



Concours du second degré

Rapport de jury

Concours : agrégation interne

Section : sciences industrielles de l'ingénieur option sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie mécanique

Session 2014

Rapport de jury présenté par :

Monsieur Michel RAGE
Inspecteur Général

Président de jury

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

Avant-propos

Pour un concours de recrutement externe de professeurs, l'État employeur ne doit pas pratiquer une évaluation redondante. L'État s'attache à valider le niveau de maîtrise des compétences pour synthétiser les connaissances mobilisables pour répondre à un problème donné ; mais aussi et surtout pour élaborer des séquences pédagogiques.

Il en va de même pour les concours des agrégations internes, l'État permettant à des professeurs d'accéder à un grade plus élevé.

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

Cette session 2014 est la première d'un concours dont les épreuves ont largement évolué par rapport aux sessions antérieures. Les deux épreuves d'admissibilité ont donné des résultats peu satisfaisants dans leur globalité. Cette session, dotée d'un faible nombre de places à pourvoir, s'est révélée extrêmement sélective.

Les épreuves d'admissibilité sont définies ainsi :

- **1° Sciences industrielles de l'ingénieur.** *Elle a pour but de vérifier que le candidat est capable de mobiliser ses connaissances scientifiques et techniques pour conduire une analyse systémique, élaborer et exploiter les modèles de comportement permettant de quantifier les performances globales et détaillées d'un système des points de vue matière, énergie et information afin de valider tout ou partie de la réponse aux besoins exprimés par un cahier des charges. Elle permet de vérifier les compétences d'un candidat à synthétiser ses connaissances pour analyser et modéliser le comportement d'un système pluritechnique automatique. Durée : quatre heures ; coefficient 2.*
- **2° Exploitation pédagogique d'un dossier technique.** *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-de-sujets-et-notes-de-commentaires-concours-du-second-degre.html>).

Les épreuves d'admission sont définies ainsi :

- **1° Activité pratique et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique.** *Dans l'option choisie, le candidat détermine, au moment de l'inscription, un domaine d'activité parmi les deux proposés ci-après : "conception des systèmes mécaniques" ou "industrialisation des systèmes mécaniques".*

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

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

- *mettre en œuvre des matériels ou équipements, associés si besoin à des systèmes informatiques de pilotage, de traitement, de simulation, de représentation,*
- *conduire une expérimentation, une analyse de fonctionnement d'une solution, d'un procédé, d'un processus afin d'analyser et vérifier les performances d'un système technique,*
- *exploiter les résultats obtenus et formuler des conclusions,*
- *concevoir et organiser une séquence de formation pour un objectif pédagogique imposé à un niveau de classe donné et présenter de manière détaillée un ou plusieurs points-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° Épreuve sur dossier. *L'épreuve consiste en la soutenance devant le jury d'un dossier technique et scientifique réalisé par le candidat dans un domaine de l'option préparée, suivie d'un entretien.*

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

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

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

Pendant l'entretien, le jury conduit des investigations destinées à se conforter dans l'idée que le dossier présenté résulte bien d'un travail personnel du candidat et s'en faire préciser certains points. 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 sont elles majoritairement analysées dans la deuxième partie. La difficulté des candidats à appréhender cette dernière est préoccupante, elle est pourtant l'essence même des démarches pédagogiques d'aujourd'hui.

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

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

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

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

Michel RAGE
Président du jury

COMPOSITION DU JURY DE LA SESSION 2014

Président

RAGE Michel – IGEN

Vice-président

RIGAUD Régis – IA-IPR – Limoges

Membres du jury

BERERA Federico – IA-IPR – Nouvelle Calédonie

CHANAL Hélène – Maître de conférence – IFMA

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

COUDEN Jérôme – PRAG – IFMA – Aubière

DELPLACE Virginie – Professeure agrégée – Lycée Baggio – Lille

DESPREZ Jean-Marc – IA-IPR – Lille

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

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

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

LEFEBVRE Philippe – IA-IPR – Dijon

LOUF François – Maître de conférence – ENS Cachan

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

RÉSULTATS STATISTIQUES

| | Inscrits | Nbr. de postes | Présents à la 1 ^{re} épreuve d'admissibilité | Présents à la 2 ^e épreuve d'admissibilité | Admissibles | Présents aux deux épreuves d'admission | Admis |
|--------|------------|----------------|---|--|-------------|--|----------|
| Public | 270 | 6 | 191 | 186 | 14 | 14 | 6 |
| Privé | 30 | 1 | 22 | 22 | 2 | 2 | 1 |

| | |
|---|--------------|
| Moyenne obtenue par le premier candidat admissible | 17,56 |
| Moyenne obtenue par le dernier candidat admissible | 12,92 |
| Moyenne obtenue par le premier candidat admis | 16,48 |
| Moyenne obtenue par le dernier candidat admis | 12,4 |

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.

