



Concours du second degré

Rapport de jury

Agrégation interne
Section Sciences industrielles de
l'ingénieur
Option sciences industrielles de
l'ingénieur et ingénierie des constructions
Session 2015

Rapport de jury présenté par :
Monsieur Jean-Michel SCHMITT
Inspecteur général de l'éducation nationale
Président de jury

Les rapports des jurys des concours sont établis sous la responsabilité des présidents de jury

MEMBRES DU JURY

Président

SCHMITT Jean-Michel – IGEN

Vice-président

KESSENHEIMER Thierry – IA-IPR – Bordeaux

Secrétaire du jury

BERTHIAUD Olivier – Professeur agrégé – Chef de travaux, Lycée La Martinière Monplaisir – Lyon

Membres du jury

ALLEGRE Laurent – Professeur agrégé – Lycée La Martinière Monplaisir – Lyon

ANFOSSO Fabienne – Directrice de recherche – IFSTTAR – Nantes

BIRGEL André – Professeur agrégé – Lycée Heinrich Nessel – Haguenau

BRAULT Laurent – IA-IPR – Nancy-Metz

DUFOUIL Philippe – Professeur agrégé – Lycée Saint Lambert – Paris

DZIUBANOWSKI Cédric – IA-IPR – Nantes

GABRYSIAK Frédéric – Professeur de chaire supérieure – Lycée Emmanuel Héré – Laxou

KUZNIK Frédéric – Professeur des universités – INSA de Lyon

LEGUENNEC Yvonnick – Professeur agrégé – Lycée La Martinière Monplaisir – Lyon

LONJOU Richard – Professeur agrégé – IUT d'Égletons

MANDOUZE Michel – Professeur agrégé – IUT de Bordeaux

PLÉ Olivier – Professeur des Universités – IUT de Chambéry

RÉSULTATS STATISTIQUES DE LA SESSION 2015

	Inscrits	Nombre de postes	Présents aux deux épreuves d'admissibilité	Admissibles	Admis
Public	153	6	98	14	6
Privé	23	1	11	2	1

Moyenne obtenue aux épreuves écrites par le premier candidat admissible	15,3
Moyenne obtenue aux épreuves écrites par le dernier candidat admissible	9,7
Moyenne obtenue aux épreuves écrites et orales par le premier candidat admis	14,4
Moyenne obtenue aux épreuves écrites et orales par le dernier candidat admis	10,8

Avant-propos

La session 2015 du concours de l'agrégation interne de sciences industrielles de l'ingénieur option sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie des constructions a été organisée dans la continuité de la session 2014 en confirmant les attentes du jury conformes aux évolutions pédagogiques en cours.

Le concours doit donc valider le niveau de maîtrise des compétences nécessaires 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 des constructions 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 constructions et ouvrages récents et innovants doivent illustrer en permanence nos enseignements. Les outils modernes utilisés pour conduire les projets industriels doivent être intégrés dans les enseignements.

Les deux épreuves d'admissibilité sont définies ainsi :

- **1^{ère} épreuve : 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^{ème} épreuve : exploitation pédagogique d'un dossier technique**

À 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 de la session 2014 et 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-desujets-et-notes-de-commentaires-concours-du-second-degre.html>).

Les deux épreuves d'admission sont définies ainsi :

La description des épreuves d'admission prévoit qu'« au cours de l'entretien qui suit l'exposé du candidat, la perspective d'analyse de situation professionnelle définie par l'épreuve est élargie à la capacité du candidat à prendre en compte les acquis et les besoins des élèves, à se représenter la diversité des conditions d'exercice de son métier futur, à en connaître de façon réfléchie le contexte dans ses différentes dimensions (classe, équipe éducative, établissement, institution scolaire, société) et les valeurs qui le portent, dont celles de la République ». Madame la ministre de l'Éducation nationale a demandé à tous les présidents des concours de recrutement « de veiller à ce que dans ce cadre, les thématiques de la laïcité et de la citoyenneté trouvent toute leur place » afin « que l'École soit en mesure, par la formation et le recrutement de nos futurs enseignants, de valider la mission première que lui fixe la Nation, à savoir de transmettre et de faire partager aux élèves les valeurs et principes de la République ainsi que l'ensemble des dispositions de la Charte de la laïcité, portant notamment égard à la dignité de tous les êtres humains et liberté de conscience de chacun ».

• **1^{ère} épreuve : activité pratique et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique**

Pour l'option sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie des constructions., le candidat détermine, au moment de l'inscription, un domaine d'activité parmi les deux proposés ci-après : "constructions" ou "énergétique".

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 oeuvre des matériels ou équipements, associés si besoin à des systèmes informatiques de pilotage, de traitement, de simulation, de représentation ;*
- *conduire une expérimentation, une analyse de fonctionnement d'une solution, d'un procédé, d'un processus afin d'analyser et vérifier les performances d'un système technique ;*
- *exploiter les résultats obtenus et formuler des conclusions ;*
- *concevoir et organiser une séquence de formation pour un objectif pédagogique imposé à un niveau de classe donné et présenter de manière détaillée un ou plusieurs points-clefs des séances de formation constitutives. 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.

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^{ème} épreuve : dossier technique et pédagogique**

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.

Les éléments constitutifs du dossier sont précisés par note publiée sur le site internet du ministère chargé de l'éducation nationale.

Durée 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 prédomine dans la deuxième partie. La difficulté des candidats à appréhender cette dernière montre l'importance d'une préparation réelle à ce type d'épreuve. L'ingénierie pédagogique est désormais au cœur de la réflexion et de l'action des enseignants. Elle induit une formalisation incontournable pour communiquer l'intention pédagogique de l'enseignant.

La deuxième épreuve, très exigeante, se prépare bien avant la date des épreuves d'admission. 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 des constructions, ainsi qu'à leurs formateurs.

Jean-Michel SCHMITT
Président du jury

Éléments de correction de l'épreuve de sciences industrielles de l'ingénieur

Coefficient 2 – Durée 4 heures

Le sujet est disponible en téléchargement sur le site du ministère

L'AR VAG TREDAN : NAVIRE ELECTRIQUE « ZERO EMISSION »



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 (chargé) de 10 nœuds. Ils permettent à la fois de propulser le navire et d'assurer la direction puisqu'ils peuvent tourner à 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**. Une performance offerte par la rapidité de recharge des supercondensateurs qui surpasse de loin celle des batteries traditionnelles.

En exploitation, l'Ar Vag Tredan effectue chaque jour 28 aller-retour, 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 l'une des d'autres afin de ne pas pénaliser les candidats.

La première partie permettait une mise en situation et 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 s'appuyait 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.

Une étude simplifiée et succincte de la pompe à chaleur, qui permet d'assurer le confort thermique lors des traversées est étudié en partie 4.

La partie 5 portait sur le paramétrage de la loi de commande du convertisseur d'énergie afin de respecter du 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 : Etablir les expressions littérales des grandeurs V_F , Δt , 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 : $13.65 * 1.2 = 16.38 \text{ kW.h}$

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 l (52 dm³) d'où le nombre total de modules N_T par bord :

$$N_T = \frac{3.36}{0.052} = 64.6$$

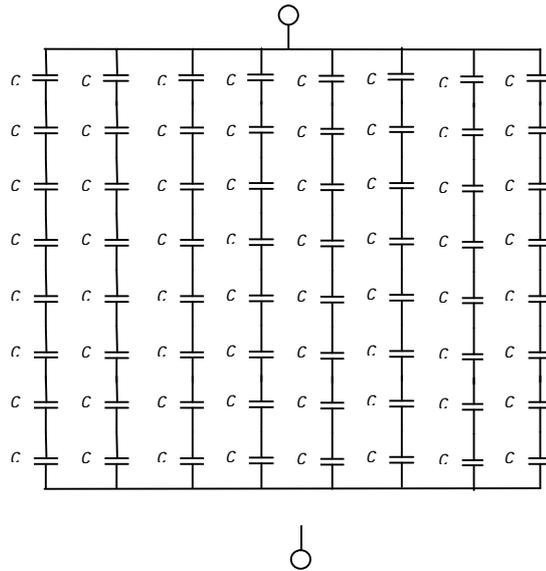
○

n 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 super condensateur équivalent 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 $c(v)$.

$$c_1 = 230,8 F$$

$$a_1 = 277 mF.V^{-1}$$

$$c(v) = 0.277.v + 230.8$$

Question 7 : Montrer que lors d'une charge, l'énergie stockée par la capacité du super condensateur 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 : Evaluer 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 :

$$W_C = \frac{1}{2} \cdot 230 \cdot 8 \cdot (520^2 - 250^2) + \frac{1}{3} \cdot 0.277 \cdot (520^3 - 250^3)$$

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

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 : $W_C = 2 * 64 * 220 = 28,16 \text{ kW.h}$

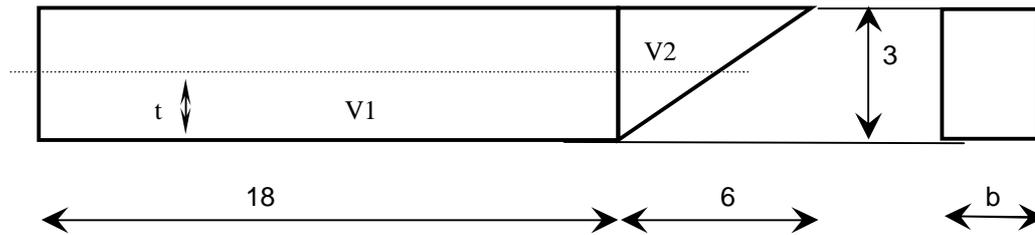
En ne tenant pas compte de la variation de la capacité des supercondensateurs, on commet une erreur non négligeable sur l'estimation de l'énergie stockée pendant la charge.

