



Concours du second degré

Rapport de jury

Concours : Agrégation interne

Section : Sciences industrielles de l'ingénieur **option Sciences industrielles de l'ingénieur et Ingénierie électrique**

Session 2014

Rapport de jury présenté par : Monsieur Jean-Pierre COLLIGNON
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.

COMPOSITION DU JURY – SESSION 2014

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 Créteil
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

Données quantitatives

Nombre de postes :	5
Nombre de candidats inscrits :	319
Nombre de candidats présents aux deux épreuves d'admissibilité :	205
Nombre de candidats admissibles :	15
Nombre de candidats admissibles présents aux deux épreuves d'admission :	15
Nombre de candidats admis :	5
Moyenne du premier admissible :	16,2
Moyenne du dernier admissible :	12,8
Moyenne du premier admis :	16,33
Moyenne du dernier admis	13,5

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

Session 2014 Données quantitatives

Nombre de postes :	1
Nombre de candidats inscrits :	52
Nombre de candidats présents aux deux épreuves d'admissibilité :	29
Nombre de candidats admissibles :	3
Nombre de candidats admissibles présents aux deux épreuves d'admission :	3
Nombre de candidats admis :	1
Moyenne du premier admissible :	15,5
Moyenne du dernier admissible :	12,5
Moyenne du candidat admis :	12,9

Analyse des résultats – concours interne

	Note la plus basse	Note moyenne	Note la plus haute
Epreuves d'admissibilité			
1^{ère} épreuve (101)			
	0,8	8,2	17,9
2^{ème} épreuve (102)			
	0,5	7,7	19,8
Epreuves d'admission			
1^{ère} épreuve (203)			
	5	12,3	19
2^{ème} épreuve (204)			
	1	10,7	19

Analyse des résultats – C.A.E.R.P.A

	Note la plus basse	Note moyenne	Note la plus haute
Epreuves d'admissibilité			
1^{ère} épreuve			
	3,8	9,3	19,8
2^{ème} épreuve			
	3	7,3	12,2
Epreuves d'admission			
1^{ère} épreuve			
	6	9,3	14,5
2^{ème} épreuve			
	7	7,3	9

Epreuves d'admissibilité

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

Coefficient 2 – durée 4 heures

L'épreuve portait sur l'étude de construction du siège départemental d'une Caisse d'Allocation Familiale située en Bretagne, construction qui s'inscrit pleinement dans une démarche de développement durable.

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

Éléments de corrigé

UNE CAISSE D'ALLOCATION FAMILIALE EN BRETAGNE

Une caisse d'allocation familiale en Bretagne

Première partie : étude du contexte

Q1 - Donner la signification de HQE. Quels sont les axes concernés par cette certification ?

H.Q.E. : Haute qualité environnementale, avec pour cibles :

- 01 Relation du bâtiment à son environnement immédiat
- 02 Choix intégré des produits, systèmes et procédés de construction
- 03 Chantier à faible impact environnemental
- 04 Gestion de l'énergie
- 05 Gestion de l'eau
- 06 Gestion des déchets d'activité
- 07 Maintenance et pérennité des performances environnementales
- 08 Confort Hygrothermique
- 09 Confort acoustique
- 10 Confort visuel
- 11 Confort olfactif
- 12 Qualité sanitaire des espaces
- 13 Qualité sanitaire de l'air
- 14 Qualité sanitaire de l'eau

Q2 - D'après le DT1 et le schéma de principe hydraulique géothermie (DT8), citer les sources d'énergies renouvelables mises en œuvre dans cette installation.

Les sources d'énergies renouvelables mises en œuvre dans cette installation sont :

- L'énergie géothermique (pompe à chaleur eau/eau),
- L'énergie solaire photovoltaïque (production d'énergie électrique),

L'énergie solaire thermique (ventilation naturelle par cheminée solaire).

Deuxième partie : étude de la production photovoltaïque

Dimensionnement des panneaux photovoltaïques

Q3 - D'après la norme, identifier les paramètres influents pour calculer l'énergie fournie par les panneaux solaires. Vous respecterez la désignation des grandeurs données par la norme.

- E_{sol} est l'irradiation solaire annuelle sur le système photovoltaïque en $kWh.m^{-2}.an^{-1}$;
- P_{pk} est la puissance de crête en kW .
- f_{perf} est le facteur de performance du système (sans unité) ;
- I_{ref} est l'irradiance solaire de référence égale à $1 kW.m^{-2}$;
- $E_{sol,hor}$ est l'irradiation solaire annuelle sur un plan horizontal dans une zone géographique en $kWh.m^{-2}.an^{-1}$
- f_{tit} est le facteur de conversion de l'inclinaison et de l'orientation (sans unité)

Q4 - La norme ne donne pas de valeur du facteur de conversion f_{tit} pour les orientations NE, N et NO. Compte tenu de l'inclinaison de la toiture, donner la valeur de ce coefficient en justifiant votre réponse.

D'après le document DT2 (tableau B.4), $f_{tit} = 1$ quelle que soit la direction pour une inclinaison proche de 0° .

Q5 - Calculer, en s'appuyant sur la norme (DT2) et les données du DT3, la production annuelle des panneaux photovoltaïques du bâtiment A pour les 2 orientations de sa toiture nord-est et sud-ouest. Pour cela, préciser les différentes étapes de la démarche aboutissant aux résultats et résumer les productions d'énergies annuelles par bâtiment et par orientation dans un tableau tel que celui du DT3.

Les données sont les suivantes :

En Bretagne : $E_{sol,hor} = 1150 kWh.m^{-2}.an^{-1}$, $f_{tit} = 1$, $f_{perf} = 0,7$, $I_{ref} = 1 kW.m^{-2}$.

La documentation des panneaux de référence PVL-136 donne $P_k = 0,136 kW$ pour 1 panneau.

On utilise les relations fournies :

$$E_{sol} = E_{sol,hor} f_{tit} \text{ et } E_{el,pv,out} = \frac{E_{sol} P_{pk} f_{perf}}{I_{ref}}$$

Tableau récapitulatif :

Aile	Orientation	Nombre de panneaux	Production annuelle [MWh/an]
A	Nord	6 x 20	$6.20.(1150.0,136.0,7) = 13,137 MWh.an^{-1}$
	Sud	8 x 20	$8.20.(1150.0,136.0,7) = 17,516 MWh.an^{-1}$

N.B. : Plusieurs démarches différentes permettraient d'aboutir honorablement au résultat escompté.

Q6 - Déterminer la production globale du site de la CAF. Le niveau désiré de production peut-il être atteint ?

La production totale annuelle est de : $63 + 13,137 + 17,516 = 93,65 \text{ MWh.an}^{-1}$.

Ceci est légèrement inférieur à la valeur demandée dans le CCTP qui est de 95 MWh.an^{-1} .

Q7 - En tenant compte du vieillissement des panneaux, quelles sont les productions attendues à 10, 20 et 25 ans ? Les objectifs du cahier des charges sont-ils atteignables ?

La garantie du constructeur sur la puissance précise : 10 ans de garantie sur 92% de la puissance minimale, 20 ans sur 84%, 25 ans sur 80% ce qui correspond au CCTP.

Schéma de principe

Q8 - Quel est l'intérêt économique de cette solution, par rapport à une consommation locale ?

Le « kWh » d'origine photovoltaïque est racheté à un coût plus élevé que le « kWh » vendu par ERDF.

Q9 - Sachant que les onduleurs retenus sont des SUNNY BOY 2500HF, montrer que le nombre d'onduleurs est adapté au nombre de panneaux.

Chaque onduleur SUNNY BOY 2500HF doit pouvoir être raccordé à 20 panneaux par string sachant qu'un onduleur possède deux strings (6x20 panneaux pour 3 onduleurs).

Chaque string supporte d'après le document DT 4 :

- « courant d'entrée maximal par string » : 15 A
- « tension d'entrée max » : 700 V .

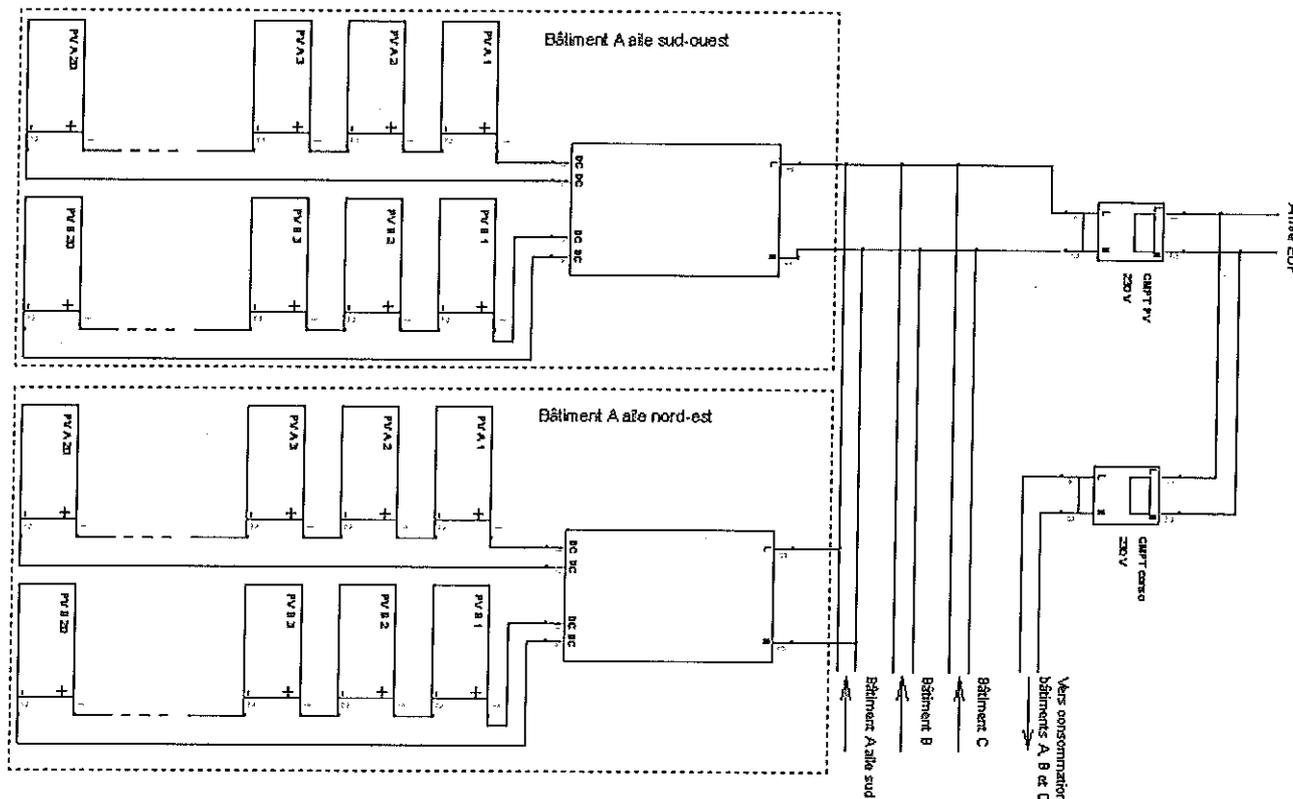
Chaque panneau fournit $I_{mp} = 4,1 \text{ A}$ pour une tension à ses bornes $V_{mp} = 33 \text{ V}$ max lorsqu'il produit une puissance nominale maximale ($P_{max} = 136 \text{ Wc}$).

Si nous plaçons par string 20 panneaux en série :

- la tension maximale est $20 * 33 \text{ V}$ soit 660 V . Cette tension est inférieure aux 700 V que supporte l'onduleur ;
- le courant maximum est de $4,1 \text{ A}$. Ce courant est inférieur aux 15 A supportés par chaque string de l'onduleur.

En conséquence, les contraintes en courant et tension sont respectées et le nombre d'onduleurs convient.

Q10 - Donner le schéma de principe de cette partie de l'installation depuis les panneaux jusqu'au raccordement au réseau de distribution. Faire figurer les 3 premiers panneaux et le dernier de chaque ligne, les onduleurs uniquement pour l'île A nord-est, tous les compteurs de l'installation ainsi que le raccordement de l'île A sud-ouest des îles B et C.



Troisième partie : analyse du contexte énergétique - principe hydraulique géothermie

Q11 - En fonction des différents régimes de températures définis dans le CCTP, surligner le mode de fonctionnement hydraulique de l'installation en été sur le schéma hydraulique géothermie « ETE » (DR3). Indiquer dans la légende les couleurs utilisées.

Voir document réponse

Q12 - Indiquer sur le schéma DR3 la position des différentes vannes change-over numérotées de 1 à 12 pour la configuration « ETE ». Utiliser la notation « O » pour vanne ouverte et « F » pour vanne fermée. Indiquer également sur le schéma les régimes de températures résultant sur les différents réseaux.

