



Concours du second degré
Rapport de jury

Agrégation interne de sciences industrielles de l'ingénieur
« option sciences industrielles de l'ingénieur
et ingénierie électrique »

Concours interne
Session 2015

Rapport de jury présenté par Monsieur Jean-Pierre Collignon
Inspecteur général de l'éducation nationale

Président de jury

MODALITES DU CONCOURS DE L'AGREGATION INTERNE

Arrêté du 25 novembre 2011 modifiant l'arrêté du 28 décembre 2009 fixant les sections et les modalités d'organisation des concours de l'agrégation

Section sciences industrielles de l'ingénieur

L'agrégation interne de sciences industrielles de l'ingénieur comprend trois options :

- option sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie mécanique ;
- option sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie électrique ;
- option sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie des constructions.

Le choix est formulé au moment de l'inscription. Les candidats font l'objet d'un classement distinct selon l'option choisie. Pour l'application du premier alinéa de l'article 3 du présent arrêté, il est institué un jury pour chacune des options.

A – *Epreuves écrites d'admissibilité*

1° - Epreuve de sciences industrielles de l'ingénieur :

L'épreuve est commune aux trois options. Les candidats composent sur le même sujet au titre de la même session quelle que soit l'option choisie. 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 pluri-technique automatique.

Durée : quatre heures ; coefficient 2.

2° - Exploitation pédagogique d'un dossier technique.

L'épreuve est spécifique à l'option choisie. A partir d'un dossier technique fourni au candidat comportant les éléments nécessaires à l'étude, l'épreuve a pour objectif de vérifier que le candidat est capable d'élaborer tout ou partie de l'organisation d'une séquence pédagogique, dont le thème est proposé par le jury, relative aux enseignements technologiques du cycle terminal "sciences et technologies de l'industrie et du développement durable (STI2D)" ou aux sciences de l'ingénieur de la voie scientifique du lycée, et aux enseignements des BTS du domaine considéré ainsi que les documents techniques et pédagogiques associés (documents professeurs, documents fournis aux élèves, éléments d'évaluation)

Durée : six heures ; coefficient 1.

B – *Epreuves d'admission*

1° - Activité pratique et exploitation pédagogique d'un système pluri-technique :

Dans l'option choisie, le candidat détermine, au moment de l'inscription, un domaine d'activité parmi les deux proposés ci-après :

- "conception des systèmes mécaniques" ou " industrialisation des systèmes mécaniques" pour l'option sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie mécanique ;
- "systèmes d'information" ou "gestion de l'énergie" pour l'option sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie électrique ;
- "constructions" ou "énergétique" pour l'option sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie des constructions.

Durée totale : six heures (activités pratiques : 4 heures ; préparation de l'exposé : une heure ; exposé : quarante minutes maximum ; entretien : vingt minutes maximum). 10 points sont

attribués à la première partie liée aux activités pratiques et 10 points à la seconde partie liée à la leçon ; coefficient 2.

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

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

2° - Epreuve sur dossier :

Durée de la préparation : une heure ; durée totale de l'épreuve : une heure ; coefficient 1.

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 (présentation n'excédant pas quarante minutes ; entretien avec le jury : vingt minutes au maximum).

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

Agrégation interne de sciences industrielles de l'ingénieur
« – option sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie
électrique »;

COMPOSITION DU JURY – SESSION 2015

M. COLLIGNON Jean-Pierre	Inspecteur général de l'éducation nationale, Président,
M. DARRAULT Carol	Inspecteur d'académie, inspecteur pédagogique régional, Académie de Toulouse, Vice-président
M. PRIGENT Dominique	Inspecteur d'académie, inspecteur pédagogique régional, Académie de Rennes, Vice-président
M. ARBO Jacques	Professeur Agrégé Créteil
Mme. BILDSTEIN Sylvie	Professeure Agrégée Lyon
M. BELLEC Dominique	Professeur Agrégé Poitiers
M. CHARIER Bertrand	Professeur Agrégé Poitiers
M. FABRE Gilles	Professeur Agrégé Versailles
M. GUERIN François	Maître de conférences IUT GEII Le Havre
M. NAËL Richard	Professeur Agrégé Rennes
M. PROUST Laurent	Professeur Agrégé Poitiers
M SIMON Thierry	Professeur Agrégé Strasbourg
M JASMIN Christophe	Professeur Agrégé Besançon

Agrégation interne de sciences industrielles de l'ingénieur
« – option sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie
électrique »;

Session 2015
Données quantitatives

Nombre de postes :	6
Nombre de candidats inscrits :	319
Nombre de candidats présents aux deux épreuves d'admissibilité :	205
Nombre de candidats admissibles :	16
Nombre de candidats admissibles présents aux deux épreuves d'admission :	16
Nombre de candidats admis :	6
Moyenne du premier admissible :	18,6
Moyenne du dernier admissible :	14,8
Moyenne du premier admis :	16,8
Moyenne du dernier admis :	14,6

Concours d'accès à l'échelle de rémunération des professeurs agrégés.

Session 2015 Données quantitatives

Nombre de postes :	2
Nombre de candidats inscrits :	52
Nombre de candidats présents aux deux épreuves d'admissibilité :	29
Nombre de candidats admissibles :	4
Nombre de candidats admissibles présents aux deux épreuves d'admission :	4
Nombre de candidats admis :	2
Moyenne du premier admissible :	16
Moyenne du dernier admissible :	15
Moyenne du dernier admis :	14,2

Epreuves d'admissibilité

Épreuve de sciences industrielles de l'ingénieur (1^{ère} épreuve)

Coefficient 2 – durée 4 heures

Le sujet portait sur l'étude d'un navire électrique « zéro émission » : l'AR VAG TREDAN

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

http://eduscol.education.fr/sti/concours_examens/agregation-interne-sii-2015-epreuve-commune-dadmissibilite-sciences-industrielles

MISE EN SITUATION :

Le **premier bateau électrique au monde alimenté exclusivement par des supercondensateurs** a été baptisé le 18 septembre 2013 à Lorient.

Ce navire « **zéro émission** » qui fait la navette entre Lorient et Pen-Mané (Locmiquélic) porte bien son nom : « Ar Vag Tredan » veut dire « bateau électrique » en breton.



L'Ar Vag Tredan est un **catamaran électrique** 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.

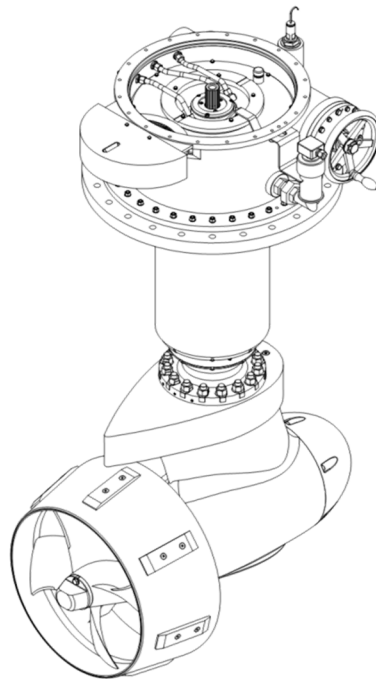
Avec 28 recharges complètes par jour, le bateau sera rechargé environ 7000 fois par an.

Cette cadence de recharge serait impossible à tenir pour des batteries, car les batteries Li-Ion (Lithium-Ion) et les batteries Ni-MH (Nickel-hydrure métallique) ne supportent que 500 à 1000 cycles de recharge en moyenne.

STRUCTURE DU SUJET :

Ce sujet permet d'appréhender les problématiques essentielles auxquelles les ingénieurs du projet ont été confrontés. Vous serez donc amenés à :

- Valider une nouvelle architecture navale de la navette en vérifiant le respect de son autonomie énergétique pour le trajet assigné. (**Partie n°1**) ;
- Vérifier après modélisation la flottabilité du navire dans les conditions prévues par le « règlement de classification des navires » du Bureau Veritas. (**Partie n°2**) ;
- Vérifier le dimensionnement d'éléments de structure du navire avant de proposer des solutions de conception. (**Partie n°3**) ;
- Analyser un élément de confort passager : la climatisation et plus particulièrement la pompe à chaleur associée. (**Partie n°4**) ;
- Paramétrer la loi de commande du convertisseur d'énergie qui permet la charge des supercondensateurs pour valider le temps de charge maximum de 4 minutes. (**Partie n°5**)
- Analyser la conception des propulseurs azimutaux de la navette. Justifier les choix technologiques des étanchéités du carter et des éléments mécaniques des guidages avant de modéliser le comportement dynamique de l'arbre d'hélice. (**Partie n°6**)



Propulseur azimutal

PARTIE N°1 : ARCHITECTURE NAVALE ET AUTONOMIE ENERGETIQUE.

Question 1 : Etablir les expressions littérales des grandeurs V_F , Δt , W et W_T présentes sur le document-réponse DR1.

Réponse : Voir document-réponse n°1.

Question 2 : Compléter le tableau « Bilan énergétique de la traversée aller-retour » du document-réponse DR1.

Donner l'énergie totale (kW.h) nécessaire à la traversée en la majorant de 20% pour disposer d'une marge d'énergie.

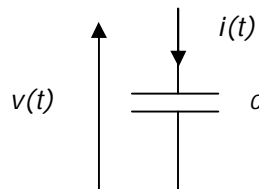
N.B. : On suppose que le courant de marée (voir flèche sur la figure en haut de page) est parallèle à l'axe longitudinal de la navette durant tout le trajet sur ce tronçon.

Réponse : 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.

On modélise chaque module de supercondensateurs par un supercondensateur unique de capacité constante c :



Réponse :

Pour un bord :

$$\text{Volume utile} = 4,8. (1 - 0,3)$$

$$\text{Volume utile} = 4,8. (0,7)$$

$$\text{Volume utile} = 3,36 \text{ m}^3$$

Pour chaque module M65V375V, le volume est de 52 l (52 dm³) d'où le nombre total de modules N_T par bord :

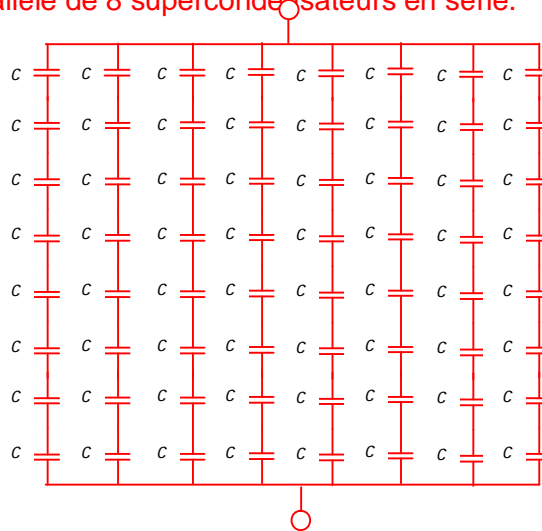
$$N_T = \frac{3,36}{0,052} = 64,6$$

On retiendra 64 modules.

Question 4 : Comment associer les modules pour obtenir une tension aux bornes de l'ensemble de 520V compte-tenu de leurs caractéristiques électriques ? Proposer un schéma de raccordement permettant d'intégrer tous les modules.

Réponse :

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



Question 5 : Calculer la capacité du supercondensateur équivalent à tous les modules convenablement associés d'un bord.

Réponse : 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 dipôles) 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 $c(v)$.

Réponse :

$$c_1 = 230,8 F$$

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

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

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

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

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

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

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

Réponse :

$$\begin{aligned} W_c &= \int_0^t p(t) \cdot dt \\ W_c &= \int_0^t v(t) \cdot i(t) \cdot dt \\ W_c &= \int_0^t v(t) \cdot c(v) \frac{dv}{dt} \cdot dt \\ W_c &= \int_{v(0)}^{v(t)} v(t) \cdot c(v) \frac{dv}{dt} \cdot dt \end{aligned}$$

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

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

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

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

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

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

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

A partir de la documentation technique **DT4**, évaluer simplement l'énergie totale des supercondensateurs (modèle de capacité constante avec 375 F). La comparer au résultat précédent et conclure.

Réponse :

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

$$W_c = \frac{1}{2} \cdot 230,8 \cdot (520^2 - 250^2) + \frac{1}{3} \cdot 0,277 \cdot (520^3 - 250^3)$$

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

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

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.

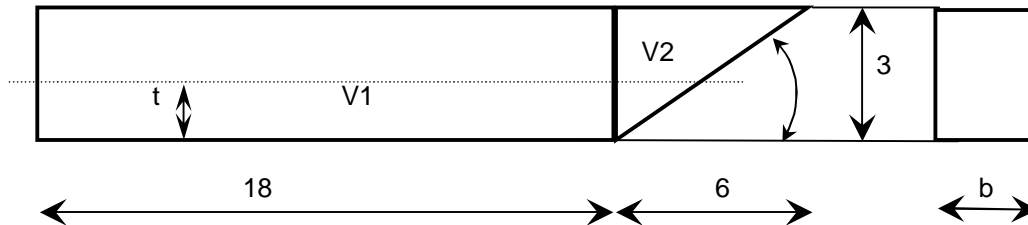
Question 9 : Les résultats obtenus précédemment permettent-ils de valider l'autonomie énergétique de la navette compte-tenu de l'évolution de sa structure ? Justifier la réponse.

Réponse : L'autonomie est satisfaite car l'énergie stockée ($19.74 \text{ kW} \cdot \text{h}$) couvre les besoins qui sont de $16.38 \text{ kW} \cdot \text{h}$.

PARTIE N°2 : FLOTTABILITE DU NAVIRE DANS LES CONDITIONS PREVUES PAR LE « REGLEMENT 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 $V = 18.b.t + b.t^2$.

Réponse :



$$V = V1 + V2 = 18.b.t. + 2t.b.t / 2 = 18.b.t + b.t^2$$

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

Réponse :

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

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

Réponse :

Principe d'Archimède : $F = V.p.g$ $V = F / p.g$ $F = m.g / 2$ pour un flotteur

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

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

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

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

$$t1 = (-36 + 40.1) / (2 \cdot 2) = 1.02\,m$$

$$t2 < 0$$

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 :

Réponse :

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

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

$$F_3 = 8 \cdot 10^5 \cdot 9.81 = 784\,800\,N \text{ Charge due à la masse du navire}$$

$d = 1.25\,m$: 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}

Réponse :

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

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

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

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

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

Réponse :

Immersion de chaque flotteur

Flotteur 1

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

d'où l'équation $2t^2 + 36.t - 60.80 = 0$ à résoudre

$$\Delta = 36^2 + 4 \cdot 2 \cdot 60.80 = 1782$$

$$\sqrt{\Delta} = 42.21$$

$$t_1 = (-36 + 42.21) / 2.2 = 1.55 \text{ m}$$

$$t_2 < 0$$

Flotteur 2

$$V = F / \rho \cdot g = 418\,677 / (9.81 \cdot 1025) = 41.64 \text{ m}^3$$

d'où l'équation $2t^2 + 36.t - 41.64 = 0$ à résoudre

$$\Delta = 36^2 + 4 \cdot 2 \cdot 41.64 = 1629$$

$$\sqrt{\Delta} = 40.36$$

$$t_1 = (-36 + 40.36) / 2.2 = 1.09 \text{ m}$$

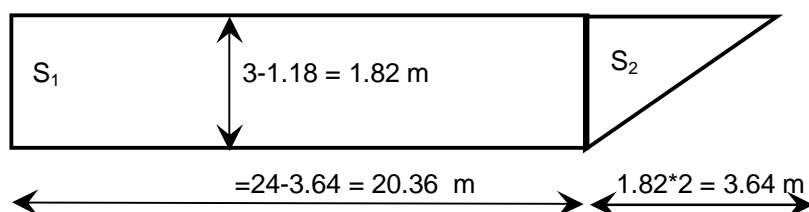
$$t_2 < 0$$

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

Réponse :

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 vents 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 vents 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

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

Réponse :

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.

Réponse :

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

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

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

$$t1 = (-36 + 42.43) / 2 \cdot 2 = 1.60 \text{ m}$$

$$t2 < 0$$

- Flotteur F2

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

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

$$: 2t^2 + 36.t - 39.44 = 0$$

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

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

$$t1 = (-36 + 40.14) / 2 \cdot 2 = 1.03 \text{ m}$$

$$t2 < 0$$

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

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

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 5520 N/m

Réponse :

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 N, déterminer l'effort de compression dans un des barrots.

Réponse :

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 ??

Réponse :

Flexion composée

Question 22 : Afin de prendre en compte les effets de "trainage" de cisaillement, des effets liés aux soudures et dans le but de prévenir le voilement du platelage, on admettra un coefficient de réduction $\rho = 0,6$ pour la largeur de la semelle supérieur d'un barrot, compléter les dimensions d'une section transversale d'un barrot DR5, justifier la valeur de b_{s1}

Réponse : Voir DR5

Question 23 : Calculer les caractéristiques géométriques de la section transversale. Complétez le tableau DR 5

Réponse : Voir DR5

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

Réponse :

$$\sigma_{\text{compression}} = N/S = 4375 \cdot 10^{-6} / 0,00625 = 0,7 \text{ Mpa valeur négligeable}$$

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

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

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

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

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

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

Question 25 : Vérifier la contrainte au point le plus sollicité avec le critère donné dans le règlement NR84 du 1^{ier} mars 1996 qui précise qu'en un point i :

Réponse :

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

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

Faire le choix le plus économique entre augmenter un peu 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**), compléter le tableau DR6

Réponse : Voir DR6

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

Réponse :

$$COP_{th} = (h_4 - h_6) / (h_4 - h_3) = (475 - 245) / (475 - 420) = 4.18$$

Question 28 : Calculer le COP_{réel} (Expérimentalement l'Energie récupérée au condenseur a été calculée 146 KW dans la situation la plus défavorable).

Réponse :

$$COP_{réel} = 145 / 37.5 = 3.86$$

Question 29 : Comparer le COP_{Réel} et le COP_{th}. Pourquoi observe-t-on une différence ?

Réponse :

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.

PARTIE N°5 : PARAMETRAGE DE LA LOI DE COMMANDE DU CONVERTISSEUR D'ENERGIE ADAPTE AU RESPECT DU TEMPS DE CHARGE DES SUPERCONDENSATEURS.

Question 30 : Sur le document-réponse **DR2**, compléter les cases associées aux composants électriques de puissance en indiquant leur désignation. Indiquer en couleur sur ce même document-réponse le parcours de l'énergie électrique destinée à recharger les supercondensateurs à partir de la prise « réseau » présente sur le quai.

Réponse : 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 ?

Réponse : Nous avons à résoudre l'équation différentielle suivante :

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

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

Avec :

$$\tau = r_s \cdot c$$

Or

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

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

Numériquement :

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

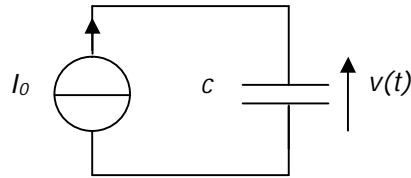
La valeur maximale théorique que le courant puisse atteindre est de 103 846 A

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

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

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

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 ($t=0$) :



Réponse :
Tension $v(t)$:

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

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

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

A $t = t_I = 60$ s, 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 $t = t_I = 60$ s est de :

$$\begin{aligned} p(t_I) &= v(t_I) \cdot i(t_I) \\ p(t_I) &= v(t_I) \cdot I_0 \\ p(t_I) &= 334.8 \cdot 530 \\ p(t_I) &= 177.5 \text{ kW} \end{aligned}$$

Energie stockée pendant cette phase :

$$\begin{aligned} W_I &= \int_0^{t_I} p(t) \cdot dt \\ W_I &= \int_0^{t_I} v(t) \cdot i(t) \cdot dt \\ W_I &= \int_0^{t_I} \left(\frac{I_0}{c} \cdot t + V_0 \right) \cdot I_0 \cdot dt \\ W_I &= \frac{I_0^2}{c} \cdot t_I^2 + V_0 \cdot I_0 \cdot t_I \end{aligned}$$

Numériquement :

$$\begin{aligned} W_I &= \frac{530^2}{375} \cdot 60^2 + 250 \cdot 530 \cdot 60 \\ W_I &= 2.96 \text{ kW} \cdot h \end{aligned}$$

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 $9kW.h - 2.96kW.h$ soit

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

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

$$\Delta t_p = 122.5s$$

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 ?

Réponse :

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

$$t_{ct} = 122.5 + 60$$

$$t_{ct} = 182.5 s$$

On a négligé le temps de charge à tension constante.

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

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

Réponse :

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

On a négligé le temps de charge à tension constante car il n'excède pas 5s (5 fois la constante de temps $\tau = r_s \cdot c = 1s$) (Calculs identiques à la question n°31).

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

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

Réponse : Voir DR3

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

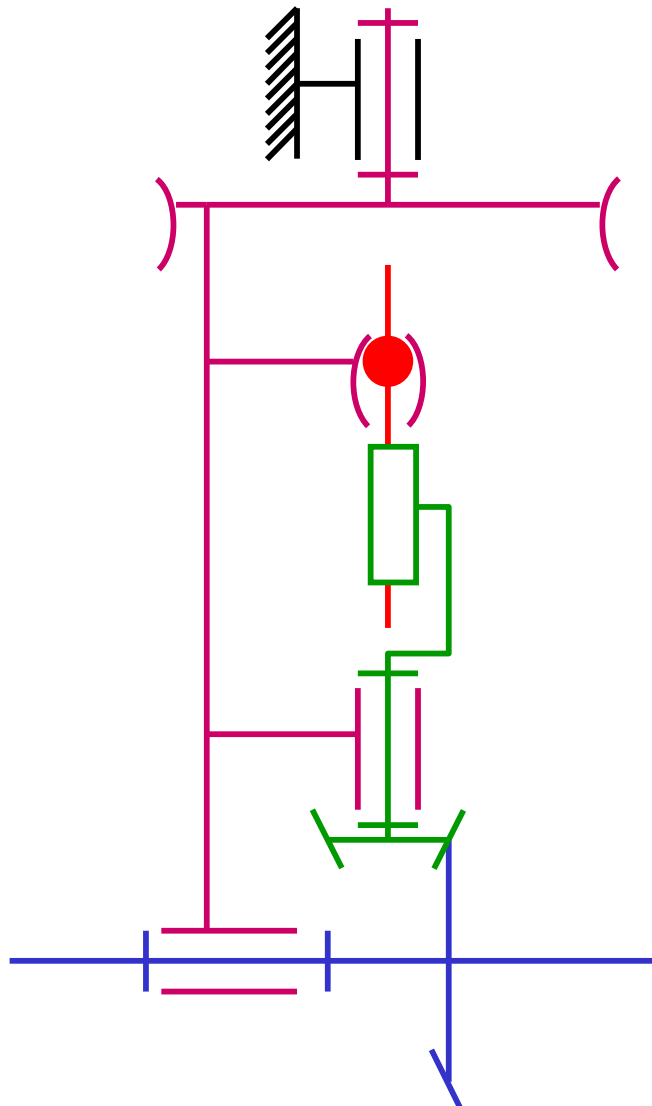
Afin d'éviter les pertes importantes que génère la trainée de deux safrans et des suspentes des arbres d'hélice d'un bateau classique, le choix de deux propulseurs azimutaux a été fait. Ils permettent à la fois de propulser le navire et d'assurer la direction puisqu'ils peuvent tourner à 360° indépendamment l'un de l'autre. L'entreprise Masson Marine a conçu, réalisé, et installé sur le catamaran ces propulseurs. Le cahier des charges de ces propulseurs azimutaux est principalement basé sur quatre critères : le poids, le rendement global, la minimisation du volume interne à la coque et la non pollution du milieu marin.