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: Flottabilité du navire dans les conditions prévues par le « règlement de classification des navires » du bureau Veritas

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 $V = 18 \cdot b \cdot t + b \cdot t^2$.



$$V = V_1 + V_2 = 18.b.t. + 2t.b.t / 2 = 18.b.t + b.t^2$$

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 : $F = V.p.g$ $V = F / \rho.g$ $F = m.g / 2$ pour un flotteur

$$V = m.g / (\rho.g.2) = m / (\rho.2) = 80\,000 / 2.1025 = 39\, m^3$$

$$D'où l'expression : 2t^2 + 36t - 39 = 0$$

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

$$\sqrt{\Delta} = 40.1$$

$$t_1 = (-36 + 40.1) / (2 \cdot 2) = 1.02\, m$$

$$t_2 < 0$$

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

$$F_1 = 10^4 \cdot 9.81 = 98\,100\, N \text{ Charge exceptionnelle due à une voie d'eau}$$

$$F_2 = 150 \cdot 100 \cdot 9.81 = 147\,150\, N \text{ Charges dues aux passagers et aux charges transportées}$$

$$F_3 = 8 \cdot 10^6 \cdot 9.81 = 784\,800\, N \text{ Charge due à la masse du navire}$$

$d = 1.25\, m$ position du centre de gravité de la charge due aux passagers et aux charges transportées concentrées sur une moitié de la cabine $4.5/2 = 2.25\, m$ et à $2.25 - 1 = 1.25\, m$ 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 :

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

$$F_{v2} = (784\,800 \times 3.5 + 147\,150 \times 1.25) / 7 = 418\,677\, N$$

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

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

$$V = F / \rho.g = 611\,373 / (9.81 \cdot 1025) = 60.80\, m^3$$

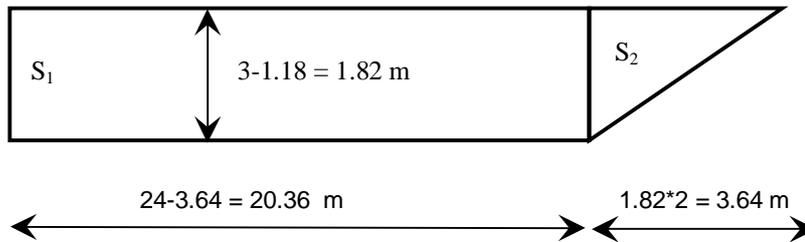
d'où l'équation $2t^2 + 36.t - 60.80 = 0$ à résoudre
 $\Delta = 36^2 + 4.2.60.80 = 1782$
 $\sqrt{\Delta} = 42.21$
 $t_1 = (-36 + 42.21) / 2.2 = 1.55 \text{ m}$
 $t_2 < 0$

Flotteur 2
 $V = F / \rho.g = 418\,677 / (9.81 \cdot 1025) = 41.64 \text{ m}^3$
d'où l'équation $2t^2 + 36.t - 41.64 = 0$ à résoudre
 $\Delta = 36^2 + 4.2.41.64 = 1629$
 $\sqrt{\Delta} = 40.36$
 $t_1 = (-36 + 40.36) / 2.2 = 1.09 \text{ m}$
 $t_2 < 0$

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 :

$$F_V = \sum (P_i \cdot S_i) = 750 \times 37.05 + 750 \times 3.31 + 750 \times 45.22 + 750 \times 6.72 =$$

$$F_V = 69225 \text{ N}$$

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

$$d = 2.23 \text{ m}$$

Résultante efforts du vent sous forme de tableau

	b m	h m	S m²	d m	F (S,750) N	d.F N.m	D m
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	
			92,31		69230,70	154379,01	2,230

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

	b m	h m	S m²	d m	F (S.750) N	d.F N.m	D m
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	
			92,93		69701,10	155653,45	2,233

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 complétez 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 $2t^2 + 36.t - 63 = 0$ à résoudre

$$\Delta = 36^2 + 4 \cdot 2 \cdot 63 = 1800$$

$$\sqrt{\Delta} = 42.43$$

$$t1 = (-36 + 42.43) / 2.2 = 1.60 \text{ m}$$

$$t2 < 0$$

- Flotteur F2

$$F = F'_{v2} + F_{v2} = -22053 + 418\,677 = 396\,624 \text{ N}$$

$$V = F / \rho \cdot g = 396\,624 / (9.81 \cdot 1025) = 39.44 \text{ m}^3$$

$$\text{d'où l'équation : } 2t^2 + 36t - 39.44 = 0$$

$$\Delta = 36^2 + 4 \cdot 2 \cdot 39.44 = 1611.6$$

$$\sqrt{\Delta} = 40.14$$

$$t_1 = (-36 + 40.14) / 2 \cdot 2 = 1.03 \text{ m}$$

$$t_2 < 0$$

La différence d'immersion des flotteurs est de $1.60 - 1.03 = 0.57 \text{ m}$

L'inclinaison total est donc de $\text{arc tan}(0.57/7) = 4.66^\circ < 5^\circ$

L'inclinaison supplémentaire due au vent est de $4.66 - 3.76 = 0.9^\circ$

Partie n°3 : Dimensionnement d'éléments de structure

Question 19 : Montrer que la charge répartie sur une traverse (ou barrot), peut être assimilée à une charge linéique de 5790 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 calculé à la **Question 16** est de $70\,000 \text{ N}$, déterminer l'effort de compression dans un des barrots.

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

$$N = 70\,000 / 16 = 4375 \text{ N}$$

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 : Calculez la contrainte normale maximale dans la section la plus sollicitée d'un barrot

$$\sigma_{\text{compression}} = N/S = 4375 \cdot 10^{-6} / 0,00625 = 0.7 \text{ MPa valeur négligeable}$$

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

$$M_{f_{\text{max}}} = Pl^2/12 = 5790 \cdot 5^2/12 = 12063 \text{ N.m}$$

$$\sigma_{\text{max}} = M_{f_{\text{max}}} / (I_{Gx} / v_1) = 66.3 \text{ MPa}$$

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

Concluez : $\sigma_{\max \text{ Flexion}} + \sigma_{\text{compression}} : 66.3 - 0.7 = 65.6 \text{ MPa}$

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^{er} mars 1996 qui précise qu'en un point i :

$$\sigma_{\max} = (\sigma_i^2 + 3.T_i^2)^{1/2}$$

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

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 élément de confort : la climatisation et plus spécifiquement la pompe à chaleur

Question 26 : A partir du cycle frigorigène (document technique **DT8**), voir DR6

Question 27 : Calculer le Coefficient de Performance théorique (COP_{Th})

$$COP_{th} = (h4 - h6)/(h4 - h3) = (475 - 245)/(475 - 420) = 4.18$$

Question 28 : Calculer le $COP_{\text{réel}}$ (Expérimentalement l'Energie 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 super condensateurs

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 :

$$i_{sc}(t) = 103846 \cdot e^{-\frac{t}{0.075}}$$

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 :

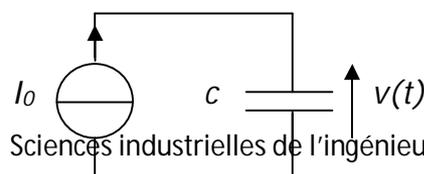
- phase n°1 : Charge à courant constant (**I**) de l'ensemble des supercondensateurs ;
- phase n°2 : Charge à puissance constante (**P**) de l'ensemble des supercondensateurs ;
- phase n°3 : Charge à tension constante (**V**) de l'ensemble des supercondensateurs.

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 super condensateur 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 $v(t)$:

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

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

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

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

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

$$v(t) = 334.8 \text{ V}$$

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

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

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

$$p(t_1) = 334.8 \cdot 530$$

$$p(t_1) = 177.5 \text{ kW}$$

Energie stockée pendant cette phase :

$$W_1 = \int_0^{t_1} p(t) \cdot dt$$

$$W_1 = \int_0^{t_1} v(t) \cdot i(t) \cdot dt$$

$$W_1 = \int_0^{t_1} \left(\frac{I_0}{c} \cdot t + V_0 \right) \cdot I_0 \cdot dt$$

$$W_1 = \frac{I_0^2}{c} \cdot t_1^2 + V_0 \cdot I_0 \cdot t_1$$

Numériquement :

$$W_1 = \frac{530^2}{375} \cdot 60^2 + 250 \cdot 530 \cdot 60$$

$$W_1 = 2.96 \text{ kW.h}$$

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 $9 \text{ kW.h} - 2.96 \text{ kW.h}$ soit

$W_p = 6.04 \text{ kW.h}$. La durée de charge (Δt_p) à puissance constante est :

$$\Delta t_p = \frac{W_p}{p(t_1)} = \frac{6.04 \cdot 1000 \cdot 3600}{177500}$$

$$\Delta t_p = 122.5s$$

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 super condensateurs 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

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

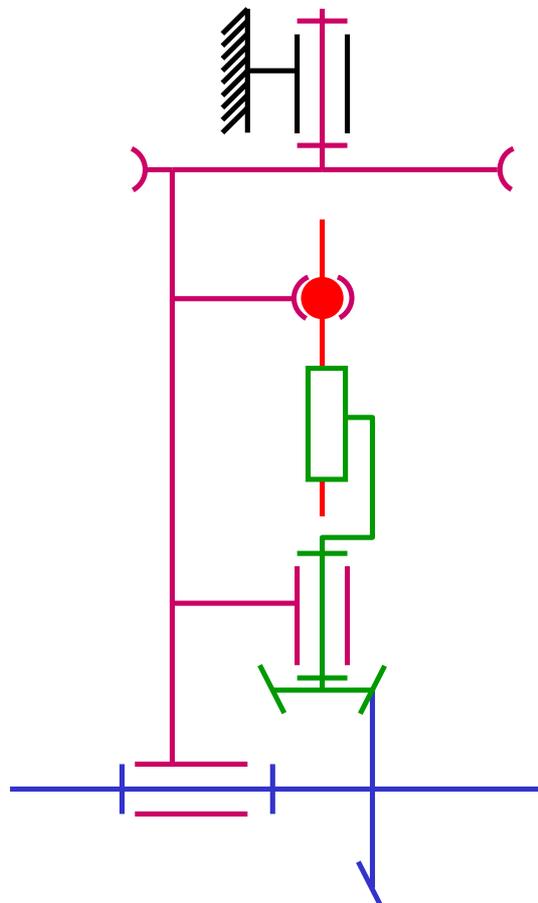
Question 37 : Représenter sur le document-réponse **DR3** les allures du courant $i_{sc}(t)$, de la tension $v(t)$ et de la puissance $p(t)$ lors de la charge du super condensateur équivalent. Proposer pour la phase n°2 des allures probables d'évolution du courant $i_{sc}(t)$ et de la tension $v(t)$.

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 :

$N_{eq} = 4 \times 6 = 24$ équations

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

$m = 2$ mobilité utile (0 interne)

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 à une puissance bien supérieure à volume égale. Par ailleurs, malgré la réduction assurée par le 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

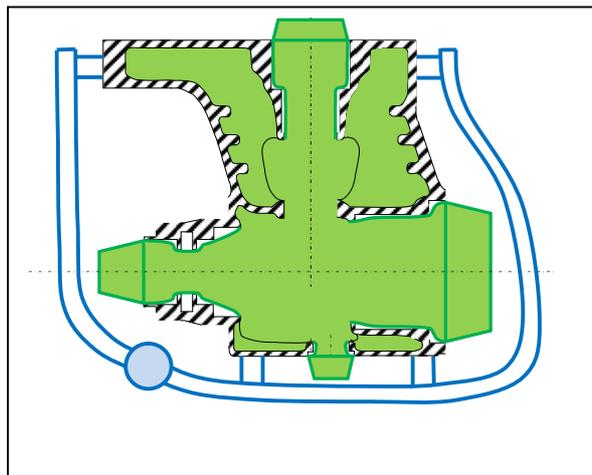
Question 42 : Expliquer comment le système clean ship peut permettre d'éviter l'intrusion d'eau dans le propulseur et la pollution de l'eau de mer par de l'huile.

