \begin{Bmatrix} Y_A \cdot \vec{Y} + Z_A \cdot \vec{Z} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_A ; \{C \rightarrow 1\} = \begin{Bmatrix} X_C \cdot \vec{X} + Y_C \cdot \vec{Y} + Z_C \cdot \vec{Z} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_C ; \{Hélice \rightarrow 1\} = \begin{Bmatrix} F_0 \cdot \vec{X} \\ C_0 \cdot \vec{X} \end{Bmatrix}_o ;$$

$$\{Pignon \rightarrow 1\} = \begin{Bmatrix} F_B \cdot \vec{Z} + F'_B \cdot \vec{X} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_B$$

PFS Résultantes :

$$X_A + F_0 + F'_B = 0$$

$$Y_A + Y_C = 0$$

$$Z_A + Z_C + F_B = 0$$

PFS Moments en C :

$$C_0 + r \cdot F_B = 0$$

$$(b+c) \cdot Z_A + c \cdot F_B = 0$$

$$-(b+c) \cdot Y_A - r \cdot F'_B = 0$$

Résolution :

$$F_B = -\frac{C_0}{r}$$

$$X_C = -F_0 - F'_B = -F_0 + \frac{0,3 \cdot C_0}{r}$$

$$Y_A = -\frac{r \cdot F'_B}{b+c} = \frac{0,3 \cdot C_0}{b+c}$$

$$Z_A = -\frac{c \cdot F_B}{b+c} = \frac{c \cdot C_0}{r \cdot (b+c)}$$

$$Y_C = -Y_A$$

$$Z_C = -\frac{b \cdot F_B}{b+c} = \frac{b \cdot C_0}{r \cdot (b+c)}$$

**Question 46 :**

L'assemblage de la roue et de l'arbre d'hélice est réalisé par une mise en position appui plan centrage court. La rotation est arrêtée par adhérence par l'action normale des vis.

Pour dimensionner cet assemblage il faut valider que l'on ne doit pas transmettre un couple supérieur au couple transmissible par frottement.

Ce couple limite est  $C_{\max} = \frac{2}{3} \cdot N \cdot f \cdot \frac{R_e^3 - R_i^3}{R_e^2 - R_i^2}$  en faisant l'hypothèse que les vis génèrent une

pression uniforme sur la surface d'appui. N est l'effort exercé par les vis, f le coefficient de frottement entre les deux matériaux de la surface de contact et  $R_e$  et  $R_i$  les rayons extérieur et intérieur de la surface de contact.

Si  $C_{\max} > 900N.m$ , le dimensionnement de la liaison peut être validé.

**Question 47 :**

Le roulement à rouleaux subit exclusivement une charge radiale  $F_{rA} = \sqrt{Y_A^2 + Z_A^2} = 3794N$

La durée de vie de ce roulement est donc:  $L_{A90h} = \frac{10^6}{60.N} \left( \frac{C}{F_{rA}} \right)^{\frac{10}{3}} = 42.10^6 \text{ heures}$

L'hypothèse la plus simple est de considérer que la charge radiale subit par chacun des roulements à

rouleaux coniques est  $F_{rC} = \frac{\sqrt{Y_C^2 + Z_C^2}}{2}$

Pour les charges axiales:

L'un subit  $F_{a1C} = \frac{F_{rC}}{2.Y}$  et il sera pris  $F_{a1C} = 0$  selon l'annexe

Donc  $L_{90h} = \frac{10^6}{60.N} \left( \frac{C}{F_{rC}} \right)^{\frac{10}{3}} = 17.10^6 \text{ heures}$

L'autre subit  $F_{a2C} = \frac{F_{rC}}{2.Y} + F_O + F_B'$ , valeur qui sera utilisée pour le calcul selon l'annexe.

Donc  $P_{A2} = X.F_{rC} + Y.F_{a2C}$  et  $L_{90h} = \frac{10^6}{60.N} \left( \frac{C}{P_{A2}} \right)^{\frac{10}{3}} = 14600 \text{ heures}$  (soit 8 ans à 5 h par jour)

**Question 48 :**

Au regard des efforts importants que subissent ces roulements et de la nécessairement très faible vitesse de rotation du propulseur, le critère durée de vie n'est pas ici prépondérant. Le dimensionnement est réalisé par la charge statique d'admissible par les roulements.

**Question 49 :**

$$J_{\text{éq}} = J_{\text{mot}} + J_V + R^2 \cdot J_H$$

PDF en moment sur l'axe moteur :

$$C_{\text{mot}} - C_R = J_{\text{éq}} \cdot \frac{d\omega_{\text{mot}}}{dt}$$

$$C_{\text{mot}} - \mu.R.\omega_{\text{mot}} = J_{\text{éq}} \cdot \frac{d\omega_{\text{mot}}}{dt}$$

L'équation différentielle du mouvement est donc:  $J_{\text{éq}} \cdot \frac{d\omega_{\text{mot}}}{dt} + \mu.R.\omega_{\text{mot}}^2 = C_{\text{mot}}$  Une solution de

l'équation peut-être approchée informatiquement pour trouver le temps d'établissement de la vitesse de rotation de l'hélice.

Document-réponse n°1 (DR1)

**Réponses à la question 1 :**

Expressions littérales des grandeurs physiques suivantes :

$$V_F = V_L + V_C$$

$$\Delta t = \frac{D}{V_F}$$

$$W = \left( \frac{P}{\eta} + P_S \right) \cdot \frac{\Delta t}{60} \text{ avec } P \text{ et } P_S \text{ en } kW.$$

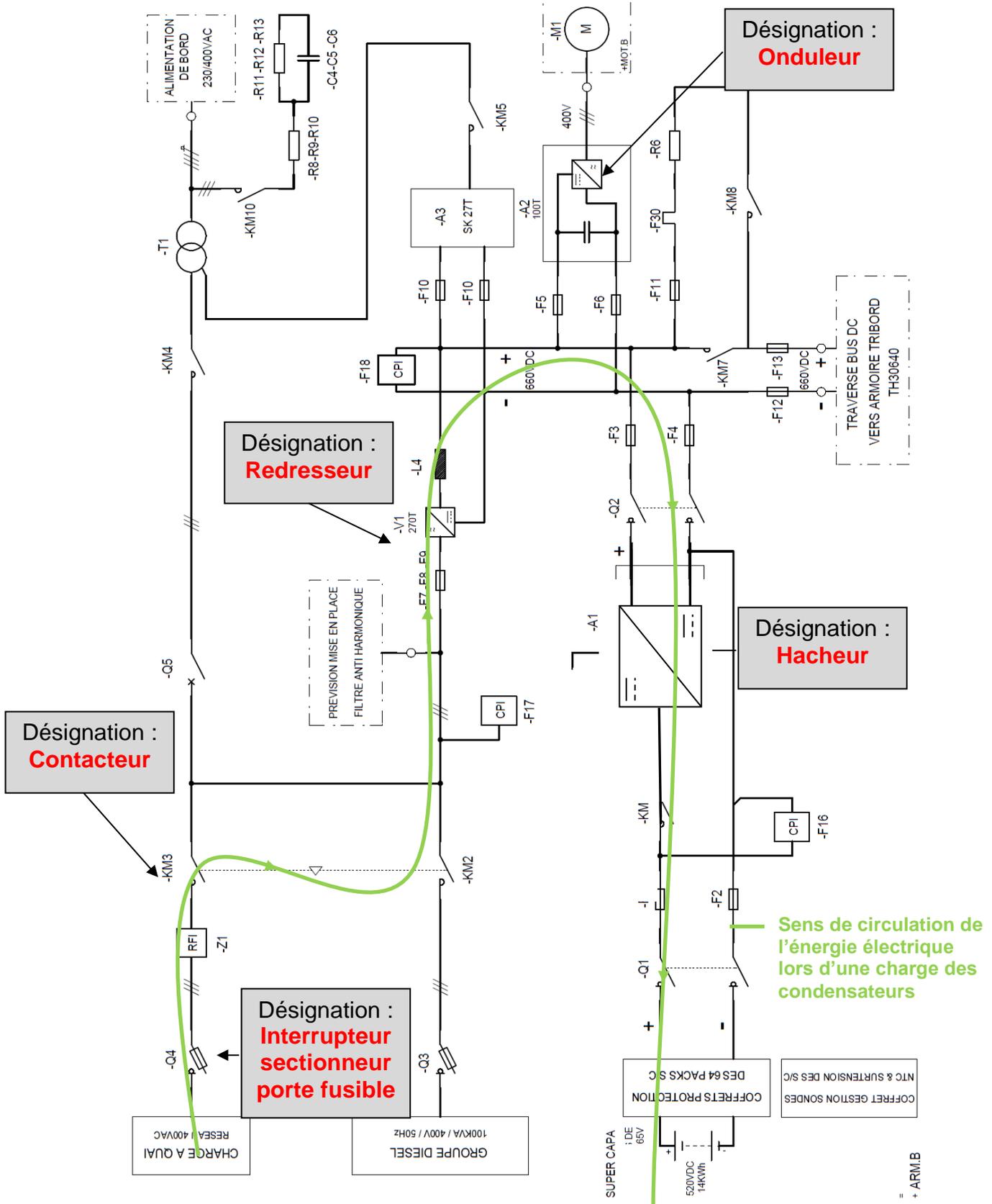
$$W_T = \sum_{i=1}^n W_i$$

**Réponses à la question 2 :**

	Pen Mané	rade	avant port	Quai des Indes	avant port	rade	Pen Mané	
D : Distances (milles)		0,50	0,30		0,30	0,50		
V <sub>L</sub> : Vitesses Loch (nœuds)		8,00	5,00		5,00	8,00		
V <sub>C</sub> : Vitesses courant (nœuds)		2,00	0,00		0,00	-2,00		
V <sub>F</sub> : Vitesses fond (nœuds)		10,00	5,00		5,00	6,00		
t : Durées (min)		3,00	3,60	8,00	3,60	5,00		
P : Puissances (kW)		42,00	10,00	15,00	10,00	42,00		
η : Rendement réducteur et moteur		0,90	0,90	0,90	0,90	0,90		
P <sub>S</sub> : Puissance des servitudes (kW)		10,00	10,00	10,00	10,00	10,00		
W : Energie consommée (kW.h)		2,83	1,27	3,56	1,27	4,72		
W <sub>T</sub> : Total énergie par aller-retour (kW.h)		13.65						

