



Concours du second degré

Rapport de jury

AGRÉGATION INTERNE

SECTION SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR

Option sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie des constructions
Session 2014

Rapport de jury présenté par

Monsieur Jean-Michel Schmitt
Inspecteur général de l'éducation nationale

Président de jury

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

MEMBRES DU JURY

Président

SCHMITT Jean-Michel – IGEN

Vice-président

KESSENHEIMER Thierry – IA-IPR – Bordeaux

Secrétaire du jury

LACHI Mohammed – Professeur des Universités – IUT de Reims

Membres du jury

ANFOSSO Fabienne – Directrice de recherche – IFSTTAR – Nantes

BIRGEL André – Professeur agrégé – Lycée Heinrich Nessel – Haguenau

BRAULT Laurent – IA-IPR – Nancy-Metz

DZIUBANOWSKI Cédric – Professeur agrégé – Lycée Gustave Eiffel – Talange

FAUQUEUX François – Professeur agrégé – IUT de Grenoble

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

KUZNIK Frédéric – Maître de conférences – INSA de Lyon

LIGNON Sylvain – Maître de conférences – IUT de Reims

LONJOU Richard – Professeur agrégé – IUT d'Égletons

MANDOUZE Michel – Professeur agrégé – IUT de Bordeaux

PLÉ Olivier – Professeur des Universités – IUT de Chambéry

RÉSULTATS STATISTIQUES DE LA SESSION 2014

	Inscrits	Nombre de postes	Présents aux trois épreuves d'admissibilité	Admissibles	Admis
Public	152	5	96	12	5
Privé	7	1	7	2	1

Moyenne obtenue aux épreuves écrites par le premier candidat admissible	17,4
Moyenne obtenue aux épreuves écrites par le dernier candidat admissible	12,6
Moyenne obtenue aux épreuves écrites et orales par le premier candidat admis	15,5
Moyenne obtenue aux épreuves écrites et orales par le dernier candidat admis	13,8

Avant-propos

La session 2014 du concours de l'agrégation interne de sciences industrielles de l'ingénieur option sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie des constructions a été organisée suivant des modalités nouvelles conformes aux évolutions pédagogiques en cours.

Le concours doit désormais valider le niveau de maîtrise des compétences nécessaires pour synthétiser les connaissances mobilisables pour répondre à un problème donné mais, aussi et surtout, pour élaborer des séquences pédagogiques.

Ces compétences, pour l'agrégation de sciences de l'ingénieur option ingénierie des constructions sont d'ordre scientifique, technologique, professionnel et pédagogique. Elles doivent aussi révéler le potentiel d'adaptabilité du candidat à faire évoluer ses pratiques pédagogiques et à montrer sa capacité à suivre, de façon réfléchie, les mutations d'un secteur d'activité en perpétuelle évolution. Des constructions et ouvrages récents et innovants doivent illustrer en permanence nos enseignements. Les outils modernes utilisés pour conduire les projets industriels doivent être intégrés dans les enseignements.

Les deux épreuves d'admissibilité sont définies ainsi :

- **1^{ère} épreuve : sciences industrielles de l'ingénieur**

Elle a pour but de vérifier que le candidat est capable de mobiliser ses connaissances scientifiques et techniques pour conduire une analyse systémique, élaborer et exploiter les modèles de comportement permettant de quantifier les performances globales et détaillées d'un système des points de vue matière, énergie et information afin de valider tout ou partie de la réponse aux besoins exprimés par un cahier des charges. Elle permet de vérifier les compétences d'un candidat à synthétiser ses connaissances pour analyser et modéliser le comportement d'un système pluri technique automatique. Durée : quatre heures ; coefficient 2.

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

À partir d'un dossier technique fourni au candidat comportant les éléments nécessaires à l'étude, l'épreuve a pour objectif de vérifier que le candidat est capable d'élaborer tout ou partie de l'organisation d'une séquence pédagogique, dont le thème est proposé par le jury, relative aux enseignements technologiques du cycle terminal "sciences et technologies de l'industrie et du développement durable (STI2D)" ou aux sciences de l'ingénieur de la voie scientifique du lycée, et aux enseignements des BTS du domaine considéré ainsi que les documents techniques et pédagogiques nécessaires (documents professeurs, documents fournis aux élèves, éléments d'évaluation). Durée : six heures ; coefficient 1.

La première épreuve, commune aux trois agrégations SII, est construite de manière à évaluer un spectre large de compétences et de connaissances scientifiques, technologiques et professionnelles nécessaires à la maîtrise des activités de conception, de dimensionnement, d'analyse de comportement. Tous les champs liés à la matière, l'énergie et l'information sont susceptibles d'être couverts par les futurs sujets.

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

Les deux épreuves d'admission sont définies ainsi :

- **1^{ère} épreuve : 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".

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.

Durée totale : 6 heures (activités pratiques : 4 heures ; préparation de l'exposé : 1 heure ; exposé : 40 minutes maximum ; entretien : 20 minutes maximum) Coefficient 2.

10 points sont attribués à la première partie liée aux activités pratiques et 10 points à la seconde partie liée à la leçon.

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

L'épreuve consiste en la soutenance devant le jury d'un dossier technique et scientifique réalisé par le candidat dans un domaine de l'option préparée, suivie d'un entretien.

L'épreuve a pour but de vérifier que le candidat est capable de rechercher les supports de son enseignement dans le milieu économique et d'en extraire des exploitations pertinentes pour son enseignement en collège ou en lycée. L'authenticité et l'actualité du support sont des éléments importants.

L'exposé et l'entretien permettent d'apprécier l'authenticité et l'actualité du problème choisi par le candidat, sa capacité à en faire une présentation construite et claire, à mettre en évidence les questionnements qu'il suscite et à en dégager les points remarquables et caractéristiques. Ils permettent également au candidat de mettre en valeur la qualité de son dossier et l'exploitation pédagogique qu'il peut en faire dans le cadre d'un enseignement.

En utilisant les moyens courants de présentation (vidéoprojecteur et informatique associée, en particulier), le candidat présente le support technique qu'il a choisi pour l'épreuve ainsi que les investigations et développements qu'il a conduits pour s'en approprier le fonctionnement et les évolutions potentielles. Lors de la présentation, le candidat justifiera le choix du support d'étude et les investigations conduites qui pourraient, selon lui, donner lieu à des exploitations pertinentes en collège ou en lycée.

Pendant l'entretien, le jury conduit des investigations destinées à se conforter dans l'idée que le dossier présenté résulte bien d'un travail personnel du candidat et s'en faire préciser certains points.

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

Durée de totale de l'épreuve : une heure (présentation 40min ; entretien 20min) ; coefficient 1.

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

La première épreuve comporte deux évaluations distinctes et complémentaires. Si les compétences scientifiques et technologiques sont évaluées dans la première partie, c'est bien une évaluation des compétences pédagogiques qui prédomine dans la deuxième partie. La difficulté des candidats à appréhender cette dernière montre l'importance d'une préparation réelle à ce type d'épreuve. L'ingénierie pédagogique est désormais au cœur de la réflexion et de l'action des enseignants. Elle induit une formalisation incontournable pour communiquer l'intention pédagogique de l'enseignant.

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

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

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

Pour conclure, je souhaite que ce rapport de jury soit une aide efficace pour les futurs candidats à l'agrégation interne SII option ingénierie des constructions, ainsi qu'à leurs formateurs.

Jean-Michel SCHMITT
Président du jury

Épreuves d'admissibilité

Épreuve de sciences industrielles de l'ingénieur

Coefficient 2 – Durée 4 heures

Le sujet est disponible en téléchargement sur le site du ministère



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.

Éléments de corrigé

Une caisse d'allocation familiale en Bretagne

Première partie : étude du contexte

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

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

D'après la norme, identifier les paramètres influents pour calculer l'énergie fournie par les panneaux solaires. Vous respecterez la désignation des grandeurs donnée 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 $1kW.m^{-2}$;
- $E_{sol,hor}$ est l'irradiation solaire annuelle sur un plan horizontal dans une zone géographique en $kWh.m^{-2}.an^{-1}$
- f_{dir} est le facteur de conversion de l'inclinaison et de l'orientation (sans unité)

La norme ne donne pas de valeur du facteur de conversion f_{dir} 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), $f_{dir} = 1$ quelle que soit la direction pour une inclinaison proche de 0°.

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 : $E_{sol,hor} = 1150 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$, $f_{tir} = 1$, $f_{pert} = 0,7$, $I_{ref} = 1 \text{ kW.m}^{-2}$.