Voir document réponse

Quatrième partie : énergétique

Etude de l'échangeur froid géothermique

Q13 - Le fluide antigel utilisé étant du monopropylène glycol mélangé à 25 % avec de l'eau pure, déterminer pour les caractéristiques suivantes du fluide en provenance des sondes géothermiques (voir DT7) :

- le point de congélation en °C
- la masse volumique en $kg.m^{-3}$
- la chaleur massique en $J.kg^{-1}.K^{-1}$

En déduire, à partir de la puissance de l'échangeur et des différentiels de températures, les débits massiques au primaire et au secondaire de l'échangeur.

La lecture des documents DT7 permet de relever les informations suivantes :

- Point de congélation : $-10^{\circ}C$
- Masses volumiques et chaleurs massiques :
 - Régime de température : $6 - 11^{\circ}C$ donc on choisit une température de $8,5^{\circ}C$
 - Masse volumique : $1028 kg.m^{-3}$
 - Chaleur massique : $3,92 kJ.kg^{-1}.K^{-1}$

En considérant que le rendement thermique de l'échangeur est égal à 1, on a donc :

- Pour le circuit primaire (eau pure) :

$$P = -Q_{mp} \cdot C_p (\theta_{cs} - \theta_{ce})$$

donc
$$Q_{mp} = \frac{327,3}{4,185 \cdot (12 - 7)} = 15,64 kg.s^{-1}$$

- Pour le circuit secondaire (eau glycolée) :

$$P = Q_{ms} \cdot C_p (\theta_{fs} - \theta_{fe})$$

donc
$$Q_{ms} = \frac{327,3}{3,92 \cdot (11 - 6)} = 16,70 kg.s^{-1}$$

Q14 - Déterminer les valeurs de C_{min} , C_{max} et l'efficacité ε de cet échangeur.

La valeur de C_{min} est donnée par $C_{min} = \inf(Q_{prim} C_{prim}, Q_{sec} C_{sec})$.

$$C_{min} = \inf(16,699 \cdot 3920; 15,64 \cdot 4185)$$

soit : $C_{min} = 65460 W.K^{-1}$, et $C_{max} = 65460 W.K^{-1}$

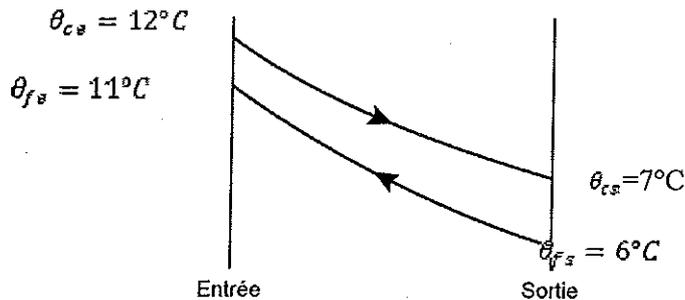
On trouve donc : $C_r = 1$.

L'efficacité est donnée par :

$$\varepsilon = \frac{P}{C_{\min}(\theta_{cs} - \theta_{fs})} = \frac{327300}{65460 \cdot (12 - 6)} = 0,833$$

Q15 - Calculer la surface de l'échangeur (en m^2) en précisant la méthode utilisée.

Le choix des régimes de température du bureau d'étude conduit sur une forme indéterminée et ne permet pas de calculer directement la surface de l'échangeur. En effet, le graphe des températures est le suivant :



Si on applique la formule de Hausbrand fournie dans l'énoncé :

$$S = \frac{P}{U(\theta_{cs} - \theta_{fs}) - (\theta_{cs} - \theta_{fs})} \ln\left(\frac{\theta_{cs} - \theta_{fs}}{\theta_{cs} - \theta_{fs}}\right) = \frac{327300}{600(7-6) - (12-11)} \ln\left(\frac{7-6}{12-11}\right)$$

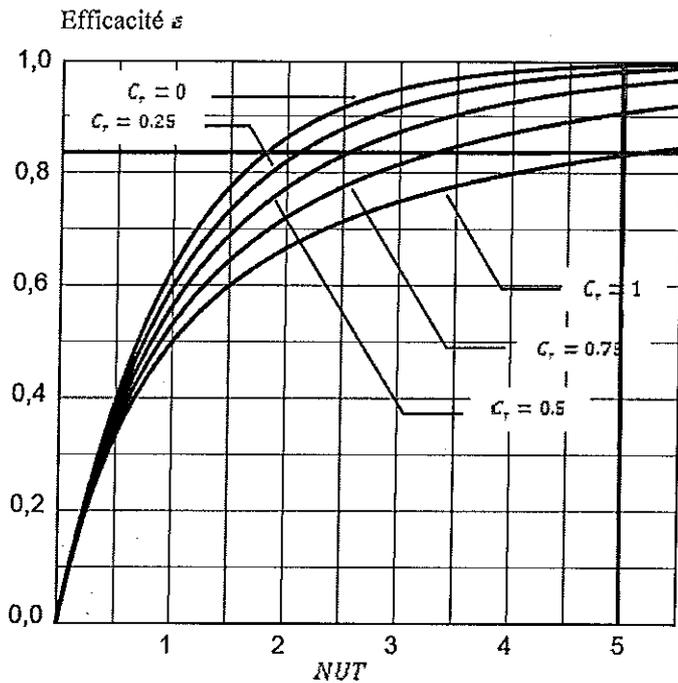
cela conduit à une forme indéterminée (numérateur et dénominateur nuls). On doit donc appliquer ici la méthode des NUT. Nous avons calculé $C_r = 1$ et $\varepsilon = 0,833$.

La lecture de l'abaque fourni donne $NUT = 5$. Puisque l'on connaît la relation

$$NUT = \frac{US}{C_{\min}}, \text{ on}$$

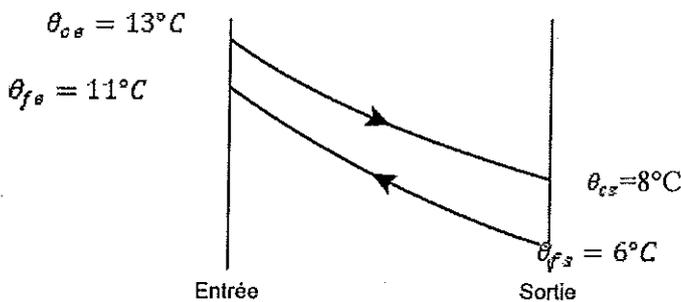
$$S = \frac{NUT \cdot C_{\min}}{U} = \frac{5 \cdot 65460}{600} = 545 m^2$$

Compte tenu du très faible pincement ($1^\circ C$) la surface de l'échangeur est très élevée.



Q16 - Déterminer la surface de l'échangeur froid si, au lieu d'un régime d'eau glacée 7°C -12°C, on utilise un régime 8°C -13°C. Commenter les résultats obtenus en indiquant les conséquences des choix de régime de température choisis par le bureau d'étude dans le CCTP.

Le graphe des températures est désormais le suivant :



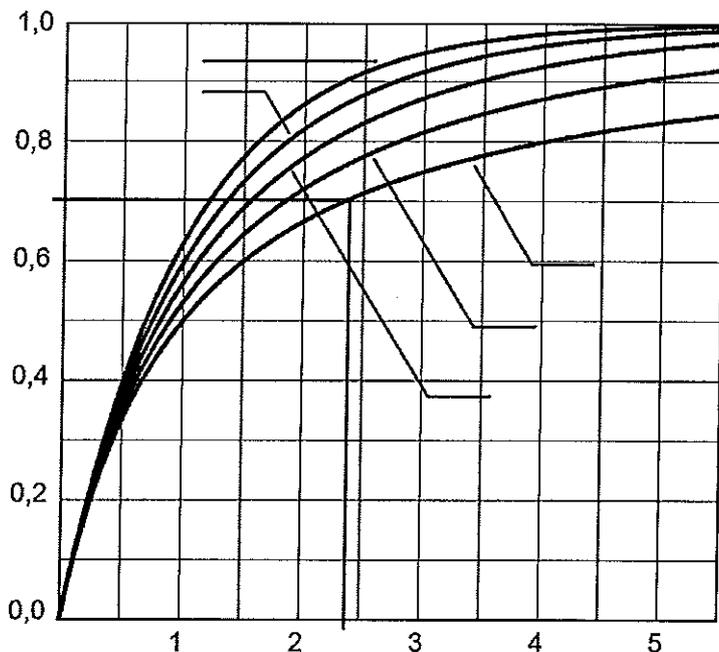
En reprenant les calculs de la question précédente, on obtient de nouveau une forme indéterminée avec la formule de Hausbrand. On applique donc de nouveau la méthode des NUT. La chute de température au primaire étant toujours de 5 °C, on a donc :

$$C_{\min} = C_{\max} \text{ et } C_r = 1$$

L'efficacité sera cette fois :

$$\varepsilon = \frac{P}{C_{\min}(\theta_{ce} - \theta_{fe})} = \frac{327300}{65460 \cdot (13 - 6)} = 0,714$$

On obtient, de nouveau par lecture sur l'abaque, la valeur du NUT : $NUT = 2,4$.



On en déduit comme précédemment la valeur de la surface de l'échangeur :

$$S = \frac{NUT \cdot C_{\min}}{U} = \frac{2,465460}{600} = 262 m^2$$

On voit que le choix du nouveau régime de température conduit à une diminution de plus de la moitié de la surface d'échange. Une analyse plus fine sur les régimes de température au niveau du secondaire (eau en provenance des puits géothermiques) devrait être conduite. Ici pour pouvoir s'affranchir du problème des formes indéterminées on a choisi de modifier le régime d'eau glacée mais ce n'est pas forcément le meilleur choix car cela conduit ensuite à surdimensionner tous les équipements utilisant l'eau glacée (batteries, ventilo-convecteurs, etc...).

Etude de la ventilation naturelle

Etude de l'effet de tirage thermique

Q17 - Ecrire l'expression de la pression au point 1 en fonction de la pression au point 3 à l'extérieur du bâtiment.

On applique la loi fondamentale de la statique des fluides :

$$P_1 = P_3 + \rho_s g(z_3 - z_1)$$

Q18 - Ecrire l'expression de la pression au point 1' en fonction de la pression au point 2 à l'intérieur du bâtiment.

On applique à nouveau la loi fondamentale de la statique des fluides :

$$P_{1'} = P_2 + \rho_i g(z_2 - z_{1'})$$

Q19 - Les masses volumiques ρ_i et ρ_s dépendent respectivement des températures θ_i et θ_s . En supposant que l'air peut s'assimiler à un gaz parfait, écrire l'expression donnant ρ_i en fonction de ρ_s , θ_i , θ_s .

En supposant que l'on peut appliquer la loi des gaz parfaits à l'air et que les variations de pression sont faibles par rapport à la pression atmosphérique :

$$P_i V_i = nR\theta_i \Rightarrow \frac{P_i}{\theta_i \rho_i} = nR$$

$$P_e V_e = nR\theta_e \Rightarrow \frac{P_e}{\theta_e \rho_e} = nR$$

Et donc : $\frac{P_e}{\theta_e \rho_e} = \frac{P_i}{\theta_i \rho_i}$ en considérant que $P_i \approx P_e \approx P_{atm}$

Et finalement : $\rho_i = \rho_e \frac{\theta_e}{\theta_i}$

Q20 - Démontrer que l'expression de $\Delta P = P_1 - P_1'$ (différence de pression entre la bouche d'entrée et la bouche de sortie, en P_a) en fonction des températures et des hauteurs respectives de la bouche d'entrée d'air z_1 et de la sortie de cheminée z_2 est la suivante (g désigne l'accélération de la pesanteur en $m.s^{-2}$) :

$$\Delta P = \rho_0 \left(\frac{273,15}{\theta_e + 273,15} \right) \left(\frac{\theta_i - \theta_e}{\theta_i + 273,15} \right) g(z_2 - z_1)$$

A partir des deux expressions précédentes calculées en Q17 et Q18 et en remarquant que $z_3 = z_2$ et $z_1' = z_1$ on a :

$$P_1 - P_1' = P_3 - P_2 + (\rho_e - \rho_i)g(z_2 - z_1)$$

D'autre part $P_3 = P_2 = P_{atm}$, donc la relation devient :

$$\Delta P = (\rho_e - \rho_i)g(z_2 - z_1)$$

En question Q19, on a montré que $\rho_i = \rho_e \frac{\theta_e}{\theta_i}$ donc :

$$\Delta P = \left(\rho_e - \rho_e \frac{\theta_e}{\theta_i} \right) g(z_2 - z_1)$$

Sur le même principe de démonstration que Q19 on peut écrire $\rho_e = \rho_0 \frac{\theta_0}{\theta_e}$. En remplaçant on a :

$$\Delta P = \rho_0 \frac{\theta_0}{\theta_e} \frac{\theta_i - \theta_e}{\theta_i} g(z_2 - z_1)$$

Soit en définitive :

$$\Delta P = \rho_o \left(\frac{273,15}{\theta_o + 273,15} \right) \left(\frac{\theta_i - \theta_o}{\theta_i + 273,15} \right) g(z_2 - z_1)$$

Q21 - A partir de la relation précédente, montrer que pour des températures usuelles intérieures et extérieures en hiver ($\theta_i = 20^\circ\text{C}$ et $\theta_o = -5^\circ\text{C}$), la relation peut se simplifier par :

$$\Delta P = 0,044H(\theta_i - \theta_o) \text{ où } H = z_2 - z_1$$

La relation peut s'écrire : (θ_i et θ_o étant très petits devant 273,15 la relation est peu influencée par les termes en $\theta + 273,15$)

$$\Delta P = \frac{1,293 \cdot 273,15}{-5 + 273,15} \cdot \frac{\theta_i - \theta_o}{20 + 273,15} \cdot 9,81 \cdot (z_2 - z_1)$$

$$\Delta P = 0,044H(\theta_i - \theta_o)$$

Q22 - En utilisant cette relation simplifiée, calculer ΔP , pour des conditions hivernales avec $\theta_i = 20^\circ\text{C}$ et $\theta_o = 0^\circ\text{C}$, et pour les cas où H est de 2,5 m ou de 13 m.