Une caisse d'allocation familiale en Bretagne

Première partie : étude du contexte

Q 1 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

Q 2 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

Q 3 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 $1 kW.m^{-2}$;
- $E_{sol,hor}$ est l'irradiation solaire annuelle sur un plan horizontal dans une zone géographique en $kWh.m^{-2}.an^{-1}$
- f_{tilt} est le facteur de conversion de l'inclinaison et de l'orientation (sans unité)

Q 4 La norme ne donne pas de valeur du facteur de conversion f_{tilt} 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), $f_{tilt} = 1$ quelle que soit la direction pour une inclinaison proche de 0° .

Q 5 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 : $E_{sol,hor} = 1150 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{an}^{-1}$, $f_{tlt} = 1$, $f_{perf} = 0,7$, $I_{ref} = 1 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$.

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

On utilise les relations fournies :

$$E_{sol} = E_{sol,hor} f_{tlt} \quad \text{et} \quad E_{el,pv,out} = \frac{E_{sol} P_k f_{perf}}{I_{ref}}$$

Tableau récapitulatif :

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

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

Q 6 Déterminer la production globale du site de la CAF. Le niveau désiré de production peut-il être atteint ?

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

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

Q 7 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

Q 8 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.

Q 9 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 .

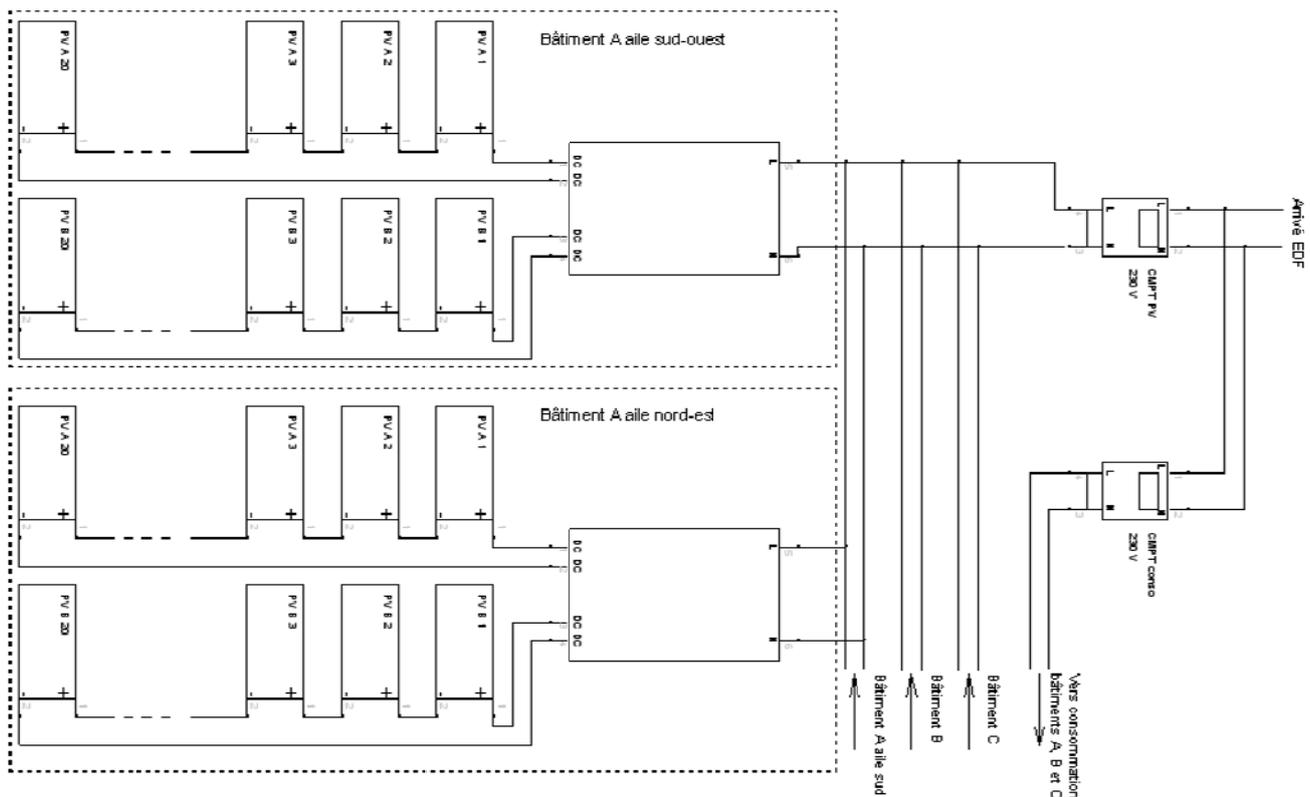
Chaque panneau fournit $I_{mp} = 4,1 \text{ A}$ pour une tension à ses bornes $V_{mp} = 33 \text{ V}$ max lorsqu'il produit une puissance nominale maximale ($P_{max} = 136 \text{ W}$).