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

On utilise les relations fournies :

$$E_{sol} = E_{sol,hor} \cdot f_{tir} \quad \text{et} \quad E_{sol,out} = \frac{E_{sol} \cdot P_k \cdot f_{pert}}{I_{ref}}$$

Tableau récapitulatif :

Aile	Orientation	Nombre de panneaux	Production annuelle [MWh/an]
A	Nord	6 x 20	$6 \cdot 20 \cdot (1150 \cdot 0,136 \cdot 0,7) = 13,137 \text{ MWh.an}^{-1}$
	Sud	8 x 20	$8 \cdot 20 \cdot (1150 \cdot 0,136 \cdot 0,7) = 17,516 \text{ MWh.an}^{-1}$

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

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} .

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

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.

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

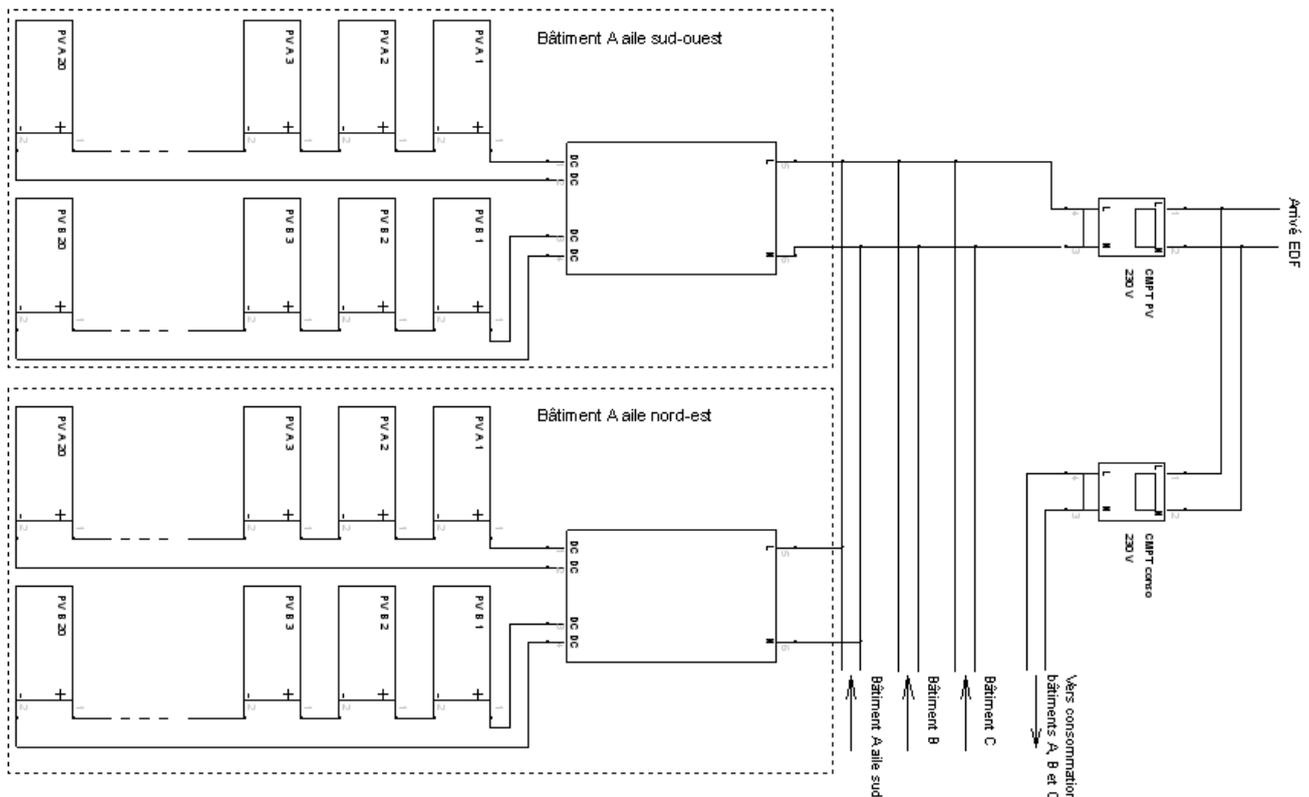
Chaque panneau fournit $I_{mp} = 4,1 \text{ A}$ pour une tension à ses bornes $V_{mp} = 33 \text{ V}$ max lorsqu'il produit une puissance nominale maximale ($P_{max} = 136 \text{ W}$).

Si nous plaçons par string 20 panneaux en série :

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

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

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'aile A nord-est, tous les compteurs de l'installation ainsi que le raccordement de l'aile A sud-ouest des ailes B et C.



Troisième partie : analyse du contexte énergétique - principe hydraulique géothermie

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

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

Le fluide antigel utilisé étant du mono propylène 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 $^{\circ}\text{C}$
- la masse volumique en kg.m^{-3}
- la chaleur massique en $\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

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

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

- Pour le circuit primaire (eau pure) :

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

- Pour le circuit secondaire (eau glycolée) :

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

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

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

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

soit :

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

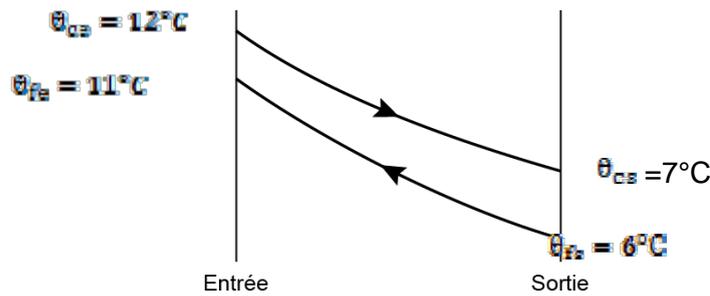
On trouve donc : $C_r = 1$.

L'efficacité est donnée par :

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

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 :

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

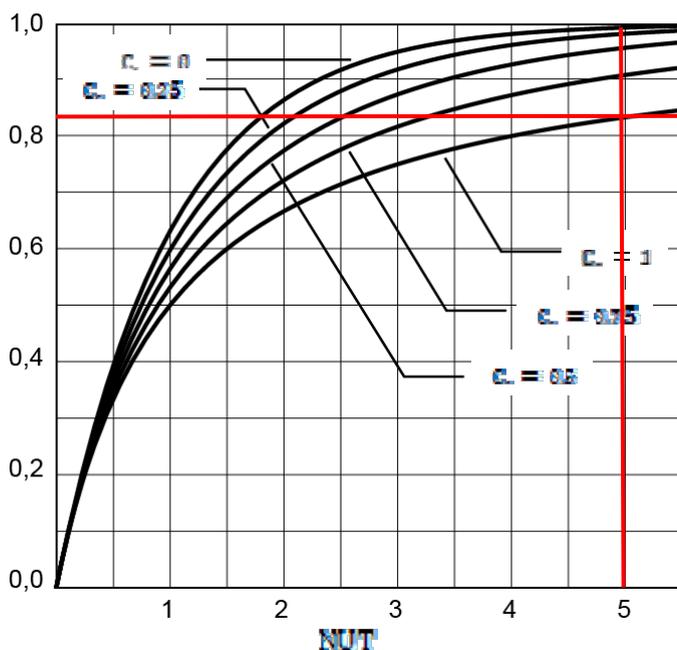
cela conduit à une forme indéterminée (numérateur et dénominateur nuls). On doit donc appliquer ici la méthode des NUT. Nous avons calculé $C_r = 1$ et $\varepsilon = 0,833$. La lecture de

l'abaque fourni donne $NUT = 5$. Puisque l'on connaît la relation $NUT = \frac{US}{C_{\min}}$, on déduit la valeur de la surface de l'échangeur :

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

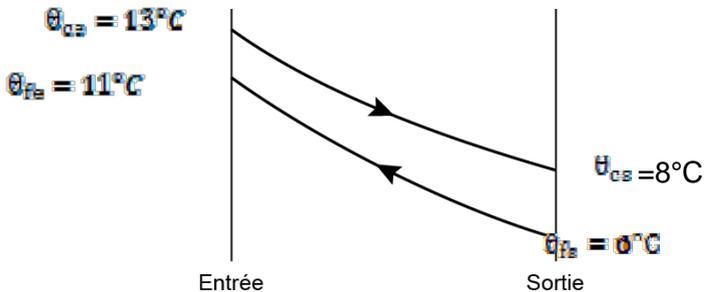
Compte tenu du très faible pincement (1°C) la surface de l'échangeur est très élevée.