Ce sont les joints à lèvres qui permettent éviter que l'huile et l'eau de mer se mélange. 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 moulage relativement léger : un aluminium moulage 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 frétée 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 caractérise. Les centres de poussée de ces deux roulements sont coïncidant, 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 du à l'angle de pression des dentures. La composante selon Y a été négligée, ce qu'il 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 :

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

$$Y_A + Y_C = 0$$

$$Z_A + Z_C + F_B = 0$$

$$Y_C = -Y_A$$

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

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 :

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

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

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

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

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 supérieure 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 génère 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 extérieurs et intérieurs de la surface de contact.

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

Question 47 :

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

La durée de vie de ce roulement est donc: $L_{A90h} = \frac{10^6}{60 \cdot N} \cdot \left(\frac{C}{F_{rA}} \right)^{\frac{10}{3}} = 42 \cdot 10^6 \text{ heures}$

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

Donc $L_{90h} = \frac{10^6}{60 \cdot N} \cdot \left(\frac{C}{F_{rC}} \right)^{\frac{10}{3}} = 17 \cdot 10^6 \text{ heures}$

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

Donc $P_{A2} = X \cdot F_{rC} + Y \cdot F_{a2C}$ et $L_{90h} = \frac{10^6}{60 \cdot N} \cdot \left(\frac{C}{P_{A2}} \right)^{\frac{10}{3}} = 14600 \text{ heures}$ (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 :

$$J_{\dot{e}q} = J_{mot} + J_V + R^2 \cdot J_H$$

PDF en moment sur l'axe moteur:

$$C_{mot} - C_R = J_{\dot{e}q} \cdot \frac{d\omega_{mot}}{dt}$$

$$C_{mot} - \mu \cdot R \cdot \omega_{mot} = J_{\dot{e}q} \cdot \frac{d\omega_{mot}}{dt}$$

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

l'équation peut-être approché 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 :

$$V_F = V_L + V_C$$

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

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

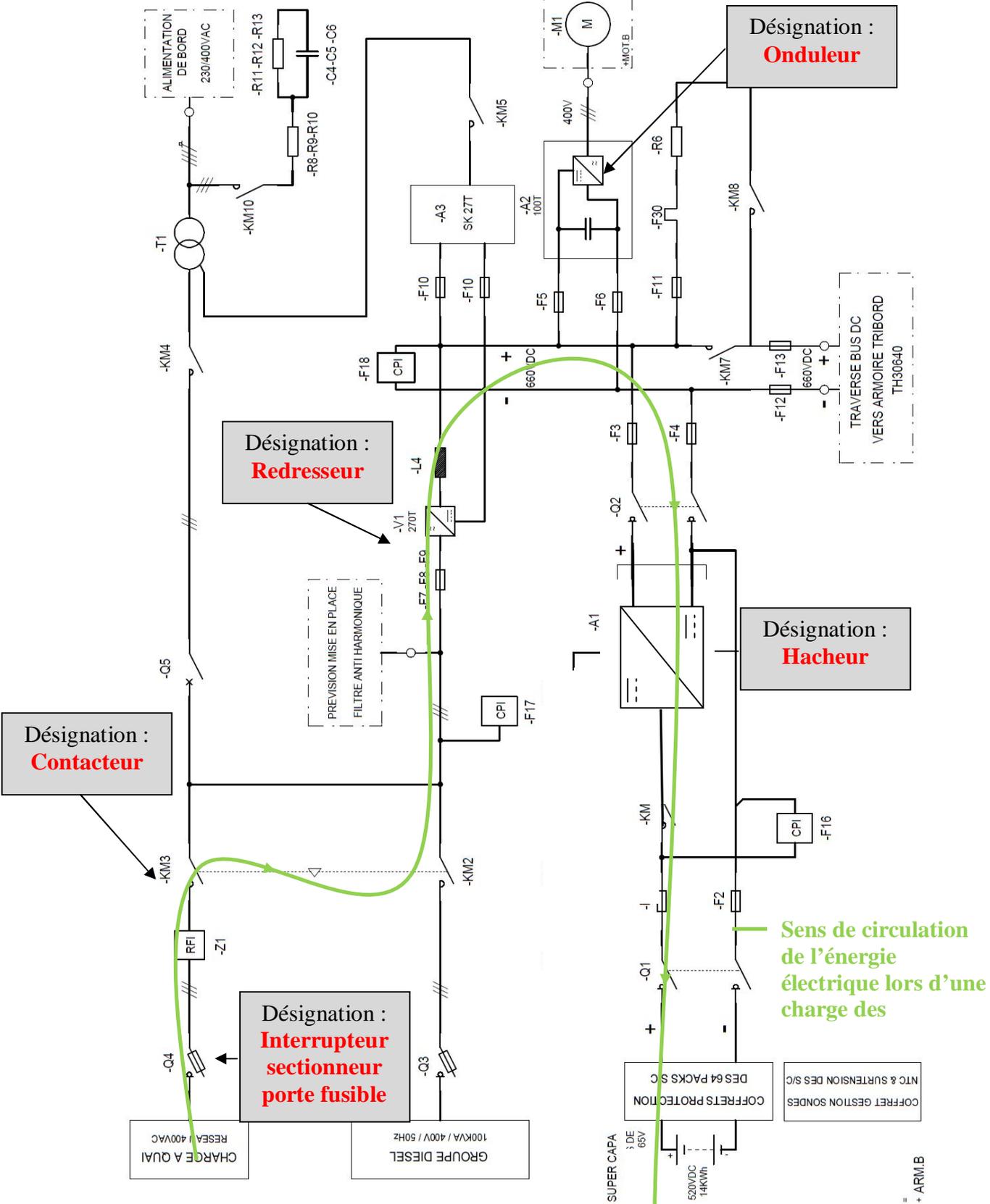
$$W_T = \sum_{i=1}^n W_i$$

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 _L : Vitesses Loch (nœuds)		8,00	5,00		5,00	8,00		
V _C : Vitesses courant (nœuds)		2,00	0,00		0,00	-2,00		
V _F : 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 _S : 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 _T : Total énergie par aller-retour (kW.h)		13.65						

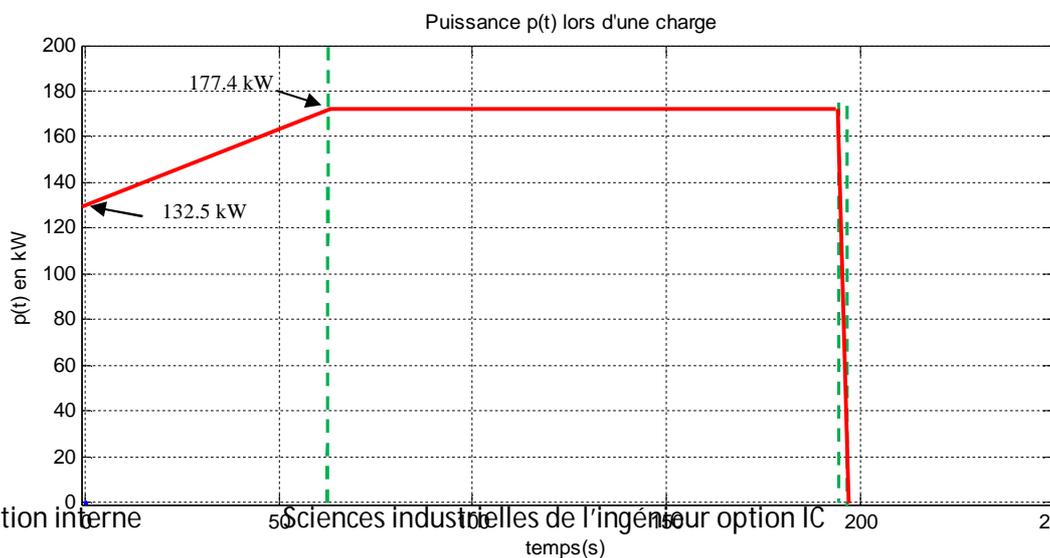
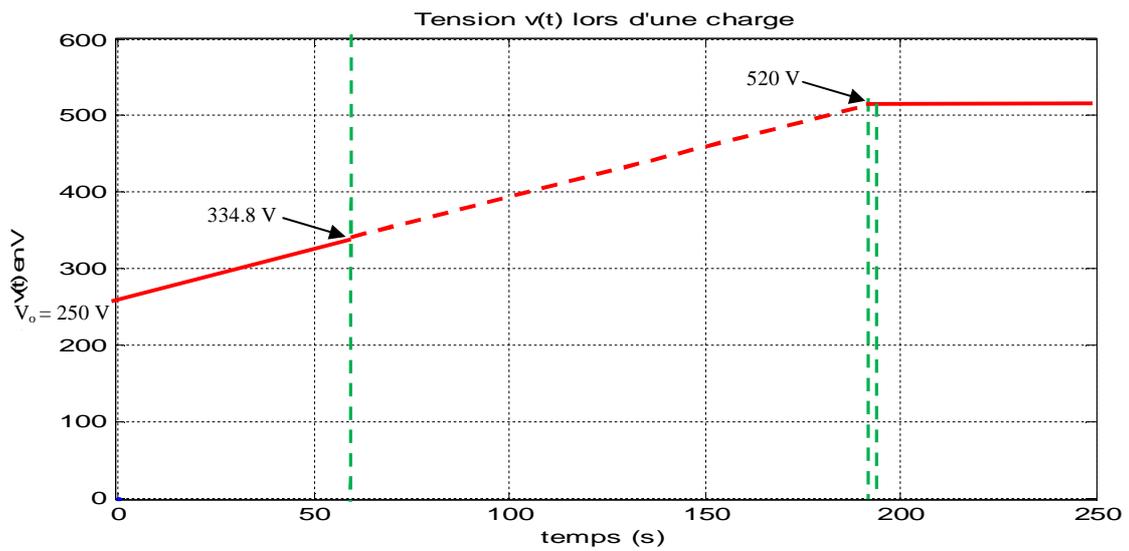
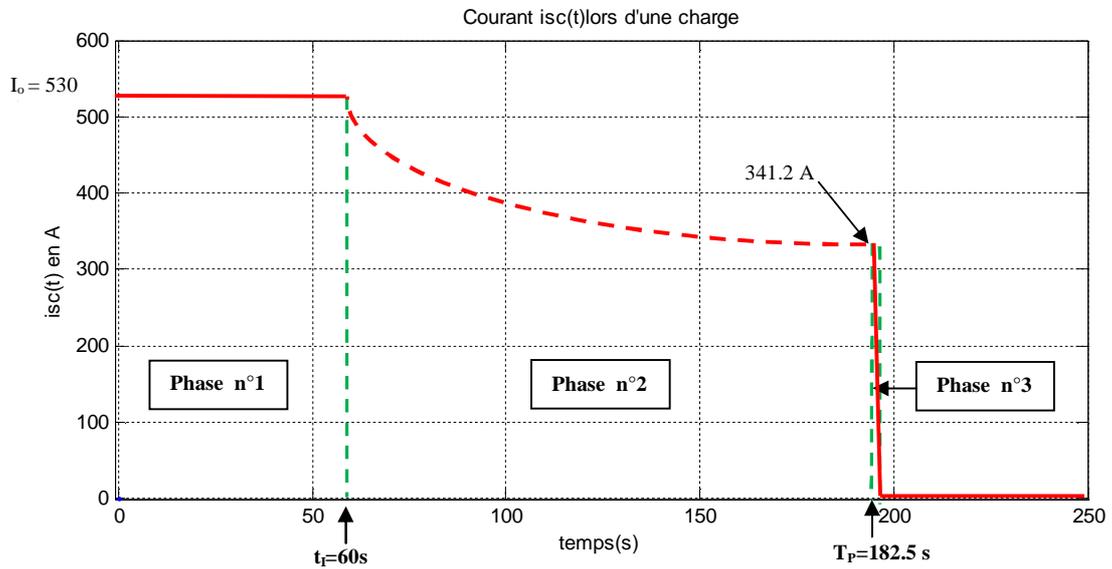
Document-réponse n°2 (DR2)