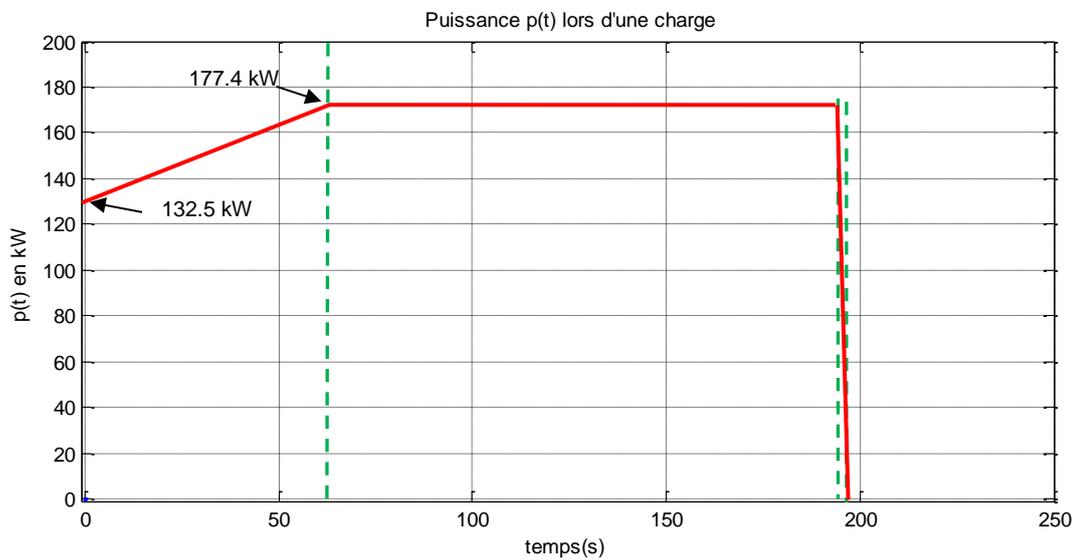
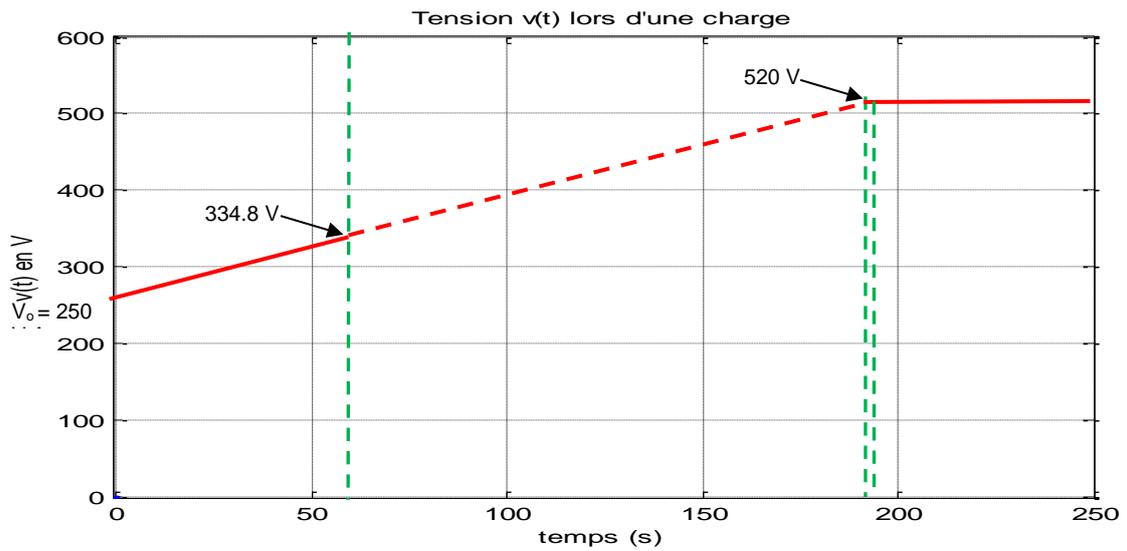
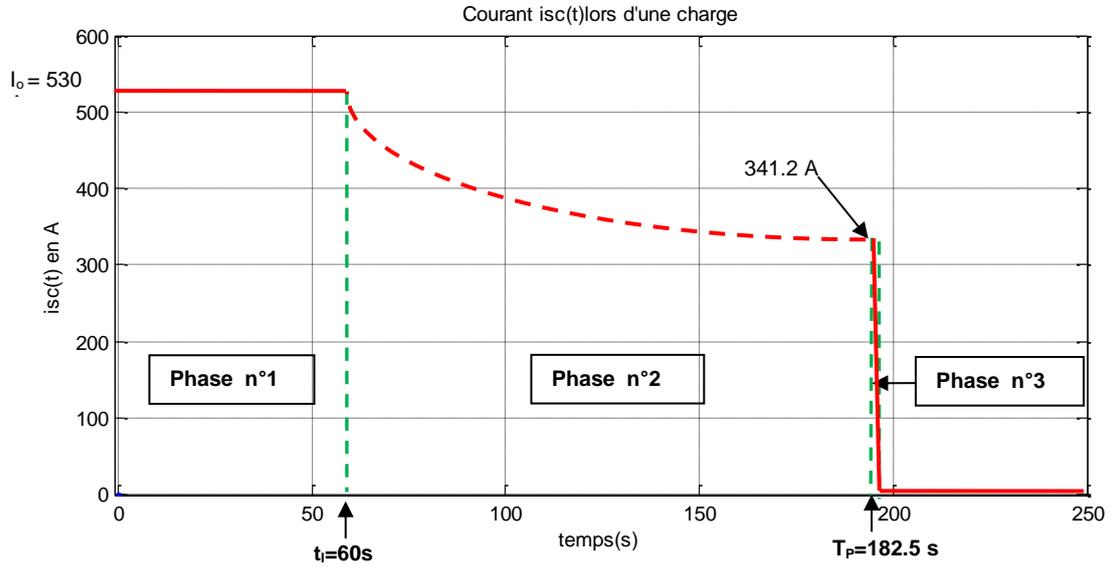
**Document-réponse n°2 (DR2)**

Réponses à la question 30 :

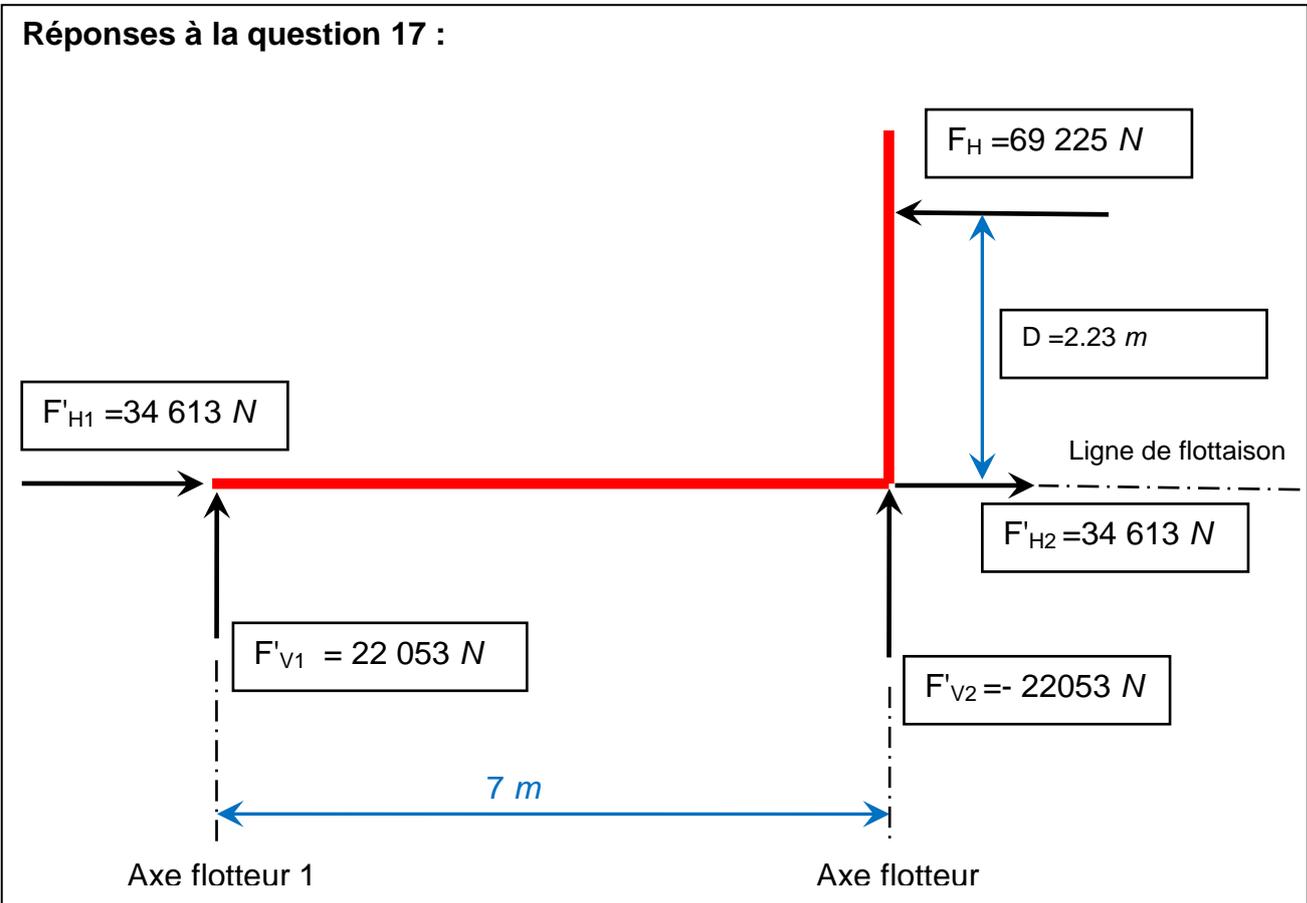
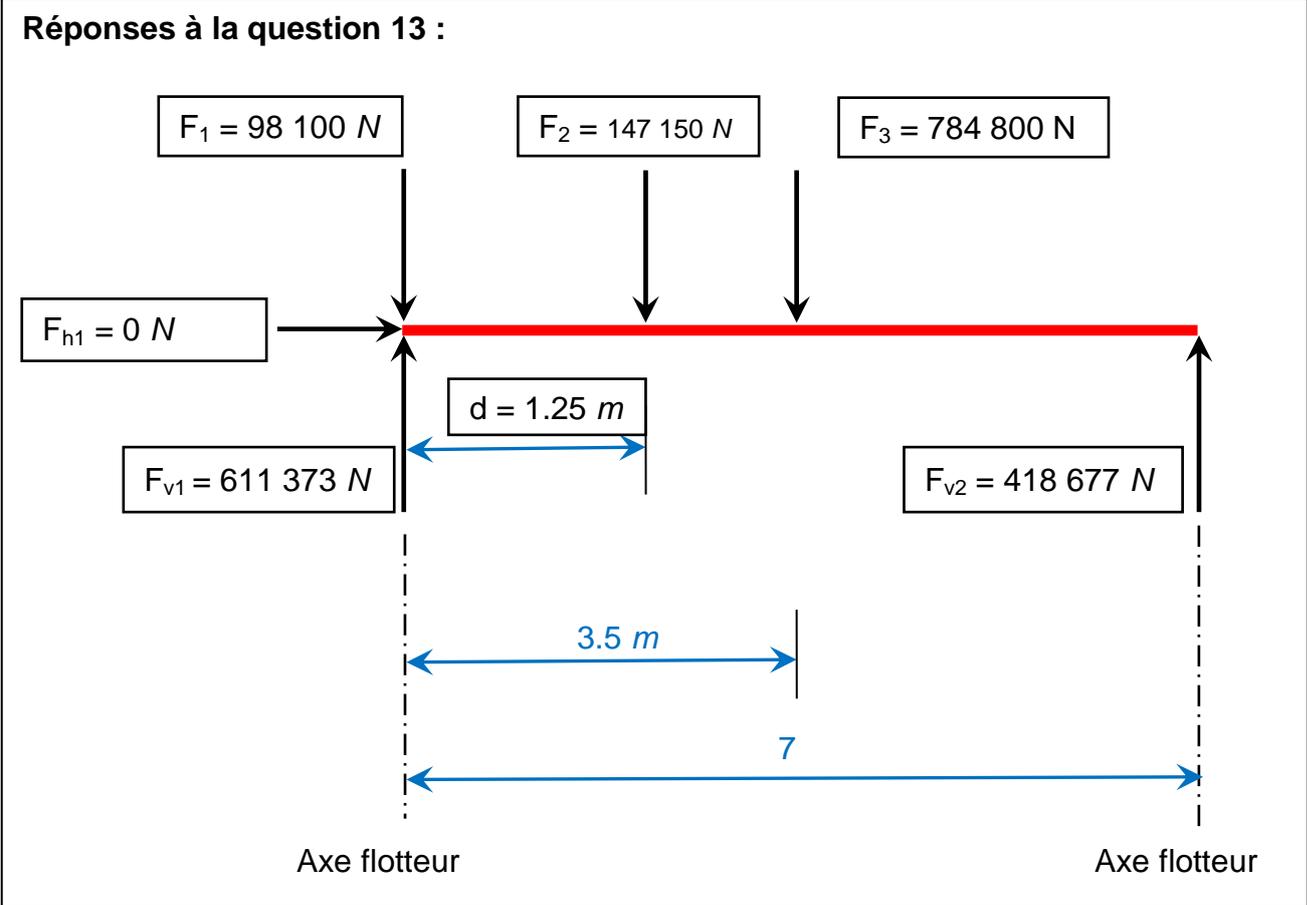


**Document-réponse n°3 (DR3)**

Réponses à la question 37 :



**Document-réponse n°4 (DR4)**



**Document-réponse n°5 (DR5)**

**Réponses à la question 22 :**

**Semelle S<sub>1</sub>**

$h_{s1} = 5 \text{ mm}$   
 $b_{s1} = \rho \cdot b = 0,6 \times 1500 = 900 \text{ mm}$

**Ame A<sub>1</sub>**

$h_{a1} = 150 \text{ mm}$   
 $b_{a1} = 5 \text{ mm}$

**Semelle S<sub>2</sub>**

$h_2 = 10 \text{ mm}$   
 $b_2 = 100 \text{ mm}$

**Réponses à la question 23 :**

Aire en $m^2$	OG en $m$	$I_{GX}$ en $m^4$	$v_1$ en $m$	$v_2$ en $m$	$I_{GX}/v_1$ en $m^3$	$I_{GX}/v_2$ en $m^3$
0,00625	0.128	2,32958E-05	0.037	0.128	0,00063	0,000182

**Document-réponse n°6 (DR6)**

**Réponses à la question 26 :**

	Température °C	Pression <i>Bar</i>	Enthalpie <i>KJ /Kg</i>	Etats du fluide	Transformations
Point 1	-16	4.9	240	Liquide + gazeux	Evaporation
Point 2	-16	4.9	415	(gazeux) + liquide	
Point 3	- 8	4.9	420	gazeux	Compression
Point 4	75	22	475	gazeux	
Point 5	33	22	260	Liquide + (gazeux)	Condensation
Point 6	33	22	245	liquide	Détente

## COMMENTAIRES DU JURY

### **Première partie : autonomie énergétique du bateau**

Cette première partie permettait de valider globalement l'autonomie énergétique du bateau. Elle a été plutôt bien traitée. 90% des candidats l'ont abordée cependant, les connaissances transversales de base liées au domaine électrique sont parfois totalement négligées, ce qui est fortement pénalisant dans ce type d'épreuve.