- Si $H = 2,5 \text{ m}$: $\Delta P = 0,044 \cdot 2,5(20 - 0) = 2,2 \text{ Pa}$
- Si $H = 13 \text{ m}$: $\Delta P = 0,044 \cdot 13(20 - 0) = 11,4 \text{ Pa}$

On constate que les pressions motrices ne sont pas très élevées.

Q23 - Conduire les mêmes calculs avec $\theta_i = 20^\circ\text{C}$ et $\theta_o = 15^\circ\text{C}$ ce qui correspond à un calcul en mi-saison. Que peut-on conclure des résultats obtenus ?

- Si $H = 2,5 \text{ m}$: $\Delta P = 0,044 \cdot 2,5(20 - 15) = 0,55 \text{ Pa}$
- Si $H = 13 \text{ m}$: $\Delta P = 0,044 \cdot 13(20 - 15) = 2,86 \text{ Pa}$

On constate là encore que les pressions motrices sont peu élevées et même susceptibles, pour la bouche la plus haute, d'être insuffisantes pour permettre une ventilation correcte (sans autre effet que le tirage thermique).

Etude de l'effet de la cheminée solaire

Q24 - Ecrire l'expression de la différence de pression au niveau de la bouche d'entrée d'air $\Delta P = P_1 - P_1'$, en fonction des différents paramètres intervenant dans l'étude : masses volumiques (ρ_o, ρ_i, ρ_g) et hauteurs (z_1, z_2, z_3).

On procède de la même manière que dans l'étude précédente avec l'application de la LFS :

$$\text{Côté extérieur : } P_1 = P_4 + \rho_o g(z_4 - z_1)$$

$$\text{Côté intérieur : } P_1' = P_3 + \rho_i g(z_2 - z_1) + \rho_o g(z_3 - z_2)$$

On trouve donc :

$$\Delta P = P_1 - P_1' = P_4 + \rho_o g(z_4 - z_1) - P_3 - \rho_o g(z_3 - z_2) - \rho_i g(z_2 - z_1)$$

Avec $P_3 = P_4 = P_{atm}$ et écrivant que $z_4 - z_1 = (z_3 - z_2) + (z_2 - z_1)$ on a alors :

$$\Delta P = \rho_e g(z_3 - z_2) - \rho_e g(z_2 - z_1) - \rho_c g(z_3 - z_2) - \rho_i g(z_2 - z_1)$$

Et comme $z_1 = z_1'$:

$$\Delta P = (\rho_e - \rho_i)g(z_2 - z_1) + (\rho_e - \rho_c)g(z_3 - z_2)$$

Q25 - En faisant intervenir la loi des gaz parfaits, donner l'écriture de cette relation si on exprime les variations de masse volumique à partir des températures ($\theta_i, \theta_e, \theta_c$) et de la masse volumique de l'air ρ_0 à la pression atmosphérique.

En procédant de la même manière que précédemment :

$$\rho_e = \rho_0 \frac{\theta_0}{\theta_e}, \quad \rho_i = \rho_0 \frac{\theta_e}{\theta_i}, \quad \rho_c = \rho_0 \frac{\theta_e}{\theta_c}$$

et donc :

$$\Delta P = \rho_0 \frac{273,15}{\theta_e + 273,15} \cdot \frac{\theta_i - \theta_e}{\theta_i + 273,15} g(z_2 - z_1) + \rho_0 \frac{273,15}{\theta_e + 273,15} \cdot \frac{\theta_c - \theta_e}{\theta_c + 273,15} g(z_3 - z_2)$$

Q26 - Réaliser une application numérique pour la configuration hiver suivante :

- Différence de hauteur : $z_2 - z_1 = 13$ m
- Hauteur de cheminée : $z_3 - z_2 = 5$ m
- Température intérieure : $\theta_i = 20^\circ\text{C}$
- Température extérieure : $\theta_e = 0^\circ\text{C}$
- Température dans la cheminée : $\theta_c = 24^\circ\text{C}$

On fera apparaître dans le résultat la part de pression motrice due au tirage de la cheminée solaire.

En remplaçant par les valeurs numériques :

$$\Delta P = 1,293 \frac{273,15}{0 + 273,15} \cdot \frac{20 - 0}{20 + 273,15} 9,81 \cdot 13 + 1,293 \frac{273,15}{0 + 273,15} \cdot \frac{24 - 0}{24 + 273,15} 9,81 \cdot 5$$

$$\Delta P = 11,24 + 5,12 \text{ Pa}$$

L'effet de la cheminée solaire permet, dans ce cas, d'augmenter de 45 % la différence de pression et donc de favoriser la ventilation (lorsqu'il y a des apports solaires sur la cheminée...).

Etude de l'effet dû au vent

Q27 - Calculer la vitesse du vent de référence V_{ref} de ce bâtiment en fonction de la vitesse du vent météo adopté pour le site.

Le vent météo étant $V_0 = 4.5 \text{ m.s}^{-1}$, on en déduit le vent de référence par la relation donnée :

$$V_{ref} = V_0 \cdot a \cdot z^b$$

On trouve finalement, en prenant $z = 15m$ c'est-à-dire la hauteur du bâtiment, avec $a = 0,35$ et $b = 0,25$

$$V_{ref} = 4,5 \cdot 0,35 \cdot 15^{0,25} m \cdot s^{-1} = 3,1 m \cdot s^{-1}$$

Q28 - Calculer la différence de pression ΔP due aux effets du vent (en hiver avec $\theta_g = 0^\circ C$) et indiquer la dépression totale due aux effets du vent plus le tirage thermique au niveau de la bouche 1. On prendra pour ce calcul les coefficients de pression suivants :

- au niveau de la bouche d'entrée d'air $C_p = 0,5$ (façade en pression)
- au niveau de la sortie toiture $C_p = -0,3$ (toiture en dépression)

Le calcul de pression au niveau de la bouche d'entrée d'air par rapport à la sortie s'écrit :

$$\Delta P = (C_{p,entrée} - C_{p,sortie}) \frac{1}{2} \rho_e V_{ref}^2$$

$$\Delta P = (0,5 - (-0,3)) \frac{1}{2} \cdot 1,293 \cdot 3,1^2 = 4,97 Pa$$

On en déduit la valeur totale du tirage dans ce cas de figure :

$$\Delta P = \Delta P_{vent} + \Delta P_{tirage\ therm} = 4,97 + 11,4 = 16,37 Pa$$

On voit que dans cette configuration l'effet du vent est favorable. Mais pour une façade en dépression (sous le vent), l'effet du vent peut venir contrarier le tirage thermique.

Analyse des résultats et conclusions

Q29 - Compte tenu de la pression moyenne disponible au niveau des bouches d'entrée d'air que peut-on dire de l'action autoréglable de ces bouches ?

Compte tenu des pressions très faibles obtenues en ventilation naturelle, le réglage des registres sera très délicat. En effet la stabilisation du débit sur des bouches autoréglables n'intervient que pour des pressions de 30 à 40 Pa, pressions rarement atteintes en dehors des périodes de grand vent. Le réseau sera donc très difficile à équilibrer (en dehors d'une mise au point sur chantier par grand vent en hiver).

Q30 - La surventilation nocturne permettra-t-elle de s'affranchir de l'utilisation d'une climatisation en particulier sur la salle de conférence ?

Compte tenu des apports de chaleur par les parois vitrées et par le grand nombre d'occupants en simultané de la salle de conférence, la seule utilisation de la surventilation nocturne n'est certainement pas une solution suffisante (ce que confirme l'étude suivante par l'étude d'une Centrale de Traitement d'air sur cette salle de conférence).

Principe de commande et de régulation de la centrale de traitement de l'air (CTA) de la salle de conférence

Q31 - Représenter sur le 0 l'action progressive sur les vannes trois voies des batteries chaude et froide, en traçant sur les deux diagrammes :

- la 1^e courbe de régulation de la consigne de soufflage en fonction de la température de reprise,
- la 2^e courbe de régulation de la position des vannes des batteries chaude et froide (en % d'ouverture) en fonction de la température de soufflage.

Voir document réponse

Q32 - A l'aide du CCTP, compléter le chronogramme de fonctionnement des ventilateurs de la CTA (0) après sa mise en service et en l'absence de défaut fumée et antigel. Tenir compte de l'enclenchement du contrôleur de débit, compléter son chronogramme.

Voir document réponse

Cinquième partie : étude de la structure

Etude du modèle poutre pleine

Q33 - Justifier mécaniquement qu'on peut modéliser la dalle du plancher bas du R+2 par un ensemble de poutres reposant sur plusieurs appuis. Indiquer la longueur des portées entre les appuis, et justifier le type d'appui.

Les dalles ne portent que sur deux extrémités. Le clavage latéral ne reprend que des efforts verticaux, pas de moment. On peut donc raisonner sur une largeur élémentaire de plancher, prise égale à une dalle de 1.2 m. (entraxe de pose). La portée entre nus est 12.30 mètres. Les appuis ne peuvent pas reprendre de moment important, ce ne sont donc pas des encastremements, et seront modélisées par des articulations.

Q34 - Déterminer la charge linéique « G » (chargement par unité de longueur) provenant des actions permanentes appliquées à cette poutre. Déterminer la charge linéique « Q » appliquée à une poutre provenant des actions variables. En déduire la valeur de la combinaison d'actions qui permet de vérifier le scénario ELS (S_{ELS}) = (G) + (Q) pour la poutre pleine chargée. Conclure sur la part du poids propre de la dalle dans la valeur de (S_{ELS}).

On calcule la charge sur la poutre à l'ELS. La charge linéique liée au poids propre du béton non armé est :

$$2400 \cdot (0,28 + 0,05) \cdot 1,2 = 950,4 \text{ daN} \cdot \text{m}^{-1}$$

La charge liée au plancher chauffant, à la chape, au revêtement de sol et aux cloisons est :

$$(50 + 30) \cdot 1,2 = 96 \text{ daN} \cdot \text{m}^{-1}$$

On trouve donc : $G = 950,4 + 96 = 1046,4 \text{ daN} \cdot \text{m}^{-1}$

La charge d'exploitation du bureau « open space » est :

$$Q = 350 \cdot 1,2 = 420 \text{ daN} \cdot \text{m}^{-1}$$

On trouve finalement un état de charge à l'ELS :

$$G + Q = 1464,4 + 420 = 1466,4 \text{ daN} \cdot \text{m}^{-1}$$

La combinaison des chargements représente $1466 \text{ daN} \cdot \text{m}^{-1}$. Le poids propre de la poutre représente $930 / 1466 = 63\%$ de la charge totale.

Q35 - Déterminer les caractéristiques mécaniques de cette poutre, c'est à dire son moment quadratique I_{gz} et son module d'élasticité longitudinale $E_{\text{béton}}$. Déterminer la flèche maximale de cette poutre sous la combinaison (S_{ELS}). Le cahier des charges est-il respecté ?