Réponses à la question 30 :



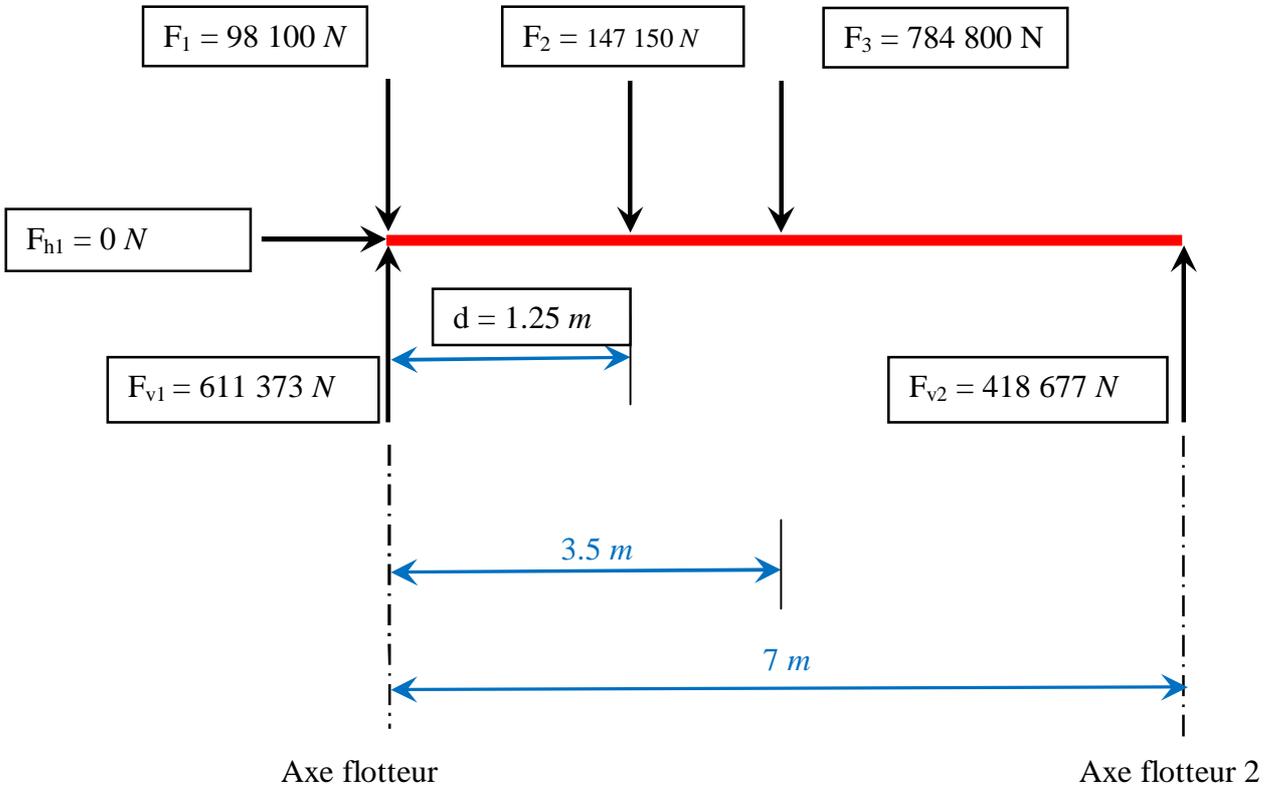
Document-réponse n°3 (DR3)

Réponses à la question 37 :

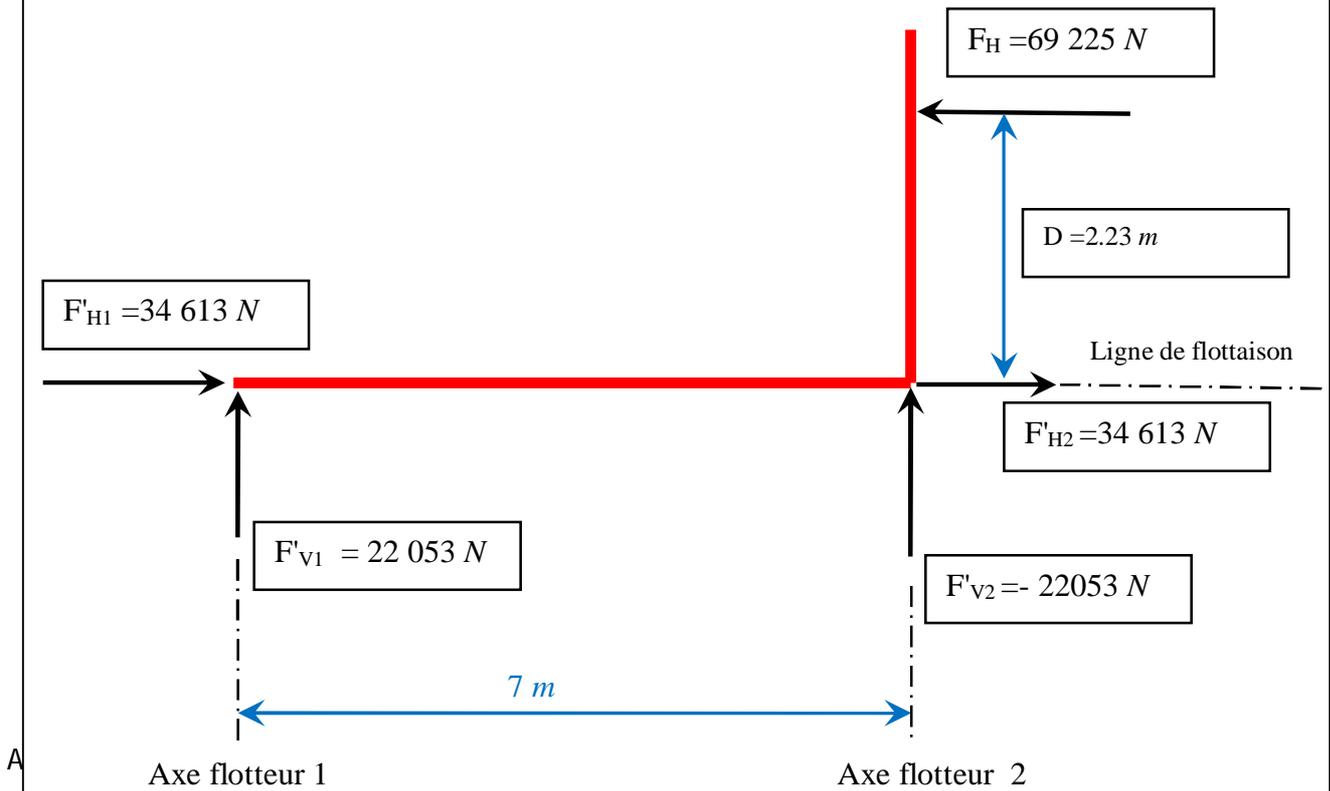


Document-réponse n°4 (DR4)

Réponses à la question 13 :



Réponses à la question 17 :



Document-réponse n°5 (DR5)

Réponses à la question 22 :

Semelle S_1

$h_{s1} = 5 \text{ mm}$

$b_{s1} = \rho \cdot b = 0.6 \times 1500 = 900 \text{ mm}$

Ame A_1

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

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

Semelle S_2

$h_2 = 10 \text{ mm}$

$b_2 = 100 \text{ mm}$

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

Rapport du jury de l'épreuve commune de sciences industrielles de l'ingénieur

Partie 1 : Architecture Navale et Autonomie Energétique

Eléments statistiques sur l'ensemble des copies

Pourcentage de candidats qui ont abordé cette partie	52%
Pourcentage de candidats qui ont traité cette partie avec les réponses justes	22%
Pourcentage de candidats qui ont traité cette partie partiellement	22%
Pourcentage de candidats qui ont traité partiellement cette partie avec les réponses fausses	8%
Pourcentage de candidats qui n'ont pas traité cette partie	48%

Commentaires : les questions de 1 à 4 permettaient de situer la problématique et de valider l'autonomie énergétique du navire, elles ont été en général bien traitées.

Il s'agissait de déterminer le nombre de condensateurs maximum pouvant être mis en œuvre en fonction du volume disponible dans chaque flotteur, et de les associer en 8 branches en parallèle de 8 condensateurs en série de façon à répondre à la tension nécessaire de 520 V nécessaire.

La question 6 devait permettre de retrouver l'équation $c(v)$ qui caractérise le comportement du condensateur équivalent en fonction de la tension, par lecture de la courbe sur le document DT1,

Peu de candidats, ont traité les questions 7-8-9, qui faisaient appel à des connaissances du domaine de l'électricité telles que l'expression de la puissance en fonction du temps, le lien entre la puissance, la tension et l'intensité.

Partie 2 : Etude la flottabilité du navire

Eléments statistiques sur l'ensemble des copies

Pourcentage de candidats qui ont abordé cette partie	71%
Pourcentage de candidats qui ont traité cette partie avec les réponses justes	36%
Pourcentage de candidats qui ont traité cette partie partiellement	22%
Pourcentage de candidats qui ont traité partiellement cette partie avec les réponses fausses	13%
Pourcentage de candidats qui n'ont pas traité cette partie	29%

Commentaires : Cette partie a été traitée par le plus grand nombre. Elle nécessitait de mobiliser les connaissances de base de la mécanique (Principe d'Archimède, relation pression-surface-force, calculs de résultantes, application du P.F.S., etc.).