### **Deuxième partie : flottabilité du navire**

La flottabilité du bateau était abordée dans cette partie du point de vue du tirant d'eau et de l'inclinaison. Seul le bon sens et des notions de géométries élémentaires étaient nécessaires à la résolution. 90% des candidats ont traité cette partie. La majorité d'entre eux a compris l'objectif et mis en œuvre avec succès des démarches de résolutions pertinentes même si certains résultats aberrants auraient pu alerter.

### **Troisième partie : dimensionnement d'éléments de structure**

Cette partie portait sur un dimensionnement simplifié de la structure du navire. La modélisation proposée était expliquée et construite pas à pas au fil du questionnement. La validation de la structure était réalisée par un dimensionnement de résistance des matériaux.

Les notions de dimensionnement simple sont trop souvent ignorées et conduisent à des démarches et résultats aberrants. Seuls 50% des candidats ont abordé cette partie avec une grande hétérogénéité puisque certains candidats ont traité entièrement la problématique.

### **Quatrième partie : pompe à chaleur de climatisation**

De nombreux candidats ne maîtrisent pas les notions fondamentales de thermodynamique. La notion de coefficient de performance (COP) est particulièrement mal maîtrisée. Cette partie, ne nécessitant pourtant que très peu de temps et de connaissances, n'a pas été abordée (<30%) par la majorité des candidats.

### **Cinquième partie : commande de convertisseur**

L'objectif de cette partie était d'établir le comportement des supercondensateurs lors de leurs chargements à quai, en vue de définir la loi de commande du chargement.

Cette partie scientifiquement plus spécifique a été très peu abordée (<20%). La longueur du sujet et la spécificité de cette problématique explique largement la faiblesse de ce chiffre.

### **Sixième partie : transmission de puissance**

La problématique de la transmission de puissance sur propulseur azimuthal est le poids, le rendement global, la minimisation du volume interne à la coque et la non pollution du milieu marin. L'ensemble de ces points était abordé dans cette partie via différentes études.

Une première étude avait pour objectif de comprendre le fonctionnement global de la transmission. Très peu de candidats ont eu la capacité de distinguer la transmission de puissance principale du bateau de la transmission dédiée à la direction. Les deux mobilités ne sont pas perçues ce qui ne permet généralement pas de réaliser un schéma cinématique cohérent ni d'aborder la notion d'hyperstatisme d'un modèle.

La problématique d'étanchéité sur un système immergé est fondamentale. Cette problématique était abordée de manière technologique. De nombreux candidats ont démontré qu'ils avaient une certaine culture technologique mais peu ont été capables d'adapter cette culture à la problématique proposée, se limitant souvent à des généralités.

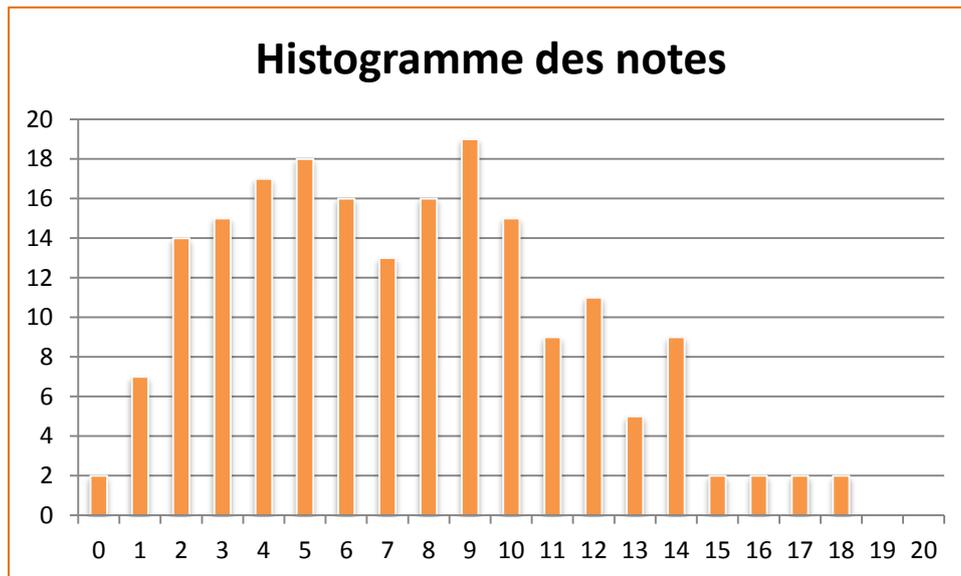
Un dimensionnement du guidage en rotation de l'arbre d'hélice permettait via une modélisation simple de valider les choix de conception. Les déterminations des actions mécaniques dans les roulements étaient le point de départ du dimensionnement. La démarche de résolution de problèmes de statique n'est pas toujours maîtrisée par les candidats. Les critères de dimensionnement de roulements ne sont généralement pas connus.

Très peu de candidats ont abordé cette partie (<40%). La longueur du sujet explique partiellement que certains candidats n'ont pas eu le temps de traiter cette sixième partie d'un niveau pourtant raisonnable pour une agrégation.

## RECOMMANDATIONS

Sur une épreuve transversale de ce type, les candidats qui réussissent sont ceux qui sont capables d'aborder toutes les parties du sujet. Les domaines du sujet qui sont directement liés à la spécialité de l'agrégation IM ne permettent pas, seuls, d'obtenir un résultat satisfaisant. Pour être performant sur cette épreuve il est nécessaire d'avoir des compétences minimales dans tous les domaines des STI.

**Moyenne de l'épreuve 7,81 ; écart type 3,99**



## **ÉPREUVE D'EXPLOITATION PÉDAGOGIQUE D'UN DOSSIER TECHNIQUE**

**Coefficient 1 – Durée 6 heures**

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



## ÉLÉMENTS DE CORRIGE

### 1<sup>ère</sup> partie : Conception d'une séquence pédagogique

À partir du support présenté, à partir des données et documents fournis, il s'agissait de construire la séquence pédagogique qui permettrait à une classe d'étudiants de 2<sup>me</sup> année de BTS CPI de mener une étude de comportement de produit pour valider la solution apportée par l'entreprise au problème rencontré. Cette séquence pédagogique s'inscrivait dans la perspective de l'évaluation certificative terminale relative aux unités U51 (modélisation et comportement de produits industriels) et U52 (analyse et spécification de produits).

Cette séquence pédagogique devait s'articuler obligatoirement sur les horaires de formation suivants : comportement des systèmes techniques, construction mécanique, industrialisation des produits (cf. DP4, horaires de formation). Cette séquence pédagogique prenait appui sur un travail dirigé (TD), objet de la 2<sup>ième</sup> partie. Il s'agissait de mettre en œuvre une démarche globale de résolution du problème technique. (cf. DP7, extraits du document « repères pour la formation du BTS CPI).

**Question 1-1**, sur feuille de copie et à l'aide du document réponse DR1 :

**Décrire** en détail le contenu de la séquence attendue. Le candidat précisera et justifiera :

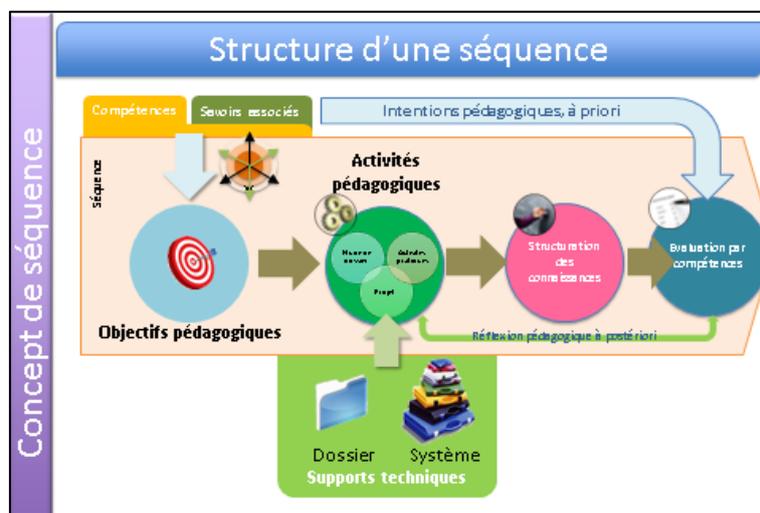
- les compétences visées en lien avec les tâches, les activités professionnelles ;
- la durée et le positionnement de la séquence sur le cycle de formation des étudiants ;
- la durée des modalités d'enseignement (cours et activités pratiques) avec une séance de travail dirigé d'étude et de simulation du comportement mécanique du moyeu de tambour de frein lors de la phases 130 d'usinage ;
- les prérequis nécessaires.

La question posée n'appelait pas de réponse unique, le candidat disposant d'une autonomie et prise d'initiative quant à la conception de sa séquence.

Les réponses à cette première question permettaient aussi de construire et d'apporter des réponses cohérentes et pertinentes aux autres questions. Même si les questions étaient indépendantes, la cohérence globale des réponses apportées par les candidats a été évaluée.

Il s'agissait pour cette première question d'apporter des éléments de réponse au concept de séquence qui caractérise la didactique et la pédagogie des Sciences Industrielles de l'Ingénieur.

Depuis plusieurs années, ce concept de séquence a été explicité au travers de plusieurs séminaires nationaux, sert de référence à l'organisation des plans de formation dans les différentes voies et filières de formation. Ce concept a fait l'objet de publications. Cf. article de l'IGEN STI, revue « technologie », n°179, avril 2012.



*Une séquence privilégiée :*

- l'acquisition de compétences et savoirs associés précis, en nombre limités ;
- une durée courte de 2 à 4 semaines maximum ;
- un thème porteur de sens pour les étudiants ;
- la possibilité d'effectuer une synthèse et structuration de connaissances ;
- une relation forte entre référentiel, thème, séquence, support.

Concrètement, il appartenait au candidat de repérer les compétences qu'il souhaitait associer pour alimenter sa séquence, l'ensemble des modalités d'enseignement (cours, TD et TP), les activités spécifiques envisagées en lien avec le thème, le support étudié. Dans le cas d'une démarche « inductive », dans le cadre des activités de TP, les candidats pouvaient introduire d'autres supports que celui proposé par le sujet, retenu pour le TD.

Les compétences étaient à extraire du référentiel de certification. Pour leur donner sens, il appartenait au candidat de les associer en cohérence avec celles qui seraient abordées lors du TD « étude de comportement et vérification de performances » qui était envisagé. Pour ce TD, on pouvait identifier dans un premier temps les compétences C19a, C19b et C23. Ces compétences étaient à relier avec les activités professionnelles identifiées dans le référentiel d'activités professionnelles (RAP).

Certaines compétences devant être évaluées en fin de parcours de formation (C13, C18, C19a, C23 pour U51 et C04, C17, C19b, C20 et C25 pour U52), il était judicieux de relever celles prévues par les épreuves certificatives pour les intégrer (pour partie) dans la séquence de formation imaginée.

La lecture des compétences, fournies en documents ressources, devait amener le candidat à identifier les compétences détaillées qu'il souhaitait retenir dans son projet de séquence.

À cela d'autres compétences pouvaient être envisagées (pré requis ? en cours d'acquisition ? envisagées en terme d'évaluation continue, formative, sommative ?) pour former un tout cohérent (durée, nombre de compétences, positionnement dans l'année de formation).

Ces compétences retenues devaient être justifiées en fonction de la stratégie recherchée comme par exemple la mobilisation de celles relevant du décodage de CDCF (C01), de la recherche d'information (C06), ... de la communication (C29), mais aussi celles relevant plus particulièrement de l'industrialisation des produits, généralement négligées par les candidats.