Le moment quadratique de la section droite est :
$$I_{gz} = \frac{bh^3}{12} = \frac{1,2 \cdot 0,33^3}{12} = 359370 \text{ cm}^4$$

Le module d'élasticité du béton est : $E_{\text{béton}} = 9500,58^{1/3} = 37000 \text{ MPa}$

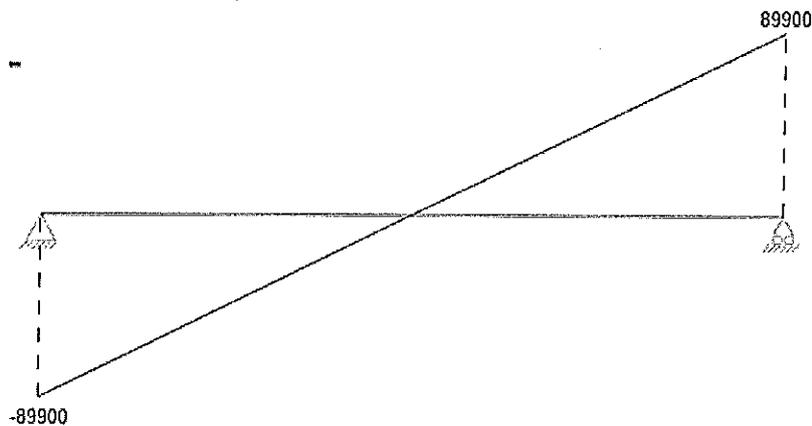
La résistance moyenne à la compression du béton à 28 jours est : $F_{cm} = 50 + 8 = 58 \text{ MPa}$

$$f = \frac{5qL^4}{384EI_{gz}}$$

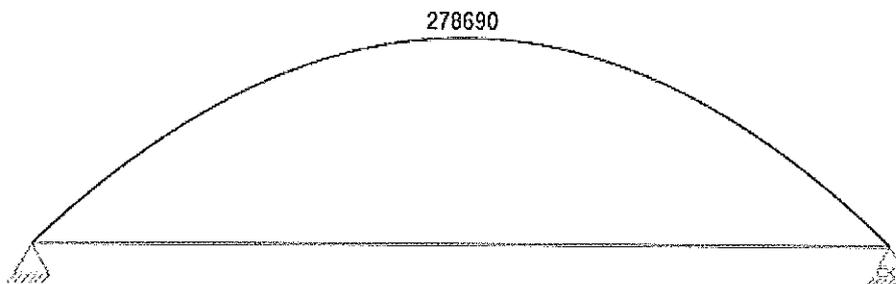
La flèche est donnée par l'équation $f = 3,36 \text{ cm}$. La flèche maximale à mi portée est inférieure à la valeur limite autorisée par le règlement ($L/250 = 4,89 \text{ cm}$). L'exigence de déformation du cahier des charges est respectée.

Q36 - Tracer les diagrammes de variations des efforts internes : l'effort normal $N(x)$, l'effort tranchant $V_y(x)$, le moment fléchissant $M_{fz}(x)$, pour cette poutre. Indiquer les valeurs extrêmes de ces efforts.

L'effort normal est nul sur toute la poutre. Le diagramme n'est pas présenté. Le diagramme de l'effort tranchant $V_y(x)$ est le suivant :



Le diagramme du moment fléchissant $M_{fz}(x)$ est le suivant :



Le moment fléchissant est maximal à mi-portée de la poutre :

$$M_{fz,max} = \frac{pL^2}{8} = 278690 \text{ N.m}$$

Q37 - On évalue le comportement de la section à mi portée, la plus sollicitée en flexion. Calculer les valeurs à l'état limite ELS des contraintes maximales de traction et de compression dans la section de cette poutre rectangulaire. Conclure sur le respect des exigences concernant le béton à l'état limite ELS. Y a-t-il un risque de fissuration et quelles sont les hypothèses initialement faites pour le calcul qui seraient à remettre en cause pour traiter ce problème ? Pourquoi n'a-t-on pas choisi une dalle pleine non armée ?

Dans une section la contrainte normale vaut :

$$\sigma(y) = -\frac{M_{fz}}{I_{gz}} y$$

A mi-portée, là où le moment fléchissant est maximal, et sur les faces inférieures (tendue) et supérieures (comprimée) de la poutre, la contrainte normale à l'ELS vaut :

$$\sigma(-0,17) = \frac{280000}{359370 \cdot 10^{-8}} \cdot 0,17 = 12,86 \text{ MPa}$$

$$\sigma(0,17) = -\frac{280000}{359370 \cdot 10^{-8}} \cdot 0,17 = -12,86 \text{ MPa}$$

Les contraintes admissibles à l'ELS sont, d'après le DT10 :

$$\sigma_{\text{béton comprimé}} \leq 0,6 \cdot f_{c28} = 0,6 \cdot 50 = 30 \text{ MPa}$$

$$f_{t28} = 0,6 + 0,06 \cdot f_{c28} = 0,6 + 0,06 \cdot 50 = 3,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{acier tendu}} \leq F_e = 500 \text{ MPa}$$

La contrainte de compression est admissible. Il n'y a pas d'acier à vérifier. La contrainte maxi en traction dépasse la contrainte maxi de fissuration. La section est en fait largement fissurée en fibre inférieure, l'hypothèse de section homogène n'est pas respectée, le calcul n'est pas valable puisqu'il nécessite une section pleine homogène. Une dalle pleine non armée est trop lourde (63% de la charge) et trop fragile (fissuration et rupture en zone tendue)

Etude du modèle de la dalle alvéolaire

Q38 - On s'interroge sur le choix ayant conduit à cette référence de dalle. Vérifier en utilisant les documents du fournisseur si la dalle est adaptée au chargement de l'ELS.

Les surcharges additionnelles sur la dalle alvéolaire sont de 80 (sol) + 350 (bureaux) daN.m^{-2} par mètre de poutre, soit $(30 + 50 + 350) = 430 \text{ daN.m}^{-2}$. D'après le DT15, la dalle de 12.3 mètres est capable de reprendre des surcharges d'environ 800 daN.m^{-2} , elle est donc adaptée, voire surdimensionnée.

Q39 - Déterminer le gain de masse en pourcentage obtenu par les alvéoles.

Déterminer la perte de moment quadratique I_{gz} en pourcentage. Conclure sur l'effet des alvéoles internes.

Le gain apporté par la présence des alvéoles est estimé à partir de la masse de la structure, de la sollicitation en poids propre, et du moment quadratique.

La surface de la section droite passe de $0,396 \text{ m}^2$ et $0,194 \text{ m}^2$. Le moment quadratique passe de $0,00359 \text{ m}^4$ et $0,00048 \text{ m}^4$. La charge répartie ELS passe de 1446 daN.m^{-2} à 972 daN.m^{-2} . Le gain de masse est de 51% alors que la perte de rigidité n'est que de 13%. Les alvéoles allègent plus la structure et diminuent les sollicitations de poids propre qu'elles ne la fragilisent. Il faudrait vérifier que la section évidée résiste également aux contraintes de cisaillement provoquées par l'effort tranchant.

Q40 - Déterminer la surface S_{eq} et la distance équivalente d_{eq} qui généreront le même effet de précontrainte dans les deux poutres.

Pour la dalle DSR 2800 104 B, on a : 10 torons T12.5 de section 93 mm^2 placés à $4,6 \text{ cm}$ du bas et 4 torons T9.3 de section 52 mm^2 placés à 8 cm . On a donc :

$$d_1 = 8 \text{ cm} \text{ et } d_2 = 4,6 \text{ cm}$$

Le système est équivalent si les torseurs résultants des précontraintes des deux poutres sont équivalents. Ce qui implique les deux équations :

$$\sigma_p(S_1 + S_2) = \sigma_p S_{eq}$$

$$\sigma_p(S_1 d_1 + S_2 d_2) = \sigma_p S_{eq}(17,8 - d_{eq})$$

$$d_{eq} = \frac{S_1 d_1 + S_2 d_2}{S_1 + S_2}$$

On trouve alors :

Application numérique :

Avec $S_1 = 4.52 = 208 \text{ mm}^2$ et $S_2 = 10.93 = 930 \text{ mm}^2$ ce qui donne $S_{eq} = S_1 + S_2 = 1138 \text{ mm}^2$. La distance d_{eq} vaut :

$$d_{eq} = \frac{S_1 d_1 + S_2 d_2}{S_1 + S_2} = \frac{208.8 + 930.4,6}{1138} = 5,2 \text{ cm}$$

L'armature équivalente est donc 5.2 cm au-dessus de la fibre inférieure de la poutre, soit $33 - 5,2 = 27,8 \text{ cm}$ sous la fibre supérieure de la poutre.

Q41 - En modélisant la précontrainte par la superposition d'efforts normaux et de couples appliqués aux extrémités, déterminer la précontrainte σ_p ou contrainte dans les torons, qui génère la contre-flèche prévue de $\frac{L}{400}$ sous le poids propre des 28+5 cm de dalle. Est-il possible de tendre ainsi les torons ?

L'effet de la précontrainte revient à calculer la flèche d'une poutre soumise à un couple d'extrémité $P.e = C$ avec e excentricité de la précontrainte par rapport à la fibre neutre de la section béton. L'excentricité vaut $e = 8,8 \text{ cm}$. Le poids propre de la dalle est de $1941 \text{ cm}^2 \cdot 2400 \text{ daN.m}^{-3}$. La déformation totale est :

$$\text{contreflèche}_{\text{totale}} = \frac{L}{400} = \text{contreflèche}_{\text{précont.}} - f_{\text{poids propre}}$$

avec :

$$f_{\text{poids propre}} = \frac{5qL^4}{384EI_{gz}} \text{ et } \text{contreflèche}_{\text{précont.}} = 2 \frac{CL^2}{16EI_{gz}} \text{ avec } C = Pe$$

L'énoncé indiquait une valeur de $S_{eq} = 1150 \text{ cm}^2$ alors que le calcul précédent donnait un résultat 1150 mm^2 . Les candidats ont été amenés à utiliser l'une ou l'autre des deux hypothèses. Les deux corrigés sont fournis ci-dessous.

Calcul N°1 avec les valeurs des candidats: $S_{eq} = 1150 \text{ cm}^2$

L'effort global de précontrainte est donc de 2043 kN . La contrainte admissible dans les torons est de 75% de la limite de rupture (1960 MPa), soit 1395 MPa . La contrainte de traction dans les torons est de $17,8 \text{ MPa}$. Elle est largement admissible.

Calcul N°2 avec les valeurs des candidats: $S_{eq} = 1150 \text{ mm}^2$

L'effort global de précontrainte est toujours de 2043 kN , la contrainte de traction dans les torons est cette fois-ci de 1777 MPa . La contrainte admissible dans les torons est de 75% de la limite de

rupture (1960 MPa), soit 1395 MPa . Dans cette configuration, la contrainte normale dans les aciers est supérieure à la contrainte maximale admissible, les aciers de précontrainte ne résisteront pas.

Q42 - Expliquer pourquoi la valeur de la contrainte normale interne dans les torons pourrait changer pendant le chargement ?

Pendant le chargement, les fibres inférieures de béton s'allongent, entraînant un allongement du câble de précontrainte, et donc une augmentation de cet effort P . De plus, l'effort P diminue pendant le temps du au phénomène de relaxation de l'acier et du fluage du béton.

Conclusion

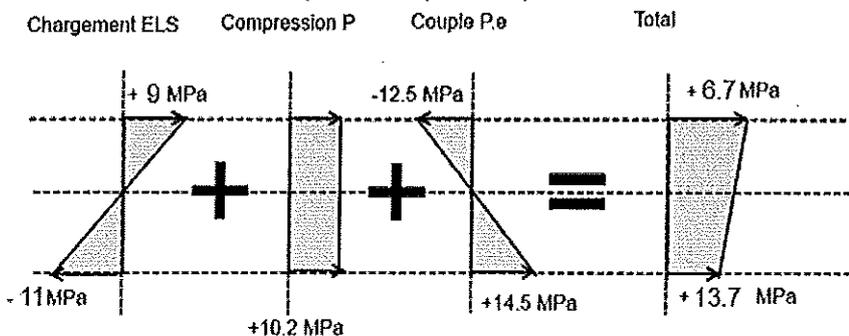
On souhaite maintenant conclure sur la conformité au scénario ELS et l'adaptation au projet de la dalle alvéolaire utilisée.

Q43 - Déterminer la valeur de la contrainte maximale dans le béton. Tracer le diagramme de répartition des contraintes dans la section. Conclure sur la conformité de la structure aux exigences du scénario ELS.