En utilisant le principe de superposition, il était demandé de vérifier le comportement transversal du navire dans plusieurs situations, en calculant son inclinaison et en vérifiant si cette inclinaison respectait les limites autorisées.

Les candidats qui ont fait preuve de méthode et de structuration dans leurs analyse, ont pu traiter l'ensemble de cette partie et ont, en général, obtenus de bons résultats. On peut, cependant, regretter qu'un grand nombre de candidats ne maîtrisent pas le Principe Fondamental de la Statique, et ne soient pas en mesure de calculer des réactions aux appuis sur des structures isostatiques. La méthode de résolution, n'ayant pas été imposée, un simple calcul de moments à l'un des appuis permettait de répondre rapidement à la problématique.

Le fait qu'aucune réglementation (Eurocode, ...) spécifique aux ouvrages du domaine du bâtiment ou des travaux publics ne soit applicable dans cette étude, n'a pas été préjudiciable au bon traitement de cette partie. Les candidats qui ont su analyser précisément la problématique, rechercher les données techniques dans le sujet, ont pu traiter l'ensemble de cette partie.

Partie 3 : Dimensionnement d'éléments de structure

Eléments statistiques sur l'ensemble des copies

Pourcentage de candidats qui ont abordé cette partie	54%
Pourcentage de candidats qui ont traité cette partie avec les réponses justes	27%
Pourcentage de candidats qui ont traité cette partie partiellement	13%
Pourcentage de candidats qui ont traité partiellement cette partie avec les réponses fausses	14%
Pourcentage de candidats qui n'ont pas traité cette partie	46%

Commentaires : Cette partie, permettait de valider les caractéristiques dimensionnelles d'un élément de structure (un barrot) à travers un calcul de descentes de charges, de caractéristiques géométriques de sections droites et de vérification de contraintes. Cette partie a été traitée par de nombreux candidats mais avec peu de réussite.

La sollicitation (flexion composée) a été rarement identifiée et peu de candidats ont déterminé les caractéristiques géométriques de la section droite, ce qui n'a pas permis d'effectuer le calcul des contraintes.

Le calcul des contraintes normales montrait que la structure ne répondait pas au cahier des charges en terme de résistance mécanique, les candidats qui ont pu aller au bout de cette partie ont proposé des solutions d'amélioration pertinentes (augmenter l'inertie, rajouter des barrots, ...)

Partie 4 : Analyse d'un élément de confort

Eléments statistiques sur l'ensemble des copies

Pourcentage de candidats qui ont abordé cette partie	60%
Pourcentage de candidats qui ont traité cette partie avec les réponses justes	34%
Pourcentage de candidats qui ont traité cette partie partiellement	17%
Pourcentage de candidats qui ont traité partiellement cette partie avec les réponses fausses	9%

Pourcentage de candidats qui n'ont pas traité cette partie

40%

Commentaires : Dans cette partie, on demandait d'analyser le diagramme enthalpique du fluide frigorigène de la pompe à chaleur installée à bord du navire, puis d'effectuer une comparaison entre le COP Théorique et le COP réel déterminé à partir d'un relevé de puissance au condensateur.

Cette partie a été globalement bien traitée. Les conclusions quant à la différence des deux coefficients de performance s'arrêtaient à la non prise en compte du rendement du compresseur et aux pertes de charges dans l'installation.

La comparaison des deux valeurs, sachant que pour le calcul du COP_{Th} on s'appuie sur le comportement du fluide frigorigène et dans le calcul du $COP_{réel}$ on utilise des données liées à l'installation et aux composants de l'installation, nécessite des précisions. S'appuyer sur ces deux valeurs, pour donner des ordres de grandeurs est possible, mais impose des précisions quant aux limites de leur exploitation. Elles permettent, toutefois, une première approche du fonctionnement d'une P.A.C.

Partie 5 : Paramétrage de la loi de commande du convertisseur d'énergie

Eléments statistiques sur l'ensemble des copies

Pourcentage de candidats qui ont abordé cette partie	10%
Pourcentage de candidats qui ont traité cette partie avec les réponses justes	1%
Pourcentage de candidats qui ont traité cette partie partiellement	7%
Pourcentage de candidats qui ont traité partiellement cette partie avec les réponses fausses	2%
Pourcentage de candidats qui n'ont pas traité cette partie	90%

Commentaires : la première question (DR2) de cette partie consistait à étudier un schéma électrique, de donner le parcours de l'énergie électrique et d'identifier certains composants du circuit. Seuls quelques candidats ont répondu à cette partie

La seconde partie devait permettre de déterminer le comportement des condensateurs dans différentes phases de leur cycle de chargement et de valider si la durée d'embarquement précisée dans le C.C.T.P. était compatible avec le temps nécessaire au rechargement complet des condensateurs du navire.

Quasi aucun candidat n'a pu traiter cette partie qui mobilisait des connaissances du domaine du génie électrique, et nécessitait une bonne connaissance des lois de comportement des composants dans différentes situations (courant constant, puissance constante ou tension constante).

Partie 6 : Etude des propulseurs azimutaux

Eléments statistiques sur l'ensemble des copies

Pourcentage de candidats qui ont traité cette partie	12%
Pourcentage de candidats qui ont traité cette partie avec les réponses justes	2%
Pourcentage de candidats qui ont traité cette partie partiellement	7%
Pourcentage de candidats qui ont traité cette partie avec des réponses fausses	3%
Pourcentage de candidats qui n'ont pas traité cette partie	88%

Commentaires : Dans cette partie, il était demandé d'analyser les propulseurs azimutaux du navire.

Dans un premier temps il fallait proposer un schéma mécanique minimal en modélisant les principaux guidages des arbres après analyse des DT9 et DT10 puis de justifier le degré d'hyperstaticité du mécanisme.

Les rares candidats qui ont traité cette partie, ont obtenus de bons résultats. Comme n'y avait pas de solution unique, les candidats qui ont proposé un schéma mécanique cohérent ont pu avoir un maximum de points.

Les questions 40 à 44 faisaient appel à des compétences de technologie de construction mécanique et seul quelques rares candidats ont pu donner des éléments de réponse.

Les questions 45 à 49 devaient permettre de justifier le choix des roulements à rouleaux coniques au regard des efforts à transmettre, la vitesse de rotation et leur durée de vie. La dernière question portait sur le comportement dynamique de l'arbre d'hélice, aucun candidat n'a abordé la question.

Conseils généraux du jury

Le jury a particulièrement apprécié les copies des candidats qui ont su mettre en avant, à travers leurs qualités rédactionnelles, un raisonnement cohérent et une formulation claire des réponses et des conclusions.

Le jury regrette que de trop nombreuses copies n'aient pas été rédigées avec le soin et l'attention nécessaire et qui pour certaines s'apparentent à des brouillons. Ce type de copies, mal présentées, ne permettent pas au jury d'appréhender les capacités du candidat à rédiger, à formuler clairement ses conclusions ou d'interpréter ses résultats. La correction et l'évaluation de ce type de copies deviennent, au final, préjudiciable au candidat.

Le jury regrette profondément que des notions élémentaires de statique plane ne soient pas maîtrisées par tous les candidats qui se présentent à une épreuve d'agrégation de l'Ingénierie des Constructions.

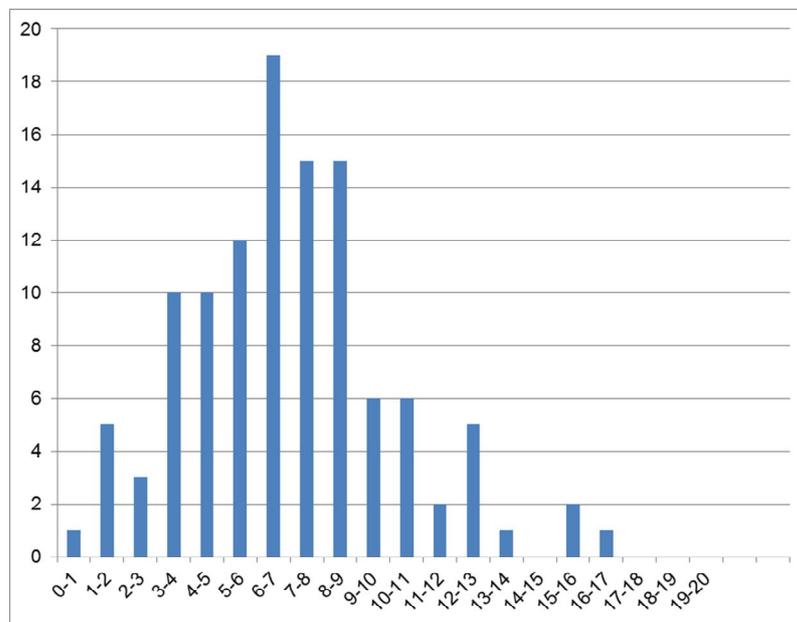
A l'issue des corrections des copies et au vu des résultats, le jury propose plus globalement aux futurs candidats :

- de s'attacher à rédiger avec soin et d'utiliser un vocabulaire technique adapté aux circonstances de l'étude ;
- de porter une attention toute particulière aux unités et aux grandeurs physique proposées dans le sujet et de ne pas utiliser d'unités autres que celles du système international ;
- de prendre un temps pour bien lire et d'analyser les attendus des questionnements, afin d'identifier clairement le type de réponses à apporter afin de ne pas perdre de temps ;
- la graduation de la complexité de chacune des parties doit permettre à tous les candidats de composer dans les différentes parties, pour ce faire et au-delà de la partie purement étude des ouvrages, et même si ces domaines ne relèvent pas du domaine de compétences directes du candidat, le jury propose dans le cadre de la préparation à cette épreuve de mieux maîtriser :
 - les notions de base de l'électricité ;
 - les notions de base de la mécanique ;
 - les notions de base de la construction mécanique ;
 - les notions de base de la conception des ouvrages ;
 - les notions de base de l'énergétique.
- de travailler les aspects élémentaires de la statique et de la résistance des matériaux, domaines dans lesquels un futur professeur agrégé des Sciences Industrielles de l'Ingénieur dans le domaine de l'Ingénierie des constructions se doit d'être performant.

Résultats

113 copies ont été évaluées. La moyenne des notes obtenues est de 7/20 et l'écart-type 3,1 avec :

- 16,5 comme meilleure note ;
- 0,5 comme note la plus basse.