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.

Q 10 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'ailé A nord-est, tous les compteurs de l'installation ainsi que le raccordement de l'ailé A sud-ouest des ailes B et C.



Troisième partie : analyse du contexte énergétique - principe hydraulique géothermie

Q 11 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

Q 12 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

Étude de l'échangeur froid géothermique

Q 13 Le fluide antigel utilisé étant du monopropylène glycol mélangé à 25 % avec de l'eau pure, déterminer pour les caractéristiques suivantes du fluide en provenance des sondes géothermiques (voir DT7) :

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

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

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

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

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

- Pour le circuit primaire (eau pure) :

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

- Pour le circuit secondaire (eau glycolée) :

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

Q 14 Déterminer les valeurs de C_{min} , C_{max} et l'efficacité ε de cet échangeur.

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

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

soit :

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

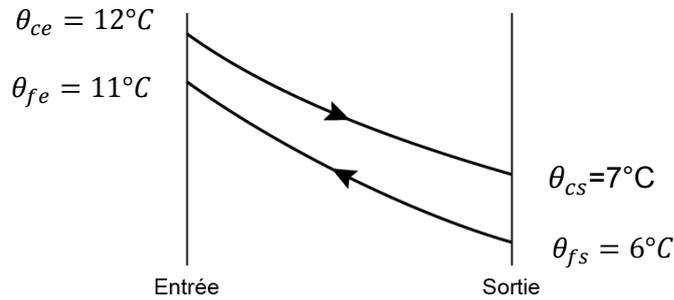
On trouve donc : $C_r = 1$.

L'efficacité est donnée par :

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

Q 15 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 :

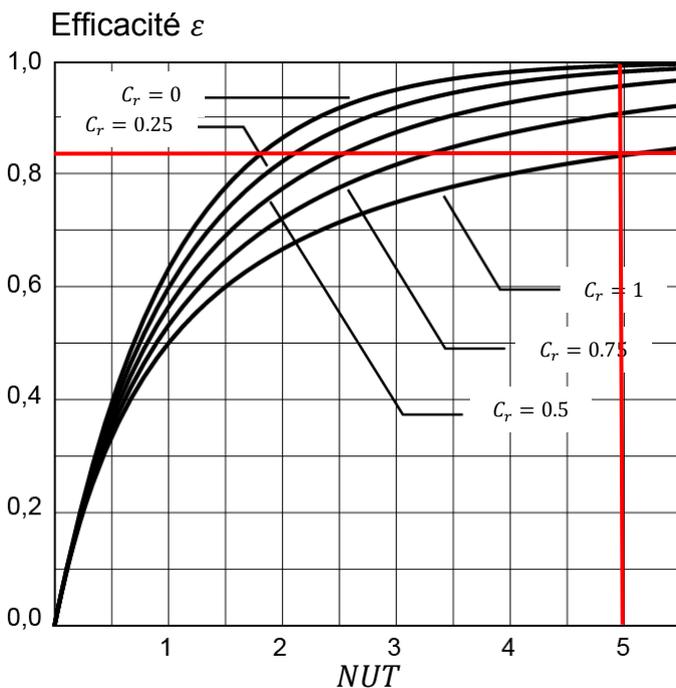
$$S = \frac{P \ln\left(\frac{\theta_{cs} - \theta_{fs}}{\theta_{ce} - \theta_{fe}}\right)}{U(\theta_{cs} - \theta_{fs}) - (\theta_{ce} - \theta_{fe})} = \frac{327300 \ln\left(\frac{7-6}{12-11}\right)}{600(7-6) - (12-11)}$$

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 :