Efficacité ε



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 :

$$S = \frac{NUT \cdot C_{\min}}{U} = \frac{2,4 \cdot 65460}{600} = 262 \text{ m}^2$$

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 sur dimensionner tous les équipements utilisant l'eau glacée (batteries, ventilo-convecteurs, etc...).

Etude de la ventilation naturelle

Etude de l'effet de tirage thermique

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 :

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

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 :

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

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

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

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_1) 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 :

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

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 :

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

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

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

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

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

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

En utilisant cette relation simplifiée, calculer ΔP , pour des conditions hivernales avec $\theta_i = 20^\circ\text{C}$ et $\theta_e = 0^\circ\text{C}$, 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.

Conduire les mêmes calculs avec $\theta_i = 20^\circ\text{C}$ et $\theta_e = 15^\circ\text{C}$ 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

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_e, ρ_i, ρ_c) 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 :

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

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

On trouve donc :

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

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 $z_4 = z_1$:

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

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 :

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

et donc :

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

Réaliser une application numérique pour la configuration hiver suivante :

- Différence de hauteur : $z_2 - z_1 = 13 \text{ m}$
- Hauteur de cheminée : $z_3 - z_2 = 5 \text{ m}$
- 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

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 $z = 15 \text{ m}$ c'est-à-dire la hauteur du bâtiment, avec $a = 0,35$ et $b = 0,25$

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

Calculer la différence de pression ΔP due aux effets du vent (en hiver avec $\theta_e = 0^\circ\text{C}$) 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 :

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

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

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

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

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

Compte tenu de la pression moyenne disponible au niveau des bouches d'entrée d'air que peut-on dire de l'action auto réglable 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 auto réglables 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).

La sur ventilation 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 sur ventilation 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

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

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

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 encastremets, et seront modélisées par des articulations.

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 :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 : $E_{\text{béton}} = 9500 \cdot 58^{1/3} = 37000 \text{ MPa}$

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

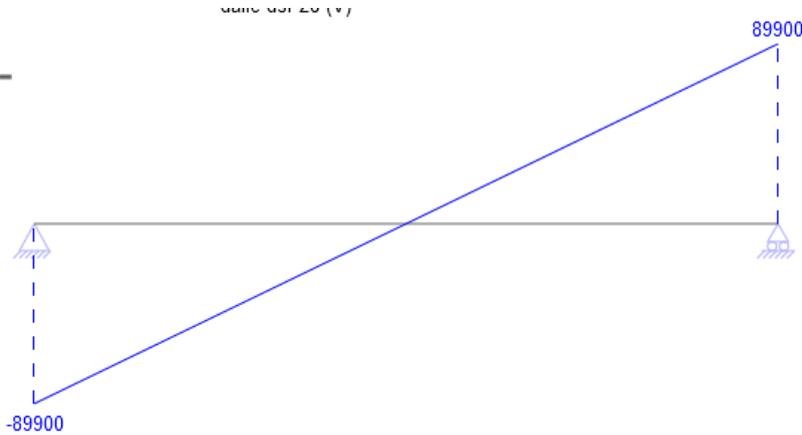
La flèche est donnée par l'équation $f = \frac{5qL^4}{384EI_{gz}}$ ce qui donne une fois l'application numérique faite :

$f = 3,36 \text{ cm}$. 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.

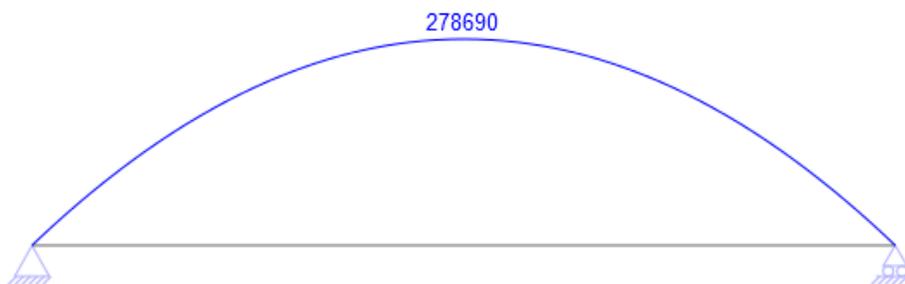
Tracer les diagrammes de variations des efforts internes : l'effort normal $N(x)$, l'effort tranchant $V_y(x)$, le moment fléchissant $M_z(x)$, pour cette poutre. Indiquer les valeurs extrêmes de ces efforts'

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 $M_z(x)$ est le



suivant :

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

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

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

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.

Déterminer le gain de masse en pourcentage obtenu par les alvéoles. Déterminer la perte de moment quadratique I_{zz} 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.

Déterminer la surface S_{eq} et la distance équivalente d_{eq} qui génèreront 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 :

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

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

On trouve alors : $d_{eq} = \frac{S_1 d_1 + S_2 d_2}{S_1 + S_2}$

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.

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 :

$$f_{\text{poids propre}} = \frac{5 q L^4}{384 E I_{gz}} \text{ et } \text{contreflèche}_{\text{précont.}} = 2 \frac{C L^2}{16 E I_{gz}} \text{ avec } C = P e$$

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.

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

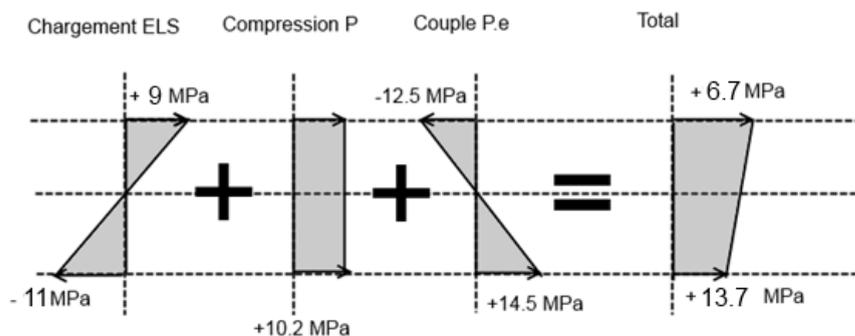
On souhaite maintenant conclure sur la conformité au scénario ELS et l'adaptation au projet de la dalle alvéolaire utilisée.

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 MPa et une contrainte de traction de 12,5 MPa en fibre supérieure. Les contraintes de compression résultantes dans le béton, 11,7 MPa et 8,7 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) :



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

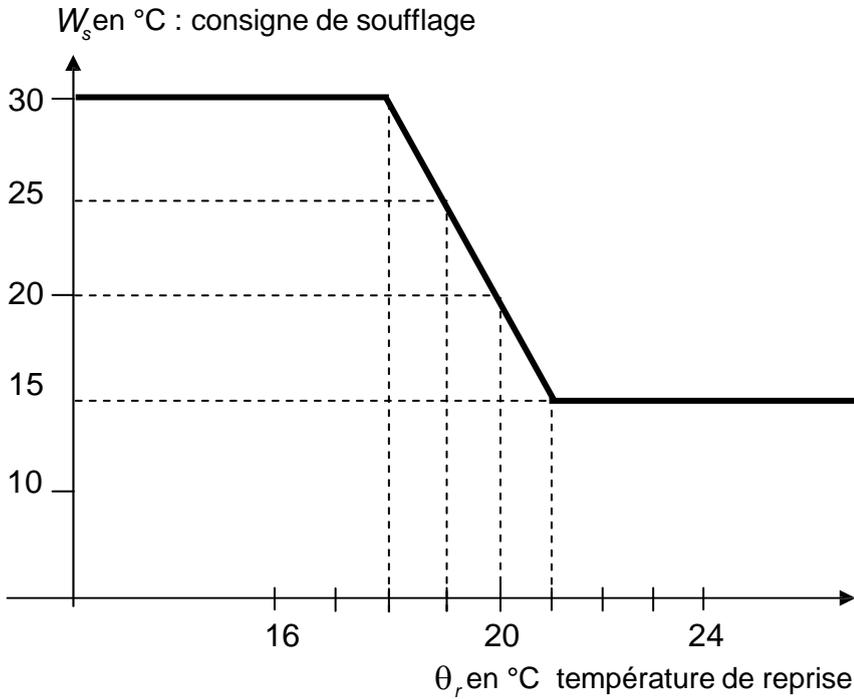
Ces dalles préfabriquées évitent de devoir coffrer un plancher. La réalisation est rapide. Elles sont allégées et raidies par des câbles de précontrainte, ce qui leur permet de franchir de grandes portées sans appui intermédiaire.