Les contraintes maximales dans la section béton, provoquées par la sollicitation ELS sont de 11 MPa en fibre inférieure (traction) en 9 MPa en fibre supérieure (compression). La précontrainte P apporte une contrainte normale de compression uniforme dans la section de valeur :

$$\frac{P}{S} = \frac{2000000}{0,195} = 10,2 \text{ MPa}$$

Le moment de précontrainte apporte une contrainte normale inférieure de compression de $14,5 \text{ MPa}$ et une contrainte de traction de $12,5 \text{ MPa}$ en fibre supérieure. Les contraintes de compression résultantes dans le béton, $11,7 \text{ MPa}$ et $8,7 \text{ MPa}$ sont inférieures aux contraintes maximales. La flèche est aussi admissible. Ceci conduit à la répartition des contraintes suivante (convention ci-dessous utilisant la compression positive) :



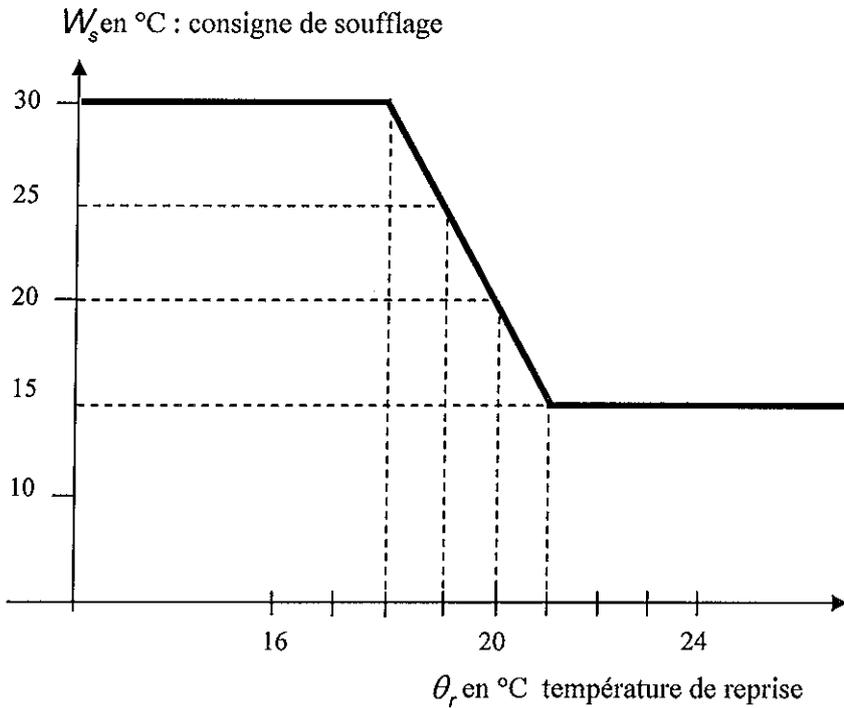
Q44 - Expliquer pourquoi ce plancher a été réalisé en dalle alvéolaire, alors que les autres planchers sont réalisés en béton armé de pleine masse ?

Ces dalles préfabriquées évitent de devoir coffrer un plancher. La réalisation est rapide. Elles sont allégées et raidies par des câbles de précontrainte, ce qui leur permet de franchir de grandes portées sans appui intermédiaire.

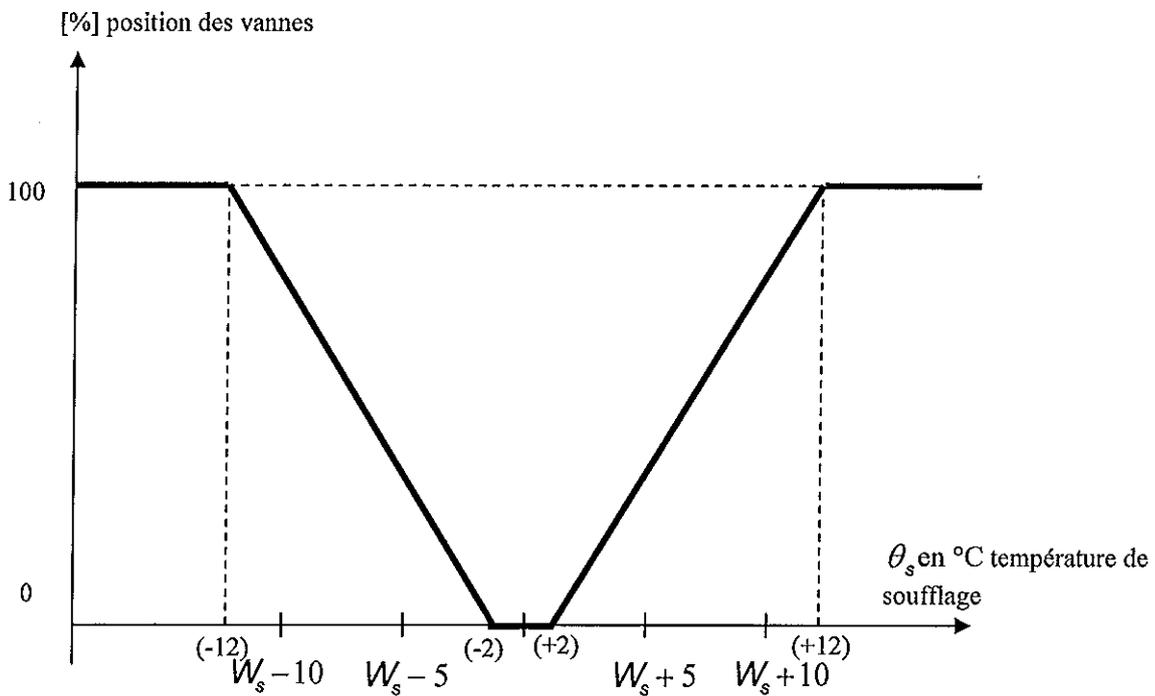
Document réponse 1 : tracé des courbes de lois de régulation - Question 0

1ère courbe : loi de cascade

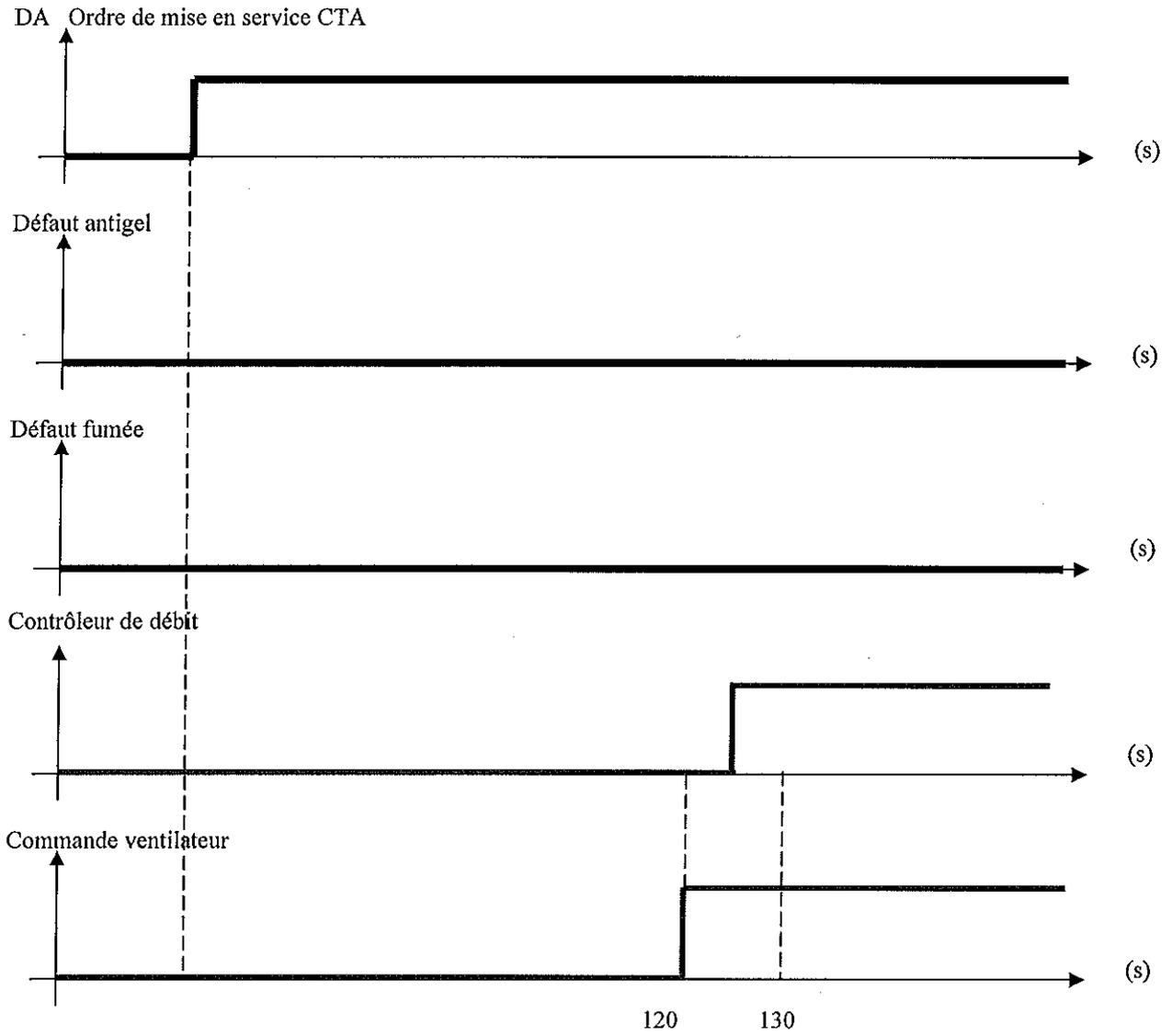
Consigne de soufflage en fonction de la température de reprise



2ème courbe : diagramme statique - Position des vannes en fonction de la température de soufflage



Document réponse 2 : étude logique - Question 0



Commentaires du Jury

Première et deuxième parties :

Quelle que soit l'option d'inscription, ces deux premières parties traitant du contexte de l'étude puis de la production photovoltaïque ont été majoritairement bien traitées.

Le jury a particulièrement apprécié les copies des candidats ayant fait preuve de clarté et de précision dans les réponses formulées.

Troisième partie :

La description du fonctionnement « hiver » était donnée dans le sujet.

Les candidats devaient indiquer le mode de fonctionnement « été » en repérant les différents réseaux utilisés et préciser le basculement, en ouverture ou fermeture des vannes, pour permettre de réaliser ce mode « été ».

Les questions ont été abordées par la moitié des candidats mais avec peu de réussite.

La plupart des candidats n'ont pas identifié le circuit de refroidissement des condenseurs des deux pompes à chaleur raccordé à l'échangeur « chaud » (échangeur dont la présence est obligatoire du fait d'un circuit chaud sans anti-gel et d'un circuit vers le forage géothermique qui lui est avec anti-gel).

D'une manière générale les candidats n'ont pas perçu l'intérêt des PAC raccordées à un forage géothermique.

La question sur la recherche des niveaux de température qui visait à bien mettre en avant le régime d'eau des planchers chauffants-refroidissants n'a pas non plus été comprise.

En effet la question conduisait à préciser que le régime d'eau obtenu (19°C-24°C) était bien compatible avec un mode de rafraîchissement des bâtiments par plancher tout en évitant la condensation de surface (avec le régime de production d'eau glacée de 7°C-12°C cela aurait été bien entendu tout autrement).

Enfin des candidats n'ont que peu de notions de fluidique : nombreux étant ceux qui ont positionné des vannes ouvertes sur le circuit aller avec des vannes fermées sur le circuit de retour. Ceci conduisant donc à l'impossibilité au fluide de circuler dans ce réseau fermé.

Quatrième partie :

Dimensionnement échangeur :

La question a été peu abordée. Le traitement qui a été fait de cette partie indique une mauvaise connaissance des candidats de la théorie des échangeurs. Ceux qui ont tenté de faire l'application des relations données (méthode des NUT ou formule de Hausbrand pour un échangeur méthodique) l'ont fait avec une interprétation du niveau des températures données et des sens d'écoulement conduisant à des surfaces d'échangeur incorrectes.

Les relations puissance /débit ne sont pas maîtrisées pour la plupart des candidats.

Ventilation solaire :

Les questions portant sur ces parties ont été traitées par un nombre plus important de candidats. Cependant le problème était volontairement structuré par étapes où des solutions partielles étaient fournies dans le sujet. Ce sont donc surtout les applications numériques de ces questions qui ont été traitées.