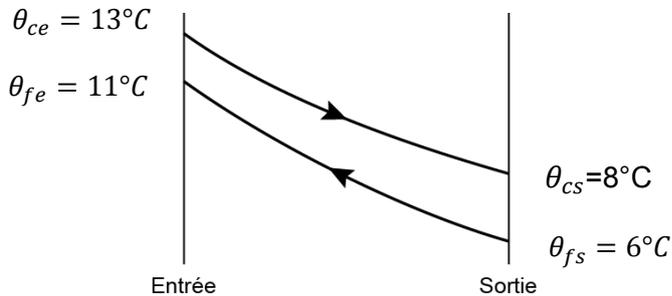
$$S = \frac{NUT \cdot C_{\min}}{U} = \frac{5.65460}{600} = 545 m^2$$

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



Q 16 Déterminer la surface de l'échangeur froid si, au lieu d'un régime d'eau glacée $7^{\circ}\text{C} - 12^{\circ}\text{C}$, on utilise un régime $8^{\circ}\text{C} - 13^{\circ}\text{C}$. 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 surdimensionner tous les équipements utilisant l'eau glacée (batteries, ventilo-convecteurs, etc...).

Etude de la ventilation naturelle

Etude de l'effet de tirage thermique

Q 17 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 :

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

Q 18 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 :

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

Q 19 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 : $\rho_i = \rho_e \frac{\theta_e}{\theta_i}$

Q 20 Démontrer que l'expression de $\Delta P = P_1 - P_1'$, (différence de pression entre la bouche d'entrée et la bouche de sortie, en P_a) en fonction des températures et des hauteurs respectives de la bouche d'entrée d'air z_1 et de la sortie de cheminée z_2 est la suivante (g désigne l'accélération de la pesanteur en $m \cdot s^{-2}$) :

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

A partir des deux expressions précédentes calculées en Q17 et Q18 et en remarquant que $Z_3 = Z_2$ et $Z_1 = Z_1$ on a :

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

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

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

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

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

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

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

Soit en définitive :

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

Q 21 A partir de la relation précédente, montrer que pour des températures usuelles intérieures et extérieures en hiver ($\theta_i = 20^\circ C$ et $\theta_e = -5^\circ C$), la relation peut se simplifier par :

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

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 $\theta + 273,15$)

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

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

Q 22 En utilisant cette relation simplifiée, calculer ΔP , pour des conditions hivernales avec $\theta_i = 20^\circ C$ et $\theta_e = 0^\circ C$, et pour les cas où H est de 2,5 m ou de 13 m.

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

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

Q 23 Conduire les mêmes calculs avec $\theta_i = 20^\circ C$ et $\theta_e = 15^\circ C$ ce qui correspond à un calcul en mi-saison. Que peut-on conclure des résultats obtenus ?

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

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).

Étude de l'effet de la cheminée solaire

Q 24 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_c, ρ_i, ρ_e) 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 :

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

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 $z_1 = z_1$:

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

Q 25 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 :

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

Q 26 Réaliser une application numérique pour la configuration hiver suivante :

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

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

En remplaçant par les valeurs numériques :

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

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

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

Etude de l'effet dû au vent

Q 27 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 $z = 15$ m c'est-à-dire la hauteur du bâtiment, avec $a = 0,35$ et $b = 0,25$

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

Q 28 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 :

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

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

Q 29 Compte tenu de la pression moyenne disponible au niveau des bouches d'entrée d'air que peut-on dire de l'action autoréglable de ces bouches ?

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

Q 30 La surventilation nocturne permettra-t-elle de s'affranchir de l'utilisation d'une climatisation en particulier sur la salle de conférence ?

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

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

Q 31 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

Q 32 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

Q 33 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.

Q 34 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 :

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

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

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.

Q 35 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 ?

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

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

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

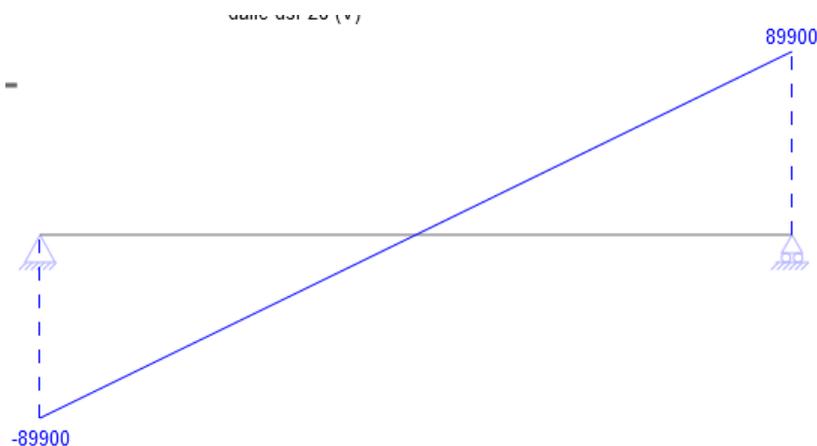
La flèche est donnée par l'équation $f = \frac{5qL^4}{384EI_{gz}}$ ce qui donne une fois l'application numérique faite :