Document réponse 1 : tracé des courbes de lois de régulation

Question 0

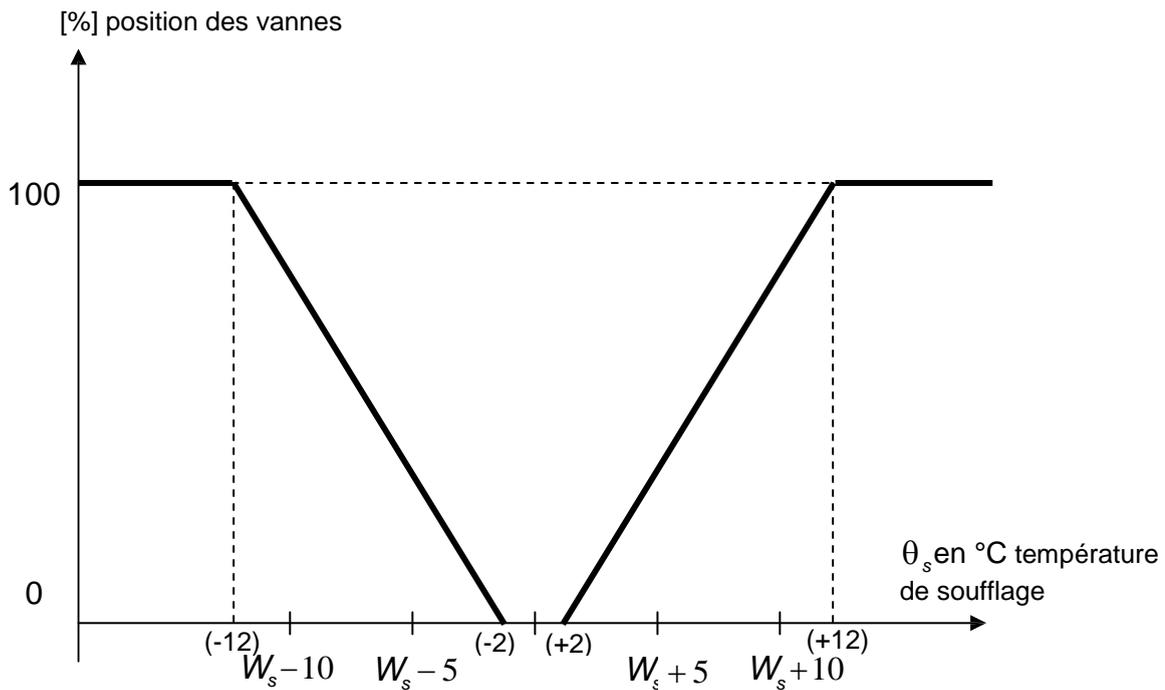
1ère courbe : loi de cascade

Consigne de soufflage en fonction de la température de reprise



2ème courbe : diagramme statique

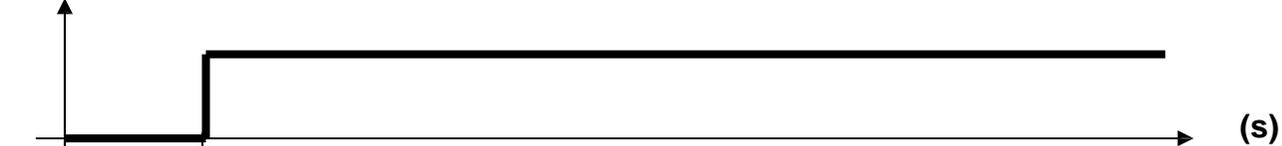
Position des vannes en fonction de la température de soufflage



Document réponse 2 : étude logique

Question 0

DA Ordre de mise en service CTA



Défaut antigel



Défaut fumée



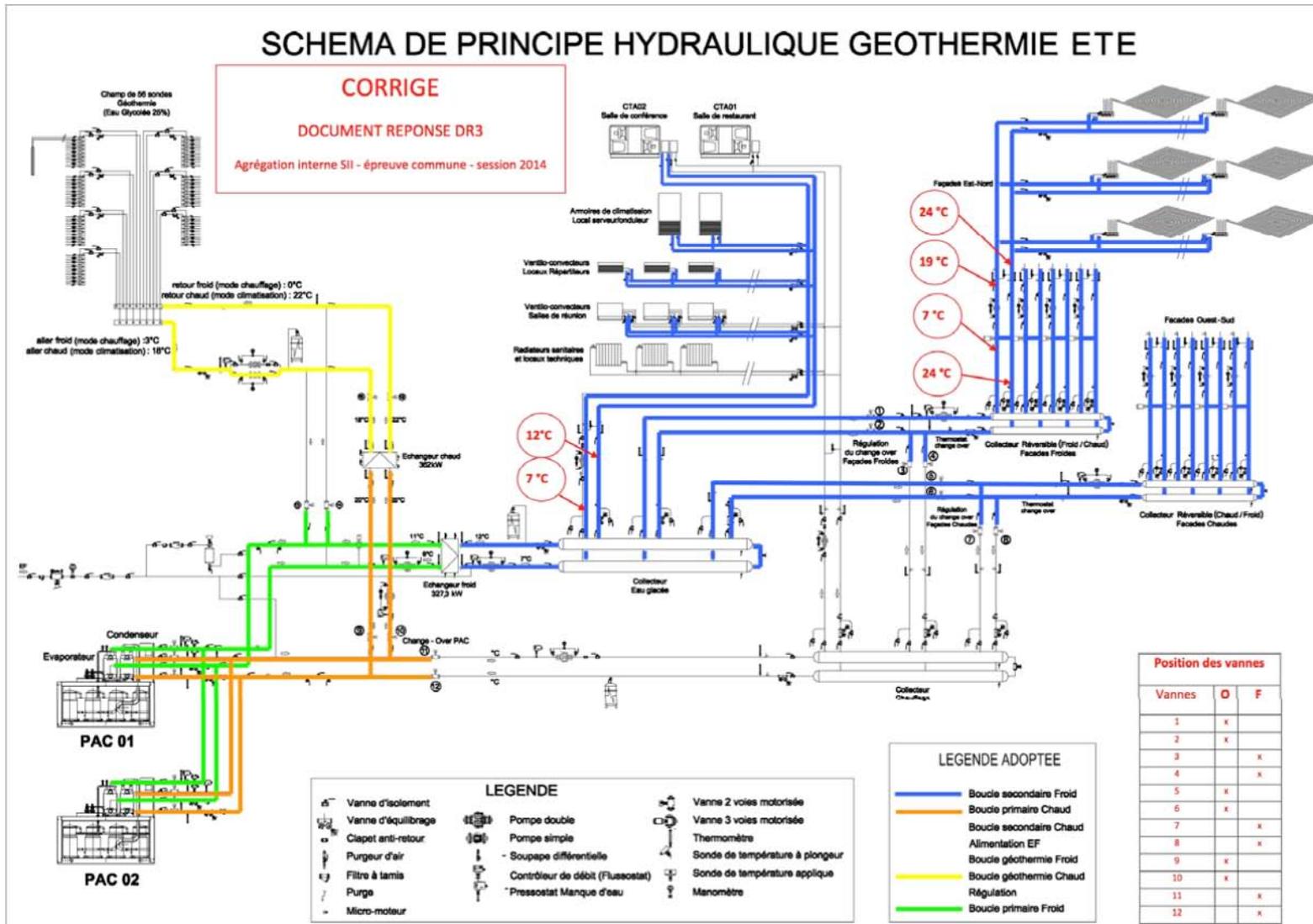
Contrôleur de débit



Commande ventilateur



Document réponse 3 : schéma de principe hydraulique géothermie été



Commentaires du Jury

Première partie : le contexte

Cette première partie permettait de situer le contexte de l'étude. Elle a été plutôt bien traitée. Malgré tout, trop de candidats ne connaissent pas la définition du terme HQE.

Deuxième partie : production photovoltaïque

L'avant-projet détaillé a mis en évidence le potentiel de la toiture de disposer des panneaux photovoltaïques amorphes intégrés à l'étanchéité. La production électrique associée doit venir compenser la consommation du bâtiment afin d'obtenir le label BBC et permet par ailleurs une revente à ERDF.

L'objectif de cette partie était d'une part de valider le dimensionnement de la solution photovoltaïque puis de proposer un schéma de l'installation associée.

La validation du dimensionnement devait être menée à partir de documentations techniques sur les panneaux, et de documents normatifs qui détaillaient précisément la procédure à suivre. Cette partie a été plutôt bien traitée par la majorité des candidats.