Épreuve d'exploitation pédagogique d'un dossier technique

Coefficient 1 – Durée 6 heures

Le sujet est disponible en téléchargement sur le site du ministère

Le projet support de l'épreuve est la création d'une nouvelle voie de communication (env. 2 km) entre les communes de Nieppe et d'Armentières afin de délester la RD933 d'un important trafic. Les informations fournies aux candidats, bien que partielles étant donné l'ampleur du projet, comprenaient notamment :

- les variantes envisagées pour le tracé (profil en plan et en long, profil en travers ...)
- les dispositions vis-à-vis des circulations douces ;
- les créations et les aménagements de carrefours ;
- les ouvrages d'assainissement et les dispositifs de collecte des eaux ;
- les informations sur l'ouvrage de franchissement de la Lys (pont Bow-String).

Le questionnement organisé en deux parties portait sur l'élaboration :

- d'une revue de potentialités pédagogiques établie à partir du dossier support, s'adressant à des élèves de Baccalauréat STI2D option Architecture et Construction ;
- d'une séquence pédagogique à destination d'étudiants en BTS spécialité Travaux Publics, portant sur un thème au choix :
 - S8 : Approche scientifique et technique des ouvrages ;
 - S9 : Technologie des ouvrages ;
 - S13 : Essais, mesures et contrôles.

A cette partie étaient adjoints deux travaux connexes concernant pour l'un l'évaluation de la séquence pédagogique et pour l'autre une proposition d'activité d'accompagnement personnalisé.

La revue de potentialités pédagogiques

Cette partie a été correctement traitée par seulement un quart des candidats. Le jury attend autre chose qu'une simple recopie des compétences ou des objectifs du référentiel de formation. De plus cette partie n'est pas l'objet de l'élaboration d'une séquence pédagogique.

Aussi il semble bon de rappeler que :

- La revue de potentialités pédagogiques d'un dossier technique correspond à une première approche d'analyse globale, effectuée par un enseignant qui recherche des problématiques réelles capables d'être intégrées dans une seconde approche d'élaboration opérationnelle détaillée des différentes séquences pédagogiques constituant sa progression pédagogique ;
- Cette première étape d'analyse pédagogique du dossier technique consiste à identifier les centres d'intérêt qui pourront être retenus lors de l'élaboration de séquences pédagogiques. Le regroupement en centres d'intérêt permet de construire des schémas de formation avec

une gestion par cycles et une différenciation des apprentissages. La richesse et la diversité des dossiers techniques soumis aux élèves d'un groupe permet de ne pas proposer systématiquement les mêmes activités à tous à l'issue du cycle, tout en leur permettant d'acquérir les mêmes compétences. Cela permet plus de souplesse pour déterminer et individualiser les activités proposées aux élèves et constitue un cadre de structuration des acquis. C'est une des premières tâches que doit réaliser un enseignant en Architecture et Construction confronté au choix d'un dossier de travaux, d'un support technique ...

Les spécificités du projet permettaient de dégager de nombreux points technologiques et scientifiques supports à des apprentissages permettant d'acquérir les connaissances et les compétences définies par le référentiel de formation. Seules quelques activités, judicieusement choisies, devaient être développées en s'appuyant sur le questionnement du sujet. Le jury a valorisé les développements cohérents et les copies claires, bien présentées, rédigées de façon structurées et faisant apparaître les qualités graphiques des candidats.

Un quart des candidats a clairement exposé les démarches pédagogiques qu'ils envisageraient tout en décrivant et en explicitant leurs propositions d'activités de formation regroupées en centres d'intérêt (volumes horaires et supports didactiques cohérents).

Un centre d'intérêt comme « les voies de circulation » par exemple, a été très correctement traité par une dizaine de candidats. Par une approche fonctionnelle, structurelle, comportementale, performantielle ... les candidats, en posant les bonnes problématiques liées aux ouvrages, ont été capable de dégager les paramètres de conception à prendre en compte et les connaissances à apporter aux élèves (exemples : PLU, variantes, trafic, structure de chaussée, gestion des eaux de ruissellement, remblais compressibles, bruits aériens, confort et sécurité ...) et ce afin de répondre aux objectifs de formation et aux compétences attendues en STI2D.

Environ 40% des candidats ont développé des intentions pédagogiques liées à l'ouvrage Bow-String et notamment aux centres d'intérêt : « participation à une étude architecturale » et « vérification de la résistance ».

Le premier centre d'intérêt a été globalement très mal traité, car beaucoup de candidats manquaient visiblement de connaissance sur le sujet.

Le second centre d'intérêt a donné des résultats très dispersés. De nombreux candidats ont cité l'emploi d'une maquette hypothétique instrumentée du pont et/ou de son modèle mécanique (implémenté dans un logiciel de structure) sans explicitement indiquer ce qu'ils souhaiteraient en faire avec les élèves.

En se contentant de recopier les objectifs généraux de formation, sans dégager les paramètres de conception et de réalisation du pont, les candidats ont complètement oublié de faire apparaître les objectifs précis d'apprentissage. De plus, de trop nombreux candidats semblent ne pas connaître ni les principes de mesures, ni les règles élémentaires des similitudes en mécanique des structures ce qui les conduit à des raisonnements erronés et à créer des travaux pratiques improbables et irréalistes.

Pour 60% des candidats la visite du chantier s'impose ! Mais seulement un candidat a été en mesure d'exposer avec clarté et avec originalité ses intentions et sa démarche.

Enfin, 15% des candidats proposent des activités de type « recherche sur internet », mais si celles-ci ne sont pas bornées par des objectifs clairs en rapport avec les intentions pédagogiques, elles n'ont aucun intérêt.

Le jury attend des candidats à l'agrégation interne un recul sur leurs pratiques et une expertise suffisante afin d'éviter les poncifs et l'emploi d'outils didactiques non raisonnés. Il invite les futurs candidats à :

- lire les articles de Anne-Bernard Gély et de Jean-Armand Calgaro parus dans les Sciences de l'Ingénieur : – C4501 – Aspect architectural et environnement d'un ouvrage d'art et – C4496 – Démarche de conception des ouvrages d'art ;
- s'informer sur la didactisation d'ouvrages réels et leur intégration dans un scénario pédagogique.

Élaboration d'une séquence pédagogique

Les exploitations pédagogiques du projet support à cette épreuve s'adressent par nature à des Techniciens Supérieurs Travaux Publics. Le choix des thèmes permettait à l'ensemble des candidats ayant une culture suffisamment élargie à l'ingénierie des constructions de composer.

Le jury attend des candidats, en plus d'une bonne maîtrise des connaissances dans le domaine scientifique traité, de la rigueur scientifique et la capacité à synthétiser et hiérarchiser leurs idées et d'être capable :

- d'élaborer une séquence d'enseignement :
 - énoncer les objectifs visés en conformité avec le référentiel de formation ainsi que les pré-requis nécessaires ;
 - créer des scénarios pédagogiques construits autour d'une problématique engageant les élèves dans une démarche formatrice leur permettant d'acquérir les connaissances et de développer les compétences visées ;
 - organiser spatio-temporellement la classe (ou groupes) durant la séquence et définir les moyens matériels ;
 - choisir et décrire sommairement les autres activités connexes à la séquence ;
 - décrire les modalités envisagées pour la restitution et la synthèse des travaux et pour la structuration des connaissances ;
- d'analyser des documents pour en dégager les apports scientifiques et pédagogiques, les didactiser et les adapter au niveau d'enseignement choisi pour créer des situations d'apprentissages pertinentes ;
- de concevoir et de rédiger une situation d'évaluation ;
- de proposer un accompagnement personnalisé.

Hormis 18% des candidats n'ayant pas traité cette partie, les thématiques développées par les autres candidats se sont réparties de la façon suivante :

- mécanique des structures (S8) : 30% ;
- terrassement / topographie (S9) : 16% ;
- technologie des ouvrages (S9) : 14% ;
- essais et mesures (S13) : 7% ;
- divers : 15%.

25% des candidats (quelle que soit la thématique retenue) ont traité de façon satisfaisante cette partie en intégrant l'ensemble des éléments cités ci-dessus (objectifs et pré-requis définis, hypothèses de travail clairement formulées, progression et volume horaire cohérent, support judicieusement exploité, ...).

Le développement des exploitations a conduit beaucoup trop de candidats à des errements inextricables, tant d'un point de vue pédagogique que scientifique et technologique. Le jury rappelle que les démarches pédagogiques doivent être contextualisées, que la formation BTS (BAC+2) est construite à partir d'activités et de tâches professionnelles et qu'il est nécessaire de connaître les référentiels de formation du domaine de l'ingénierie des constructions et de posséder les connaissances en ingénierie des constructions nécessaires pour se présenter à cette épreuve de l'agrégation.

L'évaluation des savoirs et des compétences était demandée sous une forme opérationnelle (c'est à dire rédigée). Seulement 12 candidats ont convenablement traité cette partie. Le jury a été sensible à la contextualisation, à la cohérence du questionnement proposé eu égard à la séquence proposée, à la pertinence du choix des critères et des indicateurs de performances.

Dans le cadre de l'accompagnement personnalisé, on demandait aux candidats de fournir un exercice rédigé et commenté. Seul 12% des candidats ont traité cette partie et trop peu ont été en mesure de définir convenablement les notions nécessaires à l'emploi du théorème de Castigliano. Par conséquent, le travail en collaboration avec l'enseignant en Mathématiques a été très mal traité. Seulement trois candidats ont particulièrement bien traité cette question.

Le jury regrette qu'environ 25% des copies soient de présentation très médiocre (écriture illisible, ratures, ...), de rédaction problématique (style, grammaire, orthographe, ...) et de qualités graphiques insuffisantes (schémas, croquis, ...). Le jury a donc valorisé les autres copies.

Conseils aux candidats

Le jury insiste sur la nécessité pour le candidat de connaître :

- les programmes des enseignements technologiques au lycée; aussi bien au niveau pré-baccalauréat qu'au niveau post-baccalauréat et en connaissant les principes génériques d'une organisation pédagogique réfléchi ;
- les notions « d'approche », de « centre d'intérêt », de « domaine d'application » telles que définies dans les documents ressources pour faire la classe, disponible sur le site Eduscol ;
- les démarches d'investigation, de résolution de problème technique, de projet, communes à tous les enseignements technologiques.

Il n'y a pas de proposition pédagogique unique pour répondre au questionnement du sujet. Cependant le choix des activités développées lors de la séquence doit être pertinent et propice à mettre en évidence les points suivants :

- le niveau de connaissances et de compétences à atteindre ;
- les objectifs pédagogiques ainsi que les pré-requis nécessaires pour aborder les activités. Le choix des activités doit être argumenté par la mise en perspective des objectifs pédagogiques assignés à la séquence ;
- la place de la séquence dans la progression annuelle ;
- l'organisation et le déroulé de la séquence pédagogique.