Analyse globale d'un propulseur azimutal (DT9 et DT10) :

Les documents techniques **DT9** et **DT10** définissent globalement un propulseur azimutal, l'étanchéité statique n'a pas été représentée sur ces documents.

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

Réponse :



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

Réponse :

En statique :

$N_{eq} = 4 \cdot 6 = 24$ équations

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

$m = 2$ mobilité utile (0 interne)

Donc $h = 2$

La direction du propulseur est motorisée par un moteur hydraulique. En cas d'avarie de ce moteur, une commande entièrement manuelle est possible : une manivelle installée à demeure permet de faire tourner manuellement le propulseur.

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

Réponse :

Le volume occupé dans le navire doit être faible (cf cahier des charges), un moteur hydraulique a une puissance bien supérieure à volume égale. Par ailleurs, malgré la réduction assurée par la 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.

Réponse :

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

Analyse de la réalisation du carter principal et de l'arbre d'hélice (DT9)

L'étanchéité dynamique du propulseur a été particulièrement travaillée afin d'éviter tout risque de pollution et tout risque d'endommagement du propulseur par de l'eau de mer. A ces fins un système « clean ship » a été installé. Il est constitué de deux joints à lèvres et de deux canalisations réalisées dans les parois du carter. Elles partent de l'intérieur du bateau et arrivent dans une gorge entre les deux joints (seule partie visible des canalisations sur DT9).

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.

Réponse :

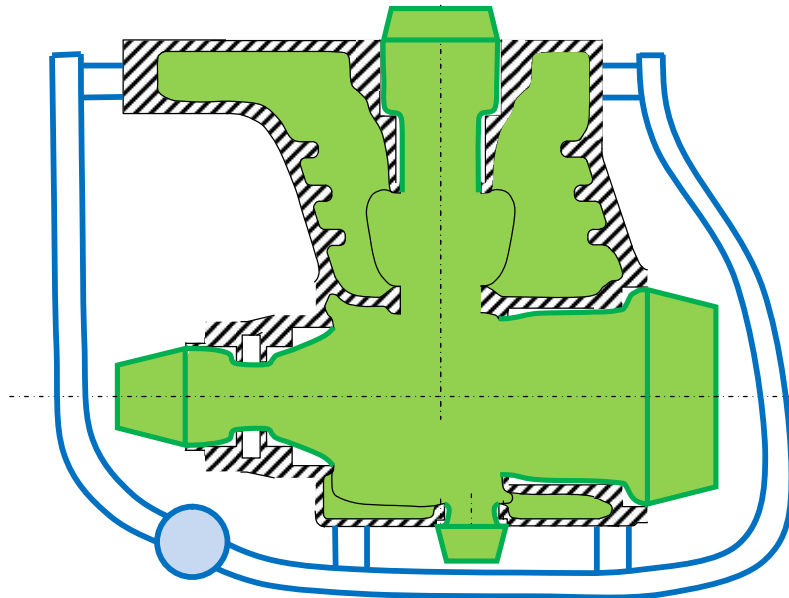
Ce sont les joints à lèvres qui permettent d'éviter que l'huile et l'eau de mer ne se mélangent.

Le système « clean ship » est là pour vérifier que les joints assurent leur rôle.

Périodiquement de l'air est injecté dans la canalisation qui arrive en haut de la gorge et un réservoir recueille l'eau de mer ou l'huile de l'autre canalisation. Si les quantités recueillies sont trop importantes, il y a un joint défectueux qu'il faut remplacer, mais ni le propulseur ni la mer n'ont subi de dommage.

Question 43 : Proposer sous forme d'un schéma où apparaîtront 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.

Réponse :



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 form 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.

Réponse :

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.

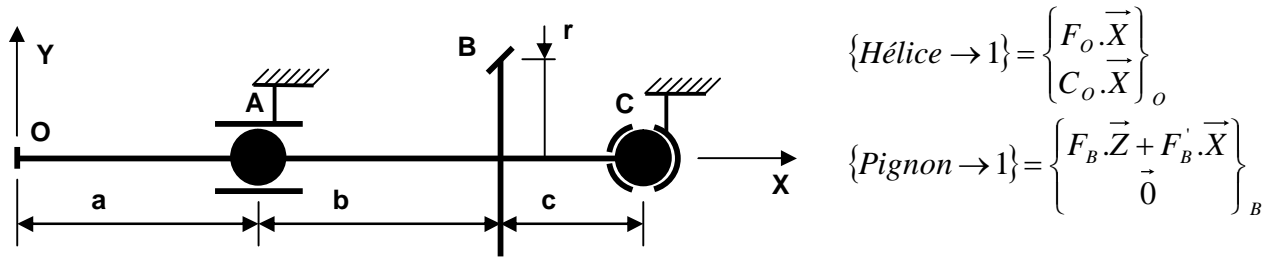
Le matériau doit être dur et inoxydable : un acier avec un pourcentage de carbone compris entre 0,4 et 0,7 convient.

Une trempe superficielle permet d'atteindre la dureté nécessaire.

Analyse du guidage de l'arbre d'hélice (DT9)

L'ensemble arbre d'hélice et roue, noté (1) dans cette partie, tourne à 700 tr/min et est guidé sur trois roulements. L'ensemble (1) subit les actions de l'hélice sur l'arbre et du pignon sur la roue. L'objectif est de valider le dimensionnement des roulements.

Cet ensemble est modélisé ci-dessous :



$$\{Hélice \rightarrow 1\} = \begin{Bmatrix} F_O \cdot \vec{X} \\ C_O \cdot \vec{X} \end{Bmatrix}_O$$

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

$a = b = 220 \text{ mm}$; $c = 130 \text{ mm}$; $r = 90 \text{ mm}$; $F_O = 15000 \text{ N}$; $C_O = -900 \text{ N.m}$ et $F'_B = 0,3.F_B$.

Notation : les torseurs de liaisons en un point I seront notés:

$$\{I \rightarrow 1\} = \begin{Bmatrix} X_I \cdot \vec{X} + Y_I \cdot \vec{Y} + Z_I \cdot \vec{Z} \\ L_I \cdot \vec{X} + M_I \cdot \vec{Y} + N_I \cdot \vec{Z} \end{Bmatrix}_I$$

Question 45 : Justifier la modélisation du guidage et des actions. Calculer de manière littérale les actions dans les roulements ainsi que l'action F_B .

Réponse :

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 coïncidents, il est possible de les modéliser par une rotule complète. Sans négliger le rotulage du roulement à rouleaux cylindriques, il est possible de le modéliser par une liaison linéaire circulaire.

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

Bilan des actions sur (1)

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

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

PFS Résultantes :

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

$$Y_A + Y_C = 0$$

$$Z_A + Z_C + F_B = 0$$

PFS Moments en C :

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

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

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

Résolution :

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

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

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

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

$$Y_C = -Y_A$$

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

Question 46 : Proposer une démarche, sans la mettre en œuvre, permettant de valider le dimensionnement de la liaison roue - arbre.

Réponse :

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 génèrent une pression

uniforme sur la surface d'appuie. 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.

Deux roulements T4CB130 et un N315EG15 sont montés sur l'arbre :

mm	Réf.	mm	mm	mm	mm	mm	10°N	10°N	e	Y	Yo	tr/mn*	tr/mn*
130	T4CB130	185	27	21,0	29,00	38,00	180,0	280,0	0,47	1,27	0,70	1700	2400

mm	Références	mm	mm	mm	mm	10°N	10°N
75	N 315 EG15	160	37	143	-	285	265

Question 47 : En considérant les actions précédemment calculées comme des actions moyennes, déterminer de manière littérale puis numérique la durée de vie moyenne en heures des trois roulements (voir document technique DT11).

Réponse :

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

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

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

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

Pour les charges axiales:

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

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

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

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

Question 48 : Pour les roulements assurant la direction du propulseur (sur le document technique DT10), justifier quel serait le critère le plus sévère qui permettrait de dimensionner ces roulements.

Réponse :

Au regard des efforts importants que subissent ces roulements et de la nécessaire 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 admissible par les roulements.

Analyse de la dynamique de l'arbre d'hélice

Soient J_{mot} l'inertie du rotor d'un moteur, J_V l'inertie des deux arbres verticaux et J_H l'inertie de l'arbre d'hélice et de l'hélice. Soit C_{mot} le couple moteur considéré constant quel que soit sa vitesse. Soit C_R le couple résistant de l'eau sur l'hélice variant avec le carré de la vitesse de rotation ($\mu \cdot \omega_H^2$). Le rapport de réduction (ω_H / ω_{mot}) du renvoi d'angle est noté R .

Question 49 : Déterminer l'inertie équivalente J_{eq} du point de vue du moteur

(rappel : $E_C = \frac{1}{2} J_{eq} \cdot \omega^2$). En négligeant tous les frottements, déterminer, en fonction de J_{eq} , l'équation du mouvement qui permettrait de déterminer le temps que l'hélice mettrait pour atteindre 95% de sa vitesse maximale.

Réponse :

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

PDF en moment sur l'axe moteur:

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

$$C_{mot} - \mu \cdot R \cdot \omega_{mot}^2 = J_{eq} \cdot \frac{d\omega_{mot}}{dt}$$

L'équation différentielle du mouvement est donc: $J_{eq} \cdot \frac{d\omega_{mot}}{dt} + \mu \cdot R \cdot \omega_{mot}^2 = C_{mot}$

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

Document-réponse n°1 (DR1)

Réponses à la question 1 :

Expressions littérales des grandeurs physiques suivantes :

$$V_F = V_L + V_C$$

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

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

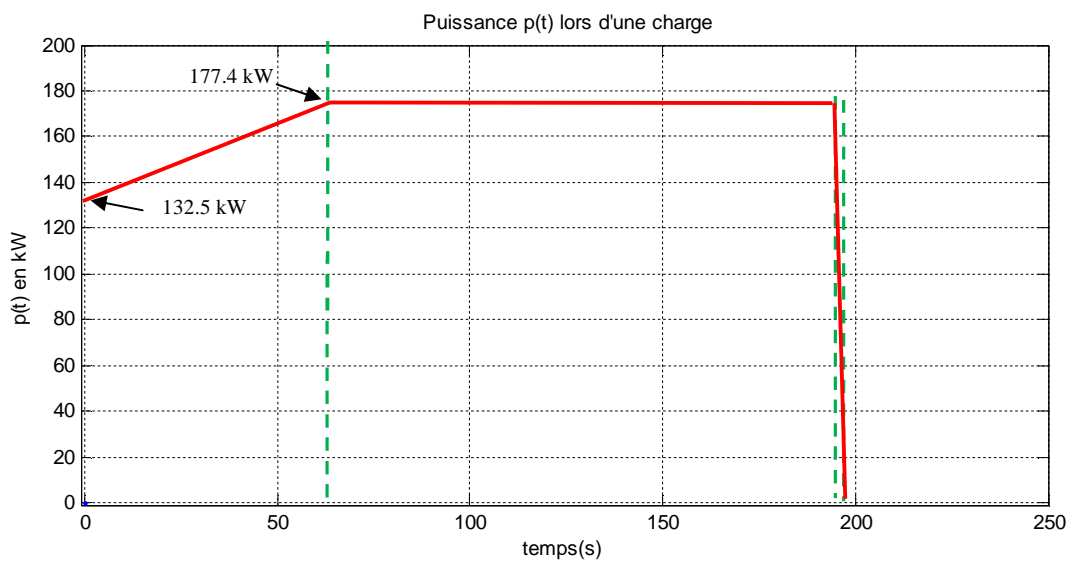
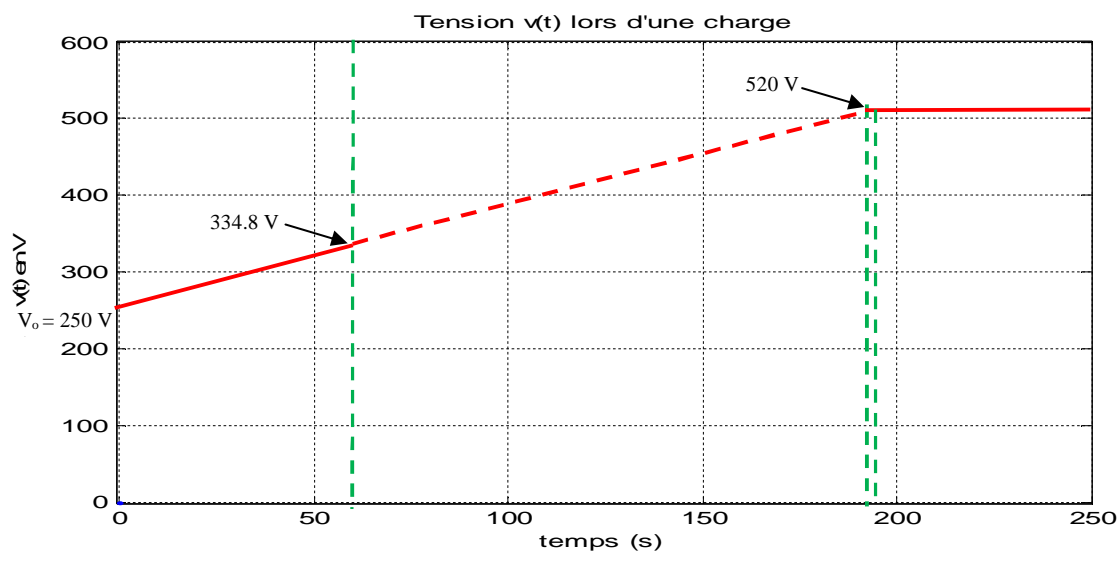
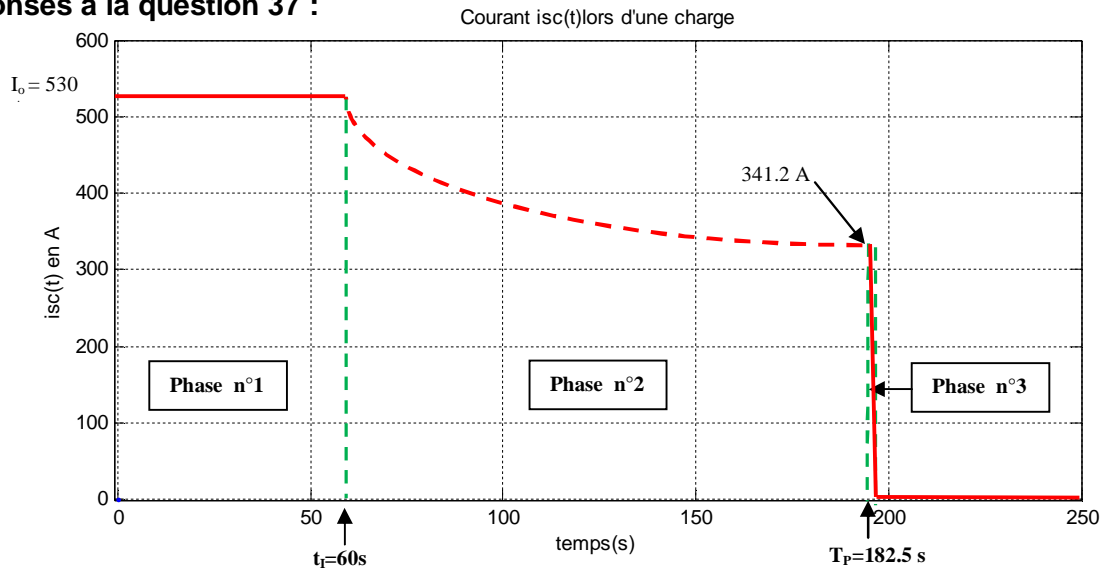
$$W_T = \sum_{i=1}^n W_i$$

Réponses à la question 2 :

	Pen Mané	rade	avant port	Quai des Indes	avant port	rade	Pen Mané
D : Distances (milles)		0,50	0,30		0,30	0,50	
V _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	
□ : 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					

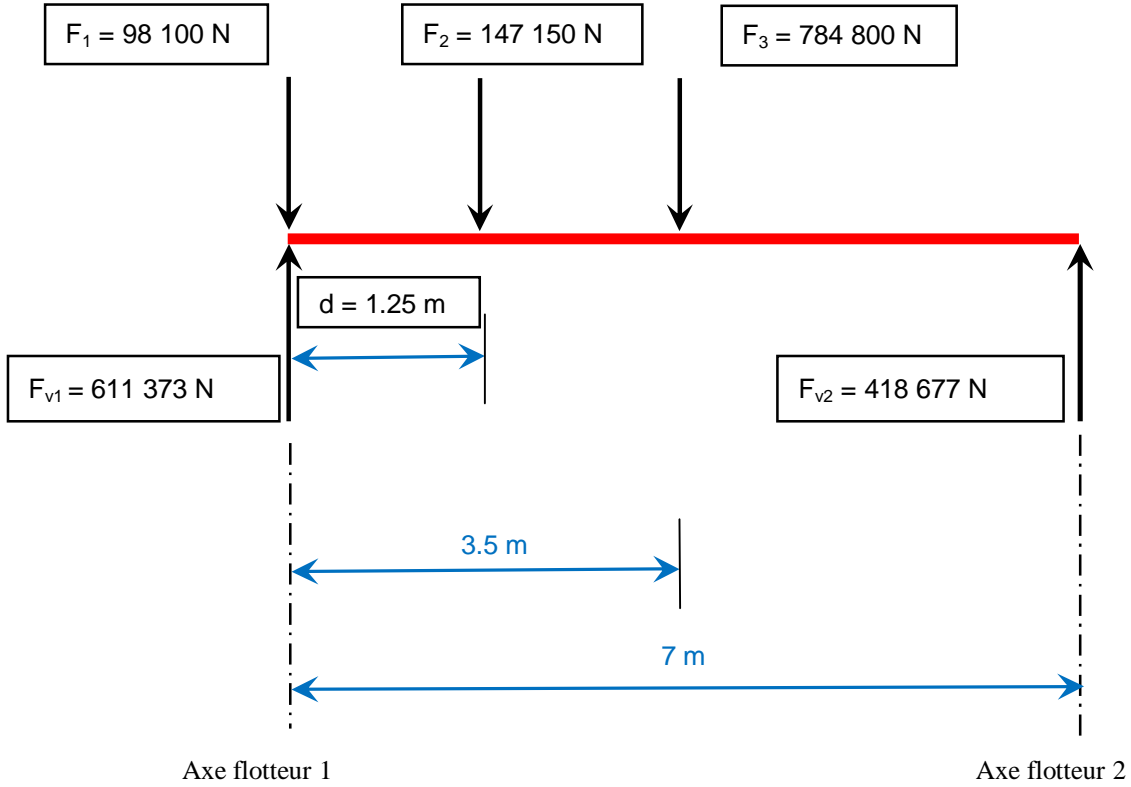
Document-réponse n°3 (DR3)

Réponses à la question 37 :

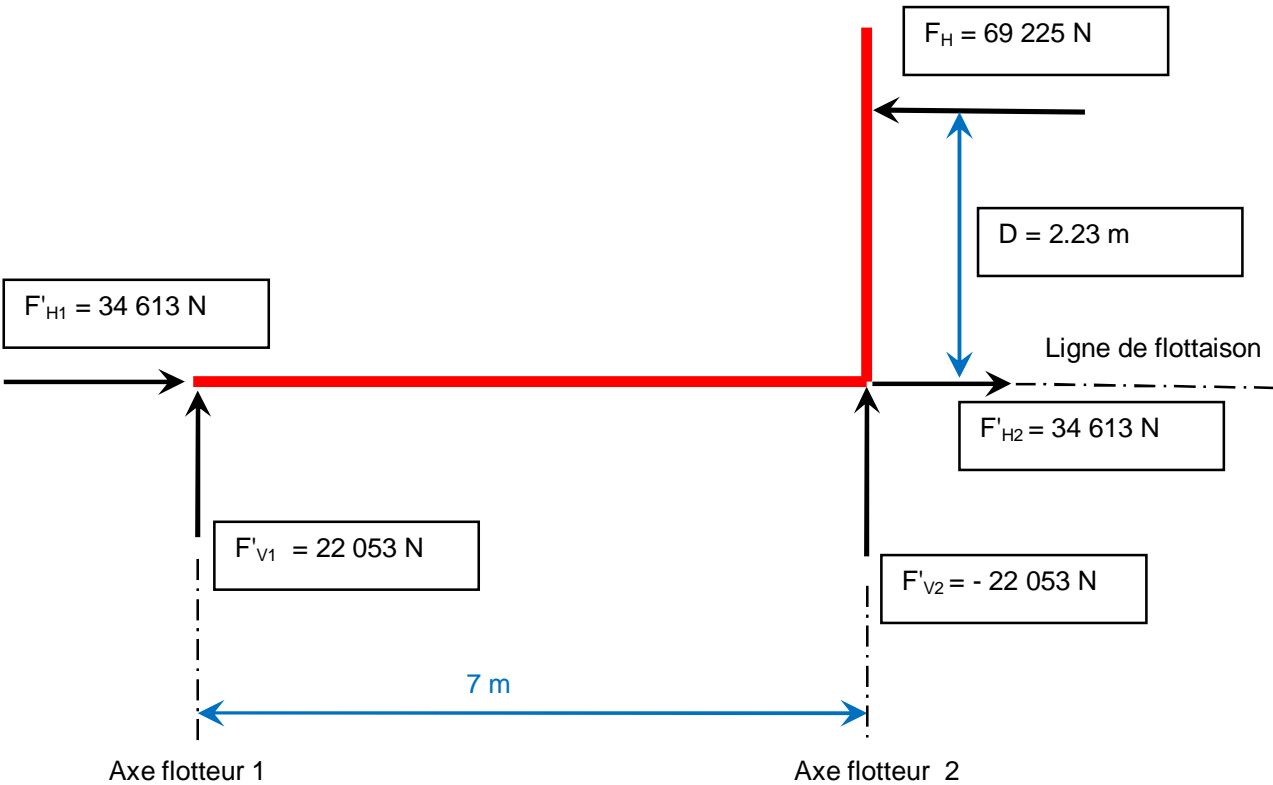


Document-réponse n°4 (DR4)

Réponses à la question 13

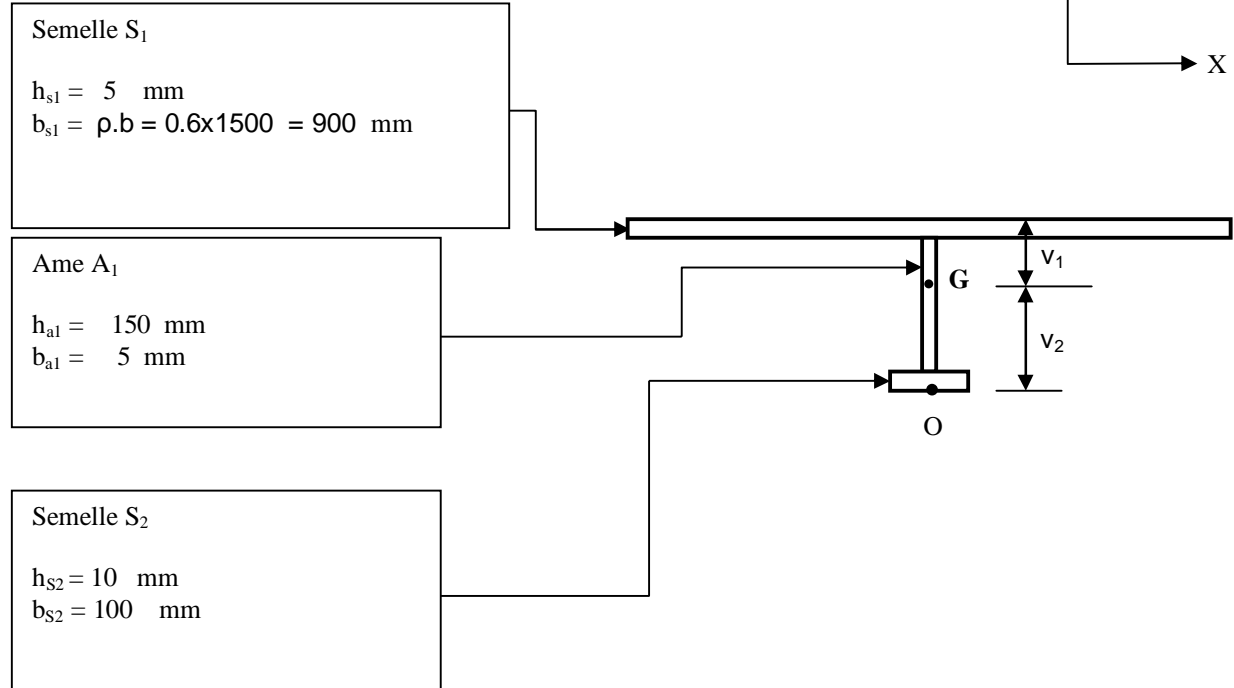


Réponses à la question 17



Document-réponse n°5 (DR5)

Réponses à la question 22



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 Bar	Enthalpie KJ.Kg ⁻¹	Etats du fluide	Transformations
Point 1	-16	4.9	240	Liquide + gazeux	Evaporation
Point 2	-16	4.9	415	(gazeux) + liquide	
Point 3	- 8	4.9	420	gazeux	Compression
Point 4	75	22	475	gazeux	
Point 5	33	22	260	Liquide + (gazeux)	Condensation
Point 6	33	22	245	liquide	Détente

Commentaires du jury :

Ce sujet a été conçu autour des problématiques réelles rencontrées par les ingénieurs de l'entreprise STX et de leurs partenaires.