Le jury a apprécié les candidats qui, dans un souci de rigueur, ont préféré encadrer la production totale estimée par des valeurs minimales et maximales lorsqu'un coefficient de la norme leur paraissait non défini, plutôt que de choisir une valeur arbitraire.

Le schéma de principe de l'installation a quant à lui été beaucoup moins abordé et souvent avec peu de succès.

Troisième partie : énergétique

Cette partie portait sur l'analyse des modes de fonctionnement et de régulation de l'installation géothermique. 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 d'entre eux n'a 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 elle 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 différent).

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

Quatrième partie

A- Dimensionnement de l'échangeur

Cette partie portait sur l'étude du dimensionnement de l'échangeur froid raccordé sur la boucle géothermique.

Elle a été peu abordée, certainement par une mauvaise connaissance 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. Pour la plupart des candidats, les relations puissance/débit ne sont pas maîtrisées.

B- Ventilation solaire

Le bâtiment étudié dispose d'un système original de ventilation utilisant le principe des « cheminées solaires ». L'objectif poursuivi est de diminuer les coûts liés à la ventilation en utilisant des « moteurs » naturels pour faire circuler l'air dans le bâtiment. L'objectif de cette partie était notamment de mettre en évidence le gain apporté par cette solution.

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 bars 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 auto réglables 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.

Cinquième partie : étude de la structure

L'objectif de cette partie était d'établir un modèle mécanique permettant de dimensionner le plancher bas du deuxième étage (R+2) de l'aile B qui supporte des bureaux de type « Open Space ».

Dans un premier temps, le sujet proposait de réaliser le plancher à l'aide de poutres juxtaposées homogènes en béton non armé, de section rectangulaire.

Il était tout d'abord demandé de justifier le modèle poutre retenu (dimensions et conditions aux limites), puis de déterminer le chargement appliqué à partir des documents techniques fournis. Cette étape a posé problème à de nombreux candidats qui ont modélisé les charges comme des charges ponctuelles et non pas réparties.

Ensuite, il était demandé de calculer le moment quadratique de la section rectangulaire, le module d'élasticité, et la flèche sous charge à partir de formules fournies. Les applications numériques, du fait d'erreurs d'unités, ont été régulièrement fausses. Très souvent, le résultat est fourni sans unité.

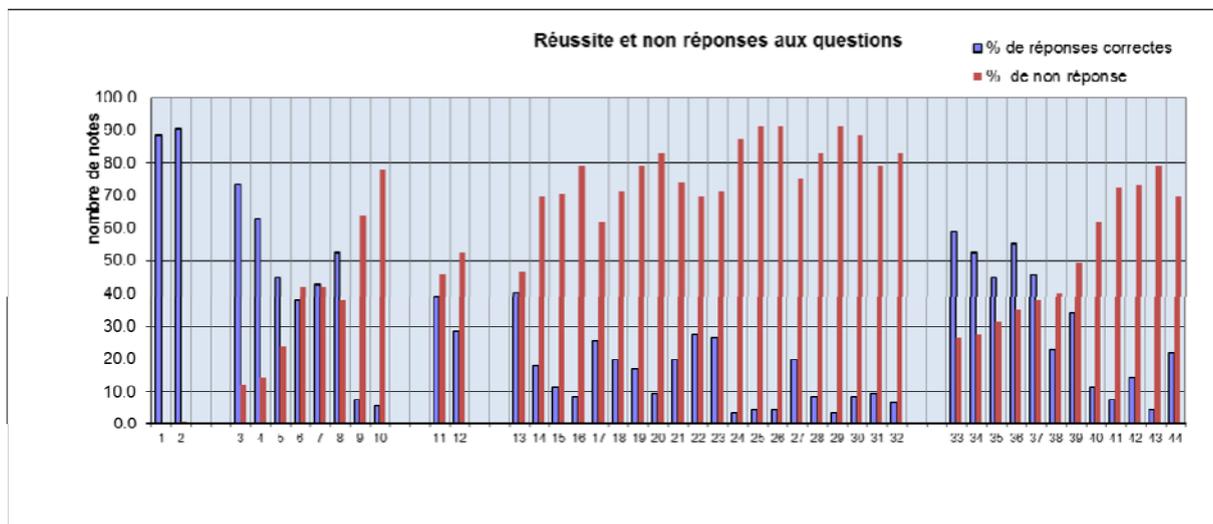
Le calcul des efforts intérieurs a été parfois très bien mené par quelques candidats. Mais trop souvent, les tracés des efforts intérieurs étaient faux : moment non nuls aux extrémités, effort tranchant qui n'est pas égal à l'opposé de la dérivée du moment fléchissant, effort normal non nul.

Enfin, certains candidats ont réussi à calculer la contrainte normale maximale en zones tendue et comprimée. Mais très souvent, seule la contrainte maximale en compression a été comparée à ces valeurs, et pas la contrainte maximale en traction, ce qui ne permettait pas de conclure.

Dans un deuxième temps, et puisque la précédente solution n'est pas adaptée, le sujet proposait de valider la solution retenue : un plancher en dalles alvéolaires précontraintes.

Il était tout d'abord demandé de valider le fait que la dalle pouvait supporter les charges autres que son poids propres à partir de l'abaque constructeur. Cette étape a posé problème à de nombreux candidats qui n'ont pas exploité correctement ce document. La démonstration du gain en masse et de la perte en rigidité apportés par ces dalles alvéolaires a été bien menée par les candidats ayant abordé cette question.

Les cinq questions suivantes ont été très peu abordées par les candidats, et souvent avec très peu de réussite (moins de 1% en moyenne). Il s'agissait de déterminer la précontrainte à installer connaissant la contre flèche qui en résulte, tout en vérifiant que les torons étaient raisonnablement chargés. Il fallait ensuite calculer l'état de charge de la structure en raisonnant par superposition des chargements ELS, et de précontrainte, puis montrer enfin que ces contraintes de compression et de traction étaient compatibles avec les limites précédemment calculées en première partie.



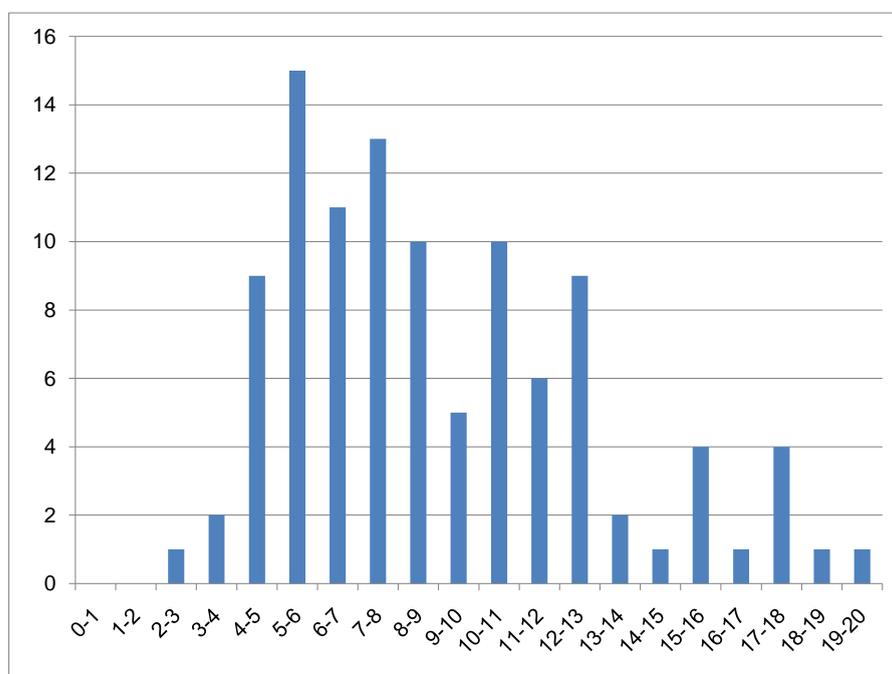
Conseils du jury

Le jury a apprécié les copies dans lesquelles le candidat avait su mettre en valeur son raisonnement, dans un français clair, ainsi que ses résultats. Malheureusement, le jury a du déplorer que de nombreuses copies aient été difficiles à déchiffrer, très mal organisées, parfois très proches d'un brouillon. Le jury conseille :

- d'apporter tout le soin nécessaire à la copie ;
- de faire attention aux unités utilisées dans le sujet, et si besoin les modifier pour mener des calculs justes ; enfin toujours préciser les unités de ses résultats ; détecter des incohérences évidentes à partir de ces résultats numériques notamment ;
- de lire attentivement les questions, certaines donnant clairement des éléments de réponses aux questions précédentes ;
- de prendre le temps d'analyser toutes les questions posées (et les documentations associées), y compris celles qui ne sont pas du domaine de compétence direct du candidat ; le bon sens, et l'usage judicieux des ressources fournies, permettent très souvent d'y répondre ;
- de travailler les notions de base de physique dans le domaine de la mécanique des fluides ou des échanges thermiques, sans pour autant chercher à devenir un spécialiste de ces domaines ;
- de travailler les aspects élémentaires de la théorie de poutres : un futur agrégé dans le domaine de l'ingénierie mécanique se doit de maîtriser ces éléments.