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

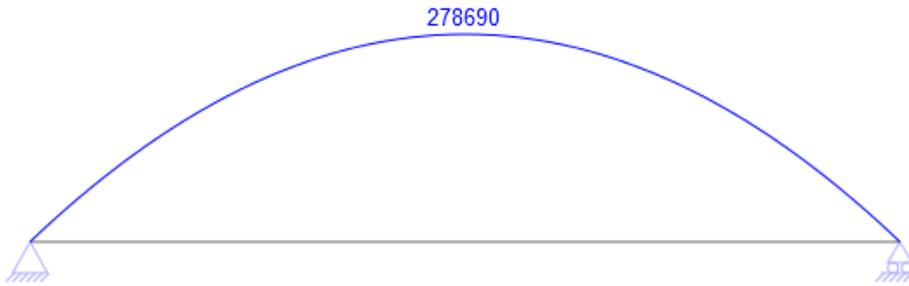
Q 36 Tracer les diagrammes de variations des efforts internes : l'effort normal $N(x)$, l'effort tranchant $V_y(x)$, le moment fléchissant $M_{fz}(x)$, pour cette poutre. Indiquer les valeurs extrêmes de ces efforts.

L'effort normal est nul sur toute la poutre. Le diagramme n'est pas présenté.

Le diagramme de l'effort tranchant $V_y(x)$ est le suivant :



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



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

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

Q 37 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 :

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

$$f_{t,28} = 0,6 + 0,06 \cdot f_{c,28} = 0,6 + 0,06 \cdot 50 = 3,6 \text{ MPa}$$

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

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

Q 38 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 $(30 + 50 + 350) = 430 daN.m^{-2}$. 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.

Q 39 Déterminer le gain de masse en pourcentage obtenu par les alvéoles. Déterminer la perte de moment quadratique I_{gz} en pourcentage. Conclure sur l'effet des alvéoles internes.

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

La surface de la section droite passe de $0,396 m^2$ et $0,194 m^2$. Le moment quadratique passe de $0,00359 m^4$ et $0,00048 m^4$. 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.

Q 40 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 $4,6 cm$ du bas et 4 torons T9.3 de section $52 mm^2$ placés à $8 cm$. On a donc :

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

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

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

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

Q 41 En modélisant la précontrainte par la superposition d'efforts normaux et de couples appliqués aux extrémités, déterminer la précontrainte σ_p ou contrainte dans les torons, qui génère la contre-flèche prévue de $\frac{L}{400}$ sous le poids propre des 28+5 cm de dalle. Est-il possible de tendre ainsi les torons ?

L'effet de la précontrainte revient à calculer la flèche d'une poutre soumise à un couple d'extrémité $P.e = C$ avec e excentricité de la précontrainte par rapport à la fibre neutre de la section béton.

L'excentricité vaut $e = 8,8 \text{ cm}$. Le poids propre de la dalle est de $1941 \text{ cm}^2 \cdot 2400 \text{ daN.m}^{-3}$. La déformation totale est :

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

avec :

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

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

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

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

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

L'effort global de précontrainte est toujours de 2043 kN , la contrainte de traction dans les torons est cette fois-ci de 1777 MPa . La contrainte admissible dans les torons est de 75% de la limite de rupture (1960 MPa), soit 1395 MPa . Dans cette configuration, la contrainte normale dans les aciers est supérieure à la contrainte maximale admissible, les aciers de précontrainte ne résisteront pas.

Q 42 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

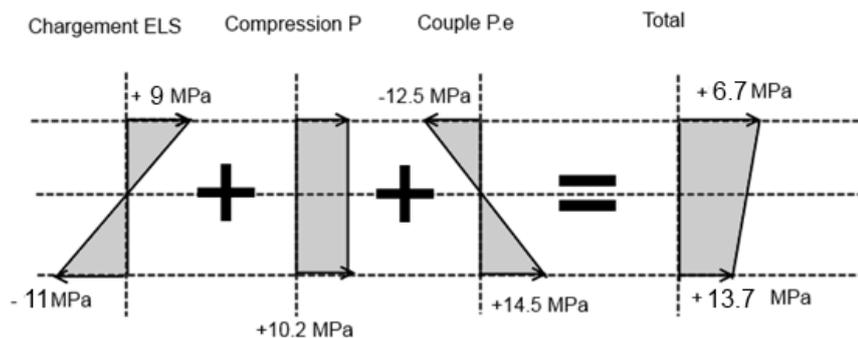
On souhaite maintenant conclure sur la conformité au scénario ELS et l'adaptation au projet de la dalle alvéolaire utilisée.