Il était structuré selon les compétences à mettre en œuvre pour solutionner les problématiques identifiées :

- **Valider** une nouvelle architecture navale de la navette en vérifiant le respect de son autonomie énergétique pour le trajet assigné. (**Partie n°1** : « Architecture Navale et Autonomie Énergétique ») ;
- **Vérifier** après modélisation la flottabilité du navire dans les conditions prévues par le « règlement de classification des navires » du Bureau Veritas. (**Partie n°2** : « Etude de la flottabilité du navire ») ;
- **Vérifier** le dimensionnement d'éléments de structure du navire avant de proposer des solutions de conception. (**Partie n°3** : « Dimensionnement d'éléments de structure ») ;
- **Analyser** un élément de confort passager : la climatisation et plus particulièrement la pompe à chaleur associée. (**Partie n°4** : « Analyse d'un élément de confort ») ;
- **Paramétrer** la loi de commande du convertisseur d'énergie qui permet la charge des supercondensateurs pour valider le temps de charge maximum de 4 minutes. (**Partie n°5** : « Paramétrage de la loi de commande du convertisseur d'énergie »)
- **Analyser** la conception des propulseurs azimutaux de la navette. Justifier les choix technologiques des étanchéités du carter et des éléments mécaniques des guidages avant de modéliser le comportement dynamique de l'arbre d'hélice. (**Partie n°6** : « Etude des propulseurs azimutaux »).

Bilan et conseils :

- Les parties n°1, 2, 4 et 5 ont été les mieux traitées par les candidats. Chaque partie permettait l'expression de connaissances fondamentales dans les différents domaines abordés. Très peu de candidats ont eu une approche globale du problème posé.

Nous rappelons que la préparation de l'épreuve commune requiert une culture élargie à tous les domaines des sciences industrielles (Ingénierie mécanique, ingénierie électrique et ingénierie des constructions).

- La validation des solutions technologiques proposées nécessitait une résolution mathématique des problèmes mis en équation. Le jury relève pour certains candidats des difficultés à mener à terme ces développements.

Le jury invite donc les futurs candidats à travailler à la maîtrise des outils mathématiques fondamentaux et indispensables aux sciences de l'ingénieur tels que la résolution d'équations différentielles à coefficients constants, le calcul intégral, etc...

- La modélisation ou la résolution des problèmes posés nécessite une démarche scientifique rigoureuse et argumentée : la réflexion et l'étude d'une partie doivent être expliquées en détail. Les calculs posés rapidement ne suffisent pas.

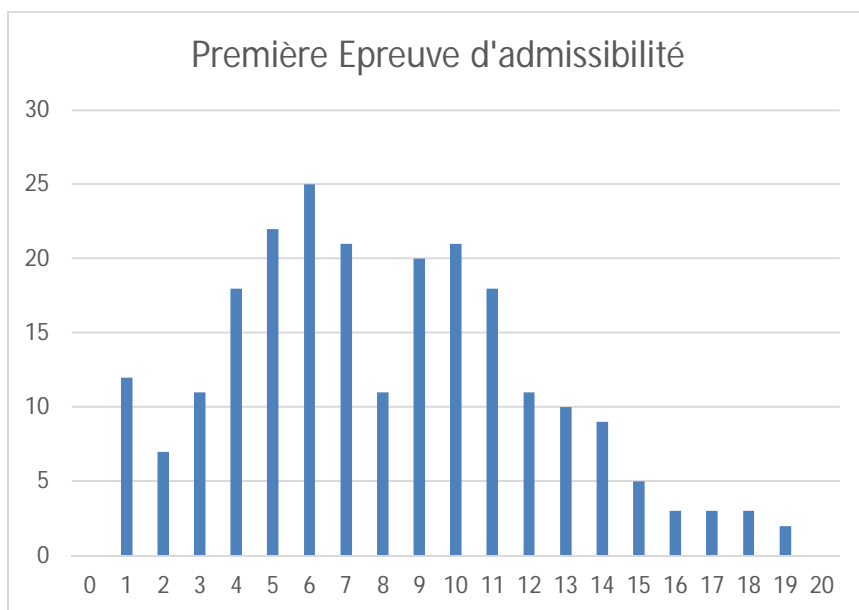
Remarques d'ordre général

Le jury rappelle que:

- les questions doivent être lues attentivement afin de n'oublier aucune des réponses attendues ;
- les copies doivent être soignées (écriture lisible, orthographe, présentation claire des résultats);
- les notations de l'énoncé doivent être impérativement respectées;
- les réponses doivent être données sous formes littérales, puis chaque grandeur doit être remplacée par sa valeur numérique en respect de sa position dans la relation de départ avant de donner le résultat numérique avec unité.

Répartition des notes de l'épreuve :

Le graphe suivant fournit le nombre de candidats (ordonnée) ayant obtenu la note figurant en abscisse.



Epreuves d'admissibilité

Exploitation pédagogique d'un dossier technique (2^{ème} épreuve) :

Coefficient 1 - durée : 6 heures

Téléchargement du sujet :

http://eduscol.education.fr/sti/concours_examens/agregation-interne-sii-2015-sciences-industrielles-de-lingenieur-ingenierie

Salle des fêtes de Roeschwoog

Éléments de Corrigé

ENJEUX :

De tous les secteurs économiques, celui du bâtiment est le plus gros consommateur d'énergie en France (42,5 % de l'énergie finale totale) et génère 23 % des émissions de gaz à effet de serre (GES). La facture annuelle de chauffage représente 900 € en moyenne par ménage, avec de grandes disparités (de 250 € pour une maison « basse consommation » à plus de 1 800 € pour une maison mal isolée). Ces dépenses tendent à augmenter avec la hausse du prix des énergies.

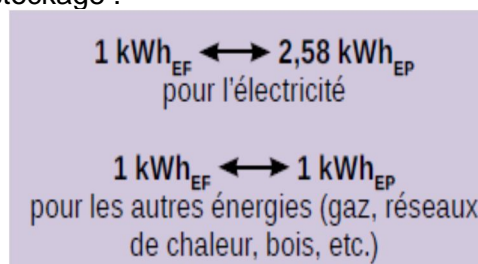
Aussi, afin de réduire durablement les dépenses énergétiques, le Grenelle Environnement prévoit la mise en œuvre d'un programme de réduction des consommations énergétiques des bâtiments (articles 3 à 6 de la loi « Grenelle 1 » du 3 août 2009).

Depuis la mise en place d'une réglementation thermique (1974), la consommation énergétique des constructions neuves a été divisée par 2. Le Grenelle Environnement a prévu de la diviser à nouveau par 3 grâce à la réglementation thermique RT 2012.

Pour atteindre cet objectif, le plafond de 50kWhEP/(m².an), valeur moyenne du label « bâtiments basse consommation » (BBC), est devenu la référence dans la construction neuve. Ce saut a permis de prendre le chemin des bâtiments à énergie positive en 2020.

La réglementation thermique 2012, tout comme la RT 2005, exprime des exigences en énergie primaire, à ne pas confondre avec l'énergie finale. L'énergie finale (kWh_{EF}) est la quantité d'énergie disponible pour l'utilisateur final. L'énergie primaire (kWh_{EP}) est la consommation nécessaire à la production de cette énergie finale.

Par convention, du fait des pertes liées à la production, la transformation, le transport et le stockage :



La RT 2012 pose 3 exigences de performances énergétiques :

- La consommation conventionnelle en énergie primaire (CEP) du bâtiment doit être inférieure à une valeur **CEP_{max}** dont la valeur est d'environ **50kWh/(m².an)** modulée en fonction de la zone climatique. Elle s'appuie sur un calcul **conventionnel** des consommations énergétiques liées aux postes : chauffage, production d'eau chaude sanitaire, éclairage, refroidissement éventuel, consommateurs auxiliaires, déduction faite des éventuelles productions locales d'énergie, et en prenant en compte les apports « gratuits »....
- Le besoin bioclimatique conventionnel (BBIO) est une exigence de limitation simultanée des besoins en énergie pour les composantes liées au bâti (chauffage, éclairage, refroidissement). Il

doit être inférieur à une valeur **BBIO_{max}** dépendant de la catégorie du bâtiment, de son utilisation, de sa zone géographique et de sa surface. C'est un indicateur qui rend compte de la qualité de la conception imposant son optimisation, indépendamment des systèmes énergétiques mis en œuvre. Il valorise la conception bioclimatique (accès à l'éclairage naturel, aux apports solaires), l'isolation performante et la mitoyenneté.

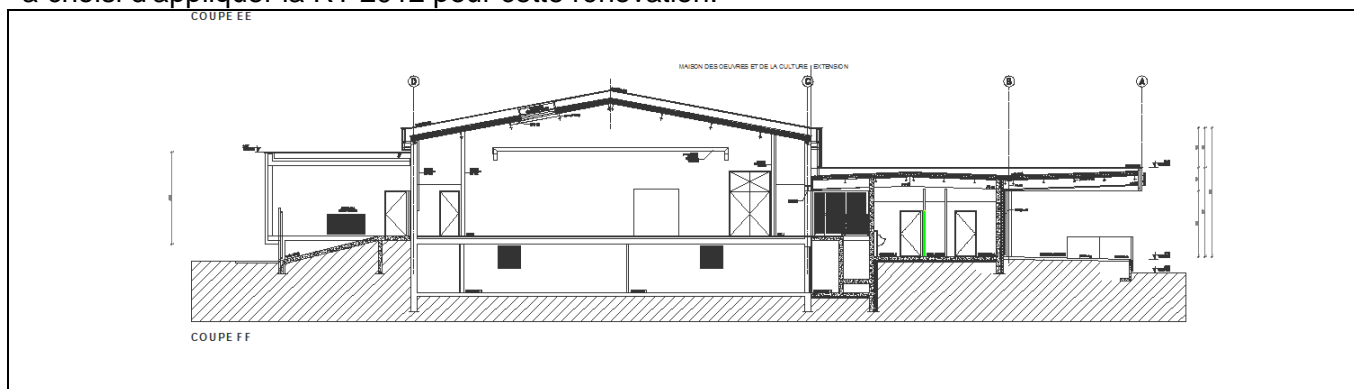
- La température intérieure conventionnelle (TIC) est une exigence de confort en été. Elle assure que pendant les 5 jours les plus chauds, la température intérieure reste inférieure à une valeur maximale **TIC_{ref}** (définie sur un bâtiment de référence).

La RT 2012 impose aussi des **exigences de moyens** :

- traitement des ponts thermiques significatifs,
- généralisation, pour le logement, du principe du test de l'étanchéité à l'air du bâtiment,
- obligation de mise en place de protections solaires pour les locaux de sommeil,
- recours aux énergies renouvelables (EnR) ou à des systèmes très performants (eau chaude sanitaire thermodynamique ou micro-cogénération) en maisons individuelles ou accolées,
- surface minimale pour les baies vitrées (1/6 de la surface habitable).

CONTEXTE :

La mairie de la ville de Roechwoog située en Alsace, souhaitait rénover sa salle des fêtes en 2013. Elle a choisi d'appliquer la RT 2012 pour cette rénovation.



Le sujet de l'épreuve portera en partie A sur la modélisation, les justifications et les exploitations des solutions proposées pour la salle des fêtes, puis en partie B sur l'exploitation pédagogique en STI2D du contexte et des solutions retenues.

PARTIE A : ÉTUDE THEORIQUE DES PROBLEMATIQUES (DUREE CONSEILLEE : 3H)

Partie A-1 : RT 2012 et Modélisation thermique des bâtiments

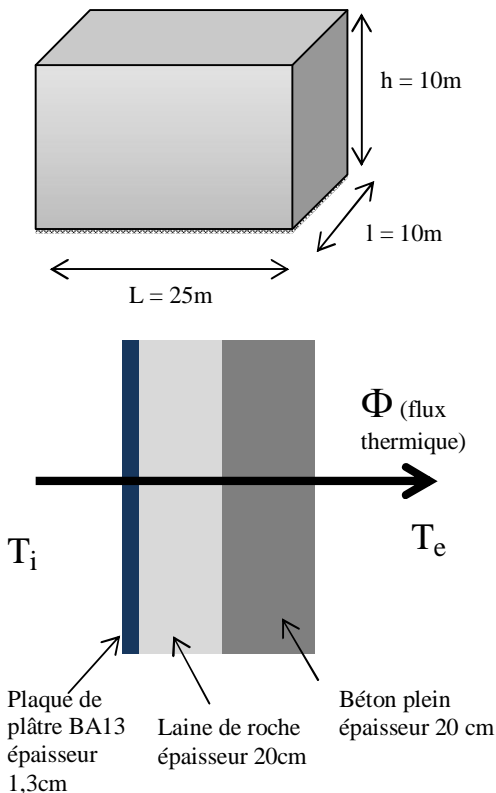
Le calcul des valeurs de CEP, BBIO et TIC est réalisé par des logiciels normalisés validés par le ministère du développement durable.

L'objectif de cette partie est d'effectuer une modélisation simple du bâti afin d'évaluer l'influence de quelques paramètres sur les calculs de CEP et TIC, en ne prenant en compte que la part « chauffage » des consommations énergétiques.

La modélisation thermique s'appuiera sur les informations données dans le **Document 1** (page 31/43).

A-1.1. Echanges thermiques en régime statique

Salle des fêtes de Roeschwoog



Le modèle de calcul utilisé pour la certification RT 2012 prend en compte l'intégralité du bâti, avec ses différents groupes de salles et de zones et leurs interactions.

Nous utiliserons en première analyse un modèle simplifié de la salle des fêtes dans ses dimensions externes qui est un parallélépipède rectangle dont les dimensions sont données ci-contre.

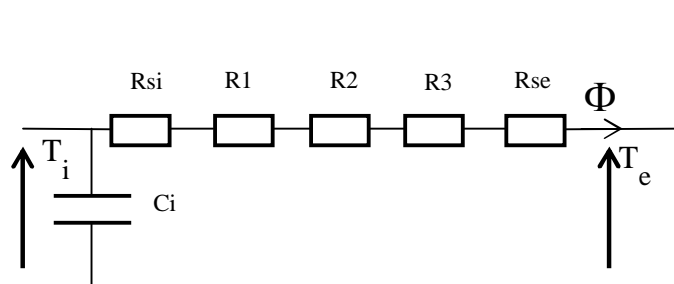
Les calculs seront effectués avec une structure de parois et de toiture composée de 20cm de béton plein armé (2,1% d'acier) isolée par l'intérieur grâce à 20cm de laine de roche (densité 120kg/m^3), doublée d'une plaque de plâtre à parement de carton (BA13). Les lames d'air ne sont pas prises en compte.

La surface hors d'œuvre nette (SHON) sera considérée égale à la surface extérieure du bâti.

Afin de simplifier la modélisation, on ne prend en compte que les pertes par parois opaques en contact avec l'air extérieur.

Les pertes par le sol, les ponts thermiques intégrés ou non et les différentes ouvertures ne seront pas comptabilisées.

On adopte pour 1m^2 de paroi opaque (toit et murs) le modèle RC équivalent ci-dessous où :



Ce modèle est établi pour 1m^2 de surface d'échange

$R_{si}=0,13 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ et $R_{se}=0,04\text{m}^2\cdot\text{K/W}$.
(résistances superficielles intérieures et extérieures des parois),

R_1 est la résistance de la BA13,

R_2 est la résistance de l'isolant,

R_3 est la résistance du mur béton,

T_i est la température intérieure,

T_e est la température extérieure,

C_i est la capacité thermique équivalente de l'air contenu dans le local, ramenée à 1m^2 de surface d'échange.

Questionnement :

Modèle de calcul

Q A-1.1. Donner en $\text{m}^2\cdot\text{K/W}$ la valeur de R_1 , R_2 et R_3 , en déduire la résistance thermique totale R_t des parois opaques et le coefficient de transmission thermique U_p en $\text{W}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$.

$$\lambda_1 = 0,25\text{W/m}\cdot\text{K} \text{ d'où } R_1 = e_1/\lambda_1 = 5,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$$

$\lambda_2 = 0,044\text{W/m.K}$ d'où $R_2 = e_2/\lambda_2 = 4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$
 $\lambda_3 = 2,5\text{W/m.K}$ d'où $R_3 = e_3/\lambda_3 = 8 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2\text{K/W}$
 $U_p = 1/R_t = 0,208 \text{ W/K.m}^2$

Q A-1.2. En négligeant l'épaisseur des parois, calculer en J/K la capacité thermique totale C_{it} du volume d'air du bâtiment. En déduire (en $\text{J}/(\text{K.m}^2)$) la valeur de C_i ramenée à 1 m^2 de surface d'échange.

Pour l'air, $C_p = 1008 \text{ J/kg.K} = 1234 \text{ J/K.m}^3$ du fait de sa densité ($1,23 \text{ kg/m}^3$)
D'où une capacité thermique totale $C_{it} = 3,1 \cdot 10^6 \text{ J/K}$ ($V = 2500 \text{ m}^3$)
Ramené à 1 m^2 de surface d'échange, $C_i = 3262 \text{ J/K.m}^2$ ($\text{Sech} = 950 \text{ m}^2$)

Q A-1.3. Montrer qu'en régime établi de température ($T_i = \text{cste}$), le flux thermique est indépendant de C_i . Calculer Φ (dont vous donnerez l'unité) pour $T_i = 20^\circ\text{C}$ et $T_e = -9^\circ\text{C}$ (valeur de référence pour la région considérée en hiver). En déduire les pertes thermiques totales $\dot{\Phi}_t$ du bâtiment dans ces conditions.

Dans C_i , le flux thermique vaut $\Phi_i = C_i \cdot dT_i/dt$ qui est donc nul si T_i est constant.

On a alors $\Phi = U_p \cdot (T_i - T_e) = 6 \text{ W/m}^2$ et $\dot{\Phi}_t = 950 \cdot \Phi = 5730 \text{ W}$

Q A-1.4. Calculer alors pour une journée d'hiver, en supposant que les températures intérieures et extérieures ne varient pas, la déperdition énergétique journalière par unité de surface du bâtiment W_j en $\text{kWh/m}^2_{(\text{shon})}$. Combien de jours peut-on avoir cette température extérieure afin de conserver un CEP $< 50 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{an})$ (chauffage non électrique) ?

$W_{jt} = 24 \cdot \dot{\Phi}_t = 137 \text{ kWh/Jour}$. Ramené à 1 m^2 shon : $W_j = W_{jt}/250 = 0,55 \text{ kWh/m}^2$ par jour.
On peut donc envisager 90 jours dans ces conditions.

Estimation des pertes annuelles

Les données météorologiques moyennes pour la région font apparaître que le bâtiment doit être chauffé 8 mois par an ($T_e < 20^\circ\text{C}$) et que la température moyenne durant cette période vaut $\langle T_e \rangle = 9^\circ\text{C}$. La température intérieure est supposée constante durant cette période ($T_i = 20^\circ\text{C}$). Soit W_0^T la déperdition énergétique du bâtiment par m^2 de surface d'échange sur une période de temps T correspondant à la période de chauffe et $\langle \Phi \rangle$ le flux thermique moyen sur cette même période, on admet que $W_0^T = \langle \Phi \rangle \cdot T$

Q A-1.5. Montrer que durant cette même période, on peut écrire que

$$W_0^T = (T_i - \langle T_e \rangle) \cdot U_p \cdot T$$

En déduire la déperdition énergétique annuelle par unité de surface W_a en $\text{kWh/m}^2_{(\text{shon})}$.

$W_0^T = \langle \Phi \rangle \cdot T = \langle (T_i - T_e(t)) \cdot U_p \rangle \cdot T = (T_i - \langle T_e \rangle) \cdot U_p \cdot T$ car T_i et U_p sont constant
 $W_0^T = (20 - 9) \cdot 0,208 \cdot 8 \cdot 30 \cdot 24 = 13,2 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{an}$, donc au total 12520 kWh/an , ramené à 250 m^2 shon :
 $W_a = 50 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{an}$

Q A-1.6. Nous n'avons pris en compte que les déperditions thermiques et le modèle utilisé est très imparfait (non prise en compte de l'intégralité du bâtiment, des ouvertures, des ponts thermiques...). Rédiger un paragraphe (10 lignes +/- 2 lignes) synthétisant votre travail et donnant des pistes pour la conception du bâtiment et le choix de la source de chauffage afin de satisfaire aux exigences liées au CEP dans la RT 2012.