Notes obtenues à l'épreuve

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



Note moyenne : 9
Note maxi : 20
Note mini : 2,1
Ecart-type : 3,88

Épreuve d'exploitation pédagogique d'un dossier technique

Coefficient 1 – Durée 6 heures

Le sujet est disponible en téléchargement sur le site du ministère

Le dossier technique concernait le projet de « Rénovation Urbaine » du quartier Saint Barthélémy/Picon/Busserine dans le 14^{ème} arrondissement de Marseille. Le questionnaire comprenait deux parties principales portant sur l'élaboration :

- d'une revue de potentialités pédagogiques établie à partir du dossier support et s'adressant à des élèves de Baccalauréat STI2D option Architecture et Construction ;
- d'une séquence pédagogique à destination d'étudiants en BTS spécialité Bâtiment, portant sur un thème au choix : les fondations profondes ou l'isolation thermique. A cette partie étaient adjoints deux travaux connexes concernant pour l'un l'évaluation de la séquence pédagogique et pour l'autre une proposition d'activité d'accompagnement personnalisé.

La revue de potentialités pédagogiques

La revue de potentialités pédagogiques d'un dossier technique correspond à une première approche d'analyse globale, effectuée par l'enseignant qui recherche des problématiques réelles capables d'être intégrées dans une seconde approche d'élaboration opérationnelle détaillée des différentes séquences pédagogiques constituant sa progression pédagogique.

Cette première étape d'analyse pédagogique du dossier technique consiste à identifier les centres d'intérêt qui pourront être retenus lors de l'élaboration de séquences pédagogiques. Le regroupement en centres d'intérêt permet de construire des schémas de formation avec une gestion par cycles et une différenciation des apprentissages. La richesse de la diversité des dossiers techniques proposés aux élèves d'un groupe permet de ne pas avoir proposé systématiquement les mêmes activités à tous à l'issue du cycle, mais ils auront eu la possibilité d'apprendre la même chose. Cela permet plus de souplesse pour déterminer et individualiser les activités proposées aux élèves et constitue un cadre de structuration des acquis. C'est une des premières tâches que doit réaliser un enseignant en Architecture et Construction confronté au choix d'un dossier de travaux, d'un support technique ...

Environ 30% des candidats ont correctement traité cette partie en ne se contentant pas de lister des têtes de chapitres de cours de technologie. Ils ont été en mesure d'exposer avec clarté et parfois avec originalité les notions abordées, les compétences visées, les outils à mettre en œuvre, l'approche envisagée. Sur le thème de la mobilité, de nombreux candidats ont judicieusement cité les dispositions pour les PMR mais en se contentant d'applications aux circulations dans les constructions, sans les élargir, par exemple, aux problématiques liées au quartier, à la ville ... De même, rares sont les candidats qui ont évoqué les potentialités liées à la gestion des flux (véhicules, 2 roues, piétons), à l'amélioration du cadre de vie, à l'organisation des déplacements. Seuls quelques candidats (12/104) ont évoqué l'environnement en dégageant des potentialités concernant par exemple la gestion des eaux pluviales, l'émission de gaz ou simplement les économies d'énergies liées à la rénovation/reconstruction d'un bâtiment d'habitation.

Élaboration d'une séquence pédagogique

En prenant appui sur un des thèmes au choix (les fondations profondes ou l'isolation thermique) il était demandé aux candidats de proposer une séquence pédagogique composée d'un ensemble de séances articulées entre elles dans le temps et organisées autour de plusieurs activités.

Trente six candidats se sont exprimés sur le thème des fondations, soixante quatre sur le thème de l'isolation thermique et quatre n'ont pas composé du tout.

Le jury a été surpris de constater que seize candidats (enseignants comme tout candidat au concours interne) ne se sont quasiment pas exprimés sur cette partie pédagogique (copie blanche ou presque). Il regrette également que des copies d'enseignants (environ 10%) soient de présentation très

médiocre (écriture illisible, ratures, ...), reflètent des qualités graphiques (schémas, croquis, ...) nettement insuffisantes et soient rédigées sous forme télégraphique.

Cependant, le jury a pu apprécier la très bonne qualité d'un certain nombre de copies (environ 25%) sur le thème des fondations comme sur celui de l'isolation thermique, tant du point de vue rédactionnel que pédagogique. Dans ces copies, les objectifs étaient bien définis, les pré-requis mentionnés, les hypothèses de travail clairement formulées, la progression était cohérente, le support (y compris la documentation) judicieusement exploité et les éléments de correction suffisamment précis.

Dans le cadre de l'accompagnement personnalisé, on demandait aux candidats de fournir un exercice rédigé et commenté, ainsi que sa correction. Seul 20% des candidats ont traité cette partie et trop peu ont été en mesure de définir convenablement l'opérateur gradient et d'illustrer simplement son utilisation. Cinq candidats ont particulièrement bien traité cette question.

Conseils aux candidats

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

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

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

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

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

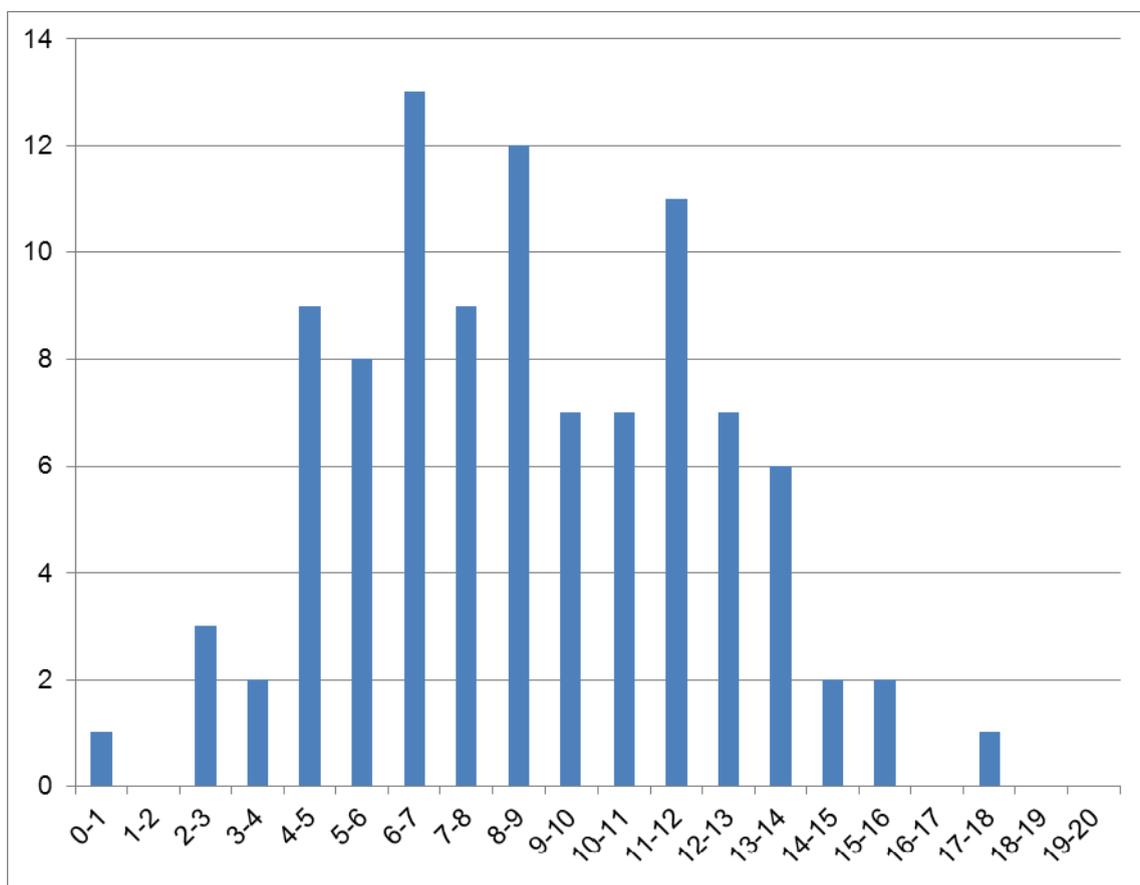
- les organisations temporelle, spatiale et matérielle et les partitions de la classe lors de des activités ;
- le mode de transmission des connaissances et les démarches pédagogiques mises en œuvre ;
- le choix des outils numériques et la mise à disposition des ressources ;
- les dispositions favorisant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

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

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

Notes obtenues à l'épreuve

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



Note moyenne : 8,1

Note maxi : 17

Note mini : 0

Ecart-type : 3,7

Épreuves d'admission

Activités pratique et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique

Coefficient 2 – Durée 6 heures

Rappel de la présentation de l'épreuve

L'épreuve d'activité pratique et d'exploitation pédagogique prend appui sur un système technologique relevant d'un des deux domaines d'activité (constructions ou énergétique) choisi par le candidat. Il vise à évaluer les compétences que les candidats mettent en œuvre pour concevoir une activité pédagogique à caractère expérimental. Pour cela, ils sont amenés à résoudre un problème technique posé au niveau d'exigence de l'agrégation, à communiquer les démarches mises en œuvre et à analyser les résultats obtenus.