Q 43 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) :



Q 44 Expliquer pourquoi ce plancher a été réalisé en dalle alvéolaire, alors que les autres planchers sont réalisés en béton armé de pleine masse ?

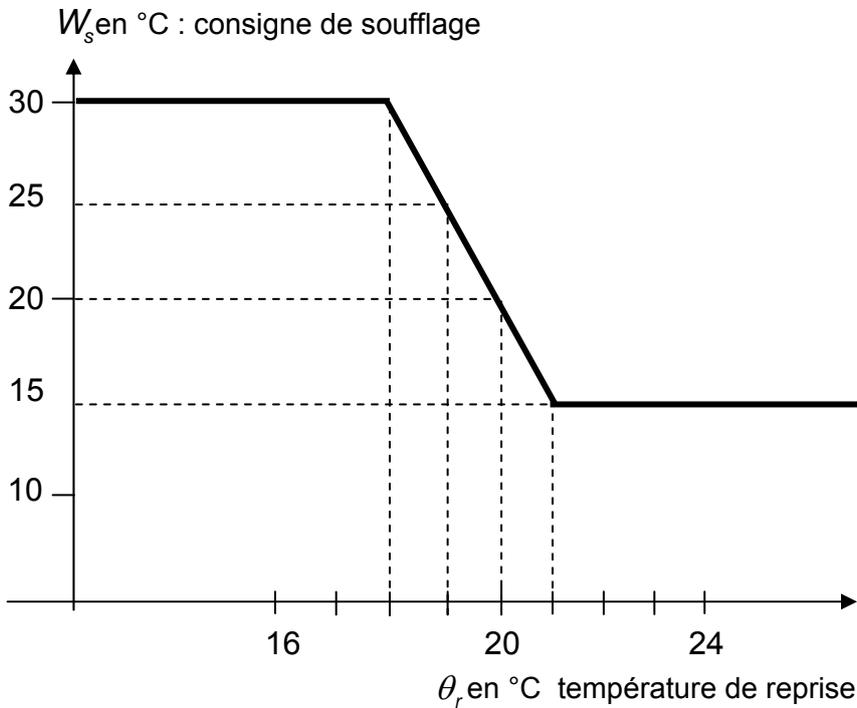
Ces dalles préfabriquées évitent de devoir coffrer un plancher. La réalisation est rapide. Elles sont allégées et raidies par des câbles de précontrainte, ce qui leur permet de franchir de grandes portées sans appui intermédiaire.