L'étude montre qu'il est important d'isoler le bâtiment de manière très efficace. La non prise en compte d'autres sources de consommation énergétique (ventilation, éclairage....) rendra impossible le respect de la RT 2012 avec une structure béton+ 20cm isolant.

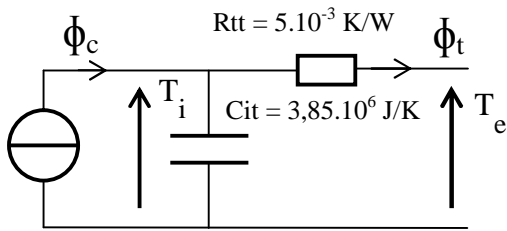
Il faut réduire la surface d'échange pour une surface shon donnée (structure plus cubique que rectangulaire, mitoyenneté...)

Il faudra également privilégier les apports passifs (orientation et taille des surfaces vitrées)

On peut également choisir un chauffage économe en énergie primaire (PAC)

A-1.2. Puissance thermique nécessaire (régime dynamique de mise en chauffe)

On adopte pour l'ensemble des échanges thermiques du bâtiment le modèle RC équivalent ci-dessous :



Modèle établi pour la totalité du bâtiment

R_{tt} est la résistance totale d'échange (murs et plafond),
 T_i est la température intérieure,
 T_e est la température extérieure,
 C_{it} est la capacité thermique du local (valeur calculée précédemment augmentée de la capacité thermique du mobilier),
 Φ_c est le flux thermique délivré par le générateur de chaleur (en W),
 Φ_t est le flux thermique total échangé avec l'extérieur.

Dans cette partie, on supposera que la température extérieure est constante et vaut 0°C , et que le générateur de chaleur délivre un flux thermique Φ_c constant.
 La valeur initiale de T_i vaut $T_i(0) = 5^\circ\text{C}$.

Questionnement :

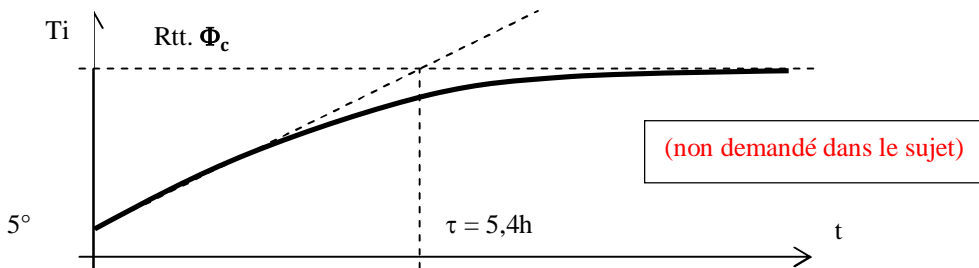
Q A-1.7. Etablir l'équation différentielle liant T_i à Φ_c et aux autres constantes du modèle.

$$\Phi_c = C_{it}.dT_i/dt + (T_i - T_e)/R_{tt} \text{ d'où } R_{tt}. \Phi_c + T_e = R_{tt}.C_{it}.dT_i/dt + T_i$$

Q A-1.8. Résoudre cette équation et montrer que T_i se met sous la forme :

$$T_i(t) = (R_{tt}. \Phi_c + T_e). \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) + T_i(0). e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Nota : le sujet donné aux candidats présentait une petite erreur au niveau de cette expression. Il en a été tenu compte lors de la correction des questions QA-1.8 et QA-1.9



Q A-1.9. Calculer le flux thermique Φ_c nécessaire pour atteindre une température de 20°C en 30mn.

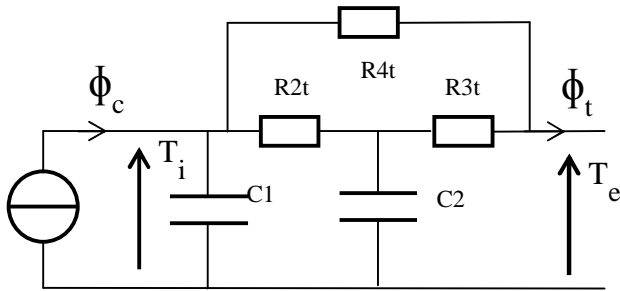
$$T_i(t) = (R_{tt}. \Phi_c). \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) + 5. e^{-\frac{t}{\tau}} \text{ d'où } R_{tt}. \Phi_c = \frac{20 - 5e^{-\frac{t}{\tau}}}{1 - e^{-\frac{t}{\tau}}} \text{ à } t = 1800\text{s}$$

On trouve $\Phi_c = 34,6 \text{ kW}$

A-1.3. Echanges thermiques en régime dynamique, inertie thermique :

Le modèle précédent, très simpliste ne prend pas en compte les échanges liés aux ponts thermiques et aux ouvertures, ni les inerties thermiques du bâti (murs, plafonds, dalles...).

Plusieurs modèles peuvent être utilisés. Nous envisagerons ici un modèle mono zone (le bâti est modélisé dans son intégralité) comportant 3 résistances et 2 capacités thermiques.



Modèle mono zone R3C2 représentant l'intégralité du bâtiment

C1 représente l'ensemble des inerties thermiques internes au bâtiment (air, mobilier, parois légères...),
C2 représente l'inertie thermique des parois lourdes de l'enveloppe du bâti (murs),
R2t et R3t : déperditions affectées d'inertie (à travers les parois lourdes : béton et isolant),
R4t : déperditions non affectées d'inertie (ventilation, baies, ponts thermiques....).

C1 prendra la valeur précédente de C_{it} .

R4t sera supposée infinie,

R2t et R3t sont les résistances thermiques totales respectivement de l'isolant et des murs en béton,

Φ_c est le flux thermique du système de chauffage (générateur de chaleur),

Φ_t est le flux thermique échangé avec l'extérieur du bâtiment.

Questionnement :

Problématique en été :

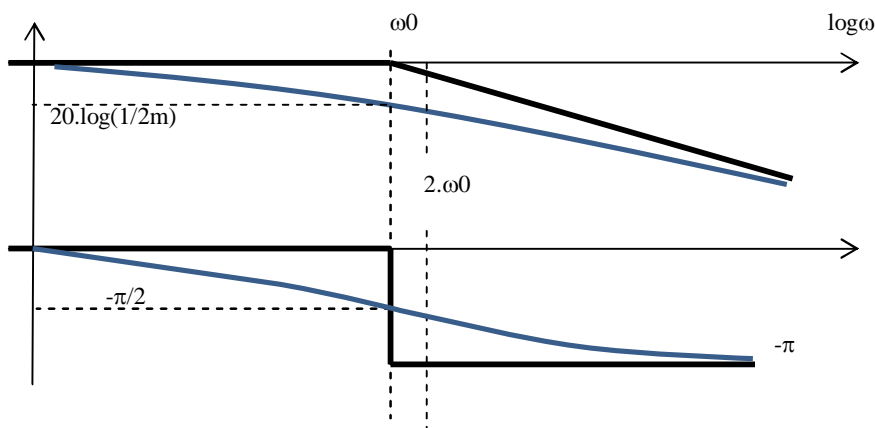
On suppose qu'en été la température extérieure T_e sur une journée prend la forme d'une fonction sinusoïdale de valeur moyenne 20°C , de période 24h et d'amplitude 10°C . Nous allons examiner la « réponse thermique » du bâtiment à cette perturbation. **Il n'y a pas de chauffage.** On peut montrer que $\langle T_e \rangle = \langle T_i \rangle$.

Q A-1.10. Montrer que la transmittance complexe en température se met sous la forme :

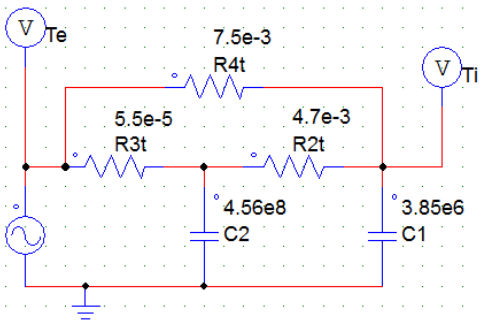
$$\frac{T_i}{T_e} = \frac{1}{1 + 2 \cdot j \cdot m \cdot \frac{\omega}{\omega_0} + j^2 \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2} \text{ avec : } \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{R_2 R_3 C_1 C_2}} \text{ et } m = \frac{R_3 C_2 + R_2 C_1 + R_3 C_1}{2 \sqrt{R_2 R_3 C_1 C_2}}$$

En posant R4t comme infinie, le déroulé du calcul ne pose pas de problème, l'identification des paramètres pour une forme canonique du second ordre est classique

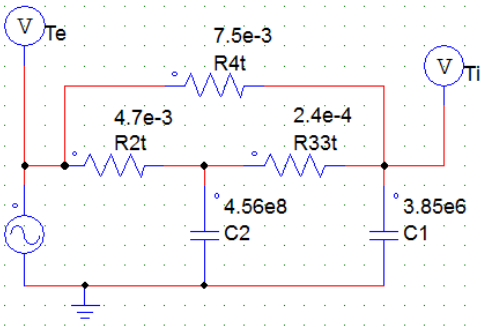
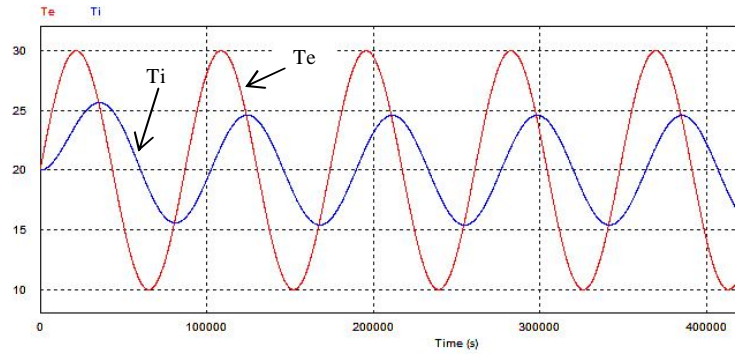
Q A-1.11. Après avoir tracé l'allure des diagrammes de Bode (amplitude et phase) de cette transmittance, justifier qualitativement le fait que plus son amortissement est important, moins grandes sont les variations journalières de la température interne (on donne : $\omega \sim 2 \cdot \omega_0$).



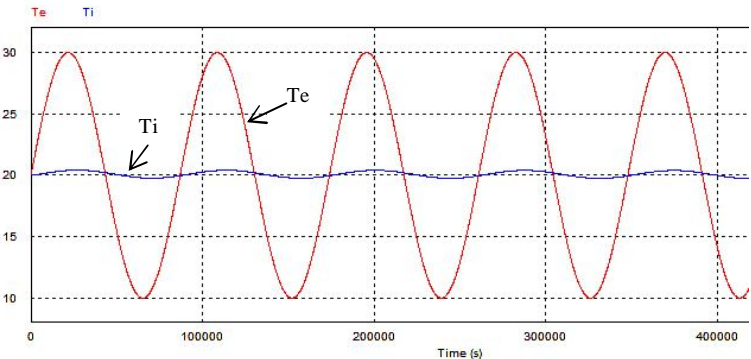
A $\omega \sim 2 \cdot \omega_0$, le déphasage voisin de $-\pi/2$ ne dépend pas de m . l'atténuation par contre est voisine et inférieure à $1/2 \cdot m$. l'amortissement thermique a donc une influence prépondérante sur l'évolution de la température interne. L'amplitude de T_i est donc réduite si m augmente



Isolation par l'intérieur



Isolation par l'extérieur



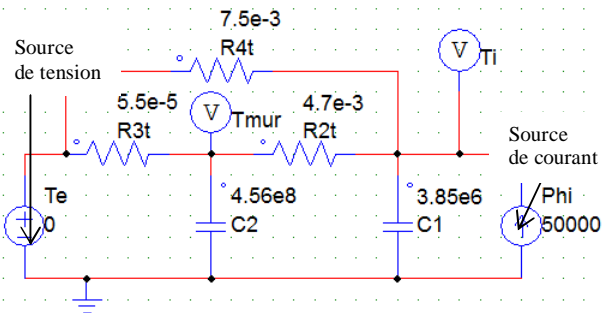
On donne ci-dessus deux résultats de simulation avec le modèle complet (prise en compte des pertes non encore comptabilisées par R_{4t}), correspondant à une isolation par l'intérieur puis par l'extérieur : Les positions de R_{2t} et R_{3t} sont inversées, et R_{3t} voit sa valeur ajustée en R_{33t} pour intégrer les contributions de la plaque BA13, de la lame d'air et de la résistance R_{si} non négligeables dans ce cas vis-à-vis de R_{3t} .

Q A-1.12. Commenter ces résultats, et conclure quant aux paramètres liés au bâti qui influencent le respect de la TIC imposée par la RT 2012.

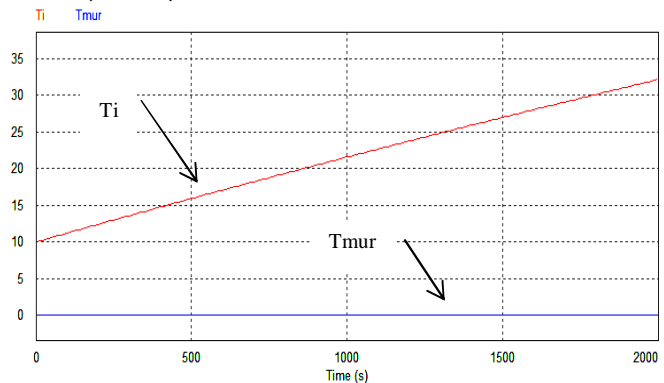
La position respective de R_2 et R_3 influe sur le facteur d'amortissement thermique (on peut calculer les 2 valeurs en négligeant R_4)
 On observe bien que le déphasage est à peu près constant.
 L'amplitude de la variation de température interne en été est fortement diminuée dans le cas d'une isolation par l'extérieur. La forte inertie du mur intérieur s'ajoute pratiquement à celle de l'air car R_{3t} est très faible. Elle diminue les variations de température intérieure. Cette solution est donc à privilégier afin d'éviter d'avoir recours à des systèmes de climatisation.

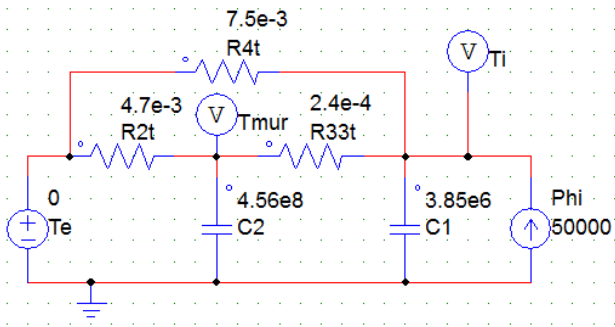
Problématique en hiver

Les deux simulations ci-dessous montrent la montée en température du local avec une température intérieure initiale de 10°C et une température extérieure de 0°C . Dans les deux cas, la puissance de chauffe est constante (50kW).

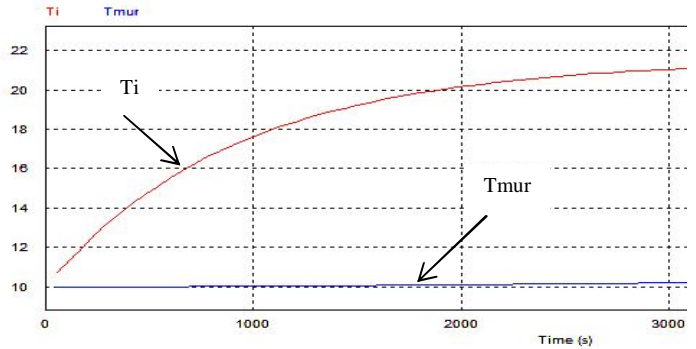


Isolation par l'intérieur





Isolation par l'extérieur



Q A-1.13. Commenter ces résultats.

Isolation par l'intérieur : Le mur extérieur reste à environ 0°, le gradient de température est absorbé par l'isolant. La puissance de 50 KW permet d'atteindre 20° en environ 870s soit 15 mn. L'inertie intérieure est celle de l'air. La puissance de chauffe permet de la mettre en température rapidement. En cas d'arrêt de chauffe, la température intérieure évoluera aussi rapidement qu'à la chauffe, si le mur extérieur a conservé sa température.

Isolation par l'extérieur : Les murs en béton absorbent une partie de la puissance, mais leur température évolue très lentement en raison de leur inertie (paroi froide). Les 50KW permettent d'atteindre 20° en 1900s soit 32 mn. Il faudra augmenter considérablement la puissance pour améliorer le temps de chauffe en raison de l'inertie du mur intérieur, bien supérieure à celle de l'air et s'ajoutant à cette-ci en raison de la faible valeur de R3t. La température sera cependant bien conservée en cas d'arrêt de chauffe, lorsque le mur intérieur aura atteint 20°.

Q A-1.14. La RT 2012 incite à mettre en place des scénarii comportant plusieurs niveaux de températures intérieures régulées en fonction de l'occupation des locaux. Que peut-on en conclure quant au dimensionnement du système de chauffage en fonction du type d'isolation?

Pour la mise en place de scénarii de températures intérieures, il est important que celle-ci évolue vite (surtout dans le sens élévation) sans nécessiter de puissance importante. L'isolation intérieure est donc préférable dans ce cas.

Bilan de l'étude

Q A-1.15. Rédiger un paragraphe (de 10 lignes +/- 2 lignes) synthétisant votre travail dans la partie A-1. Vous expliquerez clairement les facteurs influençant le dimensionnement de la puissance de chauffe et les avantages et inconvénients d'une isolation par l'intérieur ou par l'extérieur. Vous montrerez également l'importance de prendre en compte toutes les inerties thermiques ainsi que leur localisation dans les modèles de calcul.

L'isolation par l'intérieur permet de minimiser le dimensionnement du système de chauffage pour des performances dynamiques données.

L'isolation par l'extérieur permet d'éviter le recours à un système de climatisation l'été pour maintenir une température intérieure conforme au Tic. Ce phénomène sera amplifié par la prise en compte de toutes les inerties thermiques internes favorisant le « lissage » de la température.

Il semble donc intéressant d'envisager des systèmes d'isolation des deux côtés du mur inerte afin de combiner les avantages des 2 solutions.

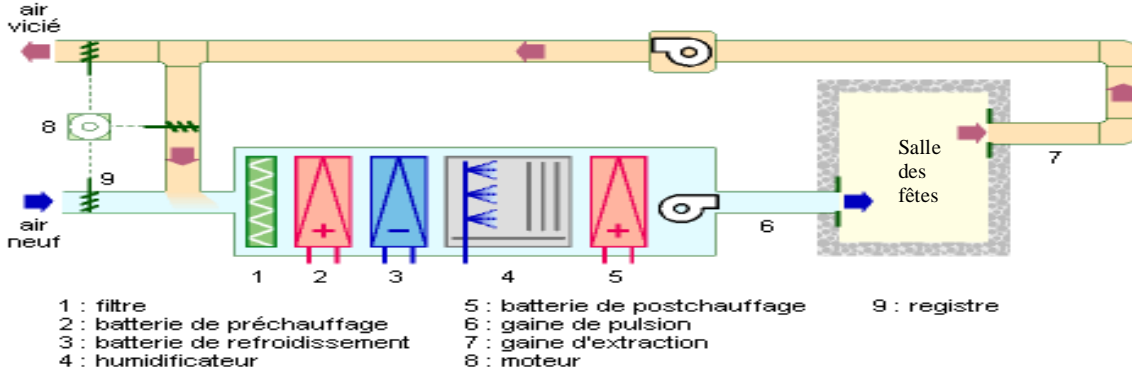
Notons également que le respect du Cepmax impose l'utilisation de systèmes d'isolation performant, de systèmes de chauffage économes en énergie primaire, et de valoriser les apports gratuits.

Partie au choix A2 ou A3
Indiquer clairement sur votre copie le choix retenu (A2 ou A3)

Partie A-2 : Chauffage de la salle des fêtes par centrale de traitement d'air associée à une pompe à chaleur

La salle des fêtes est équipée d'une centrale de traitement d'air assurant :

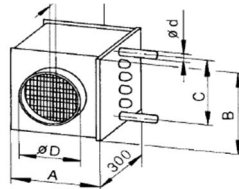
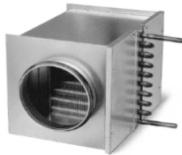
- Le renouvellement de l'air, le contrôle de l'hygrométrie, le filtrage,
- Le chauffage (batterie chaude),
- Le refroidissement (batterie froide),
- La régulation de température.



On rappelle ci-dessus le schéma de principe d'une telle installation.

L'objectif de cette partie est de mettre en évidence la problématique liée à l'association de la batterie chaude avec un système de production d'eau chaude par pompe à chaleur air/eau à compresseur électrique.

A-2.1. Dimensionnement d'une batterie chaude



Une batterie chaude est un échangeur à plaques dans lequel circule de l'eau chaude. L'air est pulsé dans l'échangeur par un ventilateur afin d'être réchauffé.

Son dimensionnement pour une installation donnée tient compte :

- Des dimensions de la surface d'échange (donc de la taille de la batterie),
- Du débit d'air,
- Des températures d'entrée et de sortie d'eau (appelées aussi « régime d'eau » de la batterie).

Type	N° Réf.	Adapté au ventilateur diamètre ø mm	Caractéristiques sur l'air					Caract. sur l'eau ¹⁾		Dimensions			
			Puissance kW ¹⁾ kW ²⁾		Δ T air K ¹⁾ K ²⁾		à V m³/h	Pertes de charge Δp _w kPa	Débit d'eau l/h	A mm	B mm	C mm	D mm
WHR 100	9479	100	1,9	0,9	35	17	150	1	84	165	180	140	100
WHR 125	9480	125	2,6	1,1	29	13	250	2	115	165	180	140	125
WHR 160	9481	160	5,5	3,1	38	22	400	11	245	240	255	215	160
WHR 200	9482	200	7,2	4,1	33	19	600	17	317	245	255	215	200
WHR 250	9483	250	10,7	6	37	21	800	8	470	315	330	290	250
WHR 315	9484	315	18,3	10,4	36,2	21	1400	9	810	400	405	365	315
WHR 355	8790	355	24,5	14	38	21,6	1800	9	1080	465	480	420	355
WHR 400	9524	400	26,2	15	36	21	2000	11	1060	465	480	420	400

Ces valeurs sont données pour T° air extérieur 0°C et T° entrée / sortie eau: 1) 90/70 °C 2) 60/40 °C 3) 3/4"= 19,05 mm, 1"= 25,4 mm, filetage extérieur 4) alte

On donne à titre d'exemple, le tableau ci-dessus permettant de dimensionner une batterie de chauffage.

Questionnement :

L'une des parties de la salle des fêtes nécessite une puissance crête de chauffage de 5,5kW lorsque la température extérieure est de 0°C.

On souhaite comparer deux choix de régime d'eau : 90/70°C ou 60/40°C.