L'épreuve a pour but d'évaluer l'aptitude du candidat à :

- mettre en œuvre des matériels ou équipements, associés si besoin à des systèmes informatiques de pilotage, de traitement, de simulation, de représentation ;
- conduire une expérimentation, une analyse de fonctionnement d'une solution, d'un procédé, d'un processus, dans la spécialité du concours, afin d'analyser et vérifier les performances d'un système technique ;
- exploiter les résultats obtenus et formuler des conclusions ;
- concevoir et organiser une séquence de formation pour un objectif pédagogique imposé à un niveau de classe donné et présenter de manière détaillée un ou plusieurs points-clefs des séances de formation constitutives. Elle prend appui sur les investigations et les analyses effectuées au préalable par le candidat au cours d'activités pratiques relatives à un système technique.

Le support de l'activité pratique proposée permet, à partir d'une analyse systémique globale, l'analyse d'un problème technique particulier relatif à la spécialité du concours dans l'option choisie.

Cette épreuve d'activité pratique demande aux candidats de mobiliser compétences, et les connaissances associées, à mettre en œuvre dans le cadre d'un enseignement pouvant être confié à un professeur agrégé SII d'ingénierie mécanique. Pour répondre à cet objectif, les supports utilisés lors de cette épreuve sont relatifs aux champs du comportement mécanique des systèmes, de la conception, de la pré-industrialisation et de l'industrialisation des produits.

Déroulement de l'épreuve

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

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

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

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

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

Première partie (durée ≈ 0h30)

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

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

Deuxième partie (durée ≈ 2h00)

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

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

Troisième partie (durée ≈ 1h30)

Pour cette partie, le candidat doit concevoir et organiser une séquence de formation pour un objectif pédagogique imposé à un niveau de classe donné et présenter de manière détaillée un ou plusieurs points-clefs des séances de formation constitutives. Elle prend appui sur les investigations et les analyses effectuées au préalable par le candidat au cours d'activités pratiques relatives à un système technique.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Le candidat est amené au cours de sa présentation orale à expliciter sa démarche méthodologique, à mettre en évidence les informations, données et résultats issus des investigations conduites au cours des activités pratiques qui lui ont permis de construire sa séquence de formation, à décrire et à situer la séquence de formation qu'il a élaborée.

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

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

Compétences attendues par le jury

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

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

Supports retenus et activités demandées

Pour la session 2014, les supports retenus pour cette épreuve d'activité pratique ont été les suivants :

- banc d'essai en géotechnique - Définition des paramètres de cisaillement d'un sol
- banc d'essai du béton – Caractérisation de la résistance d'un béton de chantier ;
- banc d'essai en acoustique – Qualité acoustique d'une paroi ;
- banc d'étude en énergétique – Etude d'une pompe à chaleur ;
- banc d'étude en énergétique – Etude d'émetteurs de chaleur ;
- banc d'étude de structures – étude de poutres ;
- banc d'étude de structures – Etude d'un treillis.

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

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

Commentaires et conseils aux futurs candidats

Dans l'ensemble, les candidats ont pu réaliser les expérimentations demandées. Cependant, le jury constate et déplore que certains candidats soient trop déstabilisés par la manipulation de systèmes inconnus, malgré la mise à disposition de consignes de manipulations et l'assistance d'un technicien. Il est nécessaire que les candidats s'habituent à manipuler des systèmes inconnus pour se préparer à cette partie d'épreuve. La capacité à utiliser des dispositifs d'acquisition analogiques et numériques, avec ou sans traitement informatique est une des compétences clé de l'enseignant. Il en est de même pour les logiciels de modélisation numérique, modélisation BIM ou comportementale.

Les résultats expérimentaux obtenus par les candidats ne servent pas suffisamment à construire l'analyse pédagogique de la problématique étudiée. Les candidats doivent impérativement s'attacher à établir les liens dès le début de la partie manipulation, entre les possibilités d'expérimentation, les protocoles, les analyses exploitables, et la séquence pédagogique à construire.

Les exploitations pédagogiques restent globalement trop succinctes et basées sur l'expérience professionnelle antérieure du candidat. Il est absolument nécessaire de rechercher si d'autres référentiels de formation permettraient également un développement pertinent (programmes des baccalauréats STI2D ou S SI par exemple)

Présentation orale. Expliciter la démarche, les résultats des investigations conduites, justifier les choix didactiques et pédagogiques opérés

De nombreux candidats n'utilisent pas totalement les 40 minutes de présentation disponibles. Une assez grande partie n'arrive pas à dépasser vingt minutes de présentation, alors qu'ils ont disposé de cinq heures de préparation préalable.

Beaucoup de candidats manquent de rigueur dans leur exposé. Le jury n'attend pas une seule présentation exhaustive des manipulations effectuées. Les éléments importants comme le lien entre le TP et la problématique pédagogique sont souvent omis ou peu développés lors de la présentation. Il est impératif que les candidats construisent leur exposé pédagogique sur le lien établi entre les objectifs pédagogiques et les investigations effectuées au cours des activités pratiques.

Le jury regrette que la tenue et l'organisation du tableau soit souvent négligée, peu structurée ou absente. Même s'il ne sert le plus souvent que de support pour les réponses aux questions ou pour donner des précisions, le tableau reste néanmoins un outil qui nécessite une utilisation rigoureuse et soignée.

Les présentations de diaporama par vidéo-projection sont en général de bonne qualité mais souvent inachevées par manque de temps. Les candidats doivent intégrer que le diaporama ne peut être intégralement conçu pendant la seule dernière heure de préparation.

Certains questionnements laissent le choix du niveau d'exploitation pédagogique. Le jury regrette que peu de candidats aient développé de séquence au niveau des baccalauréats STI2D ou SSI, alors que ces enseignements sont très répandus dans les établissements scolaires.

L'organisation des activités pratiques en " TP Tournants" reste trop souvent la seule proposition d'organisation pédagogique connue par les candidats. Il est nécessaire que les candidats se préparant à l'agrégation élargissent leur connaissance et réflexion des organisations possibles, en s'inspirant par exemple des organisations par centre d'intérêt préconisées en technologie collège, en baccalauréat STI2D ou SSI.

L'utilisation des outils numériques de modélisation simulation est aujourd'hui nécessaire pour construire le lien entre le modèle calculatoire et la réalité expérimentale. Trop peu de candidats exploitent les outils de simulation mis à leur disposition. Le jury encourage les futurs candidats à porter une réelle réflexion sur les apports pédagogiques et les exploitations envisageables des outils numériques dans le cadre de leur pédagogie (outils et activités individuels ou collectifs, utilisable en présence ou à distance, synchrones ou asynchrones).

De même les aspects liés à l'évaluation ne sont pas toujours abordés ni correctement maîtrisés, trop de candidats se limitent à une évaluation du TP.

En parallèle, peu de candidats maîtrisent les compétences sur lesquelles portent leurs productions et activités pédagogiques. Le jury encourage les candidats à construire et présenter leur approche (objectifs, activités, évaluations...) en fonction des compétences visées par les référentiels de certification.

A l'issue de la session 2014, le jury attire particulièrement l'attention des futurs candidats sur les points suivants :

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

Notes obtenues à l'épreuve

14 candidats ont composé pour la première partie de cette épreuve. La moyenne des notes obtenues est de 7/10 avec :

- 9,4 comme meilleure note ;
- 4,7 comme note la plus basse.