Dans la mesure où le thème et le support se prêtaient à l'acquisition de nombreuses compétences, il appartenait au candidat de justifier le positionnement et la durée de sa séquence, d'identifier les compétences susceptibles d'avoir été abordées en amont, constitutives de pré requis que les candidats avaient à préciser ultérieurement.

Dans la mesure où en 2<sup>ème</sup> année, les étudiants de BTS CPI mènent un projet industriel, les candidats devaient également préciser le positionnement de cette séquence pour acquérir dans un premier temps des compétences formatives, évaluées de façon sommatives qui auraient été ensuite appliquées au projet. L'autre possibilité était de construire des compétences terminales pour les épreuves U51 et/ou U52, auquel cas il fallait explicitement identifier les compétences visées.

La lecture du sujet amenait, dans tous les cas, les candidats à intégrer un travail dirigé (TD) d'étude de comportement avec la mobilisation des outils numériques de simulation. De fait, le candidat devait articuler les modalités d'enseignement qu'il proposait en conséquence.

Ont été évaluées comme satisfaisant à la question, les réponses qui indiquaient (sur le document réponse DR1) et justifiaient (sur feuille de copie) clairement les compétences identifiées, les compétences détaillées retenues, la description et l'association des modalités d'enseignement (cours, TD et TP) ainsi que les différents enseignements prévus à la grille horaire (comportement des systèmes techniques, construction mécanique, industrialisation des produits). Ont été évalués les temps indiqués pour les différentes modalités et celui consacré à la séquence. En termes de pré requis, le candidat devait préciser ceux jugés nécessaires pour l'acquisition des connaissances et savoir-faire nouveaux. Il ne s'agissait pas de relever les domaines de savoirs (de S6 à S9), identification beaucoup trop vaste, pas suffisamment précise.

Ont été appréciées, les réponses intégrant les phases de lancement, de synthèse, de structuration des acquis des étudiants. Ont été appréciées, les réponses qui intégraient comme demandé une construction de séquence faisant intervenir les enseignements d'industrialisation.

**Question 1-2**, sur feuille de copie :

**Préciser et justifier** la stratégie pédagogique retenue pour chaque modalité d'enseignement (cours, TD, TP et chronologie des séances).

Par stratégie pédagogique, était attendu de la part du candidat, la justification de l'articulation des modalités d'enseignement. En fonction de l'articulation, des modalités d'apprentissage (cours, TD, TP), il était possible de constater si la stratégie imaginée par le candidat permettait d'aborder les compétences de façon plutôt « inductive », découvertes, investigations au travers de cas particuliers pour ensuite généraliser ou de façon plutôt déductive, apports magistraux, description et application d'une méthode à un cas particulier. A cela, il était possible pour les candidats de mettre en évidence le modèle pédagogique retenu : transmissif, béhavioriste, constructiviste au travers aussi de l'articulation (chronologie) des enseignements abordés, ceux de comportement des systèmes mécaniques ou de construction mécanique, avec ceux de l'industrialisation des produits, en classe entière, en groupes,

S'agissant des TP, (et en généralisant à certains TD), il est demandé en BTS CPI cf. DP7 8/9 « définir les activités proposées aux étudiants » de mobiliser des démarches béhavioristes ou constructivistes.

Manifestement les notions de complexité et de criticité, à rapprocher des recommandations décrites dans le document « repères pour la formation du BTS CPI », cf. DP7, ne sont pas connues des candidats. Or en intégrant ces notions aux éléments décrits dans les référentiels de compétences et de savoirs associés, il est possible de construire des plans de formations contraints par la durée de formation tout en visant l'efficacité et l'efficience des séquences pédagogiques attendues. Cet aspect a fait défaut à la quasi-totalité des candidats.

**Question 1-3**, sur feuille de copie et à l'aide du document réponse DR2 :

**Compléter** la fiche de présentation de séquence qui sera remise aux étudiants. Préciser :

- la mise en situation en lien avec le contexte industriel proposé ;
- le ou les problème(s) à résoudre ;
- les compétences détaillées visées par les différentes séances ;
- les connaissances nouvelles que les étudiants devront maîtriser à l'issue de la séquence ;
- les points clés qui seront évalués à l'issue de la séquence.

Pour la mise en situation, il s'agissait à l'aide de quelques phrases de traduire le contexte d'entreprise, les éléments de supports décrits en situation de formation et problème technique à aborder par les étudiants. La mise en situation supposait de reprendre le contexte d'entreprise, les constats réalisés avec l'introduction d'un nouveau processus de réalisation des moyeux, les enjeux économiques et industriels associés. Ces éléments étaient déjà développés par le document « problématique industrielle », les candidats devaient s'en inspirer.

Le problème à résoudre devait nécessairement reprendre, pour tout ou partie, le problème rencontré par l'entreprise et nécessitait de le traduire en problème technique univoque pouvant amener un résultat observable, mesurable, évaluable en association avec les compétences visées. Il s'agissait de l'exprimer en termes simples pour des étudiants de 2<sup>ième</sup> année de BTS CPI, évocateur de la démarche de résolution de problème technique à entreprendre. Cette démarche était par ailleurs décrite : association des étapes d'expérimentation, d'études, de simulation, d'analyse et conclusion (cf. résumé des étapes de la démarche de résolution de problèmes techniques initiés par l'entreprise ». Les candidats pouvaient donc partir de cette démarche pour développer une démarche de résolution de problème et une démarche pédagogique « faire pour apprendre », « apprendre à faire ».

Il s'agissait aussi d'indiquer aux étudiants les nouvelles connaissances (savoirs associés, méthodes..) qui seraient acquises dans le cadre de la séquence. Pour le TD, il s'agissait, de la définition du maillage, des conditions aux limites et des capteurs de réaction, des modalités de chargement garantissant un résultat optimal de la simulation.

Il s'agissait aussi de dégager les points clés de l'évaluation à mener en fonction des compétences abordées. Il s'agissait de reprendre pour les compétences envisagées, les critères et/ou indicateurs de performances associées aux compétences détaillées, de les caractériser, de les synthétiser pour que les étudiants connaissent le niveau d'exigence attendu. Pour le TD, les points clés étaient la qualité de la simulation, des résultats obtenus, la qualité de l'analyse et des solutions de résolution proposées, cf. résultats attendus en C19a, b et C23 :

- respect de la démarche de calcul ;
- exactitude de l'interprétation des résultats ;
- pertinence des conclusions ;
- validité de la simulation et de la démarche mise en œuvre.

**Question 1-4**, sur feuille de copie :

**Détailler**, pour la séquence proposée, le contenu des documents techniques qui viendront compléter ceux fournis dans le sujet (autre que ceux proposées en 2<sup>ième</sup> partie). **Préciser et détailler** les investigations et les développements techniques et scientifiques à anticiper par le professeur pour constituer le dossier technique d'étude des étudiants.

En fonction des compétences retenues pour la séquence, les candidats devaient indiquer les documents qui seraient remis aux étudiants. Les documents ressources et réponses de l'épreuve constituaient une partie de la réponse. Aux compétences, sont associées des « données » cf. DP2, aux tâches professionnelles sont associées des « conditions de réalisation de l'activité » cf. DP1. Les candidats avaient une autre partie de la réponse en identifiant les ressources associées, non disponibles dans le sujet :

La constitution du dossier technique pouvait comporter :

- le catalogue des produits du fabricant de mandrin ;
- le descriptif de l'unité de production, ses performances
- le catalogue outils et conditions de coupe ;
- le plan 2D, 3D de l'outillage et sa nomenclature ;
- la maquette numérique de la pièce étudiée ;
- un logiciel de choix et sélection de matériaux ;
- le dessin de définition du moyeu de tambour ;
- un descriptif du mode d'élaboration du brut ;
- les tableaux de bord du suivi statistique de qualité
- l'AMDEC réalisée par l'entreprise sur l'outillage ;
- ensemble de bases de connaissances ou de ressources multimédias interactives en lien avec le contexte industriel proche, le processus de réalisation du moyeu (réel ou simulé), les moyens mis en œuvre (réels ou illustrés).

Le moyeu de tambour étant constitué de deux pièces assemblées par soudage, il apparaît nécessaire aux professeurs de disposer de tous les éléments techniques indispensables à l'étude, de vérifier et/ou caractériser les efforts appliqués au moyeu durant l'usinage et/ou de choisir les paramètres de simulation adéquats et/ou de vérifier le comportement du moyeu sous charge pour conduire, avec les étudiants, l'étude de comportement de manière satisfaisante. De ces études préalables, les professeurs doivent disposer des conditions aux limites et hypothèses associées, avoir étudié les différents problèmes possibles et disposer d'une stratégie de résolution. Ils auront aussi préparé les ressources, les aides nécessaires aux étudiants qui rencontreraient des difficultés.

Si les diagrammes SysML sont fournis aux étudiants, il appartient aux professeurs de les formaliser, comme éléments de cahier des charges de l'outillage. De même que la maquette numérique du moyeu de tambour nécessitait aussi une expertise spécifique.

## 2ème partie : description du travail dirigé

Le travail dirigé, qui s'inscrivait dans la séquence pédagogique envisagée, devait porter sur l'**étude de comportement d'une pièce et l'utilisation d'un outil numérique afin de simuler les performances de l'outillage**. Le candidat devait prendre appui sur le document technique DT7 qui précisait les différentes étapes de validation d'un principe d'outillage et de la simulation numérique. Sur feuille de copie

### Question 2-1 :

**Détailler** la séance de travail dirigé envisagée dans la séquence. **Préciser** :

- les étapes de travail et le questionnement associé qui seront demandés aux étudiants ;
- les documents, les ressources numériques, aides multimédia et logiciels professionnels qu'ils devront mobiliser.

Les étapes de travail concernant le travail dirigé sont décrites ci-après.

### Introduction et rappel de la problématique

Il s'agit ici de contextualiser de manière synthétique la problématique industrielle à l'aide de la fiche DR2 ainsi que les différentes étapes de travail des séances précédentes. Ici, il fallait faire un **bilan des résultats** des séances précédentes, résultats nécessaires à l'élaboration du travail dirigé.

**Analyse du porte-pièce** : cette étape de travail permet d'appréhender la mise en position de la pièce et le fonctionnement du mandrin. La réalisation du schéma technologique permet d'identifier la nature des liaisons pièce/porte-pièce.

**La détermination des actions mécaniques de coupe** : il existe de nombreux modèles permettant de calculer les actions mécaniques de coupe. Les constructeurs d'outils fournissent ces modèles obtenus en grande partie par expérimentation. Cependant, la connaissance précise des valeurs de chacune des composantes d'effort est primordiale pour répondre à la problématique.

Dans ce dossier, le protocole expérimental mis en place pour déterminer l'action mécanique de coupe était décrit.

**La détermination des efforts de serrage** : la pression de réglage du groupe hydraulique préconisée par le constructeur, est indiquée dans le sujet : 17 bars. À partir de la référence du vérin hydraulique OKRJK 90 et du document constructeur FORKARDT fourni en document technique, on trouve les caractéristiques techniques du vérin utilisé. Il est possible de déduire l'effort maximal à utiliser à partir de la pression de service.

**La détermination de l'action des mors** sur la pièce par une approche statique (traitée préalablement au cours d'un travail dirigé)

**La détermination des actions de contact** entre le mandrin et le moyeu tambour de frein (traitée préalablement au cours d'un travail dirigé)

**Conclusion du décollement** suite à l'analyse statique et intérêt de la mise en œuvre d'une simulation numérique afin de déterminer la pression nécessaire au maintien en contact de la pièce sur le mandrin au cours de l'usinage.

### Travail à effectuer

Il s'agit de décrire les étapes de simulation du moyeu tambour dans le cas d'un chargement statique, les éléments de ce corrigé sont proposés avec le logiciel CATIA (catiAnalysis)

- définition du modèle géométrique 3D ;
- maillage ;
- conditions aux limites, conditions de contact et conditions cinématiques ;
- chargement ;
- définition des capteurs de réaction ;
- calcul et résultats.

### Conclusion du travail dirigé

Il s'agit de conclure au regard de l'analyse de la spécification liée au chanfrein et des hypothèses posées.

Le professeur peut mettre à disposition en version numérique le mode opératoire d'utilisation du logiciel (fiche méthode), des vidéos, des exemples traités et les résultats obtenus.

### Question 2-2 :

**Préciser** pour les différentes étapes de simulation, les paramètres à configurer qui garantissent un résultat de simulation fidèle à la réalité, cohérent et exploitable.