Q A-2.1. Montrer que le choix du régime d'eau influe fortement sur le dimensionnement de la batterie chaude ainsi que sur le dimensionnement des ventilateurs de soufflage. Conclure.

Avec un régime d'eau de 90/70 et une seule batterie, une WHR 160 avec un débit d'air de 400m³/h suffit.
Avec un régime d'eau de 60/40, il faudra une WHR 250, de taille plus importante et avec un débit d'air de 800m³/h
L'équipement sera donc plus onéreux et encombrant, et le ventilateur de soufflage consommera plus, ce qui impactera la contrainte CEP_{max} de la RT 2012

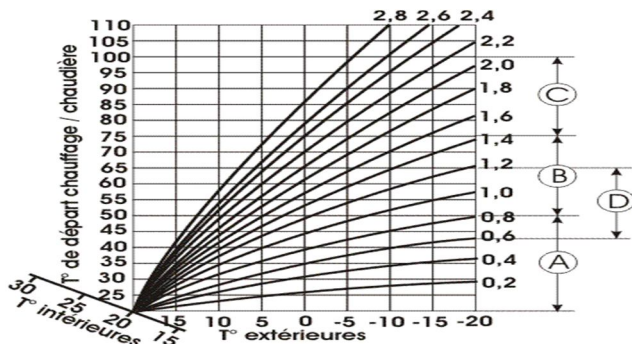
A-2.2. Production d'eau de chauffage par pompe à chaleur

L'eau de chauffage est produite grâce à une pompe à chaleur air/eau utilisant un compresseur électrique.

Le choix d'un tel système va générer des contraintes importantes quant au dimensionnement de la puissance de chauffage installée.

Dans des systèmes « classiques » de type chaudière, il est courant de surdimensionner la puissance thermique crête car celle-ci n'a qu'une faible influence sur l'installation et son coût.

Dans le cas d'une pompe à chaleur, la puissance thermique dépend du dimensionnement des échangeurs et du compresseur, et a un effet direct sur la taille et le coût de l'installation. De plus la puissance thermique disponible dépend fortement de la température extérieure.



- A Plage pour les planchers chauffants.
- B Plage pour les chauffages basse température.
- C Plage pour les chauffages nécessitant une température élevée (aérothermes).
- D Plage pour les chauffages avec radiateurs surdimensionnés.

L'étude porte sur le choix de la courbe de chauffe assignée à la pompe à chaleur, sachant que celle-ci va influencer sur le choix des batteries chaudes de la CTA.

Vous trouverez sur le **document 2** (page 33/43) toutes les informations utiles relatives aux principes de fonctionnement d'une PAC air/eau.

L'étude prend appui sur la PAC Amzair BBCsilenz 5 décrite dans la partie B et dont vous disposez pour vos exploitations pédagogiques. Cette PAC a une puissance réduite par rapport à celle qui équipera la salle des fêtes, mais toutes les conclusions fournies par votre étude sont transposables.

Questionnement

Coefficient de performance et puissance thermique fournie :

On rappelle que pour l'énergie électrique, la production de 1kWh d'énergie finale nécessite 2,58 kWh d'énergie source.

Q A-2.2. Justifier le fait que dans le calcul de la contribution des énergies renouvelables au CEP, la RT 2012 précise que seule la part du coefficient de performance (COP) supérieure à 2,58 doit être prise en compte.

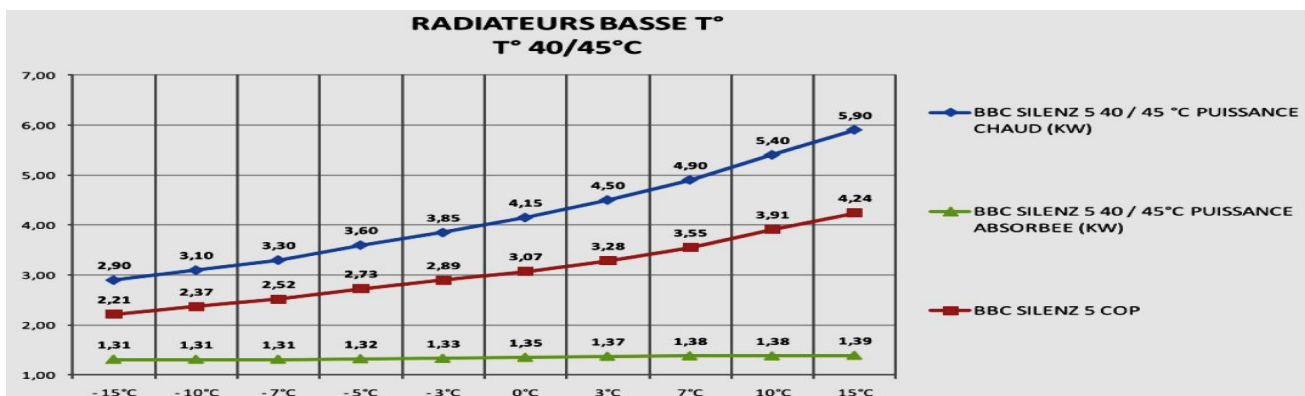
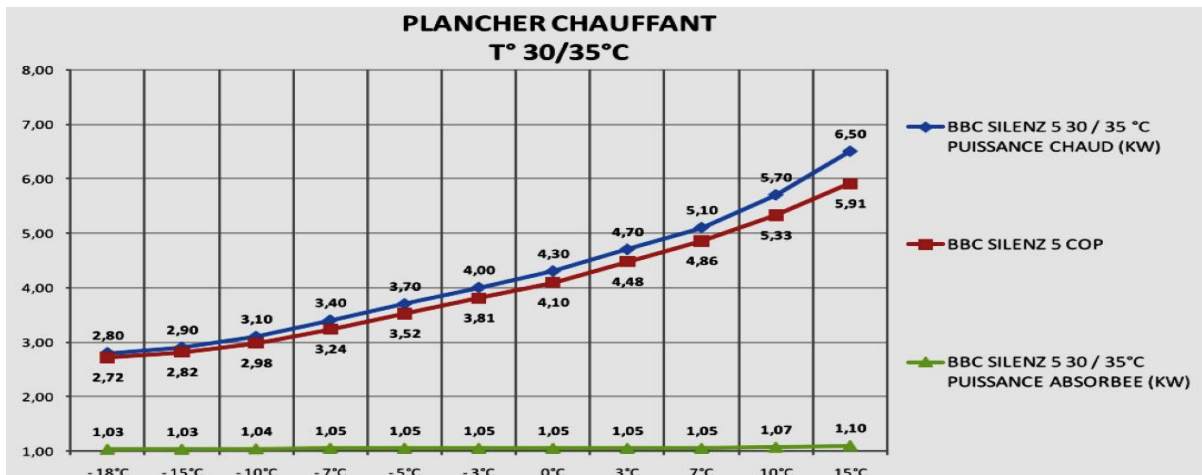
1KWh électrique consommé par une PAC de cop C fournit « C » KWh thermiques en consommant 2,58 KWh d'énergie source.

Un COP de 2,58 est donc le seuil d'équilibre entre l'énergie source consommée et l'énergie thermique produite. Tout COP > 2,58 conduira à un « gain d'énergie », l'énergie source consommée étant inférieure à l'énergie thermique produite.

On donne ci-dessous les relevés constructeur du COP et de la puissance thermique fournie par la BBC silenz 5 en fonction de la température extérieure (température de source froide), pour deux cas d'utilisation en terme de régime d'eau (source chaude) :

- Chauffage par plancher chauffant basse température 30/35°C,
- Chauffage par radiateurs basse température 40/45°C.

Courbes de performance



Q A-2.3. Estimer dans chaque cas la température extérieure minimale permettant d'obtenir un COP > 2,58.

Pour 30/35°, la PAC possède un COP > 2,58 jusqu'à -18°ext . pour 40/45°, la température extérieure ne peut descendre en dessous de -6°.

Un régime d'eau haute température limite donc la plage de fonctionnement de la PAC avec un COP compatible avec la RT2012, ainsi que son intérêt pratique. Il est nécessaire de choisir un chauffage basse température.

Q A-2.4. Commenter l'évolution de la puissance de chauffe et du COP en fonction de la température extérieure et du régime d'eau choisi. Proposer des solutions permettant de répondre aux problèmes constatés en QA-2.3 et QA-2.4.

A Température extérieure constante, le COP est beaucoup plus intéressant pour un chauffage Basse température (à -5°C, il passe de 2,73 à 3,5 selon le régime d'eau.

Dans les deux cas, la température extérieure basse dégrade le COP.

On peut en conclure qu'il est intéressant d'utiliser un chauffage basse température, et de puiser les calories dans une source froide pas trop froide (géothermie , pacs eau/eau...)

Principes de fonctionnement

Dans le cycle de fonctionnement d'une PAC (voir Document 2, page 33/43) et en l'absence de pertes de charges :

Q A-2.5. Justifier que la compression est isentropique.

La compression est une transformation réversible non spontanée. En effet, le gaz livré à lui-même aura tendance à se détendre spontanément. L'entropie perdue par le gaz lors de la compression est compensée par celle apportée par le travail mécanique créant la compression. Si on néglige les pertes de charge et les pertes énergétiques (chaleur, pertes méca...) le système retrouvera exactement son état d'origine. L'entropie se conserve donc lors de la compression.

Q A-2.6. Justifier que la condensation et l'évaporation sont isobares.

Lors de ces transformations, seules les pertes de charges lors du déplacement du fluide pourraient causer des chutes de pressions. Si on les néglige, la transformation est donc isobare.

Q A-2.7. Justifier que la détente est isenthalpe.

La détente est non spontanée, car elle est causée par les pertes de charges consécutives au rétrécissement de la section d'écoulement. Elle n'est donc pas isentropique. Il n'y a pas d'échange de chaleur avec le milieu extérieur ni de travail des forces de pression (rien ne bouge..). Elle est donc isenthalpe.

Influence de la température de départ sur le COP

On admet que dans le cycle de la BBC Silenz 5 (l'ordre des informations permet de tracer le cycle plus facilement...)

- La température du fluide en entrée de condenseur et après désurchauffe est supérieure de 10° à celle du départ d'eau (source chaude),
- Le sous refroidissement est de 5°C,
- La température du fluide en entrée d'évaporateur est inférieure de 10°C à celle de l'air extérieur (source froide),
- La température de surchauffe est de 8°C,
- La température extérieure est de 0°C.

Sur le document réponse QA2.8, QA2.9, QA2.10 donné en annexe (page 27/43), le diagramme de Mollier correspondant à un départ d'eau à 35°C a été tracé.

Q A-2.8. Relever graphiquement les valeurs de Q_2 et W (en kJ/kg), en déduire le COP_{35} théorique.

On relève : $Q_2 \cong 455 - 252 = 203$ KJ/Kg et $W \cong 455 - 415 = 40$ KJ/KG

D'où le $COP_{35} \cong 203 / 40 = 5,1$

Q A-2.9. Sur le même document, tracer le diagramme de Mollier correspondant au fonctionnement de la PAC pour un départ d'eau à 65°C.

Voir DR

Q A-2.10. Relever graphiquement le COP_{65} théorique.

On relève : $Q_2 \cong 476 - 311 = 165$ KJ/Kg et $W \cong 476 - 414 = 62$ KJ/KG

D'où le $COP_{35} \cong 165 / 62 = 2,66$

On notera que ces COP ne prennent pas en compte les pertes de charge, les déperditions thermiques, le rendement du compresseur... Il est donc optimiste par rapport aux COP relevés en fonctionnement dans les mêmes conditions.

Synthèse de la partie A-2

Q A-2.11. Rédiger un paragraphe de 10 lignes +/- 2 lignes synthétisant votre travail et montrant l'importance du choix de la courbe de chauffe et l'influence de la température extérieure relativement au dimensionnement de la PAC. Vous montrerez aussi quelles sont:

- Les contraintes permettant la prise en compte de son COP dans le calcul du CEP du bâtiment vis-à-vis de la RT 2012,
- Les contraintes liées au choix des batteries chaudes et de la ventilation intégrées à la CTA.

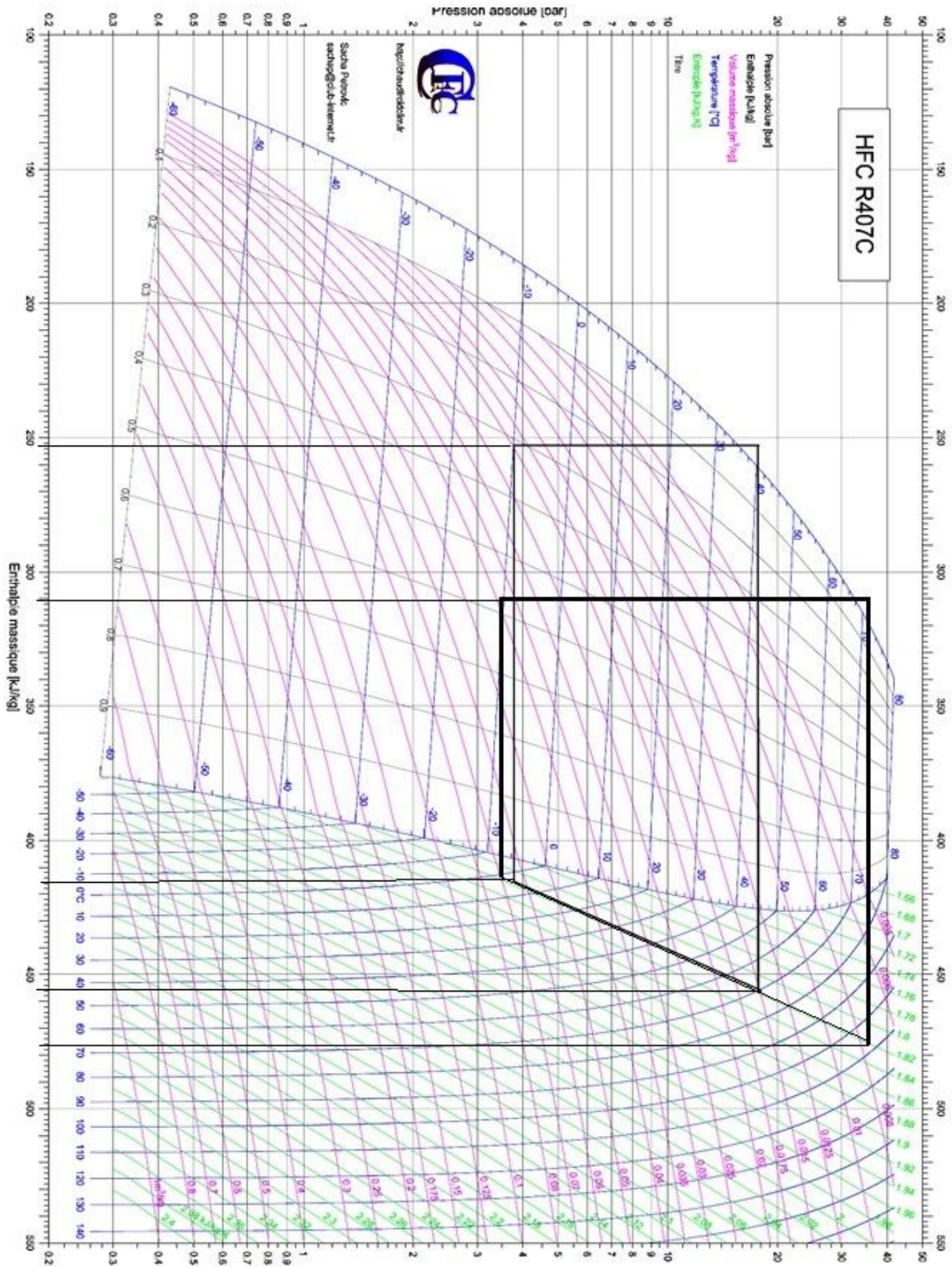
Le choix d'une courbe de chauffe basse mène à un surdimensionnement des batteries de chauffage et de la ventilation. D'un point de vue énergétique la courbe doit être élevée pour minimiser l'énergie nécessaire à la ventilation, les nuisances sonores....

Le choix d'une courbe haute mène à une diminution du COP de la PAC, dont les performances diminuent donc très rapidement. Elle risque de ne pas être prise en compte dans le calcul du CEP, et de toute manière augmenter la consommation énergétique.

Il y a donc un compromis à faire permettant un bon fonctionnement de la PAC tout en permettant le fonctionnement des batteries de chauffage.

Une température extérieure faible dégrade également le COP dans le cas d'une PAC air/eau de ce type. Il est donc intéressant de puiser les calories à température moyenne (géothermie, PAC eau/eau...)

QA 2.8 / QA 2.9 QA 2.10 : Diagramme de Mollier du R 407 C



**Partie au choix A2 ou A3.
Indiquer clairement sur votre copie le choix retenu (A2 ou A3)**

Partie A-3 : Réseaux de communication et RT 2012

Pour valider les 3 exigences (CEP max , Bbiomax et TIC ref) et la gestion des locaux, la mise en place de réseaux de communication permet de mettre en œuvre la RT 2012 et d'assurer une efficacité énergétique performante.

A-3.1. Analyse du cahier des clauses techniques particulières (CCTP):

Extrait du CCTP :

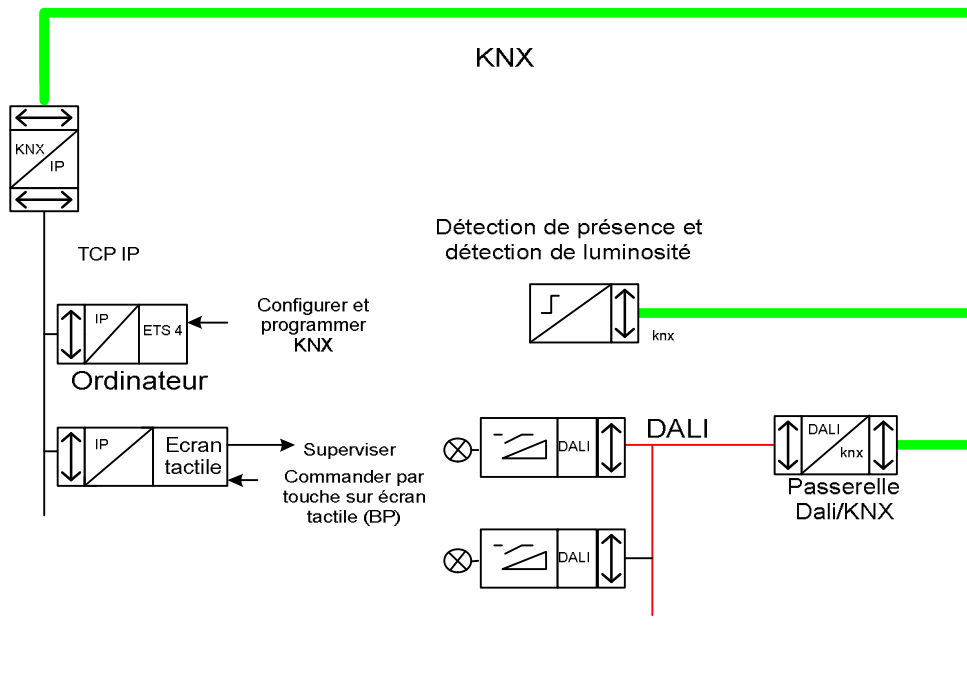
MARS2011 35

Eclairage des circulations

Pour les circulations, on prévoira la mise en œuvre d'une gestion sur bus avec pilotage par boutons poussoir depuis l'écran tactile de la salle principale, pilotage automatique par détection de présence et sonde de luminosité. La gestion par bus permettra de réaliser des pilotages variés en fonction de multicritères : présence, sonde de luminosité, sonde crépusculaire et programme horaire. Ceci permettra d'optimiser la gestion des zones de circulations.

Chaque circulation disposera d'un éclairage piloté par détecteurs de présence et commande manuelle depuis l'écran tactile. L'ensemble des luminaires des circulations devra disposer d'un ballast électronique de type corridor pour répondre aux exigences d'accessibilité aux personnes à mobilité réduite.

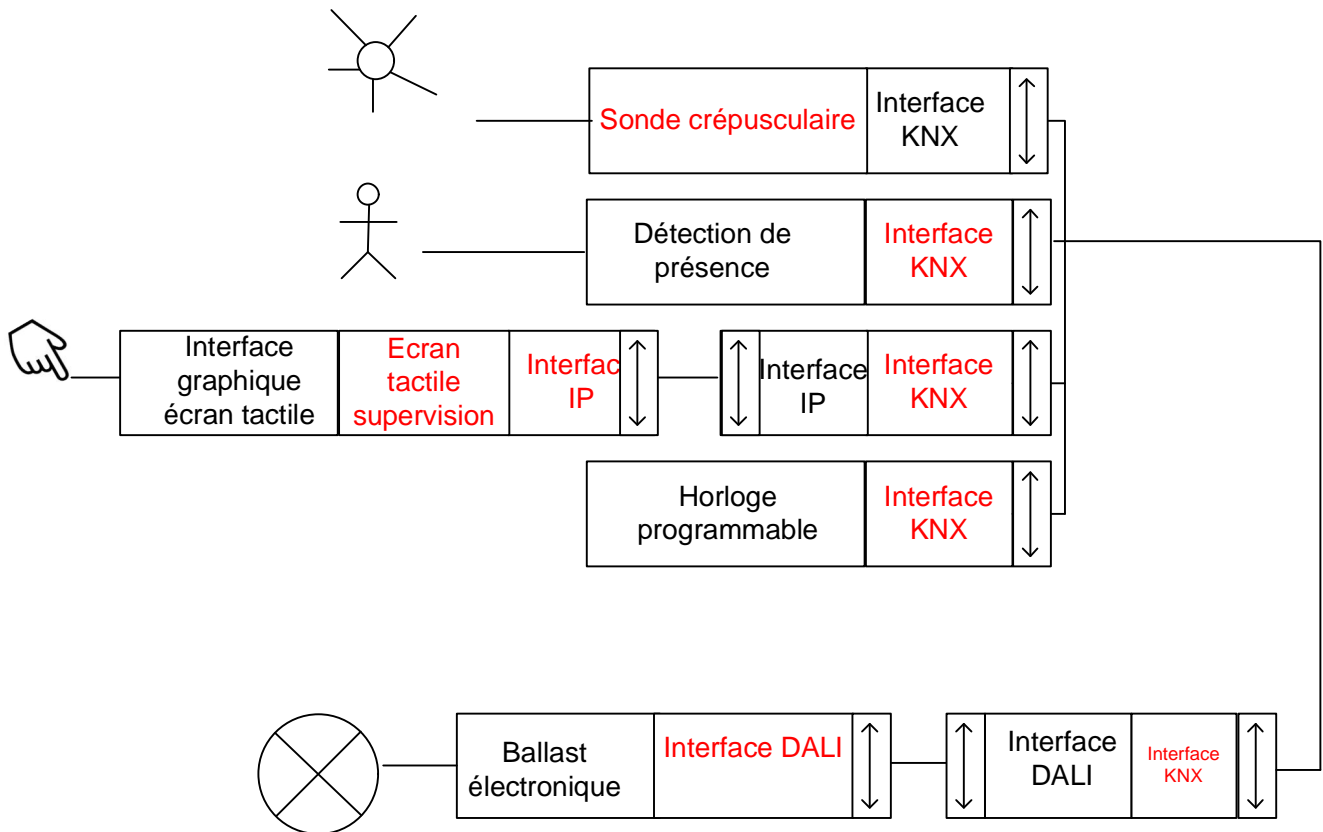
On donne le schéma de principe mettant en œuvre les réseaux de communication TCP/IP, KNX et DALI qui remplit le CCTP ci-dessus (voir symboles pages 15).