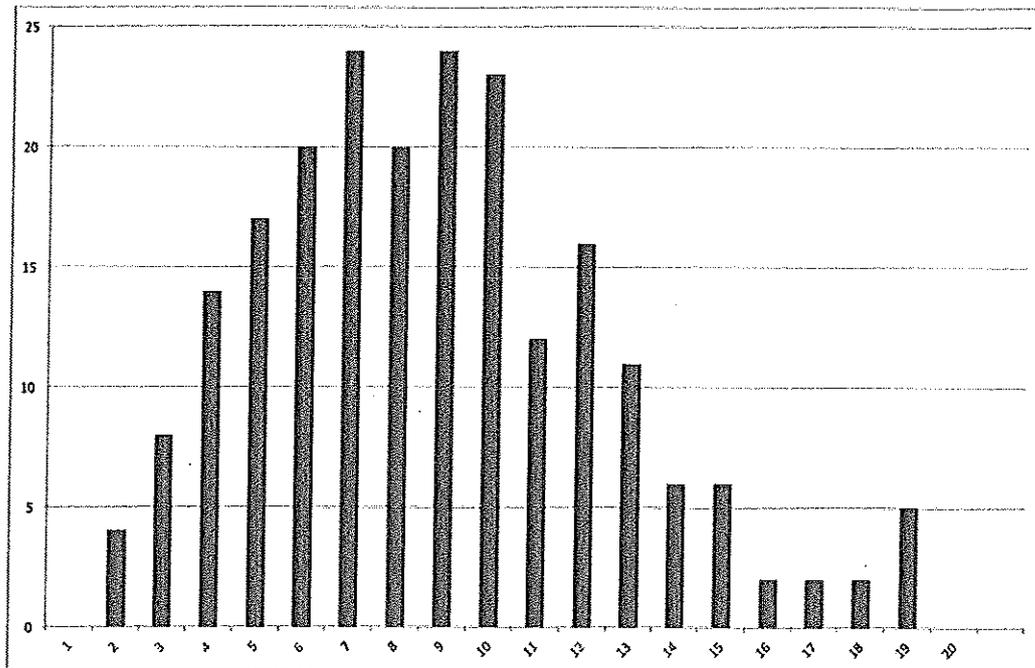
De nombreux candidats ne maîtrisent pas les notions fondamentales de statique des fluides.

Quelques résultats au niveau des unités utilisées (pressions motrices de ventilation de plusieurs bar au lieu de quelques Pa indiquent que les ordres de grandeur ne sont pas connus).

Enfin les questions ouvertes sur le choix des bouches de ventilation autoréglables et sur l'opportunité d'une climatisation ou pas sur la salle de conférence, montrent un manque de connaissances technologiques et sur les choix de système.

Répartition des notes de l'épreuve

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



Conseils du jury :

Il serait opportun, que sans être obligatoirement des spécialistes des différents thèmes abordés, les candidats se présentant à l'Agrégation Interne de Sciences Industrielle de l'Ingénieur soient à même de maîtriser des notions élémentaires de physique (dans le domaine de la mécanique des fluides, des échanges thermiques, des bases de l'électricité...).

Les programmes des différentes spécialités des baccalauréats STI 2D, des BTS et DUT couverts par les domaines d'enseignement des candidats ont une forte orientation dans le domaine du développement durable et de l'efficacité énergétique. On peut donc imaginer que les candidats aient acquis un certain recul par rapport aux problèmes que ces différentes technologies ou orientations énergétiques conduisent à aborder.

Les futurs candidats devront également veiller à rédiger convenablement leurs réponses de sorte que leur cheminement d'esprit soit accessible au jury.

Ainsi, les hypothèses retenues devront être clairement exposées.

Les expressions littérales et numériques d'un calcul devront figurer dans la rédaction.

Nous encourageons les candidats à composer dans toutes les parties du sujet pour démontrer leur faculté à aborder des sujets dans leur pluridisciplinarité.

Epreuves d'admissibilité

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

Coefficient 1 - durée : 6 heures

Technologies efficaces dans les véhicules

Éléments de Corrigé

Partie A : Appropriation des problématiques

Partie A.1 - Hybridation Thermique – Électrique des GMP

QA1.1- Force de résistance à l'avancement

Les deux forces sont colinéaires et s'opposent au déplacement du véhicule $F = F_r + F_a$;

$$\|F\| = K_r \cdot m_T \cdot g + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S C_x \cdot v = 0,015 \cdot 1300 \cdot 9,81 + \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 0,55 \cdot \left(\frac{80}{3,6}\right)^2 = 354,3 \text{ N}$$

QA1.2- Puissance à 80 km/h

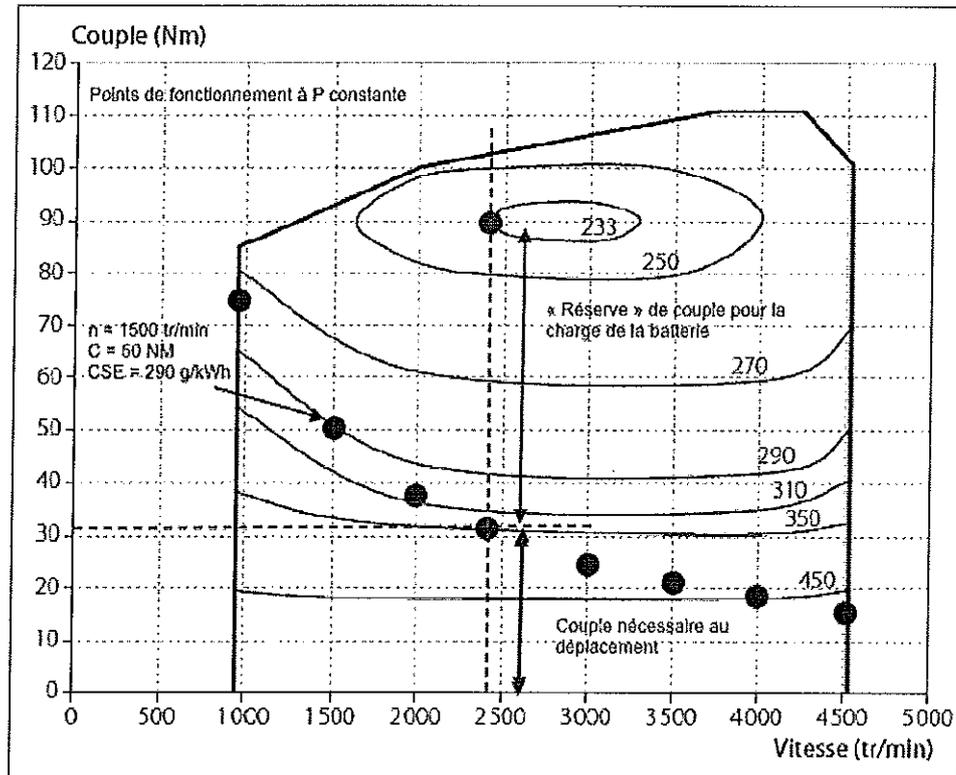
Les deux vecteurs sont colinéaires : $P_{80} = \vec{F} \cdot \vec{v} = 354,3 \cdot \frac{80}{3,6} = 7872,40 \text{ W}$

QA1.3- Courbe de couple résistant à puissance constante P_{80}

Pour la puissance P_{80} , on détermine le couple correspondant à chacune des vitesses :

n (tr/min)	1000	1500	2000	2400	3000	3500	4000	4500
Ω (rad/s)	104,67	157,00	209,33	251,20	314,00	366,33	418,67	471,00
P80 (W)	7872,51	7872,51	7872,51	7872,51	7872,51	7872,51	7872,51	7872,51
C_{80} (Nm)	75,22	50,14	37,61	31,34	25,07	21,49	18,80	16,71

Consommation Spécifique CSE en g/kWh



QA1.4- Rejet de CO₂

On relève la consommation spécifique pour le cas le plus favorable soit à 1500 min⁻¹ : CSE = 290 g/kWh

Pour une distance parcourue de 80 km, le moteur aura fourni une puissance de 7872,51 W pendant une heure, soit une énergie de E₈₀ = 7,872 kWh.

L'énergie mise en jeu par kilomètre parcouru est alors : E₁ = 9,84.10⁻² kWh/km, ce qui correspond à une consommation de carburant de 28,54 g/km.

Le volume de carburant est alors égal à 39,63 ml/km.

→ le rejet de CO₂ correspondant est de : 39,63.10⁻³ x 2,28 kg/l soit 90,40 gCO₂/km.

Phase 1, moteur thermique seul

QA1.5- Puissance délivrée par le moteur thermique

$$P_{MT} = C * \Omega = 90 * 2 * \pi * \frac{n}{60} = 22619,5W$$

QA1.6- Puissance disponible pour charger la batterie

On dispose de 22 kW et il faut 7,8 kW pour combattre les frottements à 80 km/h, il reste donc 14,8 kW pour charger la batterie.

QA1.7- Temps de charge de la batterie

Capacité = 720 Wh sous une puissance de 14,8 kW soit 4,88.10⁻² h (3 minutes)

QA1.8- Consommation de carburant

$$\text{L'énergie dépensée : } E_{\text{dépensée}} = P_{MT} * \Delta t = 22619,5W * 4,88.10^{-2} = 1104,36Wh$$

$$\text{Masse de carburant : } m_{\text{carburant}} = E_{\text{dépensée}} * CSE = 257g$$

$$\text{Volume de carburant : } Vol_{\text{carburant}} = \frac{m_{\text{carburant}}}{\text{densité}} = \frac{0,257}{0,72} = 0,357\text{litre}$$

$$\text{distance parcourue : } distance = V_{80} * \Delta t = 80 * 4,88.10^{-2} = 3,90km$$

Phase 2, moteur électrique seul

QA1.9 Temps de décharge de la batterie

Puissance nécessaire au déplacement : $P_{80} = 7872,4W$

Capacité de la batterie 720 Wh, soit $Temps_{\text{décharge}} = \frac{\text{capacité}}{P_{80}} = \frac{720}{7872,4} = 0,091h$ soit 5,49min

distance parcourue : $distance = V_{80} * \Delta t = 80 * 9,15.10^{-2} = 7,32km$

Conclusion

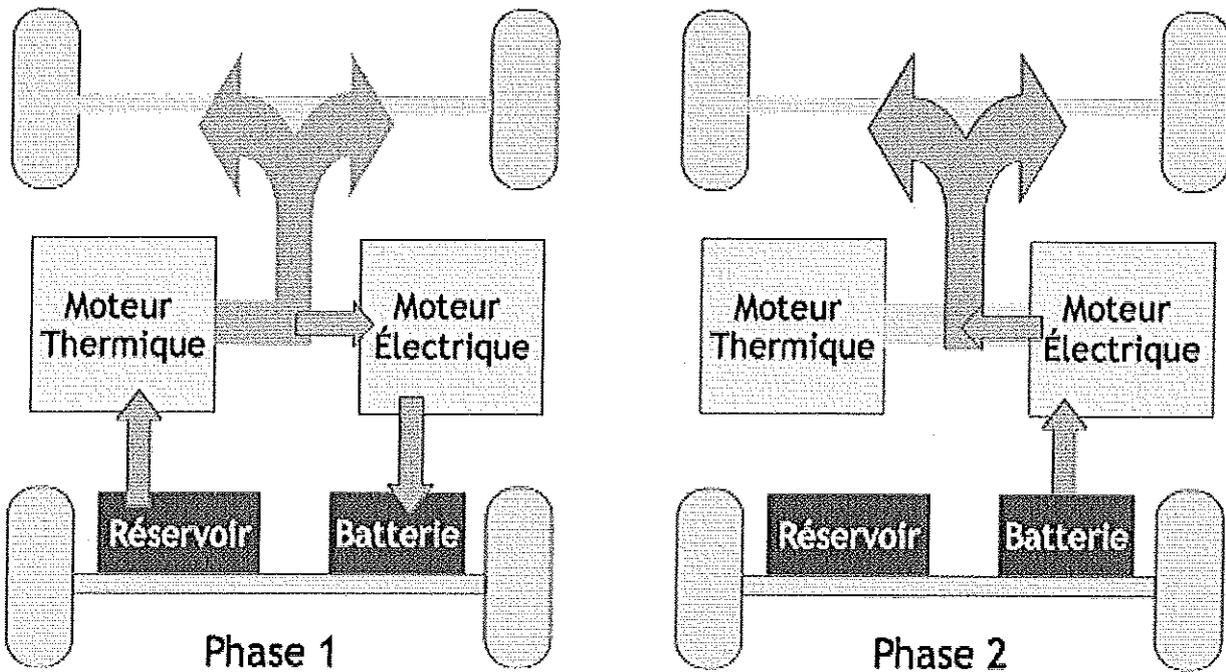
QA1.10 Rejet de CO₂

Consommation totale de carburant : 0,357 litre pour une distance totale parcourue de 11,22 km.

Soit un rejet de $rejet\ gCO_2 = 0,357\text{litre} * 2,28kgCO_2 / \text{litre} = 0,814kgCO_2$ pour 11,22 km

Rejet au km : $rejet\ gCO_2 / km = \frac{814g}{11,22km} = 72,55gCO_2 / km$

QA1.11 Représentation graphique des flux d'énergie



Partie A.2 - Mise en évidence de problématiques liées au bus CAN

QA2.1 - Déterminer la valeur de CL.