Il est important de mettre en relief tous les éléments didactiques permettant au jury de se forger une opinion claire sur les intentions du candidat. Parmi ceux-ci, il conviendra d'apporter des éléments sur :

- les organisations temporelle, spatiale et matérielle et les partitions de la classe lors des activités ;

- le mode de transmission des connaissances et les démarches pédagogiques mises en œuvre ;
- le choix des outils numériques et la mise à disposition des ressources ;
- les dispositions favorisant le travail collaboratif des équipes ;
- les méthodes d'évaluation retenues afin de vérifier si les objectifs sont atteints, ainsi que le type de remédiation envisagé pour aider les élèves ;
- la manière dont est traitée l'hétérogénéité du public et la façon d'individualiser l'acte pédagogique pour mettre tous les élèves en situation de réussite.

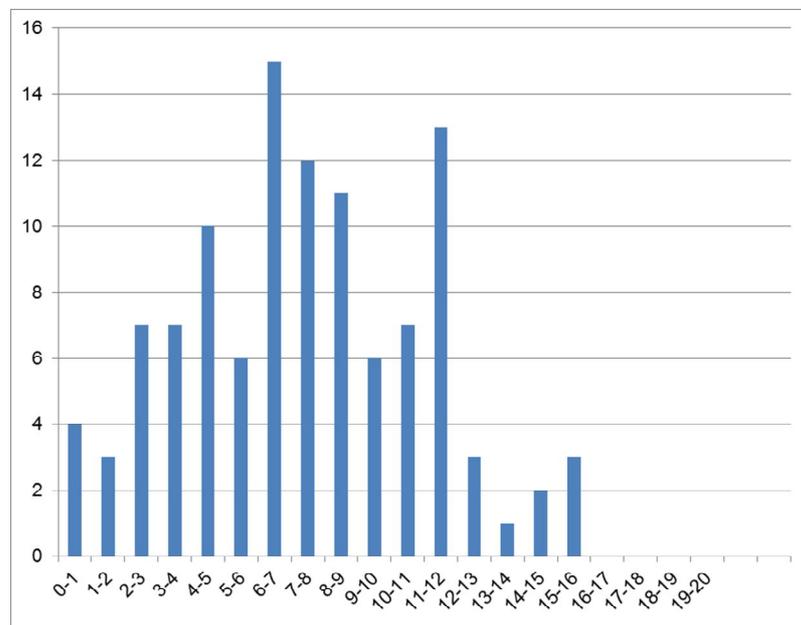
Compte-tenu des remarques ci-dessus, le jury fonde son évaluation sur :

- la pertinence des choix didactiques ;
- la construction de situations concrètes d'enseignement basées sur les documents techniques du dossier ressource ;
- la conduite de la classe pour favoriser les apprentissages par tous les élèves ;
- l'adéquation entre les activités décrites et la structuration des connaissances qui en résulte ;
- les moyens mis en œuvre pour évaluer les progrès des élèves ;
- le degré de maîtrise des savoirs disciplinaires ainsi que sur la clarté et la qualité du rendu écrit.

Résultats

110 copies ont été évaluées. La moyenne des notes obtenues est de 7,5/20 et l'écart-type 3,34 avec :

- 15,5 comme meilleure note ;
- 0 comme note la plus basse.



Épreuves d'admission

Activités pratique et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique

Coefficient 2 – Durée 6 heures

1. Présentation de l'épreuve

L'épreuve d'activité pratique et d'exploitation pédagogique prend appui sur un système technologique du domaine de la spécialité. Il vise à évaluer les compétences que les candidats mettent en œuvre pour concevoir une activité pédagogique à caractère expérimental. Pour cela, ils sont amenés à résoudre un problème technique posé au niveau d'exigence de l'agrégation, à communiquer les démarches mises en œuvre et à analyser les résultats obtenus.

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, dans la spécialité du concours, 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 d'activités pratiques relatives à un système technique.

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 du concours dans l'option choisie.

Cette épreuve d'activité pratique demande aux candidats de mobiliser compétences, et les connaissances associées, à mettre en œuvre dans le cadre d'un enseignement pouvant être confié à un professeur agrégé SII d'ingénierie des constructions. Pour répondre à cet objectif, les supports utilisés lors de cette épreuve sont relatifs aux champs du comportement des ouvrages, de leur conception, de la préparation et exécution de chantier.

Déroulement de l'épreuve

Cette épreuve, de coefficient 2, dure 6 heures et comporte trois phases :

- phase 1 - mise en œuvre des équipements du laboratoire (durée 4 h) ;
- phase 2 - préparation dans la salle de mise en loge (durée 1 h) ;
- phase 3 - présentation des travaux devant un jury (durée 1 h).

L'utilisation d'une calculatrice est autorisée (conformément à la circulaire n°99-186). L'utilisation d'une calculatrice est autorisée (conformément à la circulaire n°99-186). Durant toute cette épreuve les candidats ont accès à Internet.

La phase 1 – Manipulation expérimentale au laboratoire. Cette première phase d'une durée totale de 4 h se déroule en trois parties.

Cette phase 1 se déroule dans le laboratoire où sont mis à disposition des candidats les différents supports étudiés. Ceux-ci permettent au candidat de proposer une séquence pédagogique. **L'exploitation pédagogique proposée est liée aux activités pratiques réalisées.**

Première partie (durée ≈ 0h30)

Le candidat doit mettre en œuvre les matériels ou équipements, associés si besoin à des systèmes informatiques de pilotage, de traitement, de simulation, de représentation.

Pour cette partie, les manipulations ainsi que les activités proposées ont pour objectif de faciliter la compréhension du fonctionnement global du système. À la fin de cette première partie, l'examineur s'assure que le candidat s'est bien approprié le support des activités pratiques ainsi que la problématique proposée.

Deuxième partie (durée ≈ 2h00)

Le candidat doit conduire une expérimentation, une analyse de fonctionnement d'une solution, d'un procédé, d'un processus, dans la spécialité du concours, afin d'analyser et vérifier les performances d'un système technique ; exploiter les résultats obtenus et formuler des conclusions.

Pour cette partie, après la présentation du système à l'examineur, le candidat doit répondre au questionnement proposé afin de répondre aux problématiques proposées dans les activités pratiques. Cette partie permet au candidat, par la mobilisation de compétences caractéristiques du niveau de l'agrégation, de résoudre les problèmes posés puis d'en exploiter les résultats obtenus (hypothèses, modèles, valeurs numériques, ...).

Troisième partie (durée ≈ 1h30)

Pour cette partie, le candidat doit 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. Elle prend appui sur les investigations et les analyses effectuées au préalable par le candidat au cours d'activités pratiques relatives à un système technique.

La phase 1 se déroule dans le laboratoire dans lequel figurent des supports¹. Ceux-ci permettent de proposer des séquences pédagogiques.

L'exploitation pédagogique proposée est liée aux activités pratiques réalisées.

Les candidats disposent de l'ensemble des moyens nécessaires à l'expérimentation et d'un poste informatique doté des logiciels courants de bureautique et des logiciels plus spécifiques liés au sujet qui leur est proposé.

La phase 2 se déroule dans la phase de mise en loge (durée 1 h).

Le candidat prépare dans une salle l'intervention qu'il effectuera devant le jury. Durant cette phase de préparation de l'exposé en salle, le candidat **n'a plus accès aux matériels, bancs et simulations**. Il dispose d'un poste informatique relié à l'internet doté des logiciels courants de bureautique. Il dispose des résultats obtenus lors de la phase 1 qu'il aura stockés dans un espace qui lui est dédié.

¹ systèmes réels distants ou non avec éventuellement sous-ensembles et composants industriels ; systèmes réels instrumentés ; systèmes didactisés ; systèmes sous forme de maquette et systèmes simulés.

La phase 3 se déroule dans la salle d'exposé devant le jury.

L'exposé oral, d'une durée maximale de 40 minutes, comporte :

- la présentation du système (durée maximale 5 minutes) ;
- le compte-rendu des manipulations effectuées et l'analyse des résultats obtenus dans la deuxième partie de la première phase des activités pratiques (durée maximale 15 minutes) ;
- l'exploitation pédagogique (durée maximale 20 minutes).

L'entretien avec le jury est d'une durée maximale de 20 minutes.

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 séquence de formation, à décrire et à situer la séquence de formation qu'il a élaborée.

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

Pour la présentation devant jury, les candidats ont à leur disposition un tableau, un ordinateur et un vidéoprojecteur. Ils disposent d'un poste informatique relié à Internet et doté des logiciels courants de bureautique, et des résultats obtenus lors des phases 1 et 2 qu'ils ont stockés dans l'espace qui leur est dédié.

Compétences attendues par le jury

Lors de cette épreuve d'activité pratique, le jury évalue chez les candidats les compétences suivantes :

- s'approprier un support ;
- identifier une problématique pertinente par rapport au questionnement proposé ;
- mettre en œuvre des outils informatiques et logiciels métiers ;
- élaborer, conduire, justifier un protocole expérimental ;
- exploiter des résultats expérimentaux et formuler des conclusions ;
- élaborer, justifier, analyser de manière critique un modèle ;
- évoluer en autonomie en mobilisant toutes ses connaissances et ses compétences ;
- faire preuve d'ingénierie pédagogique en élaborant **une séance d'activités pratiques** dans une séquence cohérente, inscrite dans une progression pédagogique ;
- dégager l'essentiel de la problématique identifiée en s'appuyant sur les expériences menées et les modèles utilisés ;
- présenter oralement ses travaux (clarté, précision, rigueur) ;
- être réactif et pertinent dans les réponses aux questions posées.

Supports retenus et activités demandées

Pour la session 2015, les supports retenus pour cette épreuve d'activité pratique ont été les suivants :

- banc d'essai en mécanique des sols/géotechnique – Détermination des paramètres de cisaillement d'un sol en vue d'estimer la contrainte de rupture sous une fondation superficielle;
- banc d'essai du béton – Caractérisation expérimentale de la résistance à la compression d'un béton de chantier sur éprouvettes normalisées ;
- banc d'essai en acoustique – Qualité acoustique d'une paroi, isolation acoustique des salles et caractérisation de matériaux absorbants ;
- banc d'étude en énergétique – Etude d'une pompe à chaleur ;

- banc d'étude en énergétique – Etude des performances d'émetteurs de chaleur ;
- banc d'étude de structures – Etude expérimentale de la flexion 4 points ;
- banc d'étude de structures – Etude théorique et expérimentale d'une poutre treillis.

Ces supports ont permis aux candidats de mettre en œuvre leurs compétences à haut niveau scientifique sur les activités suivantes :

- détermination des caractéristiques d'une chaîne de mesure ;
- détermination des paramètres significatifs pour une modélisation ;
- identification du comportement de composants ;
- mesure du comportement d'un système ;
- modélisation d'un système ;
- simulation et prédiction de performances ;
- validation d'un modèle.