14 candidats ont composé pour la seconde partie de cette épreuve. La moyenne des notes obtenues est de 5,1/10 avec :

- 9,3 comme meilleure note ;
- 1,7 comme note la plus basse.

Les notes globales pour cette épreuve vont de 9,3/20 à 16/20 avec une moyenne de 12,1/20.

Épreuve de dossier technique et pédagogique

Coefficient 1 – Durée 1 heure

Commentaires et conseils aux futurs candidats

Les dossiers, dans leur majorité, sont bien présentés et leur construction est assez souvent cohérente. Cependant, ils souffrent parfois d'une structure archétypique qui ôte trop de liberté aux développements. Il n'y a pas de modèle unique tant les préoccupations, et donc les poids relatifs des parties, peuvent être différentes. Le jury regrette principalement la pauvreté des développements technologiques et rappelle que l'aspect modélisation et calcul n'a de sens que pour aboutir à la validation puis à la définition d'une solution technologique cohérente vis-à-vis de l'agrégation présentée.

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

Voici quelques conseils pour la rédaction du dossier écrit :

- le dossier commence par une page de garde contenant, entre autre, un titre, le nom du candidat et son numéro d'inscription ;
- il est suivi d'une autre page de garde, identique à la première, mais sans le nom du candidat ;
- le numéro d'inscription du candidat est rappelé en pieds de pages ;
- le plan du dossier peut avantageusement dégager 3 parties :
- la première partie contextualise et justifie l'intérêt du dossier support choisi ;
- une seconde partie développe les aspects techniques et scientifiques. En plus d'une description, des justificatifs sont produits (sur une variante par exemple) et montrent des connaissances calculatoires, réglementaires, techniques, environnementales applicables au dossier. Les hypothèses posées sont claires. Des outils numériques peuvent avantageusement être utilisés, mais ne peuvent se substituer totalement à une véritable analyse présentée oralement ;
- une troisième partie explique les potentialités pédagogiques du dossier tant au niveau STI2D que BTS et IUT. Celles-ci doivent pouvoir être pluridisciplinaires. Une exploitation pédagogique au choix du candidat doit être plus particulièrement détaillée. Le cadencement des séances, leurs durées, les prérequis, les objectifs, des documents élève sont présentés, les modalités d'évaluation. Cette partie doit montrer une bonne maîtrise des programmes et des méthodes d'apprentissage.
- les plans de l'ouvrage support du dossier (propres et cotés) sont placés en annexe.

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

Le jury a constaté la présence de dossiers sans aucun apport scientifique, ni technologique. Une simple description de l'ouvrage ou du chantier n'est pas suffisante à ce niveau. De même, un travail ne s'appuyant pas sur un ouvrage concret est "hors sujet". La modélisation via un BIM (Building Information Model) est vivement encouragée.

Le candidat choisissant le thème de son dossier, il doit maîtriser le cadre réglementaire associé. Dans le même esprit, il est évident que le choix des photographies techniques présentées doit être réfléchi. Toute photographie peut amener un questionnement de la part des membres du jury sur des connaissances associées aux programmes dans lesquelles elles s'inscrivent. Les aspects technologiques ne sont pas toujours maîtrisés par les candidats, alors même qu'ils choisissent les photographies pour illustrer des points techniques, le risque est important, dès lors, de ne pas pouvoir justifier oralement tout ou partie des aspects techniques présentés.

Le jury souligne néanmoins que certains dossiers étaient de qualité exceptionnelle. Les exploitations pédagogiques ainsi que les thèmes développés doivent montrer l'intérêt du dossier technique support choisi.

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

L'aspect technologique et scientifique.

Le jury conseille au candidat :

- de rechercher un support moderne attrayant dès la décision d'inscription au concours ;
- de choisir un support dont l'authenticité et l'actualité sont des éléments décisifs. Il se caractérise par une compétitivité reconnue, par la modernité de sa conception
- de vérifier les potentialités du support au regard des développements scientifiques, technologiques et pédagogiques possibles ;
- d'utiliser une ou plusieurs problématiques techniques pour guider l'étude répondant à un cahier des charges précisé et explicite. L'expérience montre que sans problématique technique, il est difficile d'éviter le piège de la validation de l'existant ;
- de rechercher une pertinence et une authenticité des problèmes posés ;
- de mettre en œuvre de manière lisible les méthodes de résolution de problème et les outils associés. Il est utile de rappeler que les outils numériques ne doivent pas être utilisés comme des « boîtes noires ». En particulier, pour les codes « Éléments Finis », il convient de maîtriser la mise en données et les algorithmes de résolution ;
- d'utiliser des schémas et ne pas se limiter à des photos annotées et légendées ou à une description textuelle ;
- de justifier les modèles d'étude, les solutions technologiques retenues et les méthodologies utilisées ; le développement des calculs associés au cours de l'exposé doit être réduit aux étapes essentielles (l'utilisation d'outils de simulation numérique est appréciée lorsqu'elle est pertinente) ;
- de s'appuyer sur une maquette numérique, permettant l'utilisation d'outils de simulation de comportement pour la partie étudiée ;
- de prendre un soin particulier à l'orthographe et à la typologie (notamment à l'écriture des unités de mesure).

L'aspect pédagogique

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

Outre la situation calendaire et la conformité aux référentiels et programmes, il est impératif de mettre en situation la ou les activités proposées, leurs finalités pédagogiques et d'intégrer cette séquence dans une progression pédagogique formalisée.

La pertinence de l'application pédagogique au regard du support proposé et du problème technique associé est appréciée par le jury.

La partie pédagogique ne peut pas être entièrement décorrélée de la problématique investiguée dans la partie étude scientifique et technique.

Le jury conseille au candidat :

- d'identifier des propositions d'exploitation pédagogique, pré et post baccalauréat pertinentes en relation avec les points remarquables du dossier. L'exhaustivité n'a pas à être recherchée ;
- de détailler les intentions pédagogiques ;
- de préciser les objectifs pédagogiques et d'être attentif à leur formulation ;
- d'identifier les difficultés prévisibles afin de scénariser la séquence et choisir la pédagogie la plus adaptée ;
- de privilégier les activités pédagogiques utilisant un problème technique réel posé par le support ;
- de proposer les exploitations pédagogiques dans le respect des référentiels et des préconisations pédagogiques ;
- de prendre en compte la réforme du lycée et particulièrement celles des séries STI2D et S SI.

L'expression et la communication dans le dossier

La qualité du dossier et le respect des règles qui lui sont imposées (nombre de pages, date d'envoi, CD-ROM) montrent la maîtrise par le candidat des outils de la communication écrite et la façon dont il s'inscrit dans un cadre institutionnel.

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

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

Les réponses évasives relatives au contexte de la conception ou de la réalisation sont peu appréciées, car elles témoignent d'un réel manque d'investigation et de curiosité.

Les candidats doivent :

- profiter des temps de préparation, qui ne sont pas des temps d'attente ; en particulier, ouvrir les fichiers annexes (CAO, vidéo, BIM...) qui peuvent être utiles pour répondre à certaines questions ;
- préparer des documents multimédias adaptés à une soutenance d'une durée de quarante minutes maximum ;
- préparer des animations aidant à comprendre le fonctionnement ;
- lors de la présentation, limiter le nombre de diapositives.

Pour conclure, le jury conseille aux candidats :

- de s'assurer de l'existence d'une problématique technique réelle dans le cadre d'un partenariat avec une entreprise ;
- de s'assurer que cette problématique permet des développements scientifiques et technologiques adaptés au niveau de l'agrégation. Une analyse simpliste est un écueil à éviter ;
- de renforcer l'aspect pluridisciplinaire des propositions techniques et pédagogiques élaborées à partir du dossier ;
- de conserver un regard critique par rapport au travail réalisé en lien avec l'entreprise ;
- pour ceux qui souhaitent présenter à nouveau un dossier élaboré pour une précédente session, de continuer à faire vivre le partenariat engagé, de faire évoluer le dossier et de prendre en compte les échanges avec le jury lors des entretiens précédents ;

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

Notes obtenues à l'épreuve

14 candidats ont participé à cette épreuve. La moyenne des notes obtenues est de 10,9/20 avec :

- 16 comme meilleure note ;
- 7 comme note la plus basse.

34 candidats ont participé à la seconde partie de cette épreuve. La moyenne des notes obtenues est de 2,8/5 et avec :

- 5 comme meilleure note ;
- 0,4 comme note la plus basse.