Questionnement :

Réseaux

Q A-3.1. Tracer le schéma structurel des entrées /sorties qui permet de piloter l'éclairage des passages communs à partir des demandes d'allumage ou d'extinction (présence ...). Compléter le document réponse QA-3.1 (page 28/43).



Q A-3.2. A partir de la norme ci jointe, tracer les chronogrammes de fonctionnement des passages communs avec la fonction corridor. (Document réponse QA-3 2 page 28/43).

Chronogramme 1 version de base.

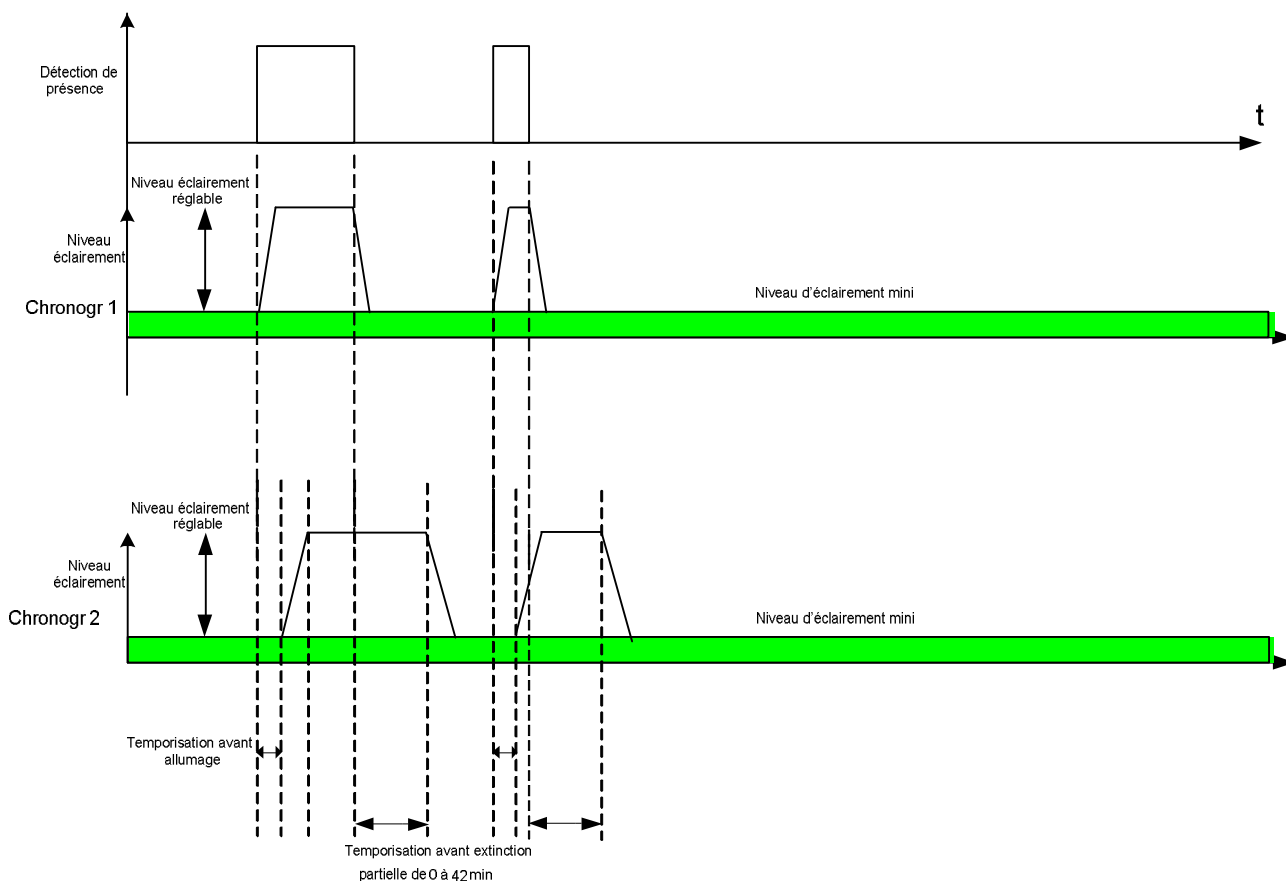
Chronogramme 2 optimisation, expliquer votre configuration.

Extrait de la norme : **Fonction Corridor** :

Chronogramme 1 : Développée par Tridonic, cette fonction est d'une grande simplicité et permet de réaliser facilement des économies d'énergie dans les pièces nécessitant un éclairage 24h/24h pour des raisons de sécurité comme des parkings, des escaliers, des couloirs...

La fonction Corridor assure des fonctionnalités supplémentaires par rapport à une simple détection de présence. En effet, elle n'éteint pas instantanément la lumière en cas d'absence, mais varie la luminosité à une valeur prédéterminée. La luminosité est incrémentée à une valeur de 100% et réduit automatiquement à 10% lorsque la cellule ne détecte plus.

Chronogramme 2 : Une version paramétrable est aussi proposée pour déterminer les niveaux d'éclairage (1 à 100%), le temps de passage entre les niveaux et un délai d'extinction (jamais éteint ou de 0 à 42 mn). Il est également possible de paramétrer une temporisation au moment de l'allumage.



Q A-3.3. Suivant un scénario type calculer les économies potentielles d'énergie réalisées par ce type de fonctionnement et le comparer à une ancienne solution allumage permanent.

Considérer le fonctionnement original suivant:

Le bâtiment est constitué de 17 couloirs et passages, comportant chacun 19 lampes équipées de ballast de type corridor 2 X14 W T5 (documentation technique ci jointe), allumées 24h/24h. Le ballast consomme 30,5W. Prendre en compte 6 passages par heure en moyenne avec un allumage de 2 minutes, rampes gradations comprises de 10 secondes.

Position mini à 10 %.(prix du kWh : 11 cts d'euro) / Prix d'un ballast Dali : 114 euros (actuellement tous les ballasts Dali possèdent la fonction corridor que l'on doit programmer).

Données techniques :

Source lumineuse: 2 x T16 / 14W, flux lumineux global: 2400 lm, rendement lumineux des luminaires: 72 lm/W, indice rendu des couleurs: 80.Puissance totale consommée avec ballast Pt=30,5 W.

Nombre de lampe : nb L
 Nombre de couloir : nb C
 Nombre d'heure par jour : nb HJ
 Nombre de jour par an : nb JA
 Nombre de passage par heure : nb P
 Nombre de seconde en 1 heure : nb sh
 Puissance d'une lampe : P L
 Energie consommée en kWh en éclairage classique: W
 Energie consommée en kWh en éclairage avec la fonction corridor: W c
 Temps de fonctionnement en heure en fonction corridor: T c
 Temps de passage dans le couloir : Tp
 Temps de la rampe d'allumage et d'extinction : Tr
 Temps de fonctionnement à 100 % en fonction corridor : Tc₁₀₀
 Temps de fonctionnement à 10 % en fonction corridor: Tc₁₀
 Prix du kWh : Pr

1) Temps de fonctionnement sans l'option corridor éclairage 100 % pendant 24 h :

$$\frac{\text{nb L} * \text{nb C} * \text{nb HJ} * \text{nb JA} * \text{PL}}{\text{en kWh}} = W \text{ en kWh}$$

$$\frac{19*17*24*365*30,5}{1000} = 86299 \text{ kWh}$$

Dépense par an:

$$\text{Pr} * W = 0.11 * 86299 = 9536.9 \text{ E}$$

2) Etude en fonction corridor

Le fonctionnement des rampes à allumage et à l'extinction nous permet d'enlever le temps d'une rampe pour calculer le temps de fonctionnement à 100%.

$$\frac{\text{nb P} * (\text{Tp} - \text{Tr})}{\text{nb sh}} = \text{Tc}_{100}$$

$$\frac{6 * (120 - 10)}{3600} = 0.183 \text{ h} = \text{Tc}_{100}$$

Calcul de l'énergie en kWh consommés en fonction corridor à éclairage 100 % par an.

$$\text{Tc} * \text{nb HJ} * \text{nb JA} * \text{nb C} * \text{nb L} * \text{PL} = \text{Wc}_{100} \text{ kWh}$$

$$0.183 * 24 * 365 * 17 * 19 * 30.5 = 15792 \text{ kWh} = \text{Wc}_{100}$$

Calcul du temps de fonctionnement en position 10% de puissance

$$\frac{\text{nb sh} - \text{Tp} * \text{nb P}}{\text{nb sh}} = \text{Tc}_2$$

$$(3600 - 110 * 6) / 3600 = 0.817 \text{ h} = \text{Tc}_2$$

Calcul de l'énergie consommée en position 10 % de l'éclairage en kWh par an

$$\frac{\text{Tc}_2 * \text{nb H} * \text{nb J} * \text{nb C} * \text{nb L} * \left(\frac{\text{PL}}{10}\right)}{1000} = \text{Wc}_{10}$$

$$0.817 * 24 * 365 * 19 * 17 * 3.5 / 1000 = \text{Wc}_{10} \text{ kWh} = 7050 \text{ kWh}$$

Energie consommée avec la fonction corridor par an : 7050 + 15792 = 22842 kWh

3) Calcul des économies d'énergie.

$$\text{Economie} = 86299 - 22842 = 63457 \text{ kWh}$$

73.5 % d'économie

$$63457 * 0.11 = 6980 \text{ E d'économie par an}$$

Q A-3.4. A partir du CCTP dessiner l'architecture de la partie pilotage de l'installation en utilisant les symboles proposés (pages 15) et compléter par vos propositions le document réponse QA-3.4 (page 29/43). Justifier vos réponses.

Consignes :

- Séparer le réseau IP,
- Sur le réseau KNX représenter les modules d'entrées et de sorties séparément.

Extrait du CCTP

GESTION TECHNIQUE - CONCEPTION SPECIFIQUE
ROESCHWOOG REHABILITATION DE LA SALLE POLYVALENTE
LOT N° 11 : ELECTRICITE CCTP

Une interface ludique tactile.

La gestion devra permettre une gestion indépendante des équipements pilotés avec la mise en oeuvre d'une communication par protocole ouvert et standard. De base, la gestion mise en oeuvre permettra la gestion des équipements suivants :

Eclairage : gestion des scénarii, variation de lumière, programmation horaire.

Audiovisuel : gestion et pilotage des équipements.

Chauffage - Ventilation : choix des modes de fonctionnement : choix manuel et automatisé.

Alarme incendie : affichage de toutes les alarmes

Alarmes techniques : affichage de toutes les alarmes

La structure principale sera mise en oeuvre par le présent lot et se composera des éléments principaux suivants: Un automate communicant avec communication sur réseau IP

Les modules de gradation de lumière : DALI ; 1/10V, DMX512

Des organes de pilotage : capteurs

Des interfaces et passerelles IP pour la reprise des équipements CVC (chauffage-ventilation- climatisation) – les équipements CVC seront sous protocole IP – le présent lot prévoira la mise en oeuvre des passerelles adéquates (MODBUS vers IP) vers le réseau IP.

Des modules d'entrée pour l'interface des alarmes

Un bus de communication

Une structure VDI ainsi que la structure VLAN (commutateur de niveau 3) pour l'intercommunication des équipements sous réseau IP. On prévoira la mise en oeuvre d'un écran tactile au niveau de la salle principale. En complément, des commandes seront placées dans les locaux. Au niveau des commandes, on disposera de 3 types de commandes :

Boutons poussoirs pour variation : un BP montée et un BP descente

Détecteurs de présence

Bouton poussoir pour circuits TOR.

Interface DMX512 avec le gradateur – le présent prévoira la liaison DMX512 vers la centrale de gestion.

Chauffage Ventilation :

Les régulateurs du lot CVC seront à connexion IP via une passerelle à mettre en oeuvre par le présent lot (passerelle MODBUS / IP). Le présent lot se chargera de la mise en réseau de ces organes et de la programmation de ces équipements en fonction des paramètres météo, horaires, présence et autres.

Dans la salle principale, on prévoira la mise en oeuvre d'une sonde de température (avec affichage sur l'écran tactile) et une sonde CO2 (affichage également sur écran tactile) – les 2 sondes permettront une gestion vers les équipements CVC.

Equipements Audiovisuels :

Le présent lot prévoira le pilotage des équipements audiovisuels par des liaisons RS232 ou infrarouge pour le pilotage de l'ensemble des organes de commande des différents équipements.

Sonorisation : pilotage de la table de mixage : volume, choix des sources en sorties, mute.

Projection Vidéos : pilotage des 3 écrans de projections, Des 3 vidéo projecteurs (allumage, extinction, choix de la source), pilotage de la grille de commutation.

Alarme incendie.

Affichage de toute alarme incendie.

Alarme intrusion.

Affichage de toute alarme par zones définies (base : 8 zones minimum).

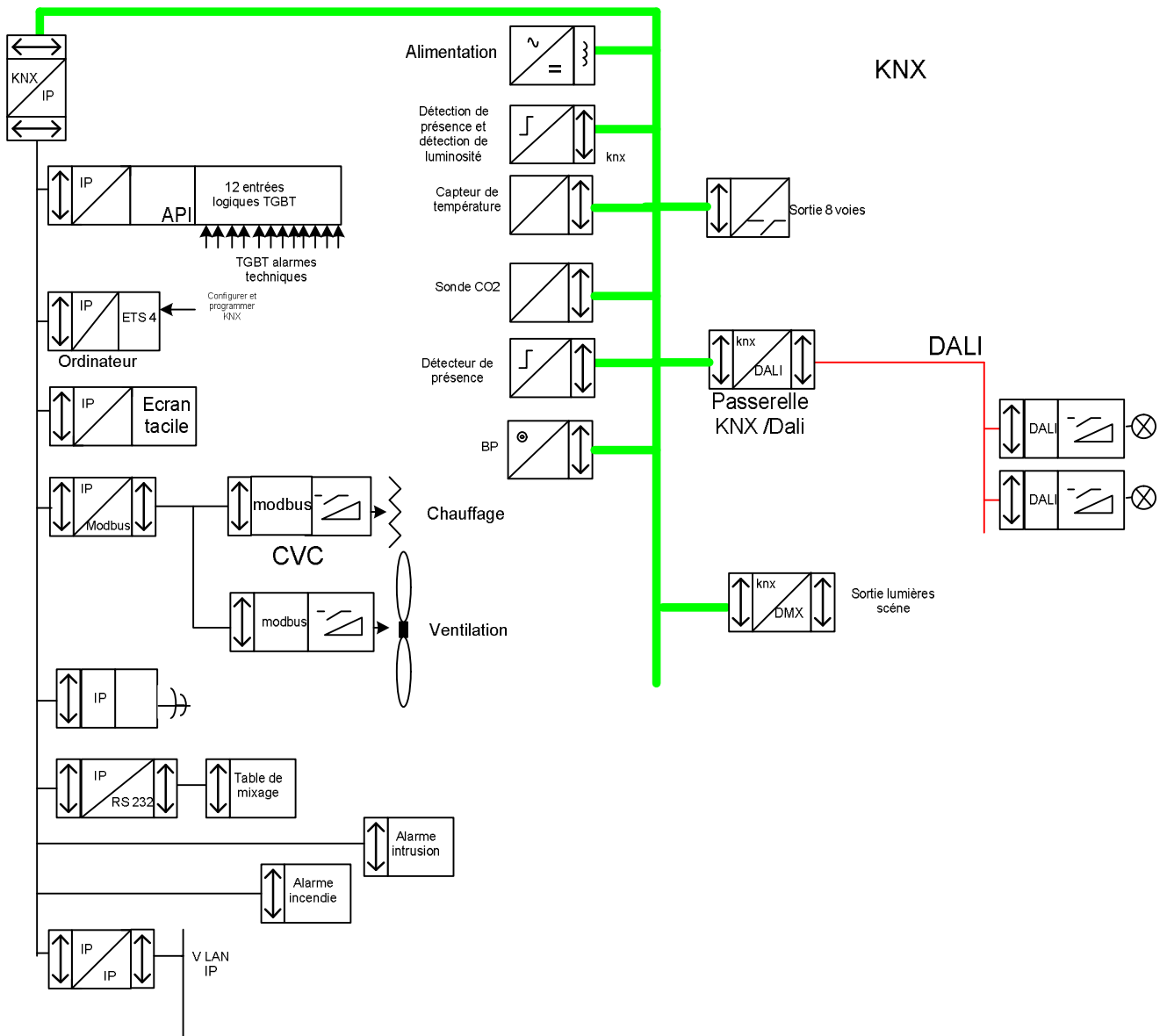
Alarmes techniques.

Le présent lot prévoira la remontée d'un minimum de 12 alarmes techniques dont :

départs des TBT, départs ascenseur, départ Chaufferie, départs Ventilation, départ Sécurité Incendie, départ alarme intrusion.

Chaque départ disposera donc d'un contact auxiliaire pour renvoi vers la GTC. Chaque alarme sera reprise par des modules d'entrées et affichée sur l'écran tactile avec un repérage spécifique significatif.

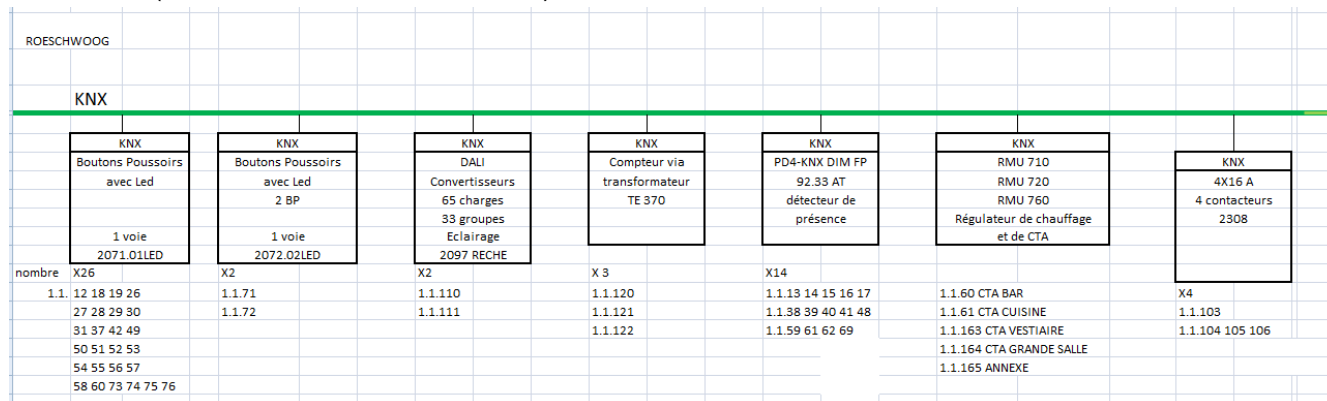
Schéma réseau IP KNX DALI DMX



A-3.2. trame KNX.

Questionnement :

Q A-3.5. A partir de l'extrait du schéma simplifié des adresses KNX de la salle des fêtes, lister sur le document réponse QA-3.5 (page 29/43) les adresses présentes et les classer par types entrées / sorties (les classer en ordre croissant).



Désignation+références	Nombre	Entrées /adresses	Sorties /adresses
2071.01LED BP	26	1.1.12	
2072.02LED BP	2	1.1.71....	
2097 RECHE DALI	2		1.1.110
TE 370 Compteur	3	1.1.120	
PDA-KNX DIM FP	14	1.1.13	
RMH 710	5		1.1.60
2308 4 sorties	4		1.1.103

Q A-3.6. Compléter le tableau du document réponse QA-3.6 (page 30/43) avec l'adresse de groupe liée à l'adresse physique 1.1.16 .

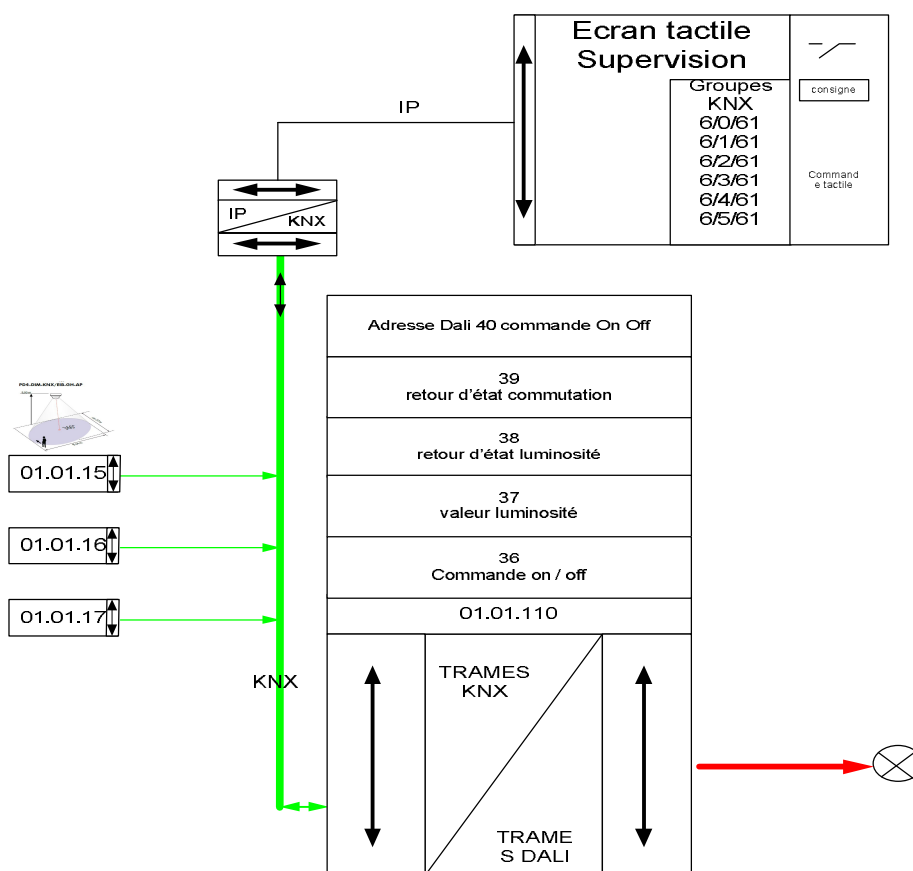
Compléter le tableau des adresses physiques liées à l'adresse de groupe trouvée.

Groupes 8 escalier danse	Adresses physiques associées	désignation
6/5/61	01.01.15	Détecteur
6/5/61	01.01.16	détecteur
6/5/61	01.01.17	détecteur
6/5/61	01.01.110	Passerelle KNX / dali

Q A-3.7. Remplir le tableau du document réponse QA-3.7 (page 30/43) avec les adresses de groupe liées au dégagement 8 escalier danse.