#### Étape 1 : définition du modèle géométrique 3D

Attribution du matériau (cf documentation technique de la pièce) : il s'agit ici d'un acier, matériau isotrope, le module d'Young et coefficient de Poisson sont donnés par défaut par le logiciel ou fournis dans les documents techniques de la pièce.

Insertion des éléments géométriques : il est nécessaire d'insérer les zones d'application de l'action de coupe et la modélisation de l'appui plan. Les surfaces des mors sont également insérées au modèle géométrique 3D pour les intégrer dans le maillage.

#### Étape 2 : le maillage

Le maillage est défini par le logiciel de manière grossière afin d'établir un premier résultat, il est visualisable. La taille des mailles est modifiable afin d'affiner progressivement les résultats. Ici l'objectif de la simulation est un déplacement. On utilisera des éléments paraboliques qui permettront d'obtenir des résultats plus fins que des éléments linéaires, à taille égale.

#### Étape 3 : conditions aux limites

##### Conditions de contact

Dans la modélisation le porte-pièce n'est pas représenté afin de réduire les coûts de calcul. Néanmoins, il est nécessaire de tenir compte de ses interactions avec la pièce. Pour cela, on met en place la définition de pièces virtuelles rigides afin de modéliser le contact entre les mors et le moyeu de tambour. Ces pièces correspondent à un objet rigide de masse nulle transmettant des actions mécaniques et permettant l'éventuel décollement mais pas l'interpénétration des deux pièces. Cette opération est nécessaire pour modéliser l'action de serrage du vérin sur la pièce par l'intermédiaire des trois mors.

##### Conditions cinématiques

Modélisation de l'appui plan par trois contacts sphère / plan.

##### Conditions cinématiques

Modélisation de la relation entre les mors et la pièce.

#### Étape 4 : chargement

Chargements : type pression.

Défini en une zone localisée représentant l'action de l'outil sur la pièce.

Défini sur les surfaces des mors pour l'action de serrage de la pièce.

(Les valeurs de chaque composante d'effort sont celles déterminées dans les travaux dirigés précédents).

#### Étape 5 : définition des capteurs de réaction

Mesure des efforts de réaction sur chacun des trois appuis ponctuels représentant l'appui plan entre le mandrin et la pièce : il faut imposer des capteurs de réactions.

#### Étape 6 : calcul et résultats

Après avoir validé le calcul logiciel, il s'agit de relever les déplacements et les efforts aux différents capteurs, pour conclure au regard de la spécification.

### Question 2-3 :

**Préciser** la nature du travail de préparation personnel que les étudiants de BTS devront effectuer pour mener cette activité de TD.

Il s'agit, par rapport à la séquence présentée, d'identifier les points nécessaires à traiter et à corriger avant de réaliser le travail dirigé développé. Ces éléments seront travaillés à la maison en fonction de

l'organisation décidée par le candidat. Par exemple, l'identification des actions mécaniques de coupe à partir de données constructeur, la réalisation du schéma technologique, l'identification des actions mécanique de serrage...sont des questions pouvant être traitées en préambule soit en classe, soit sous forme d'un travail de préparation réalisé en dehors du temps scolaire. L'ensemble des candidats ayant abordé cette question a répondu de manière généralement cohérente avec la proposition de séquence.

**Question 2-4 :**

**Indiquer**, pour la séance de travail dirigée envisagée, les possibilités de faire travailler de manière différenciée les étudiants issus de la voie professionnelle (baccalauréat professionnel étude et définition des produits industriels) et des étudiants issus de la voie technologique (baccalauréat technologique sciences et technologies de l'industrie et du développement durable). **Préciser** la nature des activités confiées.

Les activités différenciées pour être efficaces doivent s'inscrire dans une logique de formation et prendre en compte les difficultés mais aussi le potentiel des étudiants. Ici, la séquence est positionnée en deuxième année. Un certain nombre de candidats a identifié les difficultés rencontrées par les deux publics. Les remédiations proposées ont été de nature et de formes différentes, souvent stéréotypées, les élèves issus de baccalauréat professionnel étant supposés régulièrement en difficultés. Certains candidats ont considéré qu'en deuxième année les difficultés étaient lissées et que l'origine des étudiants impactait peu, voire plus du tout, l'organisation du travail. Selon le point de vue, les réponses attendues devaient être construites, argumentées et justifiées. Il était possible de préciser les ressources numériques variées à mobiliser, en capacité d'apporter une aide efficace aux étudiants, un plus grand accès à l'autonomie, pour la réalisation du travail demandé et permettre de dégager du temps d'accompagnement pour le professeur en fonction des besoins.

**Question 2-5 :**

**Détailler**, pour la séance de travail dirigé envisagée, une activité qui permettra des investigations en groupe.

L'investigation en groupe doit s'inscrire de façon pertinente dans le déroulé des activités. Elle doit permettre aux étudiants de confronter plusieurs solutions. Dans le cas de ce TD, il est envisageable de demander aux étudiants de se répartir plusieurs simulations à effectuer, avec des paramètres logiciels différents. A l'issue de l'activité, les différents groupes doivent synthétiser leurs résultats afin de comparer puis conclure.

En aucun cas, elles ne doivent faire l'objet d'une distribution partielle de tâche qui enlèverait à l'étudiant la vision globale de l'activité.

**Question 2-6 :**

**Préciser**, pour la séquence attendue, les possibilités de mobiliser le potentiel offert par les environnements numériques de travail (ENT) dans l'accompagnement des étudiants de BTS.

Le jury a apprécié les candidats qui ont développé des activités regroupées autour des différents axes suivants :

- produire ensemble ;
- partager des idées ;
- être acteur de son apprentissage ;
- acquérir des méthodes de travail ;
- constituer une base commune d'information ;
- accéder à des outils ;
- promouvoir et dynamiser les activités de la section de BTS et de la séquence proposée en particulier ;
- proposer un accompagnement à distance.

Le jury attendait des exemples contextualisés, en rapport avec la séquence proposée et en lien avec l'ensemble de la formation sur les deux années. Certains candidats ont proposé une utilisation de l'ENT clairement organisée et structurée en illustrant de manière synthétique et pertinente certains des points cités ci-dessus.

### 3ème partie : Élaboration de documents pour la séquence pédagogique

Le candidat devait traiter **obligatoirement** la partie suivante :

- partie 3-1 : Interprétation d'une spécification géométrique (Partie obligatoire)

Le candidat pouvait traiter **au choix** une partie parmi les deux suivantes :

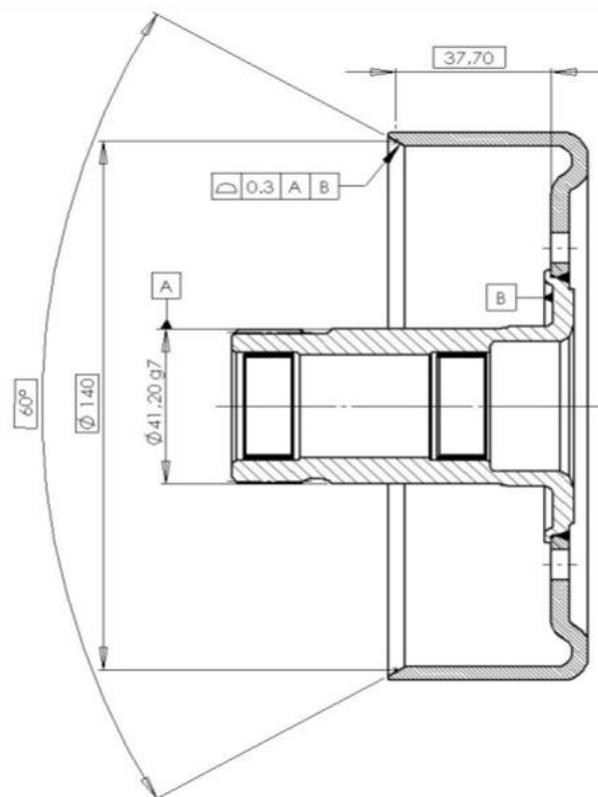
- partie 3-2 : Étude de rentabilité (Partie au choix)

- partie 3-3 : Analyse du porte-pièce (Partie au choix)

#### Partie 3-1 : Interprétation d'une spécification géométrique (Partie obligatoire)

On souhaite fournir aux étudiants de BTS un corrigé du document d'analyse de spécification.

**Question 3-1-1 : Interpréter** la spécification géométrique liée au chanfrein qui sera réalisé dans la phase 130 d'usinage en complétant et en illustrant chaque colonne du document réponse DR4.



Éléments de corrigés : Voir DR4 complété

Il s'agissait d'une cotation de position d'une surface quelconque (chanfrein), surface devant être positionnée en référence à l'axe du cylindre, à l'appui sur la surface B. Cf. analyse fonctionnelle.

Le document à rédiger devait être fourni aux étudiants comme élément de corrigé. De fait, la qualité du document rédigé, la rigueur de la description de la tolérance, suffisamment explicite, ont été évaluées.

#### Partie 3-2 : Étude de rentabilité (Partie au choix)

On souhaitait déterminer le nombre de moyeux à produire pour rentabiliser l'investissement réalisé (mandrin expansible et une unité de production automatisée). Les flux nets de trésorerie cumulés sur la durée de vie **devaient être supérieurs au montant de l'investissement et le délai de**

**récupération de l'investissement était rapide, fixé à deux années.** Cette contrainte devait figurer dans le cahier des charges qui aurait été remis aux étudiants de BTS.

**Question 3-2-1 : Calculer**, en fonction de la quantité envisagée de pièces à produire, le coût de production attendu lié à l'investissement réalisé.

**Question 3-2-2 : Établir**, pour les 5 années, le tableau de calcul des Flux Nets de trésorerie lié à ce projet d'investissement. **Calculer** la somme des flux nets de trésorerie.

**Question 3-2-3 : Déterminer** (nombre d'années et mois) le délai de récupération (ou délai de retour d'investissement) du capital investi. **Conclure** quant à l'intérêt de cet investissement.

Éléments de corrigés : Voir DR3 complété

La valeur résiduelle se rajoute aux termes des 5 années de fonctionnement, or elle était évaluée à 0 €. Il n'y a pas lieu de considérer la valeur résiduelle comme étant la valeur de l'investissement moins l'amortissement réalisé. Cette erreur fréquemment commise aboutissait de fait à des calculs erronés. Les éléments de calculs étaient pourtant fournis, indiquant que la dépréciation était déjà constatée par le calcul de l'amortissement.

La somme des investissements s'élevaient à 77000 euros

Le coût de production annuel s'élevait à 56000 euros = 7000 pièces x 8 euros/pièces

Les étapes de calcul étant données, il suffit de compléter le tableau proposé en suivant la démarche :

- aux termes de 2 années de fonctionnement les flux Nets de Trésorerie s'élevaient à 45640 € < Investissements réalisés (70000 euros) ;
- aux termes des 5 années de fonctionnement, les FNT s'élevaient à 114100 €.

Le délai de récupération se calcule ou se détermine graphiquement. À partir du tableau, on constate que le délai de récupération sera inférieur à 3 ans, (91230 euros de flux nets de trésorerie en 4 ans pour 77 000 euros d'investissements initial).

Avec un taux d'imposition de 0,3.

FNT (4 ans) – FNT (3ans) = 22280 euros

FNT (4 ans) – FNT (3ans) / 12 mois = 1901,67 euros / mois

Investissement – FNT (3ans) = 77000 – 68460 euros = 8540 euros

Investissement – FNT (3ans) / 1901 €/mois = 4,49 mois soit 4 mois et 15 jours

Le délai de récupération sera de 3 ans 4 mois et 15 jours (à un ou deux jours près) : soit un délai de récupération trop long.

**Question 3-2-4 : Déterminer l'expression littérale permettant de calculer** la quantité annuelle de moyeux de tambour de frein à produire pour atteindre le seuil de rentabilité envisagé (retour sur investissement sur 2 ans : flux nets de trésorerie (FNT) en 2 ans > montant des investissements). **Réaliser** l'application numérique.

Si on prend comme hypothèse un retour sur investissement sur 2 ans, pour que cet investissement soit rentable, il faut que les flux nets de trésorerie (FNT) en 2 ans soient supérieurs au montant des investissements, qui s'élèvent à 77 000 euros, soit 38 500 euros pour une année. Il était possible de raisonner sur une année puisque le calcul est linéaire.

FNT(1 année) = 38500 = [8 x Q à produire – (30000+15400)] x 0,7 + 15400

Soit Q = 9800 pièces, environ 10 000 pièces à produire par an, soit une augmentation de productivité de 250 pièces par mois. (taux imposition à 0,3)

### Partie 3-3 : Analyse du porte-pièce (Partie au choix)

On souhaitait fournir aux étudiants de BTS le schéma technologique du mandrin (1). À l'aide du document DT6 et avec les indications suivantes.