2. Commentaires et conseils aux futurs candidats

A l'issue de la session 2015, le jury attire particulièrement l'attention des futurs candidats sur les points suivants :

- le jury rappelle que cette épreuve n'est pas un compte-rendu de laboratoire mais la contextualisation pédagogique d'une problématique donnée, basée sur une manipulation expérimentale ;
- pour la première phase, les candidats doivent veiller à équilibrer le temps consacré à l'expérimentation et celui consacré à la conception de leur séquence pédagogique ;
- pour la troisième phase, les candidats disposent d'un temps de parole de 40 minutes maximum. Le jury regrette une mauvaise gestion du temps. Certains candidats n'utilisent pas pleinement les 40 minutes. A contrario, d'autres candidats cherchent à meubler ce temps de parole au détriment de la qualité et de la rigueur de leur exposé ;
- il est déconseillé de tout écrire au tableau. Le candidat doit exploiter au mieux les outils informatiques de présentation fournis. Le contexte n'est pas celui d'une leçon faite devant des élèves ;
- on constate trop souvent un déséquilibre entre la présentation des résultats expérimentaux, parfois trop détaillée, et leur exploitation pédagogique qui reste trop peu développée (pas de support formalisé, idées trop générales, pas d'application concrète,...) ;
- l'exploitation pédagogique est l'objectif principal de cette épreuve. Elle reste trop succincte chez la majorité des candidats. Les candidats doivent s'attacher :
 - à préciser l'insertion de leur séquence dans le référentiel indiqué (STI2D, STS, IUT) ;
 - à préciser et à détailler la construction de leur séquence pédagogique (combinaison de CM, TD, TP) en détaillant notamment l'organisation pratique en présence d'élèves ou d'étudiants ;
 - à situer l'intégration de cette séquence pédagogique dans le contexte proposé, à préciser ses objectifs et son intérêt en situation réelle ;
 - à préciser et à justifier les modalités d'évaluation et/ou de remédiation.

3. Résultats

16 candidats ont composé pour la première partie de cette épreuve. La moyenne des notes obtenues est de 6/10 avec :

- 9,1 comme meilleure note ;
- 2,8 comme note la plus basse.

16 candidats ont composé pour la seconde partie de cette épreuve. La moyenne des notes obtenues est de 3,3/10 avec :

- 7,3 comme meilleure note ;
- 0,7 comme note la plus basse.

Les notes globales pour cette épreuve vont de 3,5/20 à 15,3/20 avec une moyenne de 9,6/20.

Épreuve de soutenance de dossier technique et pédagogique

Coefficient 1 – Durée 1 heure

1. Présentation de l'épreuve

L'épreuve consiste en la soutenance devant le jury d'un dossier technique et scientifique réalisé par le candidat dans un des domaines 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.

Durée totale de l'épreuve : 1 heure (présentation : 30 minutes maximum; entretien avec le jury : 30 minutes).

Le jury cherche également à apprécier la capacité du candidat, en qualité de futur agent du service public d'éducation, à se représenter la diversité des conditions d'exercice du métier et les valeurs qui le portent, dont celles de la République.

2. Analyse globale des résultats

De très bons résultats témoignent de la qualité de la préparation et de la prestation de certains candidats. Les soutenances de dossier remarquées ont été celles qui associaient :

- des liens étroits du candidat avec les intervenants du dossier (maîtrise d'œuvre, maîtrise d'ouvrage ou entreprises) ;
- une présentation des problématiques spécifiques des ouvrages proposés ;
- une étude technique et scientifique du niveau de l'agrégation ;
- une stratégie pédagogique pertinente, réaliste et innovante.

3. Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

Le dossier présenté

Les dossiers doivent être paginés et comporter le nom et le prénom du candidat.

Voici quelques conseils pour la rédaction du dossier écrit :

- le plan du dossier peut avantageusement dégager 3 parties :
- la première partie contextualise et justifie l'intérêt du dossier support choisi ;
- une seconde partie développe l'analyse technique et scientifique. En plus d'une description, des justificatifs sont produits (sur une variante par exemple) et montrent des connaissances calculatoires, réglementaires, techniques, environnementales applicables au dossier. Les hypothèses posées doivent être claires
- une troisième partie explique les potentialités pédagogiques du dossier tant au niveau STI2D que BTS et IUT. Celles-ci doivent pouvoir être pluridisciplinaires. La production de documents élèves est ici très pertinente. Les plans de l'ouvrage support du dossier (propres et cotés) sont placés en annexe.

Le candidat n'oubliera pas de préciser les contacts professionnels qu'il a développés grâce à ce travail.

Enfin, l'épreuve sur dossier ne doit pas consister à présenter seulement un système industriel ou constructif. Le jury attend des candidats la présentation d'une démarche de projet consistant à résoudre une problématique technique réelle : construction d'un ouvrage, équipement technique à installer ou installé dans un contexte précis... La présentation de systèmes « clés en main » qui ne seraient pas placés au sein d'un projet de construction d'un ouvrage ou d'une partie d'ouvrage ne conviendraient pas à l'intitulé de cette agrégation ingénierie des constructions.

L'analyse technique et scientifique

Le jury a constaté la présence de dossiers sans apport scientifique. Une simple description de l'ouvrage ou du chantier n'est pas suffisante. Le candidat choisissant le thème de son dossier, il doit maîtriser le cadre réglementaire associé.

L'analyse technique et scientifique présentée par le candidat doit être au niveau d'une agrégation de sciences industrielles de l'ingénieur. L'étude présentée par le candidat doit donc être celle que l'on demanderait de mener à un ingénieur dans une entreprise ou une collectivité. Les études techniques et scientifiques qui seraient confiées à un technicien ou à un cadre intermédiaire ne sont pas suffisantes pour montrer la maîtrise des compétences scientifiques dont doit disposer un professeur agrégé. La rédaction de cette partie technique et scientifique pourra par exemple s'articuler autour d'une comparaison entre des développements propres au candidat et les études menées par les entreprises contactées. Une comparaison des résultats permet au candidat de mettre en avant son sens critique et le recul qu'il a sur la problématique.

Le choix des analyses techniques et scientifiques détaillées sera dans la mesure du possible en lien avec les développements pédagogiques.

Le jury souligne néanmoins que certains dossiers étaient de qualité exceptionnelle.

Il convient de ne pas faire qu'une exploitation simpliste des résultats de logiciels de simulations (Couramment observé sur les logiciels de bilans thermiques) sans mettre en évidence la maîtrise par le candidat des notions scientifiques et technologiques utilisées par le logiciel.

La stratégie pédagogique

La commission d'interrogation de cette épreuve sur dossier souhaite rappeler aux candidats que cette épreuve est une épreuve pédagogique. Une grande partie de l'évaluation porte sur l'exploitation pédagogique proposée par le candidat. Ainsi, un candidat qui ne proposerait pas ce développement pédagogique se verrait attribuer une note inférieure à la moyenne.

Cette partie ne peut pas se résumer à la présentation d'une liste d'intentions pédagogiques. Les exploitations pédagogiques doivent être détaillées.

Pour la partie pédagogique, la présentation d'une séquence pédagogique et la proposition d'une séance doit préciser :

- le cadre de la séquence ou de la séance
 - les compétences développées,
 - la position dans le cycle de formation,
 - les prérequis,
 - les savoirs abordés et la taxonomie visée
 - les éventuels liens avec des contenus d'autres disciplines,

- les activités
 - proposées aux élèves,
 - du professeur,
 - d'évaluation,
- la documentation pédagogique fournie à l'élève,
- les supports d'enseignement,
 - dossier,
 - système réel, didactisé ou virtuel,
 - ressource,
- les traces attendues,
 - écrites,
 - orales,
 - virtuelles

De plus les stratégies pédagogiques développées doivent être innovantes.

Les candidats doivent maîtriser un certain nombre de concepts pédagogiques afin de présenter des séances qui s'appuient sur :

- la motivation des élèves ;
- la pédagogie inversée ;
- l'usage du numérique ;
- l'évaluation des élèves par compétences ;
- les activités favorisant le décloisonnement disciplinaire ;
- les activités favorisant les travaux de groupes d'élèves ;
- les activités permettant le développement de compétences au niveau de l'oral,
- ...

Le numérique

Le développement du numérique dans le secteur de la construction en cours depuis des décennies va tendre vers une accélération majeure dans les prochaines années. Les contraintes économiques, environnementales et sociales entraînent les entreprises du secteur de la construction à utiliser très largement les potentiels des outils numériques de conception, de simulation, d'organisation et de suivi.

Le jury de l'agrégation d'Ingénierie des constructions insiste sur l'obligation pour les candidats de disposer de ces compétences autour des outils numériques.

En effet, les élèves et étudiants maîtrisent déjà, en partie, la technicité propre à ces outils.

Les candidats doivent présenter une visualisation de leur travail sur ces outils numériques (simulation, conception...) pendant la soutenance. Les candidats ne doivent pas se contenter de fournir, sous forme numérique, une série de fichiers, ils doivent démontrer leurs compétences à utiliser ces outils. Il est donc conseillé, en particulier pour des maquettes de type BIM, d'installer le logiciel utilisé ou un outil de visualisation dynamique permettant d'échanger lors de la discussion avec le jury. Pour les logiciels de calculs, les candidats doivent être capables d'expliquer la pertinence des modélisations, des données d'entrée, le principe de calcul du logiciel ainsi que la prise en compte du cadre réglementaire. Il est attendu une analyse critique des résultats. Quelques candidats ont présenté des modélisations totalement erronées ou des résultats aberrants.

4. Critères d'évaluation

Pour pouvoir délivrer une note à l'issue de l'examen du dossier, de la soutenance et de l'entretien sur cette partie d'épreuve, la commission d'interrogation observe les critères suivants :

- la pertinence du choix de l'ouvrage,
- les relations établies avec les milieux socio-économiques,
- la qualité et la pertinence des documents techniques,
- la qualité des développements scientifiques choisis,
- le travail personnel réalisé,
- la maîtrise des principes scientifiques couvrant le référentiel,
- les analyses fonctionnelle, structurelle et comportementale menées,
- la précision du vocabulaire,
- la culture technologique du candidat,
- la pertinence de l'exploitation pédagogique,
- la connaissance des programmes et référentiels de formation,
- la qualité de l'expression orale,
- l'analyse critique et la capacité de synthèse du candidat,
- les qualités d'écoute, de réactivité et d'argumentation,
- l'utilisation des médias pour la présentation.

5. Résultats

16 candidats ont participé à cette épreuve. La moyenne des notes obtenues est de 10,1/20 avec :

- 20 comme meilleure note ;
- 1 comme note la plus basse.