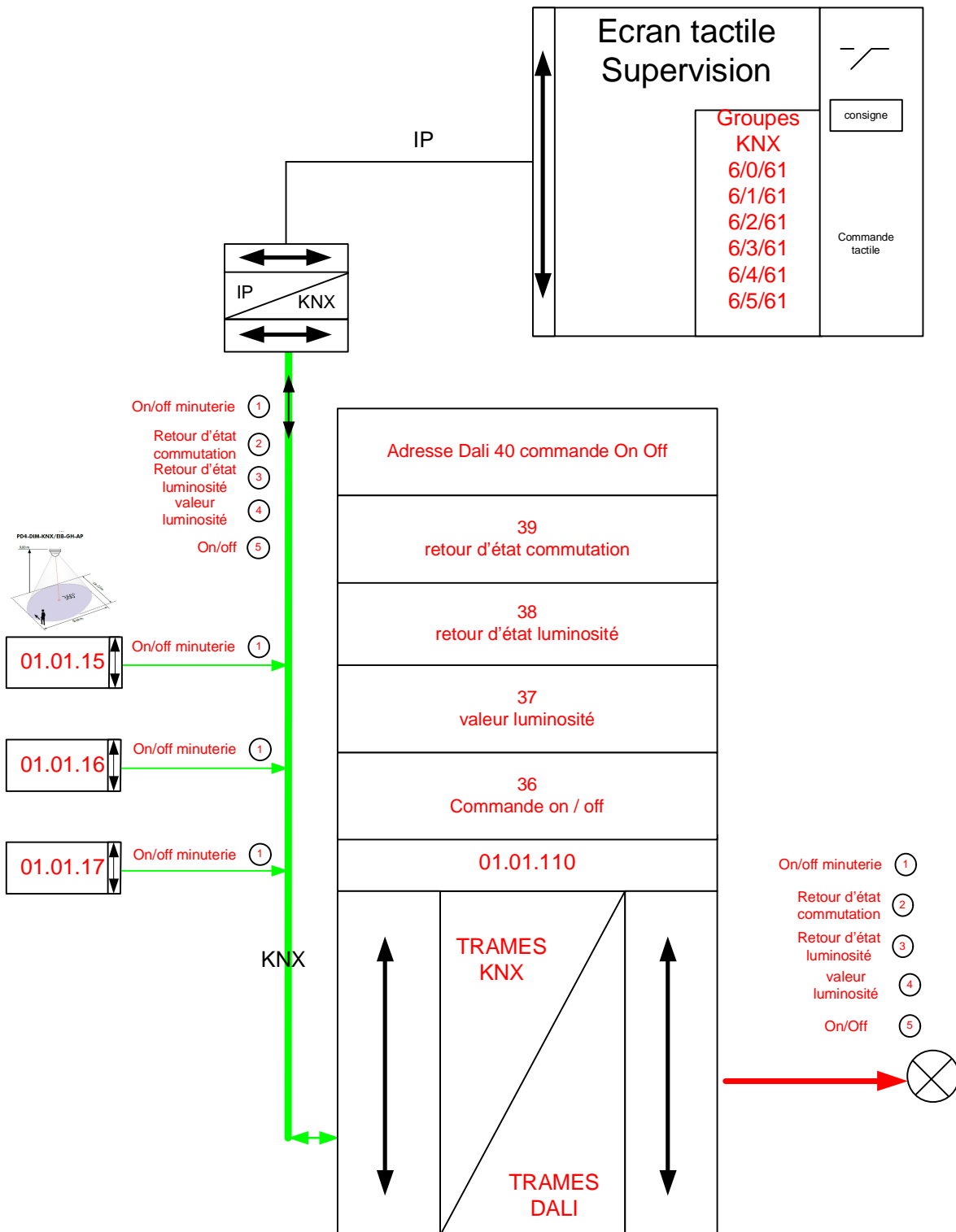
Groupes	fonction	Type
6/0/61	Commande	On/Off 1 bit
6/1/61	Mesure	Retour d'état commutation 1 bit
6/2/61	variation	Luminosité 4 bits
6/3/61	valeur	Consigne luminosité 8 bits
6/4/61	Mesure	Luminosité 8 bits
6/5/61	commande	ON/OFF minuterie 1 bit

On donne le schéma suivant qui permet de valider les échanges des données, pour allumer les lampes du couloir à partir des réseaux IP, KNX et Dali



Q A-3.8. Après la détection d'un passage dans le couloir (détecteur d'adresse 1.1.16), décrire de façon détaillée le séquençement des échanges jusqu'à la commande du ballast. Préciser l'adresse physique de pilotage dans l'interface Dali/KNX.

De la même façon, décrire le retour de luminosité du ballast Dali sur la supervision. Préciser l'adresse de groupe et l'adresse physique utilisées (infos techniques page 17).



Envoyé par adresse physique	Sens	Désignation	Fonction assurée	TRAMES ou TELEGRAMMES	Envoyé à adresse de groupe	Envoyé vers adresse physique	Envoyé vers adresse dali
1.1.15	→	détecteur	eclairage minuterie	on / off minute	6/5/61	1.1.110	40
1.1.16	→	détecteur	eclairage minuterie	on / off minute	6/5/61	1.1.110	40
1.1.17	→	détecteur	eclairage minuterie	on / off minute	6/5/61	1.1.110	40
					6/1/61		
passerelle IP	→	écran tactile	eclairage minuterie	on / off minute	6/5/61	1.1.110	40
passerelle IP	→	écran tactile	allumage couloir sans minuterie	On Off	6/0/61	1.1.110	36
1.1.15	→	détecteur	valeur de luminosité		6/3/61	1.1.110 et écran tactile	37
1.1.16	→	détecteur	valeur de luminosité		6/3/61	1.1.110 et écran tactile	37
1.1.17	→	détecteur	valeur de luminosité		6/3/61	1.1.110 et écran tactile	37
1.1.110	→	ballast +passerelle dali	retour d'état de commutation	retour d'état	6/1/61	écran tactile	39

Q A-3.9. Analyser la documentation KNX du détecteur luxomat donnée page 19 ainsi que la configuration KNX page 20 :

Lorsque le module de détection envoie le télégramme On/Off sur le réseau KNX, comment le seuil de luminosité est il pris en compte ?

Quelles informations possède la supervision sur le détecteur ?

En fonction de la luminosité donner le temps avant abaissement de la lumière.

Donner la valeur du seuil de luminosité.

Le temps d'allumage après détection. 10 s

En interne le module de détection fait l'extinction sans transmettre la valeur de luminosité.

Le superviseur n'a pas la mesure de luminosité mais connaît l'état de fonctionnement du luminaire.

Le temps d'abaissement de la lumière est 1 min et le seuil est de 150 lux

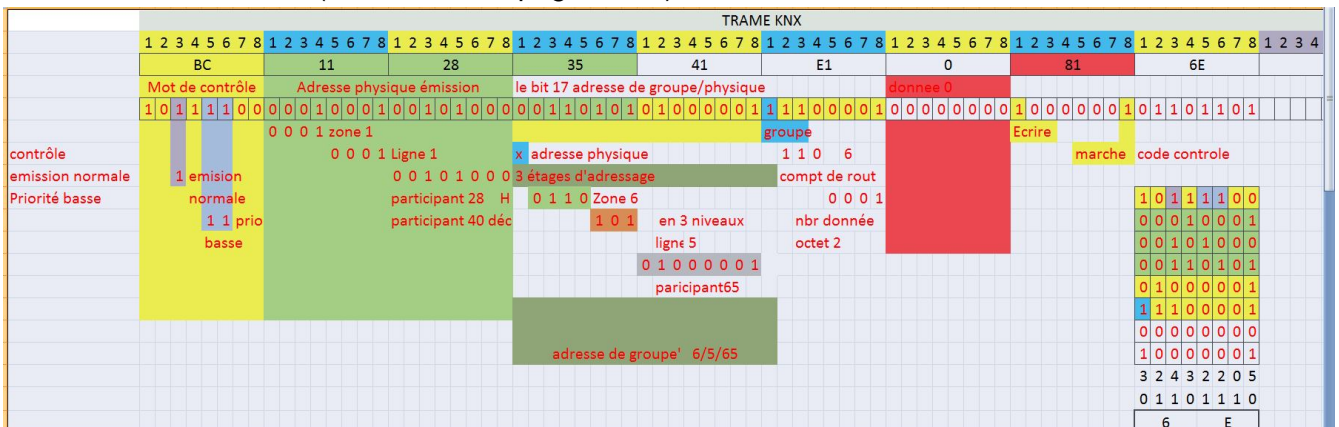
Q A-3.10. Nous devons analyser un autre couloir dont les détecteurs sont aux adresses 1.1.38 à 1.1.40.

Décoder sur le document réponse QA-3.10 (page 30/43) la trame suivante :

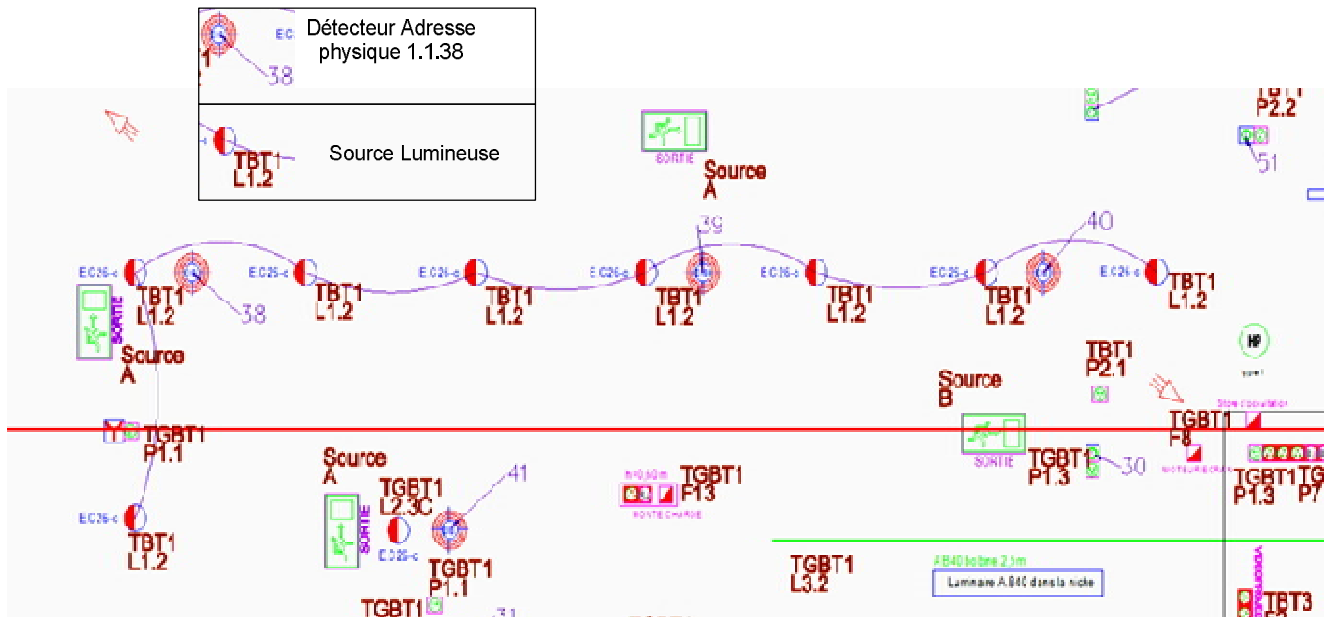
Trame 26 : BC 11 28 35 41 E1 00 81 6E

Justifier et expliquer sa structure.

Décrire l'action réalisée (voir document page 22/43).



Q A-3.11. Analyser et justifier le schéma structurel suivant lié à la question QA-3.10 sur l'analyse des échanges.



Détecteurs adresses KNX 1.1.38 ,1.1.39 ,1.1.40 ,1.1.41.

Le détecteur 1.1.40 de la question QA-3.10 fait une demande d'allumage des 8 sources lumineuses L1.2

Lampes Eclairage couloir EC 26 c sont câblées en parallèle en chaînage.

Q A-3.12. Le document ci-dessous représente l'horodatage des trames échangées lors de l'allumage et l'extinction d'un corridor.

Analyser les trames d'échange réalisées lors d'un diagnostic de fonctionnement :

Trames 25 à 29 , 31 et 32 ,34, 36 et 37

Donner les temps de fonctionnements de l'éclairage.

#	Heure	A	Service	Indicateurs	Prio	Source.adr	Dest.adr	Rout	Type	DPT	Info
25	2014-09-17 16:14:17.367		du bus	S=3	Low	1.1.40	6/5/65	6	Ecrire		\$01 Marche
26	2014-09-17 16:14:18.435		du bus	S=5	Low	1.1.40	6/5/65	6	Ecrire		\$01 Marche
27	2014-09-17 16:14:20.471		du bus	S=7	Low	1.1.39	6/5/65	6	Ecrire		\$01 Marche
28	2014-09-17 16:14:21.296		du bus	S=1	Low	1.1.39	6/5/65	6	Ecrire		\$01 Marche
29	2014-09-17 16:14:21.487		du bus	S=3	Low	1.1.40	6/5/65	6	Ecrire		\$01 Marche
30	2014-09-17 16:14:21.569		du bus	S=5	Low	1.1.123	10/3/5	6	Ecrire		00 00 00 0
31	2014-09-17 16:14:24.283		du bus	S=7	Low	1.1.39	6/5/65	6	Ecrire		\$01 Marche
32	2014-09-17 16:14:24.535		du bus	S=1	Low	1.1.40	6/5/65	6	Ecrire		\$01 Marche
33	2014-09-17 16:14:27.089		du bus	E S=3	Normal	14.4.17	10.2.40	1	MemoryRead		Count=7, Address=EB
34	2014-09-17 16:14:27.539		du bus	S=4	Low	1.1.40	6/5/65	6	Ecrire		\$01 Marche
35	2014-09-17 16:14:31.877		du bus	E S=6	Normal	14.4.17	10.2.40	1	MemoryRead		Count=7, Address=EB
36	2014-09-17 16:14:32.606		du bus	S=7	Low	1.1.39	6/5/65	6	Ecrire		\$00 Arrêt
37	2014-09-17 16:14:35.159		du bus	S=1	Low	1.1.40	6/5/65	6	Ecrire		\$00 Arrêt
38	2014-09-17 16:15:07.767		du bus	E S=3	Normal	14.4.17	10.2.40	1	Ox107		EB 00 64 02 35 04 1A 0
39	2014-09-17 16:15:09.555		du bus	S=4	Low	1.1.121	10/2/4	6	Ecrire		43 38 00 00 187
40	2014-09-17 16:15:22.369		du bus	S=6	Low	1.1.164	1/1/7	6	Ecrire		\$00 Arrêt

Les télégrammes de 25 à 29 et 31 à 32 et 34 sont les trames de demande d'allumage des détecteurs dont leurs adresses physiques sont 1.1.40 et 1.1.39 .

Les trames 36,37 sont les télégrammes envoyés par les détecteurs pour la demande d'extinction du couloir

Le temps d'allumage est :

Le détecteur 39 à une temporisation de 16 :14 :20 à 16 :14 :32 donc 12 s
Le détecteur 40 a une temporisation de 16 :14 :17 à 16 :14 :35 donc 18 s
L'adresse de groupe de l'allumage est 6/5/65 , elle est commune à tous les détecteurs.

Q A-3.13. Rédiger un paragraphe d'une dizaine de lignes mettant en évidence l'intérêt d'utiliser un réseau de communication dans la gestion des bâtiments.

La RT 2012 nous sensibilise sur l'efficacité énergétique des bâtiments.

Les actions doivent se réaliser sur le chauffage , la climatisation, la ventilation, l'éclairage et les auxiliaires.

La mise en place de réseau de communication permet :

- de superviser tous les domaines et ajuster tous les horaires de fonctionnement.
- Ajuster les Vmc en fonction du nombre de personnes présentes dans les locaux.
- D'allumer les lampes en fonction des présences et de la luminosité.
- Permet de mettre automatiquement les chauffages en mode nuit ou hors gel par rapport à un planning prévisionnel d'utilisation des locaux et en fonction des présences .
- De tracer les consommations de chaque domaine pour corriger et agir sur les gros consommateurs .
- De créer des automatismes pour annuler les oublis d'extinction et de consignes de chauffage.
- De pouvoir modifier les consignes pour les ajuster en fonction des réels besoins

Partie B- Développement d'une séquence pédagogique

La partie pédagogique se décomposait en deux sous-ensembles distincts et complémentaires :

Dans la parties B1 le candidat devait décrire une séquence pédagogique de 20h construite autour de centres d'intérêt illustrant quelques-unes des problématiques liées à la réglementation RT 2012 mises en évidence dans les parties A1 et A2 ou A3.

Dans la partie B2, le candidat devait extraire de cette séquence une activité de son choix, et la décrire de manière non exhaustive.

Commentaires du Jury :

La partie A1 portant sur la modélisation thermique du bâtiment et les contraintes de construction et de choix de la puissance de chauffage liées au respect des exigences CEP et TIC de la RT 2012 a été abordée par tous les candidats conformément à l'exigence du sujet;

- les questions QA1.1 à QA1.6 concernant le premier modèle thermique ont été globalement bien traitées malgré quelques confusions entre surface d'échange et surface SHON ;
- les candidats ont su exploiter l'analogie électrique/thermique proposée. Le sujet a permis de valoriser les candidats maîtrisant les outils de l'ingénierie électrique (analyse comportementale de circuits RC, filtrage, analyse fréquentielle);
- les exploitations des résultats des simulations ont été globalement bien traitées par les candidats qui ont su étayer leurs analyses par des extraits pertinents de la RT 2012;
- le jury a apprécié la mise en avant des savoirs liés aux domaines de l'énergie (étude thermique) appliqués en architecture et construction.

Le jury regrette cependant, à ce niveau de concours, le manque de maîtrise des outils permettant :

- d'aboutir à l'écriture d'une équation différentielle (ici du premier ordre);
- d'établir une fonction de transfert complexe d'un filtre du second ordre (relation du pont diviseur mal appliquée par exemple);
- d'établir et de commenter un diagramme de Bode.

Le candidat pouvait alors traiter au choix la partie A2 qui s'intéressait au système de chauffage (pompe à chaleur et batterie chaude) ou la partie A3 qui traitait de la mise en place d'un bus KNX pour la gestion technique du bâtiment.

La partie A2 a été globalement bien abordée par les candidats qui ont su tirer profit des rappels de thermodynamique donnés dans le sujet afin de les exploiter pour déterminer les paramètres limitant les performances d'une pompe à chaleur.

- L'exploitation du diagramme de Mollier fourni a été en général bien traitée, et un nombre conséquent de candidats a été capable de réaliser le diagramme demandé relatif au second cas de fonctionnement et à l'exploiter correctement.
- Les seules difficultés constatées concernent la justification du tracé du cycle, liées aux particularités physiques des transformations du fluide.

La partie A3 a été également traitée de manière assez satisfaisante.

- Les schémas structurels sont correctement connus par les candidats.

Quelques remarques cependant :

- Les méthodes de calculs pour justifier les économies d'énergie dans l'éclairage étaient mal maîtrisées.
- La lecture des documentations techniques pour identifier les éléments principaux est à perfectionner.
- Pour modéliser les échanges d'informations dans les réseaux de communication le diagramme des séquences aurait été approprié.
- Une lecture approfondie des trames relevées lors des échanges entre les participants dans le réseau KNX aurait permis de justifier et d'analyser les éléments présentés dans les documents fournis.

Remarques d'ordre général

Le jury rappelle que:

- les questions doivent être lues attentivement afin de n'oublier aucune des réponses attendues ;
- les copies doivent être soignées (écriture lisible, orthographe, présentation des résultats);
- les notations de l'énoncé doivent être impérativement respectées;
- les réponses doivent être données sous formes littérales, puis chaque grandeur doit être remplacée par sa valeur numérique en respect de sa position dans la relation de départ avant de donner le résultat numérique avec unité;

Pour les parties B1 et B2 « construction d'une activité pédagogique » il était attendu du candidat qu'il produise une séquence et une activité montrant son degrés de maîtrise de la didactique de la discipline.

A titre informatif, les candidats étaient évalués dans cette partie grâce à la grille donnée ci-dessous, qui précise les attentes du jury:

Séquence pédagogique (Partie B1)	Maîtriser une ingénierie pédagogique: Construire d'une séquence basée sur des centres d'intérêt	Le choix des CI proposés est pertinent
		Les activités proposées sont réellement conçues autour de ces CI
		Le choix des supports utilisés est pertinent
		Le choix du dispositif pédagogique pour chaque activité est pertinent, le candidat maîtrise ce dispositif.
		L'organisation temporelle est cohérente avec un travail par centres d'intérêt, et conforme aux préconisations du sujet.
	Mettre en situation et à la synthétiser des activités	Les intentions pédagogiques de la séquence sont claires. La mise en situation permet de cerner les objectifs pédagogiques visés en termes de compétences et de savoirs
		Les modalités de restitution et de synthèse permettent d'atteindre les objectifs fixés. La synthèse n'est pas une correction des activités.
	Evaluer les acquis des élèves	Les objectifs visés sont clairs et cohérents avec ceux énoncés pour la séquence
		La trame d'évaluation permet de mesurer les acquisitions des élèves lors de la séquence
Activité pédagogique (Partie B2)	Construire une activité pertinente.	Les objectifs et intentions pédagogiques sont clairs.
		La problématique est cohérente avec ces intentions.
		Les compétences et savoirs visés par l'activité sont cohérents avec le programme et avec les centres d'intérêts sur lesquels est bâtie la séquence.
	Opérationnaliser une activité	Le déroulé présenté montre la faisabilité de l'activité
		Le séquençage des tâches est clair, le candidat privilégie une démarche inductive.
		Les matériels et ressources sont réalistes et permettent de mener l'activité
	Rédiger un document élève pour mener une activité	Les objectifs visés sont clairs et cohérents avec ceux énoncés pour l'activité
		Le document est clair et permet de mener l'activité
	Savoir remettre en cause ses productions pédagogiques	Les difficultés prévisibles sont énoncées, des solutions ou aménagements sont proposés.

Le jury constate une évolution positive. Les candidats ont su tirer profit du rapport de la session 2014, en proposant des dispositifs pédagogiques assez conformes aux attentes du sujet et globalement dans l'esprit des recommandations du programme STI2D.