- **Mise en position de la pièce** : la pièce est centrée dans les trois mors (3) et plaquée axialement sur l'appui plan (trois plots à 120°).
- **Fonctionnement du mandrin** : le corps du mandrin (1) est relié à un groupe hydraulique par une série de pièces intermédiaires non représentées sur l'extrait de plan DT6. L'effort du tirant est transmis à la pièce (4), puis au piston (8). Quand le piston (8) recule, il entraîne les trois mors (3). De par leurs formes et la forme du mandrin (1), la pièce est plaquée axialement sur ses appuis et finalement serrée.

**Question 3-3-1 : Représenter** sur le document réponse DR5, le schéma technologique du porte-pièce (pour ne pas surcharger le schéma, un seul mors sera représenté).

Élément de corrigé : voir le document réponse DR5.

Le document à rédiger devait être fourni aux étudiants comme document technique. De fait, le décodage des liaisons mis en œuvre, la qualité du schéma technologique, la représentation et le repérage explicite des liaisons et des composants ont été évalués.

## 4ème partie : Évaluation et accompagnement des étudiants

### Question 4-1 :

**Proposer** une fiche de structuration, à distribuer aux étudiants de BTS, qui précisera les différentes étapes d'analyse et de validation d'un porte-pièce.

### Question 4-2 :

À partir du document DT7, **rédiger** en quelques lignes, les règles qui régissent le paramétrage du maillage (étape 2).

**Proposer** une stratégie à mettre en œuvre à l'issue de l'étape 6 pour vérifier la validité des résultats.

La réponse est en partie détaillée dans les réponses précédentes. La réalisation du maillage dépend du logiciel utilisé et des possibilités offertes. Il était nécessaire de mettre en place un maillage volumique, en précisant les zones pour lesquelles il est judicieux de raffiner le maillage. Les calculs coûteux sont à proscrire, il s'agissait ici avec les étudiants de BTS de mettre en évidence les étapes de mise en place d'une analyse de déformations par éléments finis. Il s'agissait de mettre en évidence les éventuelles simplifications et hypothèses réalisées (par exemple, le fait de considérer une seule pièce en négligeant l'assemblage du moyeu et du tambour permettait d'obtenir des résultats constituant une première approche de la problématique).

Les problématiques abordées permettent d'identifier et de mettre en œuvre les règles de paramétrage du maillage sur le logiciel catia. Les attendues dans cette épreuve était le lien entre les résultats obtenus et les conclusions et points de vigilance à apporter. Il fallait mettre en lien l'analyse de la spécification du chanfrein et le déplacement visualisé sur un des appuis constituant l'appui plan du montage du mandrin tambour de frein.

La boîte de vitesse étudiée, et plus particulièrement l'arbre primaire (cf. DT 1), offrent une possibilité d'évaluer les compétences abordées dans le cadre de la séquence.

### Question 4-3 :

**Proposer** une évaluation relative à la séquence proposée en précisant le ou les supports mobilisés, la nature des activités des étudiants de BTS, les grands axes du questionnaire ainsi que les indicateurs et critères d'évaluation retenus au regard des compétences à atteindre.

L'évaluation de cette question a porté sur la capacité du candidat à évaluer les connaissances et compétences visées précisées sur la fiche de séquence en s'appuyant sur une pièce citée dans le sujet. Le candidat devait, à partir du support proposé, se situer dans une logique de transfert de compétences à une nouvelle situation de résolution de problèmes. On attendait du candidat qu'il

identifie et retienne les indicateurs de performance définis dans le référentiel de certification, qu'il précise les critères d'évaluation.

La réponse pouvait être présentée sous forme de fiche ou de grille, précisant l'organisation des indicateurs et critères d'évaluation, les critères liés à la prise d'initiative, à la rigueur, à certains savoir-être.

## COMMENTAIRES DU JURY

Le sujet était structuré autour de quatre parties indépendantes.

### **1<sup>ère</sup> partie : conception d'une séquence pédagogique**

Les candidats devaient argumenter leurs choix en termes de stratégies pédagogiques. Cette partie a été abordée par tous les candidats. La construction d'une séquence, bien qu'essence même du métier d'enseignant, pose encore problème pour un certain nombre de candidats. Certains se limitent à une succession d'activités pédagogique sans réelle construction des acquis. De ce fait, la question portant sur la justification des stratégies pédagogiques n'a pas été traitée correctement dans l'ensemble, car d'une part, peu de candidats ont réellement construit une progression clairement identifiée dans l'acquisition des savoirs associés à la séquence, et, d'autre part, bon nombre de candidats ne donne pas sens au terme « stratégie pédagogique ».

Les candidats qui ont répondu de manière satisfaisante à cette partie ont élaboré une séquence à l'image des propositions et recommandations actuelles de la discipline, au travers des séminaires et des documents d'accompagnement diffusés sur le site eduscol, sur le Réseau National de Ressource STI.

Référence à consulter : <http://eduscol.education.fr/sti/>

Concernant la question relative à la fiche de séquence distribuée aux étudiants, la problématique a été dans l'ensemble clairement identifiée et explicitée, il s'agissait de la reformuler à partir de la situation industrielle et de la mettre en lien avec les compétences du référentiel de formation du BTS. Peu de candidats ont associé ce qui relevait de la description du contexte de l'entreprise avec les éléments décrits au travers des diagrammes SysML fournis vis-à-vis de l'outillage mobilisé. L'identification des savoirs a manifestement été moins bien traitée, ce qui traduit une approche très superficielle des activités menées lors de cette séquence. De ce fait, les points clés à évaluer en fin de séquence, en lien avec les compétences abordées, font défaut pour beaucoup de candidats.

La question 4, concernant le contenu des documents techniques à fournir aux étudiants, a été davantage traitée. Les réponses relatives aux documents ressources sont dans l'ensemble satisfaisantes mais peu de candidats ont réellement détaillé le contenu.

### **2<sup>ème</sup> partie : description du travail dirigé**

La plupart des candidats qui ont abordé cette question se sont limités à détailler le travail effectué sur le logiciel de calcul par éléments finis, les étapes étant fournies dans le sujet. Le jury attendait également dans la réponse à cette question une mise en perspective avec les activités préalables nécessaires à la réalisation du TD sur logiciel, c'est-à-dire la détermination des actions mécaniques de coupe, les actions mécaniques de serrage, l'analyse du mandrin et la réalisation du schéma technologique. Une dizaine de candidats a présenté de manière claire et explicite le cheminement des activités nécessaires à la détermination des données du problème.

La question relative au travail préparatoire n'a pas été correctement traitée, sauf par les candidats ayant clairement précisé le travail à effectuer au cours de la séquence. La réponse nécessitait une réflexion globale pour prévoir en amont de la séance les données nécessaires à la réalisation du TD. Il s'agissait par exemple de l'analyse du mandrin et de la réalisation du schéma technologique, la détermination des différentes actions mécaniques extérieures appliquées à la pièce.

Concernant la question relative à la gestion des différents profils d'élèves, le jury a été attentif à l'argumentation apportée aux réponses des candidats, la mise en lien avec les pré-requis nécessaires à la réalisation du TD, sur la façon ou non de valoriser les potentiels des étudiants.

Concernant les investigations en groupe, le jury attendait, par exemple, de la part du candidat qu'il propose à chacun des groupes de travail la mise en place d'une simulation avec des configurations, des paramètres différents. Ceci, afin de pouvoir comparer des résultats issus de simulations différentes (modélisation des liaisons, définition du maillage...), de pouvoir pour un même TD

proposer une stratégie d'apprentissage par cas particuliers pour ensuite pouvoir, comparer, spécifier, définir des limites, généraliser, structurer une ou des méthodes.

La question relative à l'utilisation de l'ENT a été abordée par beaucoup de candidat. Le fait de citer un ou deux documents numériques mis à disposition ne constitue pas une réponse pleinement satisfaisante. Les candidats qui ont obtenu l'ensemble des points à cette question ont apporté une réponse structurée, en exposant clairement l'organisation pédagogique liée à l'ENT (fiches méthode, fiches outils, documents liés à la séquence, documents de synthèse de l'ensemble des deux années de formation, vidéos d'accompagnement, exemples traités, zones d'échange...), les bénéfices apportées à la formation des étudiants.

### **3ème partie : Élaboration de documents pour la séquence pédagogique**

Cette partie a été traitée de manière très décevante par un grand nombre de candidats. La réalisation des documents techniques est abordée, sans respect des normes et des codes de communications techniques. Il s'agissait pourtant de points classiquement abordés dans la pratique professionnelle (analyse d'une spécification géométrique, réalisation d'un schéma technologique). L'analyse de la rentabilité était explicitée afin de guider le candidat.

### **4ème partie : Évaluation et accompagnement des étudiants**

Les candidats qui ont répondu de manière satisfaisante à ces questions sont ceux qui avaient clairement établi et détaillé la séquence pédagogique en partie 1. Les objectifs de formation étant parfaitement identifiés, les candidats ont proposé une évaluation en lien avec ceux-ci. Le sujet précisait une pièce du même ensemble qui pouvait être utilisée afin de servir de support à une évaluation. Il s'agissait de proposer une étude de comportement de la pièce en proposant un contexte, une problématique.

Peu de candidats ont proposé une structuration des connaissances en lien avec la démarche globale d'analyse préalable à l'étude de comportement. Un certain nombre de candidats ont listé les étapes de simulation fournies dans le sujet. Cette réponse n'était pas celle attendue. Il s'agissait de démontrer comment, au travers d'une fiche de structuration, les connaissances abordées au travers de la séquence s'articulaient. Il s'agissait de préciser les éléments de méthodes à formaliser afin que les étudiants disposent par exemple ultérieurement d'une base de règles pour le paramétrage de la simulation avec des éléments finis.

### **Constats et statistiques**

Le questionnement proposé dans le sujet peut être mis en relation avec des compétences professionnelles attendues.

Pour la grande majorité des candidats, au travers des réponses apportées aux différentes questions, les compétences suivantes ont été correctement démontrées :

- la capacité à définir un nombre d'activités ou modalités raisonnables, une durée des activités cohérentes (modalités de cours, TD, TP ou activités décrites dans le TD) ;
- la capacité à associer aux modalités d'enseignement, à l'activité de TD, aux objectifs visés des compétences extraites du référentiel.

Dans une moindre mesure, démontrées de façon satisfaisante mais toutefois pas par la majorité des candidats :

- la capacité à définir des objectifs d'apprentissage, les points clés de la séquence, de les justifier, de préciser les organisations pédagogiques retenus, les savoirs associés ;
- la capacité à associer objectifs de formation envisagés avec le support d'étude
- la capacité à relier ces objectifs de formation avec les compétences détaillées à démontrer à la fin de la séquence, en fin de parcours de formation.

En ne traitant pas certaines questions ou en y apportant des réponses inexacts, il est possible de mettre en évidence ce qui a fait défaut aux candidats :

- la démonstration d'une approche didactique structurée, lorsqu'il s'agit d'associer des documents techniques (à utiliser, à construire, à envisager) en cohérence avec la situation d'apprentissage imaginée, décrite ;

- l'utilisation d'un vocabulaire technique approprié ;
- la maîtrise des outils de représentation (choix, mobilisation) ;
- la capacité à proposer des situations d'enseignement différenciées, à proposer des situations d'enseignement qui prennent en compte de façon pertinente les besoins des apprenants, à imaginer des supports pouvant permettre cette différenciation, individualisation ou accompagnement personnalisé des apprenants ;
- la capacité tout simplement à proposer des activités de groupe, des activités collaboratives, plutôt qu'une activité unique ou collective pour l'effectif entier ;
- la capacité à proposer une évaluation de compétences, compétences acquises antérieurement, à observer dans une situation de transfert à une autre problématique, sur un autre support ;
- la capacité à définir cette évaluation en adéquation avec les nouveaux apprentissages abordés : nature de l'évaluation, activités, connaissances, savoir-faire, savoir être évalués, définition des critères et indicateurs d'évaluation.

S'agissant de la capacité à préciser les modalités et critères d'évaluation, si elle a été abordée par peu de candidats, ils ont pour autant apporté des réponses exactes, cohérentes, pertinentes. On ne peut que conseiller aux candidats d'affiner leur culture de l'évaluation par compétences, alors que les rénovations récentes inscrivent systématiquement l'évaluation de compétences dans le cadre de projets ou de CCF qui se généralisent à l'ensemble des diplômes SII.