D'après la documentation $C_T = 10pF$ et $C_L = 15pF$

QA2.2 - Déterminer l'expression de l'impédance caractéristique du tronçon de ligne de longueur L2 (câble de longueur L2 + ECU) en fonction notamment de CL et de d.

C_L pouvant être répartie sur la longueur d cela implique que la capacité linéique augmente de C_L/d et

$$Z_c = \sqrt{\frac{L}{C + \frac{C_L}{d}}}$$

provoque une diminution de

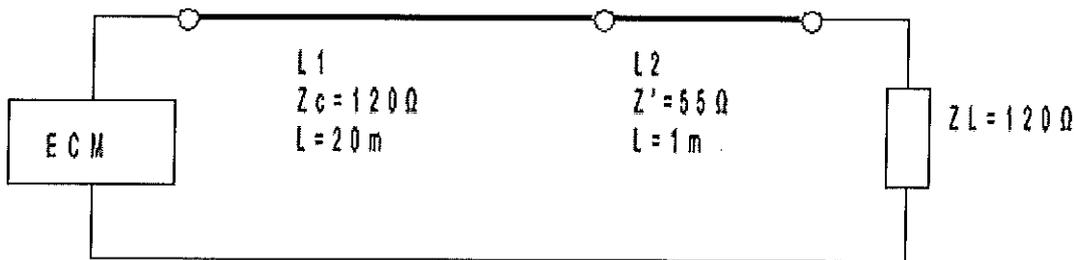
QA2.3 - Justifier les valeurs des durées T_{D1} et T_{D2} .

- La durée $T_{D1} \approx 100\text{ns}$ correspond au temps de propagation du signal dans la ligne L1 soit $4,810^{-9} \times 20\text{m} = 96\text{ns}$.
- La durée $T_{D2} \approx 10\text{ns}$ correspond au temps de propagation dans la ligne L2 soit :

$$T_p = 1/v_1 = \sqrt{L(C + CL/d)} = \sqrt{576 \cdot 10^{-9} (40 \cdot 10^{-12} + 15 \cdot 10^{-12} / 0.1)} = 10,4\text{ns/m}$$

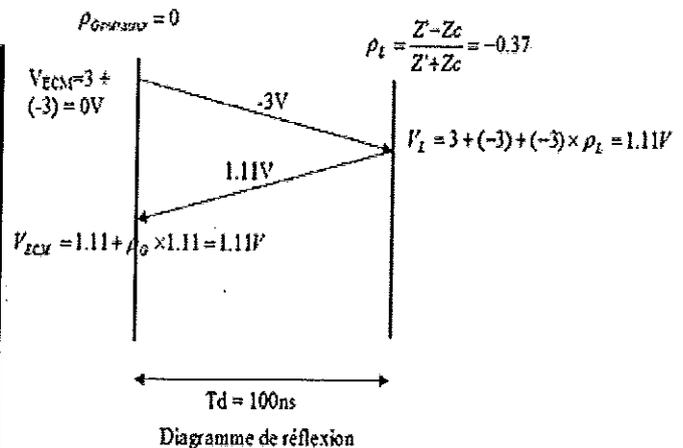
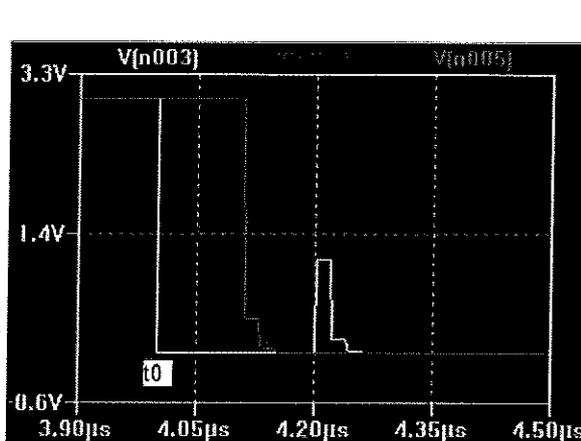
QA2.4 - Dessiner un schéma faisant apparaître les différentes lignes entrant « en jeu » et préciser les différentes valeurs des impédances caractéristiques rencontrées (l'impédance caractéristique de la ligne de longueur L2 sera notée Z'). Justifier succinctement :

- la présence de l'écho sur $V_{ECM}(t)$
- la valeur de l'amplitude A1 liée à la présence de Z'.



- La présence de l'écho sur $V_{ECM}(t)$ est liée à la non adaptation des lignes L1 et L2.

Pour $t = t_0$ on peut considérer que le générateur amène une tension de -3V venant ainsi annuler les 3V de V_{ECM} .



Un écho d'amplitude $A1=1,11\text{V}$ apparaît en V_{ECM}

$$\rho_L = \frac{Z' - Z_c}{Z' + Z_c} = \frac{55 - 120}{55 + 120} = -0.37$$

$$A1 = -0.37 \times -3 = 1,11\text{V}$$

QA2.5 - Préciser en quoi cet écho est gênant pour le Master ECU. Préciser la valeur limite de A1 qui est sans incidence sur l'état devant être interprété.

- Cet écho est gênant car il peut être compris par l'ECU, sous certaines conditions (de longueur de câble et de présence de grappes d'ECU), comme un état dominant.
- Il faut que l'amplitude de l'écho ne dépasse pas la tension max représentant un état récessif différentiel, soit 0,5V.

QA2.6 - Établir une relation entre d , C_L et C permettant de valider les préconisations d'espacement des différentes ECU données par Texas Instruments .

- Afin de proposer une condition sur les espacements entre les différentes ECU, il faut que :

$$A1 = -3 \times \rho < 0.5 \Rightarrow -3 \times \frac{Z - Z_c}{Z + Z_c} < 0.5 \Rightarrow \rho > -0.167$$

avec $Z_c = 120\Omega$

$$\Rightarrow Z' > Z_c \frac{1 - 0.167}{1 + 0.167} \Rightarrow Z' > 0.713 Z_c \quad Z_c = \sqrt{L/C}$$

et :

$$Z' = \sqrt{\frac{L}{C + \frac{C_L}{d}}} \Rightarrow Z' = \sqrt{\frac{Z_c^2 C}{C + \frac{C_L}{d}}} > 0.713 Z_c$$

- Après calcul on obtient : $d > \frac{0.713^2 C_L}{(1 - 0.713^2)} = \frac{C_L}{0.97C}$
- D'après les courbes Texas et pour $C_L = 15\text{pF}$ et $C = 40\text{pF/m}$ on obtient $d > 0.35\text{m}$. Le calcul donne $0,38\text{m}$; les préconisations sont donc validées.

QA2.7 - Indiquer quel champ de la trame de données permet de gérer les conflits.

- Champ d'arbitrage

QA2.8 - On considère pour cette question que deux ECU désirent émettre en même temps :

Identification	ID
ECU1 Brake	0x030
ECU2 Batterie ECU	0x03B

- Indiquer le nom de l'ECU qui prendra le contrôle du bus.

ID de ECU1 BRAKE : 000000110000

ID de ECU2 Batterie : 000000111011

C'est l'ECU1 Brake qui prend le contrôle du bus.

- Expliciter cette prise de contrôle.

Les ID des différentes ECU sont classées par ordre de priorité afin que l'ECU chargée des messages les plus importants (sécurité) soit prioritaire.

QA2.9 - Montrer comment le récepteur (ECU) est capable de vérifier l'intégrité des données reçues (données correspondant au polynôme $T(x)$).

- le polynôme représentant le message transmis est $T(x) = R(x) \oplus x^k M(x)$ avec $R(x) = x^k M(x) \text{ mod } (G(x))$. Une division polynomiale est effectuée par le récepteur telle

$$\frac{R(x) \oplus x^k M(x)}{G(x)}$$

que : Si on s'intéresse au reste de cette division :

$$\text{reste}(x) = (R(x) \oplus x^k M(x)) \text{ mod } (G(x)) = R(x) \text{ mod } (G(x)) \oplus x^k M(x) \text{ mod } (G(x))$$

$$= R(x) \oplus R(x) = 0$$

- A la réception, si il n'y a pas d'erreur de transmission, le reste de la division polynomiale effectuée est nul.

QA2.10 - Valeur de $E(x)$ lorsqu'il n'y a pas d'erreur de transmission.

- Quand il n'y a pas d'erreur de transmission $E(x) = 0$.

QA2.11 - On considère que $T_1(x)$ est différent de $T_2(x)$. Définir la condition sur $E(x)$ pour laquelle aucune erreur n'est détectée.

- Dans le cas d'une erreur de transmission, il est possible qu'aucune détection n'ait lieu, il suffit que $T_1(x) \bmod(G(x)) = T_2(x) \bmod(G(x))$ soit
 $T_1(x) \bmod(G(x)) \oplus T_2(x) \bmod(G(x)) = (T_1(x) \oplus T_2(x)) \bmod(G(x)) = E(x) \bmod(G(x)) = 0$

QA2.12 - Le polynôme BOSCH91 $G(x) = x^{15} + x^{14} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^4 + x^3 + 1$ est divisible par $(x+1)$. En employant ce polynôme et dans le cas où aucune erreur n'est détectable, montrer que l'erreur contient un nombre pair de '1'. Conclure sur l'intérêt d'un polynôme $G(x)$ factorisable par $(x+1)$.

- Comme le polynôme $G(x)$ est factorisable par $(x+1)$, et que l'opération $E(x)/G(x)$ donne un reste nul, cela signifie que $E(x) = Q_E(x) \times G(x) \times (x+1)$ ou $Q_E(x)$ est le quotient de la division. Cela implique donc que $x=1$ est un pôle de $E(x)$: $E(1)=0$. Il faut, pour que cette égalité soit satisfaite, qu'un nombre pair de coefficients existe dans ce polynôme. Le mot binaire « erreur » est donc constitué d'un nombre pair de « 1 ».
- Un polynôme $G(x)$ factorisable par $(x+1)$ permet de déceler les erreurs de transmissions lorsqu'un nombre impair de '1' est contenu dans le mot binaire erreur.

QA2.13 - Montrer qu'une division du polynôme $x^k M(x)$ par $G(x) = x+1$ conduit à réaliser un générateur de parité paire.

$$T(x) = R(x) \oplus x^k M(x)$$

$$R(x) = x^k M(x) \bmod((x+1)) \Rightarrow T(x) = x^k M(x) \bmod((x+1)) \oplus x^k M(x)$$

$$\frac{T(x)}{(x+1)} = T'(x) \text{ puisque } T(x) \text{ est divisible par } (x+1) \text{ (le reste ayant été ajouté à } x^k M(x))$$

$$\Rightarrow T(x) = T'(x)(x+1) \Rightarrow x = 1 \text{ est un pôle de } T(x)$$

- $T(x)$ contient un nombre pair de '1'.

QA2.14 - Conclure sur l'intérêt du bus CAN dans le contexte du véhicule hybride.

- Débit important de donnée (250kbts/s à 1Mbits/s) permettant de répondre aux exigences liées au volume d'informations à gérer ;
- Fiabilité du transport des données liée à l'emploi d'un câble blindé à paire croisée employant une tension différentielle comme support des signaux ;
- Vérification de l'intégrité des données transmises à l'aide du mécanisme CRC assurant une sécurité quant à la transmission de données ;
- Protocole de communication induisant une hiérarchie dans les échanges basée sur le poids de l'identificateur de l'ECU désirant transmettre ;
- Allègement du véhicule (moins de cuivre employé).

Partie B- Développement d'une séquence pédagogique

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

Dans les parties B1 et B2 le candidat devait rédiger deux activités pédagogiques concernant un groupe de 4 élèves, utilisant le support étudié en A1 et A2. La première activité était de type pratique (TP), la deuxième devait prendre la forme d'une étude de cas.

Dans la partie B3, le candidat était invité à mettre en cohérence ces activités au sein d'une séquence de 15h construite autour de centres d'intérêt.

Commentaires du Jury :

Pour les parties B1 et B2 « construction d'une activité pédagogique » il était attendu du candidat :

- Un document « professeur » présentant de manière claire et structurée les intentions pédagogiques (compétences visées, savoirs), justifiant les choix effectués en terme de dispositif pédagogique (moyens mis en œuvre pour l'acquisition des compétences et des savoirs), et le positionnement du professeur durant la séquence (accompagnement des élèves et déroulé de l'activité).
- Une mise en évidence dans une partie spécifique des contraintes opérationnelles d'organisation de l'activité (matériels et logiciels nécessaires, poste de travail, contraintes de sécurité,) prouvant la faisabilité de cette activité.
- Une trame de document « élève » suffisamment précise et rédigée de manière claire permettant au jury d'apprécier le travail à effectuer pour les 4 élèves. Ce document devait faire apparaître la problématique générale justifiant l'étude ainsi que tous les éléments nécessaires à la description de l'activité (schémas, croquis, modes opératoires....)