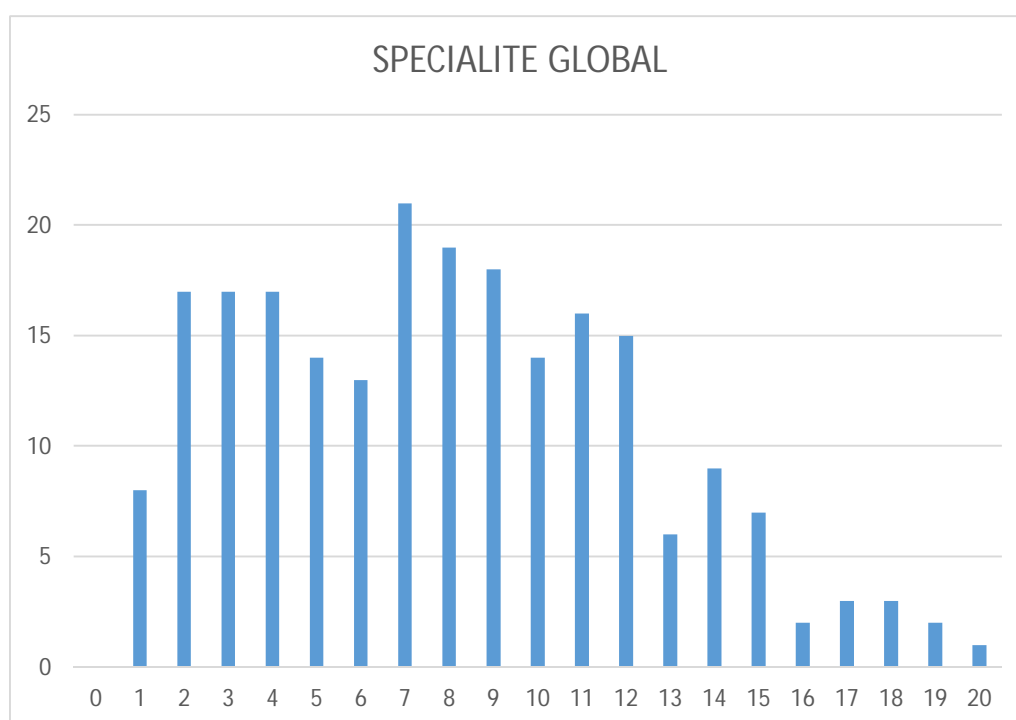
De manière générale, le jury a valorisé les candidats mettant en avant dans cette partie de réelles convictions pédagogiques reflétant les pratiques effectivement mises en place de manière quotidienne. Il a également valorisé les candidats présentant des dispositifs mettant l'élève en position d' « acteur » de ses apprentissages par des activités suscitant la réflexion et l'analyse plutôt que des « TP tâche » où il se contenterait de répondre aux questions posées.

Le Jury a néanmoins noté quelques points récurrents à améliorer pour la majorité des candidats :

- Mauvaise connaissance de la notion de centres d'intérêt : beaucoup de candidats se contentent de positionner leurs activités dans des centres d'intérêt « matière », « énergie » ou « information » qui sont des notions beaucoup trop abstraites et générales pour constituer un CI.
- L'argumentaire du candidat doit permettre au jury de comprendre clairement les intentions pédagogiques du candidat et les moyens qu'il envisage pour les mettre en application.
- Notion d'objectifs pédagogiques : éviter de se limiter aux termes génériques du document d'accompagnement et proposer des déclinaisons plus précises en rapport avec la séance et/ou la séquence proposée.
- Beaucoup de candidats ont une mauvaise maîtrise des modalités de mise en œuvre des dispositifs pédagogiques préconisés en STI2D (démarche d'investigation, approche inductive, étude de cas...) même s'ils en connaissent les termes. Les dispositifs qu'ils proposent ne permettent pas leur opérationnalisation. Les activités des élèves doivent être décrites de manière suffisamment précises pour permettre leur compréhension (durée, matériels disponibles, objectifs opérationnels, consignes données aux élèves...)
- Les modalités de mise en place de séances de synthèse montrent que de nombreux candidats confondent « synthèse » et « correction » des activités élèves.

Répartition des notes de l'épreuve :

Le graphe suivant fournit le nombre de candidats (ordonnée) ayant obtenu la note figurant en abscisse.



Epreuves d'admission

Activité pratique et exploitation pédagogique d'un système pluri-technique (1^{ère} épreuve d'admission)

Coefficient 2 – Durée 6h

Cette épreuve d'admission a pour objectif de vérifier la capacité du candidat à prendre en charge un système technique imposé et à développer des expérimentations ayant pour objectif la construction d'activités pédagogiques en STI2D, en SSI ou en STS. Elle se décompose en trois phases distinctes et complémentaires :

Expérimentation (4h):

Après tirage au sort d'un sujet traitant d'une problématique liée au domaine d'activité choisi par le candidat, celui-ci doit mener des investigations sur un objet technique imposé.

Le candidat est d'abord guidé (2h) afin de l'aider à s'appropriier le système et à vérifier qu'il possède les connaissances et compétences nécessaires pour son exploitation.

Il est ensuite invité pendant 2 heures à poursuivre sa démarche d'investigation en explorant s'il le souhaite d'autres pistes d'exploitation. Il doit récupérer des données expérimentales prouvant la faisabilité technique de l'activité pédagogique qu'il pourrait proposer aux élèves ou aux étudiants, en montrant les résultats attendus.

Durant cette phase, il est suivi par deux membres du jury, qui le questionnent sur ses protocoles expérimentaux, sur la synthèse de ses résultats et qui vérifient ses connaissances sur le thème abordé. Durant les deux heures d'investigation, où le candidat doit commencer à construire ses activités pédagogiques, les deux membres du jury lui apportent le soutien technique nécessaire à la mise en place de ses expérimentations.

Préparation de la leçon (1h)

Le candidat dispose alors d'une heure en loge afin de préparer sa soutenance. Il peut emporter les documents qui lui étaient fournis lors de la première phase et une clé USB où il aura stocké ses relevés expérimentaux. Il dispose d'un ordinateur équipé d'une suite bureautique classique.

Soutenance (1h)

Le candidat doit alors présenter durant quarante minutes et devant une commission de jury l'activité pédagogique proposée. Vingt minutes sont ensuite consacrées à l'entretien. Le candidat dispose d'un PC, d'un vidéoprojecteur mis à disposition et des supports numériques préparés lors des précédentes phases de cette épreuve.

Remarques concernant la session 2015

Domaine d'activité « gestion de l'énergie »

Les supports choisis traitaient cette année de l'optimisation de la gestion des fluides dans les installations tertiaires, de l'optimisation du transfert de l'énergie sur les réseaux électriques, et de l'optimisation du contrôle/commandes de systèmes électromécaniques.

Le jury a apprécié :

- Que dans l'ensemble, les candidats aient su mettre en œuvre le matériel qui leur était proposé ainsi que les appareils classiques de mesurage et les logiciels d'exploitation et de simulation.

- La mise en œuvre de protocoles expérimentaux pertinents et adaptés au problème posé. (la plupart des candidats avaient des connaissances plus approfondies que l'an dernier dans les domaines traités).
- Une nette progression dans l'analyse et dans l'exploitation des résultats en vue d'en tirer une exploitation pédagogique (les meilleurs candidats ont été ceux qui ont cherché une cohérence dans leur scénario pédagogique dès le début de la phase d'expérimentation en contextualisant leur proposition sur un support technique adapté et un cahier des charges réaliste).

Il apparaît également une nette différence entre les candidats qui avaient une réflexion pédagogique préalable et ceux qui ont débuté cette réflexion durant l'épreuve.

Domaine d'activité « systèmes d'information »

Les supports choisis dans le champ des systèmes d'informations mettaient en œuvre des platines de prototypage rapide permettant :

- l'acquisition de l'information par captage de température, dalle tactile ou CapSense ;
- le traitement du signal ;
- la transmission de données.

Le jury a apprécié :

- La faculté d'adaptation de la plupart des candidats quant à la mise en œuvre des différents systèmes de prototypage rapide proposés dans les activités de travaux pratiques ;
- La connaissance des langages procéduraux et objets employés lors des investigations ;
- Chez certains candidats, une bonne maîtrise des instruments de mesure couramment employés en électronique et analyse du signal ;
- Chez certains candidats, de bonnes connaissances générales dans la configuration des réseaux informatiques ;
- Pour la plupart des candidats, une capacité d'analyse satisfaisante permettant l'appropriation des concepts ;
- Chez certains candidats, les initiatives expérimentales visant à élaborer une activité pédagogique appropriée.

Le jury regrette :

- Pour certains candidats, la maîtrise des instruments de mesure couramment employés en électronique et analyse du signal est quelquefois approximative. Cette compétence est indispensable à ce niveau de concours ;
- Le manque de connaissances générales dans :
 - les différents domaines du traitement de signal (analyse spectrale, échantillonnage, filtrage numérique FIR, IIR, transformée en Z, équation de récurrence, analyse temporelle et spectrale d'un signal échantillonné ...) ;
 - les différentes technologies de conversion analogique/numérique (sigma/delta) et numérique/analogique ;
 - la commande de composants génériques (transistors fonctionnant en commutation) ;
 - la transmission de données numériques (synchronisme, codage).

Soutenance (pour les deux domaines d'activités) :

Beaucoup de candidats n'utilisent pas les quarante minutes mises à disposition pour la présentation de l'exploitation pédagogique et se limitent à une description sommaire des activités expérimentales conduites en amont.

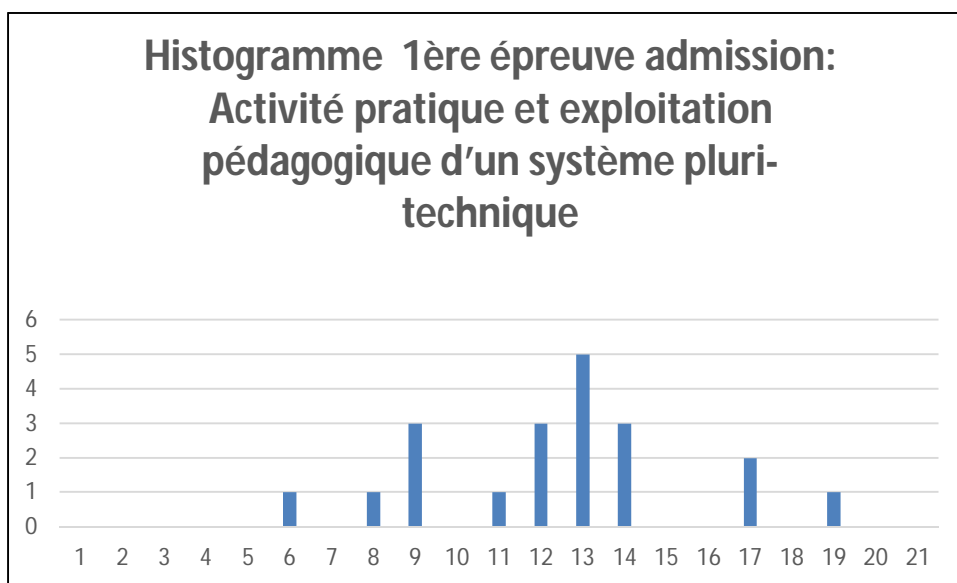
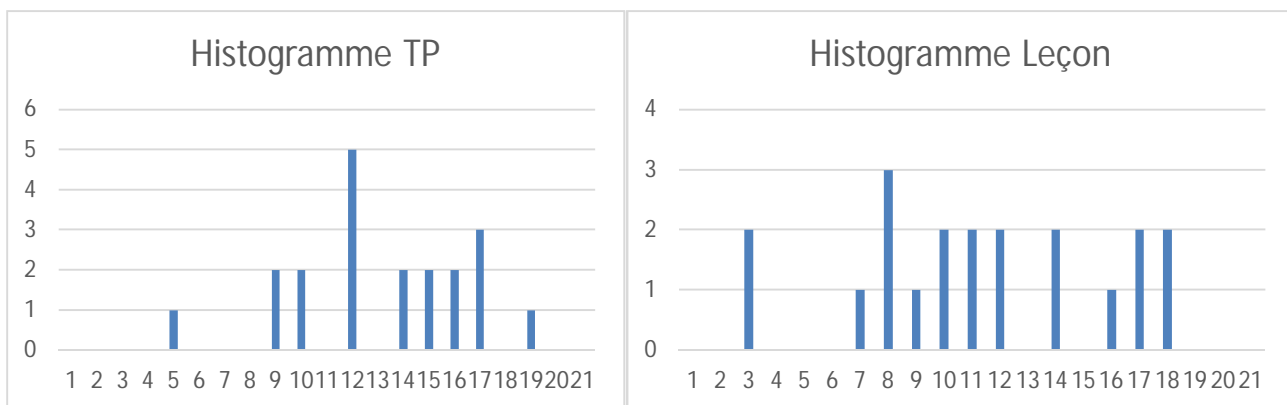
Le jury a apprécié les prestations des candidats qui ont réellement exploité la phase expérimentale pour développer un projet pédagogique structuré comportant :

- une description des intentions pédagogiques, qui fasse apparaître les objectifs de formation en termes de compétences visées ;
- une description des moyens mis en œuvre dans la classe pour conduire l'activité pratique proposée (Organisation du groupe classe, mise en activité des élèves, consignes données et résultats attendus...).

Dans la phase de questionnement le jury a particulièrement apprécié la prestation des candidats en capacité de justifier des fondements scientifiques et technologiques en relation avec l'exploitation pédagogique proposée. De même la justification des choix et stratégies pédagogiques, qui dépasse les éléments de langage usuels, pour faire preuve d'une réflexion structurée a été appréciée par le jury.

Répartition des notes de l'épreuve :

Les graphes suivants fournissent le nombre de candidats (ordonnée) ayant obtenu la note figurant en abscisse :



Cette épreuve a permis de détacher nettement un certain nombre de candidats présentant l'ensemble des compétences attendues par le jury sur le plan théorique et sur le plan pratique. Ceux-ci ont su faire preuve de réelles capacités d'analyse et d'interprétation afin de développer une proposition d'exploitation pédagogique structurée et cohérente.

Epreuves d'admission

Epreuve sur dossier (2^{ème} épreuve d'admission)

Coefficient 1 – durée une heure

- le candidat déclaré admissible envoie par courrier postal avec accusé de réception, avant une date définie par le calendrier du concours, deux exemplaires d'un rapport écrit (le dossier) ;
- le jury expertise ce dossier avant la soutenance du candidat ;
- la salle de l'épreuve est mise à disposition du candidat une heure avant le début de l'épreuve afin de préparer l'environnement de présentation. Les équipements mis à disposition sont : un poste informatique, un vidéoprojecteur, un tableau. Le candidat peut aussi utiliser son ordinateur portable personnel.
- L'épreuve consiste en la soutenance du dossier devant le jury suivie d'un entretien (présentation n'excédant pas quarante minutes ; entretien avec le jury : vingt minutes au maximum).

L'épreuve a pour objectif de vérifier que le candidat est capable de rechercher les supports de son enseignement dans le milieu économique et industriel et d'en extraire des exploitations pédagogiques pertinentes pour son enseignement en cycle terminal du lycée, en STS, en IUT ou en CPGE. Le dossier doit mettre en évidence les compétences du candidat à transférer des données scientifiques et technologiques du milieu économique et industriel vers l'éducation nationale.

Constitution du dossier

Le dossier présenté par le candidat est relatif à un système technique dont la dominante est choisie par celui-ci. Son authenticité et son actualité sont des éléments décisifs. Le dossier préparé par le candidat ne doit pas dépasser quarante pages. Il est constitué des éléments ci-dessous.

1. Les représentations et documents techniques nécessaires à la compréhension du système technique. Il est apprécié que ces documents soient issus de dossiers numériques dont les fichiers complets sont fournis sur un support numérique joint au dossier.

2. Une réflexion sur le choix du support et les études conduites, exploitant les connaissances attendues d'un professeur dans le domaine de l'option du concours, qui peuvent être articulées autour :

- du traitement d'un problème pertinent au regard du support utilisé ;
- de simulations (de fonctionnement et de comportement), lorsqu'elles sont utiles. Les fichiers de simulation sont également fournis sur le support numérique inclus dans le dossier ;
- de toutes les informations permettant de justifier les solutions et/ou les évolutions projetées du système.

Le candidat doit mettre en évidence sa capacité à s'approprier l'économie générale d'un support et non se limiter à l'étude de problèmes pointus.

3. Les investigations menées qui pourraient donner lieu à des exploitations pédagogiques pertinentes au cycle terminal du lycée, en STS, en IUT ou en CPGE. Le cadre d'une exploitation pédagogique doit être proposé de manière détaillée. Elle doit être structurée à partir des compétences à faire acquérir aux élèves.

Le candidat doit donc :

- présenter les objectifs, le principe de déroulement et les moyens didactiques à mobiliser pour une séquence de formation correspondant à un objectif pédagogique d'un programme et d'un niveau de classe précisé ;
- indiquer, selon son point de vue, les points clefs, les difficultés prévisibles et les scénarios alternatifs pouvant permettre de les contourner.

Exposé et entretien

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 de l'option choisie. Ils permettent également au candidat de mettre en valeur l'analyse scientifique et technologique développées ainsi que l'exploitation pédagogique envisagée. En utilisant les moyens courants de présentation (vidéoprojecteur et informatique associée, etc.), 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. 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 fait préciser certains points. Les dossiers doivent être déposés au secrétariat du jury cinq jours francs avant le début des épreuves d'admission.

Critères d'évaluation

Le jury évalue :

- l'authenticité et l'actualité du cas choisi ;
- la capacité du candidat à en faire une présentation construite, claire et objective ;
- la mise en évidence des problèmes posés par l'étude choisie ;
- l'identification, dans le sujet traité, des points remarquables et transférables dans un enseignement ;
- la qualité des investigations conduites et la pertinence des exploitations pédagogiques retenues par rapport aux niveaux de formation choisis ;
- la qualité du dossier élaboré par le candidat.

Remarques concernant la session 2015

Les points suivants ont été valorisés par le jury :

- o le dossier fait référence à un support industriel ou du domaine du grand public parfaitement maîtrisé et analysé. La complexité est suffisante pour envisager l'analyse scientifique et technologique au niveau requis.
- o le candidat a souvent rencontré les concepteurs ou les responsables techniques,
- o l'analyse du support a été conduite avec précision sans éléments inutiles. Elle est étayée de développements scientifiques et modélisations logicielles. Les choix technologiques sont analysés et discutés,
- o les problématiques étudiées et exploitées au niveau pédagogique sont en relation avec les éléments essentiels de l'analyse du support retenu,
- o les objectifs pédagogiques sont explicités, organisés et font clairement apparaître les compétences visées,
- o le dossier comporte des séquences pédagogiques complètement développées (avec les documents élèves, la préparation professeur, les dossiers annexes),
- o les séquences développées sont contextualisées au sein d'une progression,
- o les objectifs, les contenus et les modalités des évaluations sont précisées,
- o la présentation est bien organisée et bien minutée, le candidat expose clairement son propos en s'adressant au jury de façon détachée vis-à-vis du texte ou support de présentation.
- o le niveau de langage et la présentation du candidat sont irréprochables.

Pour les candidats n'ayant pas correctement réussi cette épreuve, le jury a constaté les insuffisances suivantes :

Concernant la partie technique du dossier :

- o l'absence du cahier des charges industriel original,

- une étude technique réduite à une compilation de documents, ne proposant que peu d'analyses scientifiques et technologiques des solutions retenues par le concepteur,
- l'obsolescence des systèmes choisis, ou des supports insuffisamment riches sur les plans scientifiques et technologiques,
- l'absence de description fonctionnelle et/ou structurelle,
- une lisibilité insuffisante des documents fournis,
- un manque d'initiative et de curiosité scientifique.

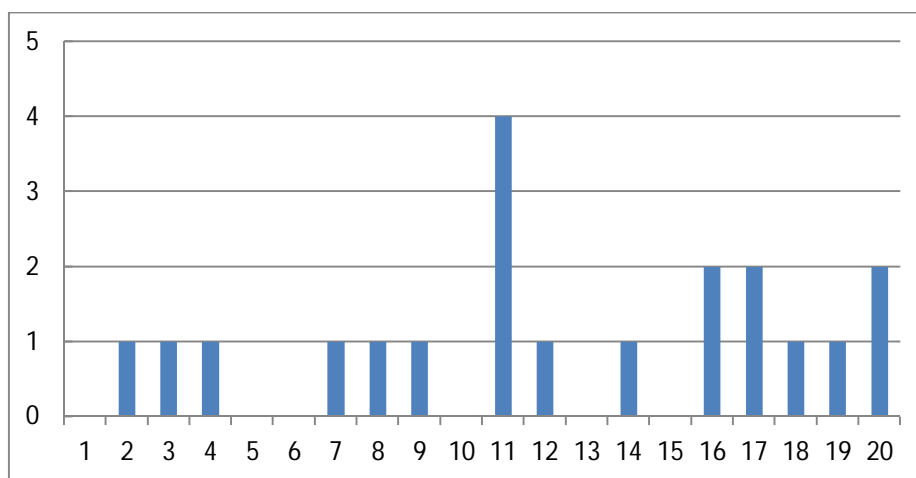
Concernant la partie pédagogique du dossier :

- Une partie pédagogique réduite à quelques intentions « génériques » ne permettant pas d'explicitier de réels choix pédagogiques.
- l'absence de cohérence entre le système étudié et les objectifs pédagogiques visés,
- la confusion entre objectifs pédagogiques, problématique technique qui légitime le travail demandé, connaissances (savoir) et capacités (savoir-faire), indicateurs pour l'évaluation et critères d'évaluation,
- l'éloignement de l'exploitation pédagogique par rapport à la structure réelle de l'objet technique.

Répartition des notes de l'épreuve :

Le graphe suivant fournit le nombre de candidats (ordonnée) ayant obtenu la note figurant en abscisse.

Epreuve sur dossier



Conseils du jury

Choix du système et préparation du dossier scientifique et technique

Le jury apporte une attention toute particulière à l'originalité et à l'authenticité du support proposé, ainsi qu'aux qualités scientifiques et technologiques des problématiques dégagées. Il souhaite vivement que les candidats s'appuient sur un support technique issu des entreprises. Les supports commercialisés avec un dossier pédagogique ayant fait l'objet d'une didactisation par une société spécialisée ne sont pas recommandés. De même la production d'un objet technique ou d'un pseudo-système conçu intégralement par le candidat est sanctionnée par le jury.

Il est recommandé d'apporter le plus grand soin à la préparation de cette épreuve qui participe de façon très significative à la discrimination entre les candidats admissibles. La recherche d'un support à

caractère pluri-technologique utilisant des technologies non obsolètes ainsi que la préparation et la mise en forme de ce dossier nécessitent plusieurs mois de réflexions et de développements. La maîtrise des contenus scientifiques et technologiques du système présenté en rapport avec le niveau d'exigence de l'agrégation est attendue au niveau de cette épreuve. Les dossiers ne peuvent s'improviser dans les quelques jours qui séparent les épreuves d'admissibilité des épreuves d'admission.

Exploitation pédagogique

Les exploitations pédagogiques proposées aux élèves ou étudiants doivent obligatoirement s'appuyer sur le support étudié et son cahier des charges. Il est vivement recommandé aux candidats de faire un travail d'appropriation du dossier technique en liaison avec les contraintes industrielles pour nourrir le travail de conception du dossier pédagogique et des séquences d'apprentissage, notamment les TP proposés aux étudiants ou aux élèves.

Il est recommandé de présenter un support et une exploitation pédagogique qui ont été réellement mis en œuvre et exploités dans le cadre de la classe. Pour cela on conseille aux candidats de se rapprocher des sections visées par leurs objectifs pédagogiques et, pour ceux qui enseignent dans plusieurs classes, de choisir le niveau le plus adapté pour la séquence pédagogique.