### **Plusieurs constats**

**Questions abordées mais incorrectement traitées** : les candidats ont tous abordé les questions décrivant la séquence pédagogique, pour autant avec des difficultés à identifier les compétences et documents ou données à y associer. De même, les candidats ont répondu aux questions permettant d'indiquer des opportunités de différencier les enseignements dispensés, avec là aussi des réponses souvent superficielles, peu détaillées, sans retour d'expérience ce qui laisse supposer l'absence de prise en compte de l'hétérogénéité des publics en formation, de leurs difficultés, mais aussi de leurs progrès, de leurs potentiels.

**Questions non traitées** : pour certaines questions et donc vis-à-vis de ces compétences attendues et en partie relevées ci-dessus, plus de 50% des candidats n'y répondent pas (non traitées), alors qu'elles font normalement partie de l'exercice quotidien de tout professeur, qu'elles ont été récemment rappelées par un texte paru au bulletin officiel de l'éducation nationale, cf. BO du 25 juillet 2013 : « référentiel de compétences des enseignants ». Pour rappel, quelques compétences extraites du BO et visées par le sujet proposé :

*Compétences communes à tous les professeurs, professionnels porteurs de savoirs et d'une culture commune :*

- Maîtriser les savoirs disciplinaires et leur didactique.
- Maîtriser la langue française dans le cadre de son enseignement.

S'agissant de la maîtrise de la langue, les correcteurs ont apprécié les copies structurées, rédigées dans le respect de l'orthographe et de la grammaire. A contrario, des copies de candidats, des documents réponse, image de documents qui étaient susceptibles d'être remis à des étudiants ne respectaient pas cette exigence, rédigés davantage sous forme de brouillons, pas ou peu lisibles, comportant parfois des fautes d'orthographe ou de grammaire intolérables. Il est demandé aux futurs candidats d'être extrêmement vigilants quant à la qualité de leurs rédactions et documents renseignés.

*Compétences communes à tous les professeurs, praticiens experts des apprentissages*

- Construire, mettre en œuvre et animer des situations d'enseignement et d'apprentissage prenant en compte la diversité des élèves.
- Organiser et assurer un mode de fonctionnement du groupe favorisant l'apprentissage et la socialisation des élèves.

- Évaluer les progrès et les acquisitions des élèves.

Référence à consulter : <http://www.education.gouv.fr/cid73215/le-referentiel-de-competences-des-enseignants-au-bo-du-25-juillet-2013.html>

Élaboration de documents techniques : à cette session, deux documents devaient être produits, dont un au choix. S'agissant de la définition d'une spécification géométrique, les auteurs du sujet ont constaté que bon nombre de candidats ne maîtrisaient pas la capacité à les expliciter avec la rigueur technique et scientifique nécessaire. Il en est de même avec le schéma technologique de l'outillage que les candidats devaient produire. Il est recommandé aux futurs candidats de se former, de conforter leurs acquis sur ce qui apparaît comme un des savoir-faire incontournables.

La norme GPS fait partie du langage (écriture, lecture, interprétation) de tout technicien, ingénieur en ingénierie mécanique. Il en est de même lorsqu'il s'agit de représenter des outillages, des mécanismes sous forme de schémas cinématiques, technologiques ou structuraux.

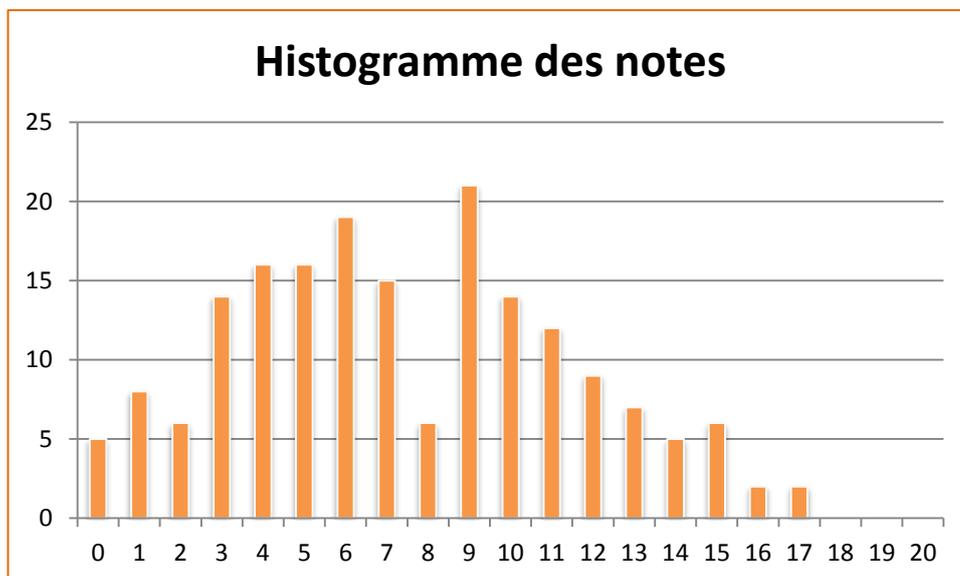
Référence à consulter :

<http://eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr.sti/files/ressources/techniques/3787/3787-tolerancement-gps.pdf>

Il est vivement recommandé aux futurs candidats de réactualiser leurs connaissances sur ce qui est considéré comme des fondamentaux, vis-à-vis de ce qui est exigé dans toutes les sections de techniciens supérieurs relevant des différents champs de l'ingénierie mécanique. Une lecture approfondie des référentiels en vigueur devrait permettre aux candidats d'identifier ces fondamentaux techniques, scientifiques exigibles et nécessaires pour se présenter aux épreuves de l'agrégation.

Référence à consulter : <https://www.cerpet.adc.education.fr/textes.asp>

**Moyenne de l'épreuve 7,88 ; écart type 4,03**



## **ACTIVITE PRATIQUE ET EXPLOITATION PEDAGOGIQUE D'UN SYSTEME PLURI-TECHNIQUE**

**Coefficient 2 – Durée 6 heures**

### **Définition de l'épreuve (extrait du bulletin officiel)**

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 : 40 minutes maximum ;
- entretien avec les membres de jury : 20 minutes maximum.

Dans l'option choisie, 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 suite à l'exposé du candidat et à 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.

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 du lycée et plus particulièrement 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, une analyse de solution technologique, 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. 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.

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.

### **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 (durée 4 heures) ;
- phase 2 : préparation de l'exposé dans une salle de préparation (durée 1 heure) ;
- phase 3 : exposé et entretien (durée 1 heure).

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

### **Phase 1**

Cette phase se déroule au sein du plateau technique où sont mis à disposition des candidats les différents matériels, équipements et supports ou systèmes étudiés. Mobilisés au cours de cette première partie, ces moyens permettront aux candidats de proposer une séquence pédagogique. **La séquence pédagogique qui sera proposée à l'initiative du candidat doit être liée aux activités pratiques réalisées.**

Cette phase se déroule en 3 parties.

#### **Première partie (durée indicative 0h30)**

Le candidat est accueilli par un membre de jury. Il est invité à mettre en œuvre les matériels, supports et équipements associés aux activités pratiques de pilotage, d'expérimentation de traitement, de simulation, de représentation afin d'acquérir rapidement une certaine autonomie dans les activités pratiques proposées. Dans cette partie, les activités proposées ont pour objectif de faciliter l'appropriation de l'environnement associé aux activités pratiques, de faciliter la prise en main des matériels associés aux activités pratiques. Le membre 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, 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.

On attend du candidat une capacité à s'organiser, à planifier et répartir son temps. Cette partie doit permettre au candidat de mobiliser ses connaissances et compétences pour résoudre le ou les problèmes mis en évidence. Dans le cadre d'une démarche technologique et/ou scientifique, on attend du candidat la démonstration de 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, simulées.

Les candidats disposent généralement de l'ensemble des moyens, données et ressources nécessaires aux activités proposées. S'ils souhaitent en disposer d'autres, ils doivent 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 1 h30)**

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 de celui-ci la démonstration de sa capacité à exploiter le contexte qui lui a été proposé durant les activités pratiques, à exploiter les données et ressources fournies, mais aussi à exploiter les résultats obtenus au cours des activités pratiques pour alimenter la conception de sa séquence pédagogique. La proposition doit prendre appui sur ces données et ressources disponibles, sur les investigations, les problèmes qui étaient à résoudre, les analyses qu'il a pu conduire.

Les candidats disposent durant toute la durée de l'épreuve d'une archive numérique et d'un moyen de stockage avec les données et ressources fournies, sur laquelle ils peuvent sauvegarder leurs 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 l'internet et équipé des logiciels de bureautique les plus courants afin de continuer à construire les éléments de sa séquence pédagogique, et pour 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, tester sa présentation.

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

Les candidats disposent d'un poste informatique équipé des principaux logiciels de bureautique, un vidéoprojecteur relié à cet équipement informatique, un tableau blanc. Ils peuvent mobiliser le support sur lequel ils auront sauvegardé les données, leurs résultats ainsi que leur présentation.

L'exposé oral d'une durée maximale de 40 minutes doit comporter :

- une présentation du système ou produit étudié (durée conseillée 5 minutes maximales) ;
- 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 15 minutes maximales) ;
- l'exploitation pédagogique conçue (durée conseillée 20 minutes maximales).

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, 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. A l'approche du temps imparti, le candidat sera invité à conclure.

L'entretien avec les membres de jury dure 20 minutes au maximum. Au cours de cet entretien, le candidat est interrogé et invité à préciser, à justifier et/ou à développer certains points de sa présentation, tant sur les aspects techniques et scientifiques en lien avec les activités pratiques réalisées que sur ses choix en matière de didactique et de pédagogie pour la séquence pédagogique proposée.

### **Thèmes et études proposées à la session 2015 et compétences attendues par le jury**

Le jury tient à préciser que les supports des travaux pratiques sont principalement en lien et prennent appui sur les référentiels des BTS et DUT industriels relevant des champs de l'ingénierie mécanique et mettant plus particulièrement en œuvre des moyens, des supports susceptibles de réaliser des activités de conception de produits industriels, d'industrialisation de produits mécaniques, d'optimisation de processus faisant intervenir la relation produit – matériau – procédé.

- analyse géométrique et dynamique d'une architecture d'une machine « agile » ;
- conception et validation d'une géométrie à partir d'études statiques et dynamiques ;
- étude structurelle et énergétique d'une chaîne de transmission de puissance
- validation du dimensionnement d'un capteur de couple ;
- étude de pré-industrialisation, choix de matériau et étude de comportement d'un produit mécanique ;
- étude de pré-industrialisation d'un produit mécanique, qualification de processus ;
- étude de qualification et optimisation d'une phase de production sur tour CN multiaxe ;
- caractérisation du phénomène de retrait dans un processus d'obtention de produit.

Ces études ont permis aux candidats de mobiliser leurs compétences dans le cadre des activités proposées (tout ou partie) :

#### Pour la partie « travaux pratiques »

- s'approprier le système, produit ou processus ;
- s'approprier la problématique proposée, les ressources associées ;
- mettre en œuvre les 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 résultats exploitables ;
- formuler des hypothèses ;
- réaliser des développements scientifiques et technologiques ;
- décrire et caractériser des éléments du modèle de fonctionnement ou de comportement ;
- élaborer, justifier et analyser de manière critique les modèles ;
- comparer les données ou 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 (réel, simulé, modélisé, expérimenté) ;
- formuler des conclusions.

#### Pour la partie pédagogique

- décrire le système étudié ;
- synthétiser, mettre en forme, organiser et justifier les résultats des expérimentations, des investigations ;
- analyser les écarts constatés, formuler des hypothèses ;
- préciser le rôle et la place du système, du support ou du produit étudié dans l'application pédagogique attendue ;
- proposer une organisation (didactique et pédagogique) de la séquence de formation ;
- replacer les activités vécues au cours de la partie « travaux pratiques » 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 son travail 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 : réponse synthétique, cohérente, pertinente et argumentée.

Sur la première partie de l'épreuve, les membres de jury constatent des difficultés pour les candidats à :

- s'approprier rapidement le contexte et les ressources disponibles ;
- à utiliser les données fournies et/ou à mobiliser des outils de description ou d'analyse ;
- à effectuer des développements scientifiques, démontrant ainsi des lacunes en termes de compétences scientifiques et technologiques attendues pour le niveau de l'agrégation ;
- à associer les activités à caractère expérimental (ou les investigations à mener) avec la nécessité de produire, à terme, une séquence pédagogique. Certains candidats ont délaissé des manipulations proposées.

Plusieurs candidats ne consacrent pas suffisamment de temps pour aborder l'exploitation des données et informations, les organiser et ensuite, les replacer dans le cadre d'une conception de séquence pédagogique.