Pour la partie B3 « organisation d'une séquence pédagogique » le jury attendait :

- Une justification claire du ou des centres d'intérêt choisi(s) pour cette séquence, en liaison avec les activités décrites.
- Le choix et la description sommaire d'une autre activité participant à la même séquence et du centre d'intérêt associé.
- L'organisation spatio-temporelle adoptée (sous forme de représentation graphique par exemple), en incluant les contraintes d'organisation du groupe classe durant la séquence.
- Les modalités envisagées pour la restitution et la synthèse des travaux, et pour la structuration des connaissances.
- Les modalités d'évaluation, avec une trame suffisamment claire et détaillée permettant de comprendre comment le professeur valide l'acquisition des compétences et des connaissances.

Enfin, pour l'ensemble de la partie pédagogique, le jury attendait du candidat qu'il justifie ses choix stratégiques en s'appuyant sur son expérience de professeur, et qu'il fasse preuve d'analyse critique vis-à-vis du travail qui lui était demandé.

Parmi les éléments rencontrés sur les copies de la session 2014 année, le jury a valorisé :

De manière globale :

- Les copies claires, bien présentées et rédigées (en utilisant des phrases complètes), bien structurées, utilisant des tableaux ou représentations graphiques à bon escient (plans, cartes heuristiques, diagrammes SYSML...)

- Les copies montrant que le candidat possède un certain recul vis-à-vis de sa pratique, qu'il est capable de se remettre en cause et de proposer des dispositifs pédagogiques innovants (mais réalisables).
- Les démarches pédagogiques dans lesquelles il apparaît une réflexion et une stratégie opérationnelle pour favoriser la mobilisation et la mise en activité des élèves (démarche inductive, démarche de projet, formalisation des exigences et attendus pour les élèves...)
- Que les problématiques liées au développement durable ne soient pas que des artifices, et que ceux qui les choisissent développent des activités réellement liées à ces problématiques.

Pour les parties B1 et B2 :

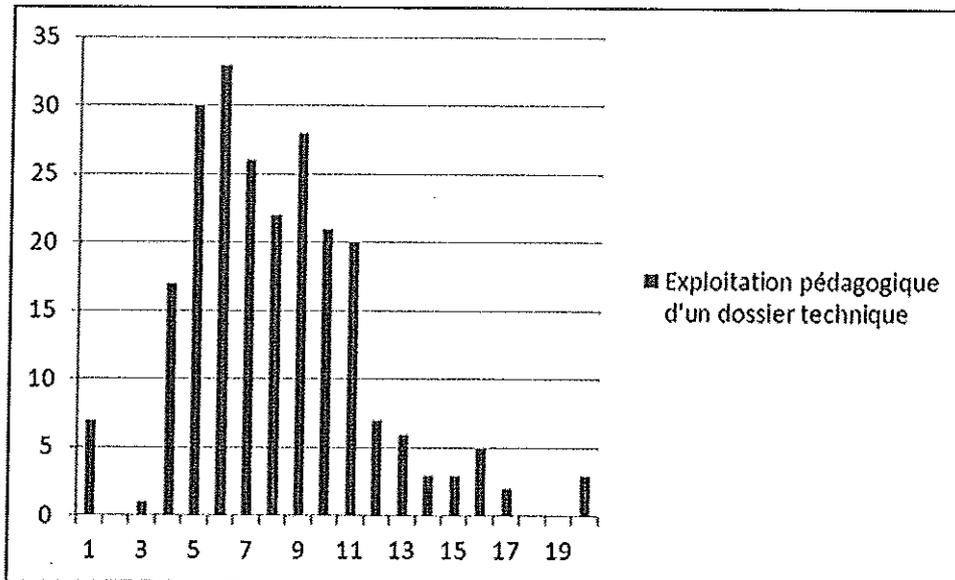
- Que les problématiques proposées aux élèves soient présentes et énoncées clairement, et que le déroulé de l'activité permette d'apporter des éléments de réponse.
- Les études de cas reposant sur les problématiques suggérées qui, abordées concrètement, favorisent l'intérêt des élèves. A ce titre, le jury rappelle qu'une problématique mise en place conduit l'élève à entreprendre des démarches pour résoudre le ou les problèmes rencontrés;
 - analyse de la situation ;
 - prise de décision ;
 - tests, découverte, confrontation des idées ...
 - travail en équipe.
- L'introduction d'outils de simulation pertinents.

Pour la partie B3 :

- Que le dispositif utilisé pour la synthèse soit clairement décrit et explicité, et que les compétences et savoir que les élèves doivent acquérir soit énoncés.
- Que l'évaluation proposée comporte des éléments de réponse, et qu'elle ne vise que les compétences et savoirs précédemment énoncés.
- Que la démarche pédagogique par centre d'intérêt soit comprise, et que les productions proposées montrent que le candidat maîtrise cette approche pédagogique indispensable en STI2D.

Répartition des notes de l'épreuve :

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



Pour les sessions suivantes, le jury conseille aux futurs candidats :

- d'éviter de proposer des activités élève de type « recherche internet », si celles-ci ne sont pas bornées par des objectifs clairs ou des sites conseillés ;
- de mettre en cohérence les activités proposées et la problématique abordée ;
- de rédiger de façon plus précise en s'interrogeant sur le statut et les destinataires des documents et réponses proposées : Il importe notamment de différencier des documents opérationnels (énoncés à destination des élèves...) des intentions pédagogiques ou documents de travail au sein de l'équipe pédagogique.

Epreuves d'admission

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

Coefficient 2 – Durée 6h

Cette nouvelle épreuve d'admissibilité 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'approprier 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 2014

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.

Dans l'ensemble, les candidats ont su mettre en œuvre le matériel qui leur était proposé ainsi que les appareils classiques de mesure et les logiciels d'exploitation et de simulation.

Par contre, certains ont éprouvé des difficultés à proposer et mettre en œuvre des protocoles expérimentaux pertinents et adaptés au problème posé. Ceci est dû en partie à un manque de connaissances concernant les domaines proposés.

Une grande disparité est constatée dans l'analyse et l'exploitation des résultats en vue d'en tirer une exploitation pédagogique, mais les meilleurs candidats ont prouvé leur capacité en ce domaine. Il apparaît également une nette différence entre les candidats ayant 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 traitaient cette année des systèmes de prototypage rapide, de traitement du signal et de captage de l'information par dalle tactile.

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 :

- que pour certains candidats, la maîtrise des instruments de mesure couramment employés en électronique et analyse du signal soit 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...) ;
- le manque de connaissances générales dans l'architecture des systèmes micro-programmés (architecture Harvard, Von Neumann, processeurs RISC/CISC,...) ;
- le manque de connaissances générales concernant les différentes technologies de conversion analogique/numérique (sigma/delta) et numérique/analogique.

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.

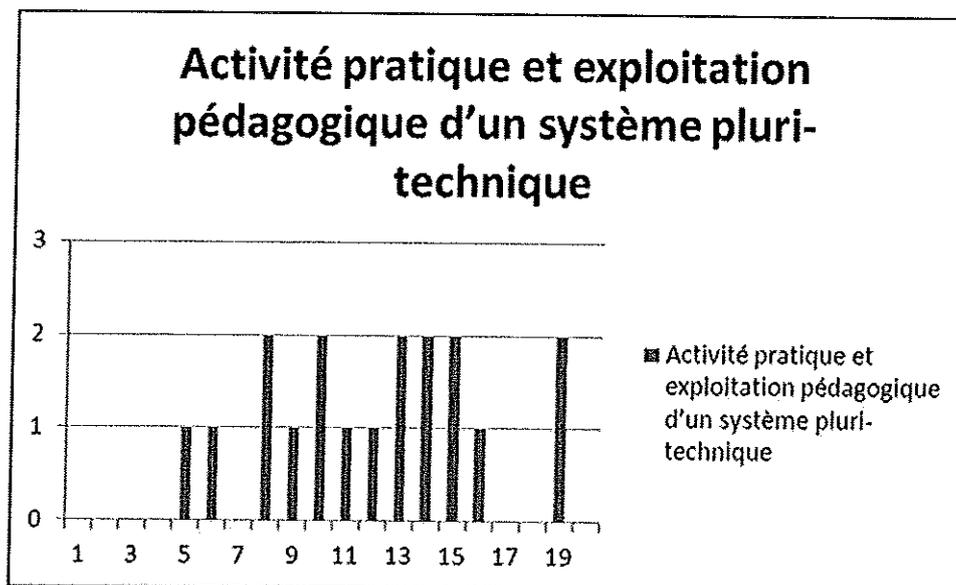
Le jury a apprécié les prestations des candidats qui ont réellement exploité la phase expérimentale pour développer un projet pédagogique structuré comportant :

- 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 :

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



Pour les sessions suivantes il est conseillé aux candidats :

- d'aborder les sujets avec une démarche d'investigation scientifique : construction d'une expérimentation visant à valider par la pratique un comportement attendu, basé sur des connaissances. D'une manière générale la maîtrise et la mise en œuvre des instruments de mesure est indispensable. Concernant le domaine d'activité « systèmes d'information » des connaissances théoriques générales relatives au traitement du signal et à l'architecture des systèmes micro-programmés sont indispensables ;
- de baser leur travail sur une problématique technique ou industrielle réelle, si possible issue de leur expérience professionnelle ;
- de formuler clairement des hypothèses, des conclusions et des observations en fonction des comportements et résultats constatés ;
- ***de s'engager dès le début de l'épreuve dans une optique d'exploitation pédagogique d'un système technique, afin de préparer progressivement leur soutenance durant les 5 heures qui la précèdent.***

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 vidéo-projecteur, 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 plus 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 précisés ;

- 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 la qualité de son dossier, mais aussi et surtout l'exploitation pédagogique qu'il peut en faire dans le cadre d'un enseignement au cycle terminal du lycée, en STS, en IUT ou en CPGE. 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 2014

Le jury a valorisé les travaux des candidats qui ont présenté un dossier relatif à un support industriel parfaitement maîtrisé et analysé :

- 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.

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,
- o une étude technique réduite à une compilation de documents, ne proposant que peu d'analyses scientifiques et technologiques des solutions retenues par le concepteur,

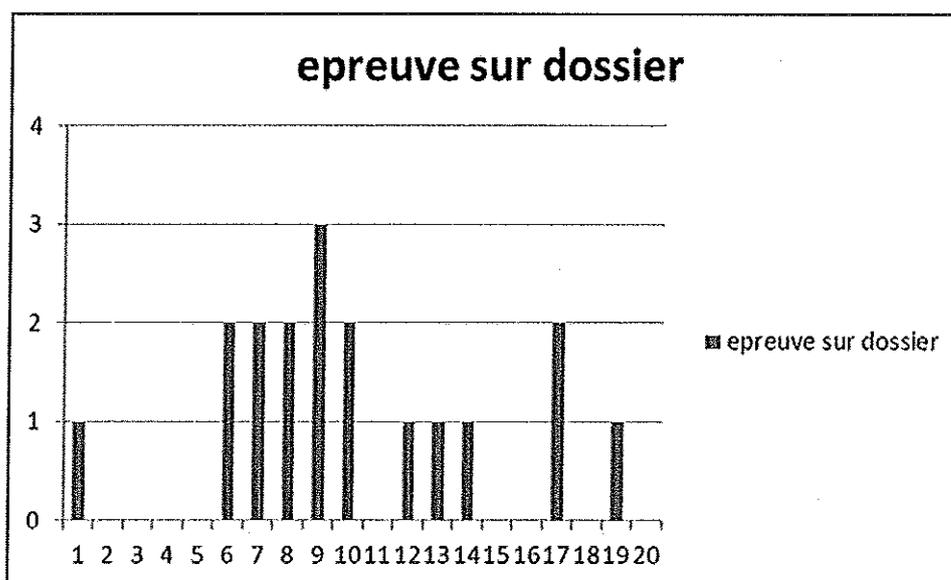
- l'obsolescence des systèmes choisis, ou des supports insuffisamment riches sur les plans scientifiques et technologiques,
- l'absence de description fonctionnelle et/ou structurelle
- une lisibilité insuffisante des documents fournis,
- un manque d'initiative et de curiosité scientifique.

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.



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'à la qualité scientifique et technologique des problématiques dégagées. Il souhaite vivement que les candidats s'appuient sur un support technique issu des entreprises. Trop de candidats réutilisent des supports académiques didactisés, éloignés des réalités et des exigences industrielles. 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.