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

La partie pédagogique développée à l'initiative des candidats aurait pu être meilleure, compte tenu que les candidats disposent déjà, pour la plupart, d'une expérience de l'enseignement. Peu de candidats valorisent cette expérience acquise. Certains candidats consacrent beaucoup plus de temps à présenter de façon séquentielle les activités menées, les résultats obtenus qu'à présenter une séquence pédagogique.

Il est important 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 commande pédagogique présentée au candidat par le membre de jury, en début d'épreuve, doit permettre au candidat de comprendre la finalité des travaux pratiques et expérimentations proposées. La commande pédagogique est systématiquement limitée.

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 durée de la séquence ;
- les évaluations prévues, avec la définition des indicateurs et critères d'évaluation.

Très peu de candidats ont abordé la question de l'évaluation des acquis des étudiants à l'issue de la séquence proposée et présentée.

### **Conseils aux futurs candidats**

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

- d'identifier les informations pertinentes, 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'elles 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 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 sur les résultats obtenus voire de remettre en cause la simulation ou la pertinence des mesures.

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 critères et indicateurs d'évaluation associés aux compétences attendues, et de ce fait, de ne pas négliger la présentation du système, le contexte du TP, la problématique, 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 du TP proposé ;
- 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 leur 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 ou connaissances associées aux compétences visées, en référence aux contenus des programmes officiels (définition des activités professionnelles, référentiel de compétence et savoirs associés) ;
- de structurer la démarche de construction des compétences dans le cadre des différents apprentissages et activités proposés, en les distinguant, à la classe, au groupe, pour un étudiant ;
- de ce fait, d'identifier les moyens et/ou matériels, les outils logiciels et ressources numériques qui permettront aux étudiants de vivre la séquence pédagogique ;
- de dégager la plus-value de l'activité ou de la séquence proposée, préciser les avantages, les conditions de réussite mais aussi les contraintes pressenties ;
- de conclure sur l'intérêt du système ou support étudié, sa finalité en termes d'apprentissages pour les étudiants.

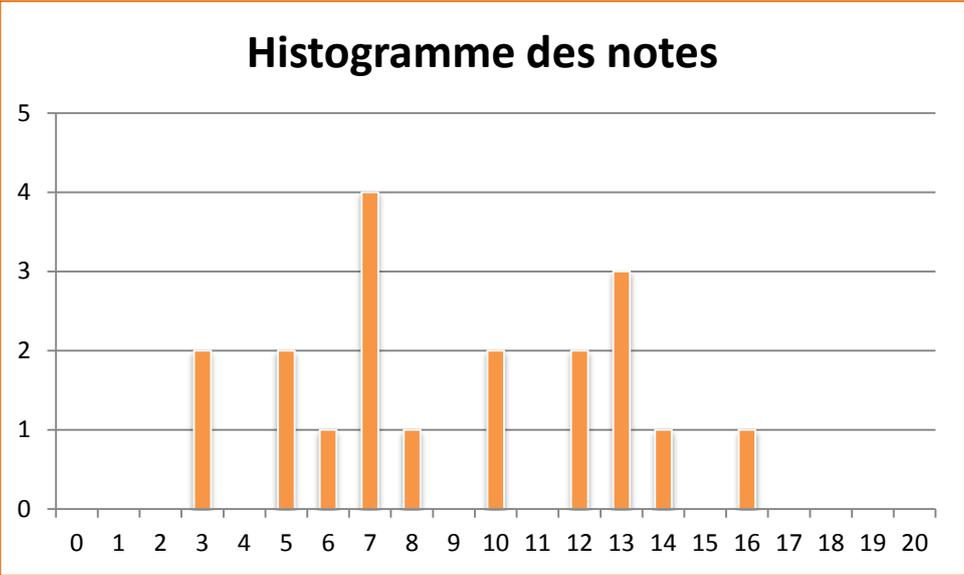
## **Conclusion**

Il est important que les futurs candidats identifient la finalité de cette épreuve et s'y préparent par une meilleure maîtrise des outils d'analyse courants, par une plus grande capacité à construire, à mener des protocoles expérimentaux, à synthétiser, à organiser et à exploiter des données. Pour réussir cette épreuve, les futurs candidats doivent être en capacité de conduire ou construire des démarches technologiques et scientifiques qui permettront de mettre en évidence ou de conclure sur les écarts constatés entre les données disponibles et les résultats issus de la mise en œuvre de systèmes ou produits, des modèles simulés, d'études expérimentales de comportement.

Les candidats doivent pouvoir démontrer leur capacité à concevoir une séquence pédagogique cohérente, structurée, de ce fait il leur appartient 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 ressources académiques, nationaux et dans les revues disciplinaires. La connaissance de ces éléments et 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, dans la présentation et la justification de leur séquence pédagogique.

Les membres de jury recommandent aux futurs candidats d'étudier de façon plus approfondie, les référentiels en vigueur ainsi que les documents qui les accompagnent. Ainsi, les candidats pourront plus facilement identifier les horaires et contenus, la nature des compétences à faire acquérir, les savoirs associés, le cadre de l'évaluation de ces compétences, le niveau d'exigence attendu.

Histogramme des résultats



## ÉPREUVE SUR DOSSIER

### Coefficient 1 – Durée 1 heure

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

Cette analyse peut être soit à l'initiative de l'entreprise soit à celle du candidat. Elle s'appuie sur la résolution d'un problème technique identifié ; la justification de la solution à ce problème est conduite par le candidat.

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

#### **1. Les attentes du jury, les critères d'évaluation**

Le dossier présenté doit résulter d'un travail personnel du candidat ; le jury le vérifie. Le dossier est réalisé dans le cadre d'un échange avec une entreprise. Le candidat doit montrer les investigations et développements qu'il a conduits pour s'en approprier totalement le fonctionnement et les évolutions potentielles. Ces investigations et développements doivent être traités au plus haut niveau scientifique et déboucher sur un travail personnel d'analyse sérieuse, de propositions de solutions techniques répondant aux problèmes posés, le tout démontrant la maîtrise d'une démarche scientifique pertinente complétée si cela est possible par des résultats d'expérimentation. Le niveau de confidentialité ne doit pas nuire à la constitution du dossier et au dialogue avec le jury. Le travail personnel attendu du candidat prend sens par la présentation argumentée des conclusions et non par la liste des actions menées.

Le dossier doit contenir les études conduites exploitant les connaissances attendues d'un professeur agrégé dans le domaine de la conception, de l'industrialisation et de la mécanique industrielle. On veillera à ce que les développements théoriques soient toujours justifiés au regard de la problématique posée.

Le support de l'étude doit permettre au candidat de faire preuve de réelles connaissances scientifiques et technologiques dans un contexte industriel choisi pour sa pertinence technique et pédagogique. Le candidat s'attachera à produire des documents techniques conformes aux normes en vigueur.

L'épreuve s'appuie sur un dossier personnel réalisé par le candidat. Le dossier est préparatoire à l'épreuve. Le jury demande au candidat de faire parvenir les dossiers en deux exemplaires et un cédérom ou une clé USB. Le cédérom ou la clé USB contient le fichier du dossier à minima au format pdf, la maquette numérique 3D dont le fichier complet est fourni, les fichiers de simulation et tout document jugé utile par le candidat. Le cédérom ou la clé USB est à structurer en quatre répertoires : CAO, simulations, dossier, et éventuellement annexes. Les maquettes numériques sont en format natif et en format neutre (iges ou step).

## **2. Les compétences évaluées**

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

### 1 - Construire un dossier technique

- Choisir un support
- Analyser un système
- Imaginer des solutions, répondre à un besoin

### 2 - Imaginer des activités pédagogiques à partir d'un système

- Décrire des activités d'apprentissage en relation avec le référentiel choisi
- Présenter des orientations, des concepts pédagogiques
- Maîtriser l'usage du numérique

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

- Etre capable de communiquer par écrit et oralement

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

Le jury constate que de trop nombreux dossiers ne présentent pas le niveau d'analyse et d'investigation requis pour l'agrégation. En effet, le dossier technique présenté ne saurait se résumer à une simple description du système choisi par le candidat. Ce qui donne sens à l'analyse scientifique et technologique est uniquement constitué par la mise en exergue d'une véritable problématique technique authentique. Ainsi, le jury a apprécié l'introduction par certains candidats d'expérimentations en rapport avec la problématique traitée.

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

Les fichiers informatiques font partie du dossier. Ils ne peuvent donc pas se limiter au dossier proprement dit. S'ils peuvent aider à une présentation du contexte, ils doivent aussi contribuer à une bonne perception des études et des simulations avec les conditions de leur réalisation.

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

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

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

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

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

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

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

Le jury conseille de nouveau aux candidats :

- de rechercher un support moderne pluri-technologique, attrayant et industrialisé dès la décision d'inscription au concours ;
- de choisir un support dont l'authenticité et l'actualité sont des éléments décisifs. Il se caractérise par une compétitivité reconnue, par la modernité de sa conception et par sa disponibilité réelle, qu'il soit de type "grand public" ou de type "équipement industriel" ;
- de vérifier les potentialités du support au regard des développements scientifiques, technologiques et pédagogiques possibles ;
- d'utiliser une ou plusieurs problématiques techniques pour guider l'étude répondant à un cahier des charges précisé et explicite. L'expérience montre que sans problématique technique, il est difficile d'éviter le piège de la validation de l'existant ;
- de rechercher une pertinence et une authenticité des problèmes posés ;
- de mettre en œuvre de manière lisible les méthodes de résolution de problème et les outils associés. Il est utile de rappeler que les outils numériques ne doivent pas être utilisés comme des « boîtes noires ». La maîtrise des modèles scientifiques utilisés avec ces outils est exigée. Pour le cas des codes « Éléments Finis », il convient de maîtriser les formulations, les algorithmes de résolution, la mise en données ;
- de ne pas se limiter à des photos annotées et légendées ou à une description textuelle pour expliquer le fonctionnement du système. L'utilisation de schémas, voire d'animations, est vivement encouragée ;
- de justifier les modèles d'étude et leur domaine de validité, les hypothèses formulées, les solutions technologiques retenues et les méthodologies utilisées ; le développement des calculs associés au cours de l'exposé doit être réduit aux étapes essentielles (l'utilisation d'outils de simulation numérique est appréciée lorsqu'elle est pertinente) ;
- de s'appuyer sur une maquette numérique fonctionnelle, permettant l'utilisation d'outils de simulation de comportement ou de simulation de procédé/processus pour la partie étudiée ;
- de placer l'étude d'une manière adaptée dans le cadre général d'une méthode moderne de développement de produit (ingénierie collaborative, simulation numérique, optimisation produit-matériau-procédé, spécifications ISO, utilisation d'une chaîne numérique intégrée, pré-industrialisation, industrialisation, réalisation...) sans voir dans chaque point un passage obligé ;
- de proposer un dessin d'ensemble et la définition ISO d'un composant respectant la normalisation ;
- de conserver un regard critique par rapport au travail réalisé en lien avec l'entreprise.

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

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

### **L'aspect pédagogique**

Dans sa partie pédagogique, le dossier doit présenter des propositions. Au moins une d'entre elles doit faire l'objet d'un développement conséquent, c'est une séquence complète qu'il s'agit de développer. Outre la situation calendaire et la conformité aux référentiels et programmes, il est impératif de mettre en situation la ou les activités proposées, leurs finalités pédagogiques et d'intégrer cette séquence dans une progression pédagogique formalisée. Le jury regrette, malgré ses précédentes recommandations, que trop peu de dossiers n'aient présenté ces caractéristiques pour la session 2015.

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

Le jury conseille de nouveau aux candidats :

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

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

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

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

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

Le jury conseille donc de nouveau aux candidats de :

- préparer des documents multimédias adaptés à une soutenance d'une durée de quarante minutes maximum ;
- préparer des animations aidant à comprendre le fonctionnement ;
- lors de la présentation, limiter le nombre de diapositives ;

- profiter des temps de préparation, qui ne sont pas des temps d'attente ; en particulier, ouvrir les fichiers annexes (CAO, vidéo) qui peuvent être utiles pour répondre à certaines questions ;
- de prendre un soin particulier à l'orthographe et à la typographie (notamment à l'écriture des unités de mesure) ;
- pour les candidats qui souhaitent présenter à nouveau un dossier élaboré pour une précédente session, de continuer à faire vivre le partenariat engagé, de faire évoluer le dossier et de prendre en compte les remarques du jury lors des entretiens précédents.

#### 4. Histogramme des résultats