Document réponse 1 : tracé des courbes de lois de régulation

Question Q 31

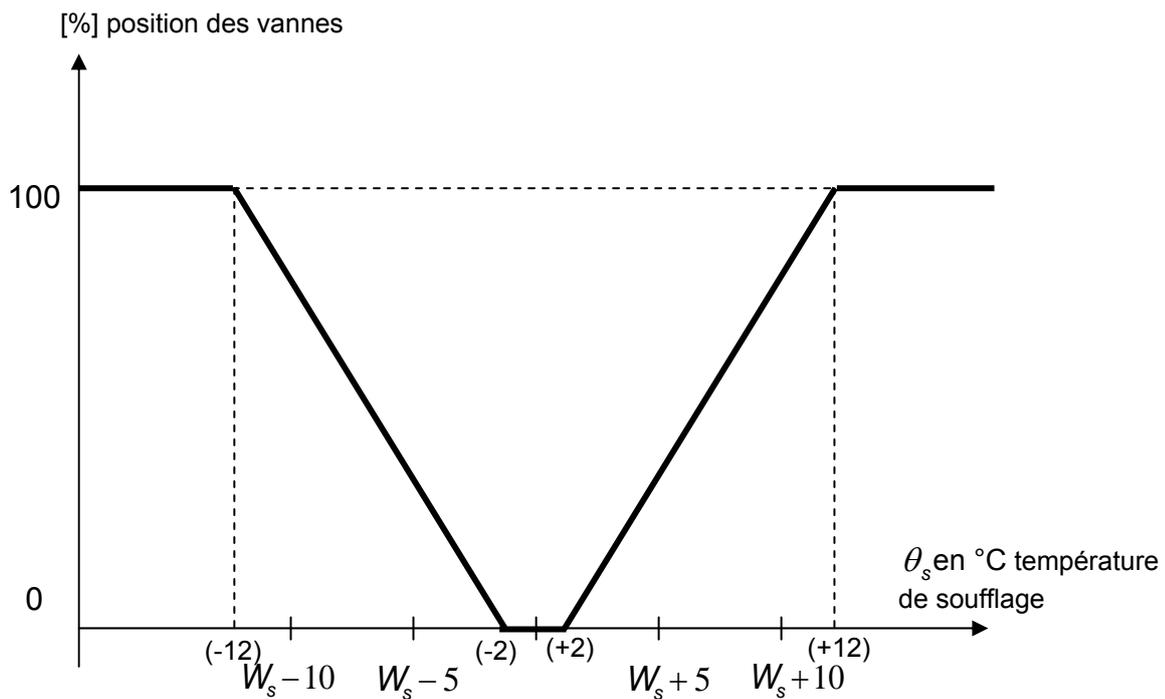
1ère courbe : loi de cascade

Consigne de soufflage en fonction de la température de reprise



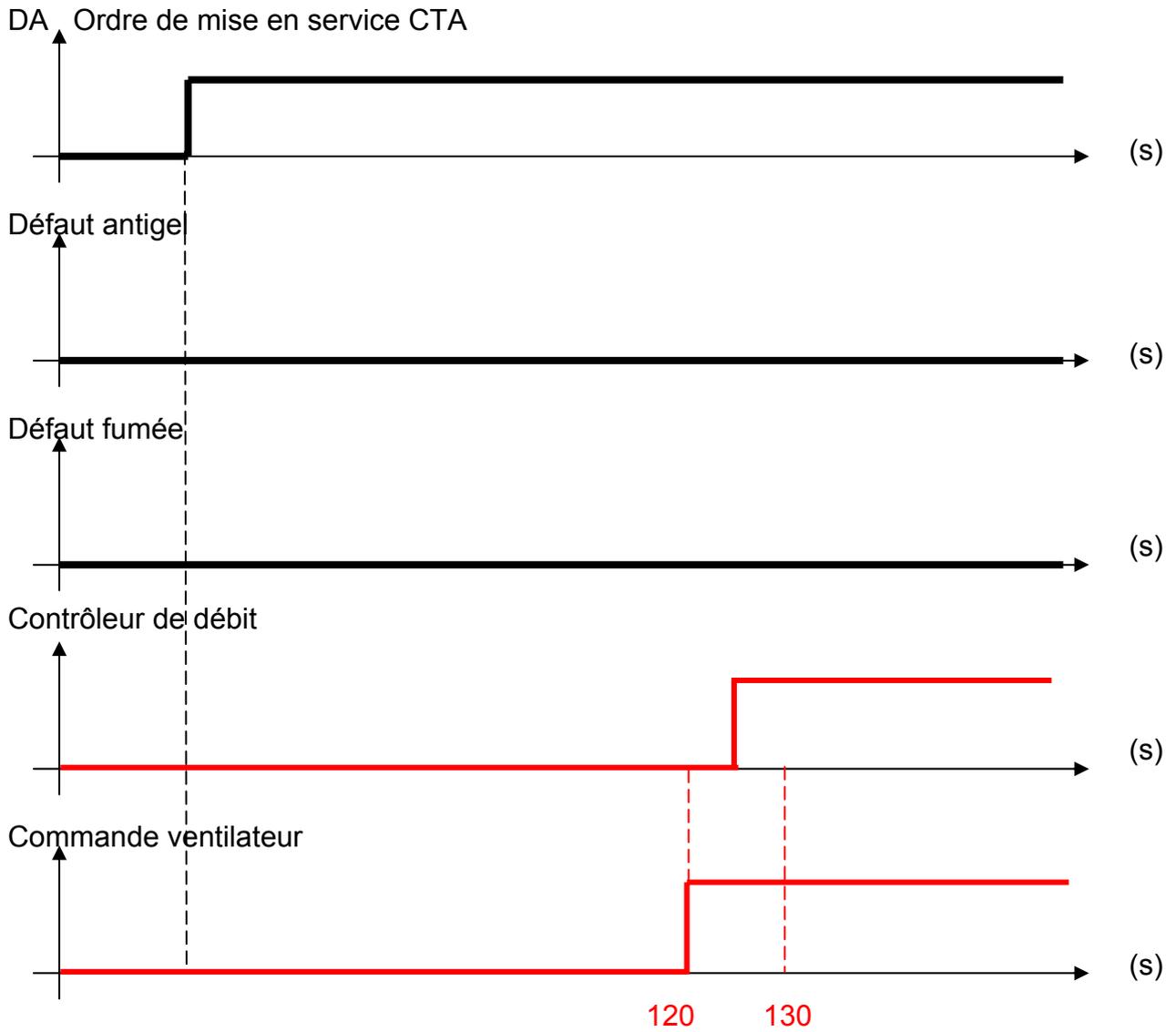
2ème courbe : diagramme statique

Position des vannes en fonction de la température de soufflage

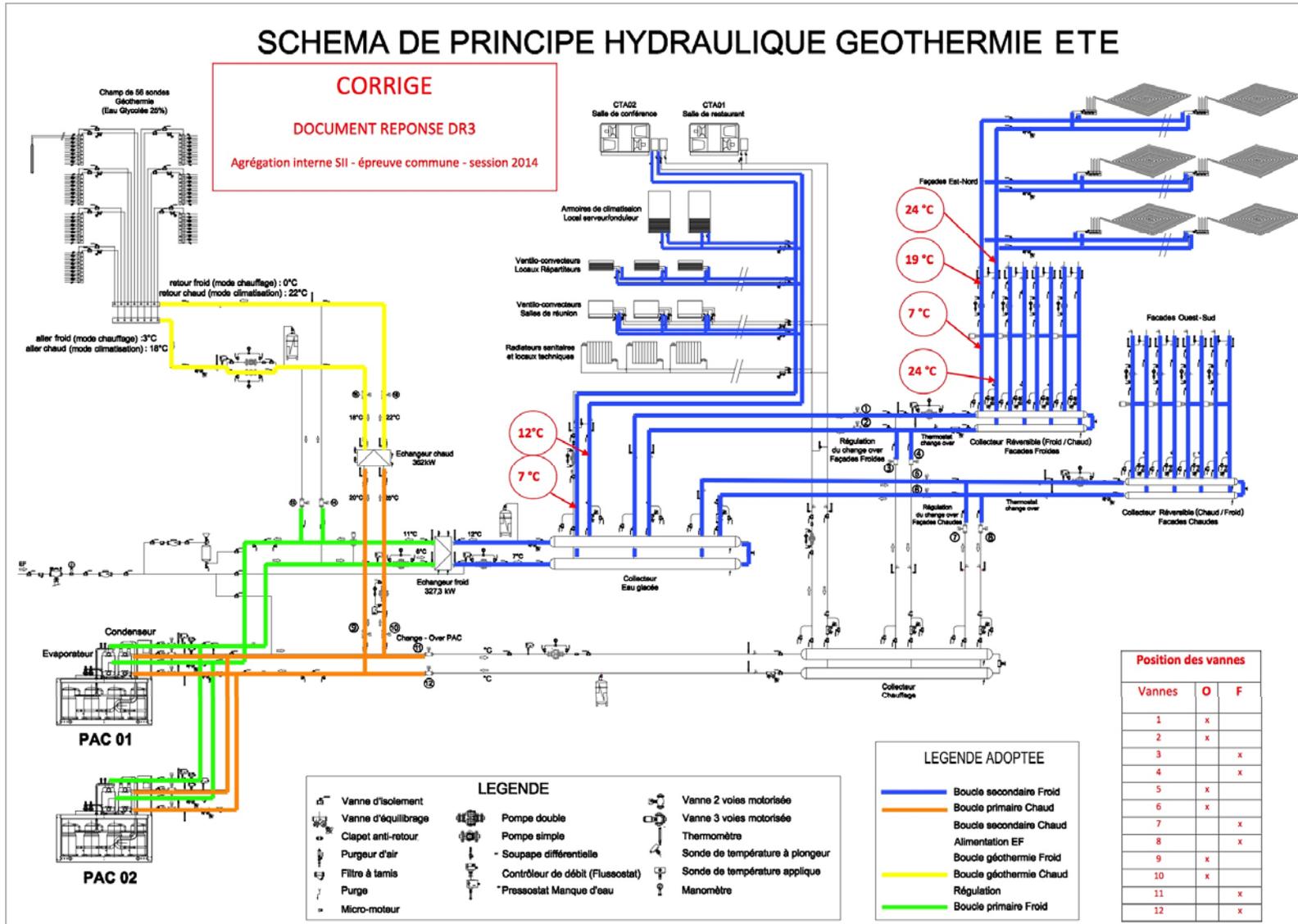


Document réponse 2 : étude logique

Question Q 32



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 autoréglables et sur l'opportunité d'une climatisation ou pas sur la salle de conférence, montrent un manque de connaissances technologiques et sur les choix de système.

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 propre 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.

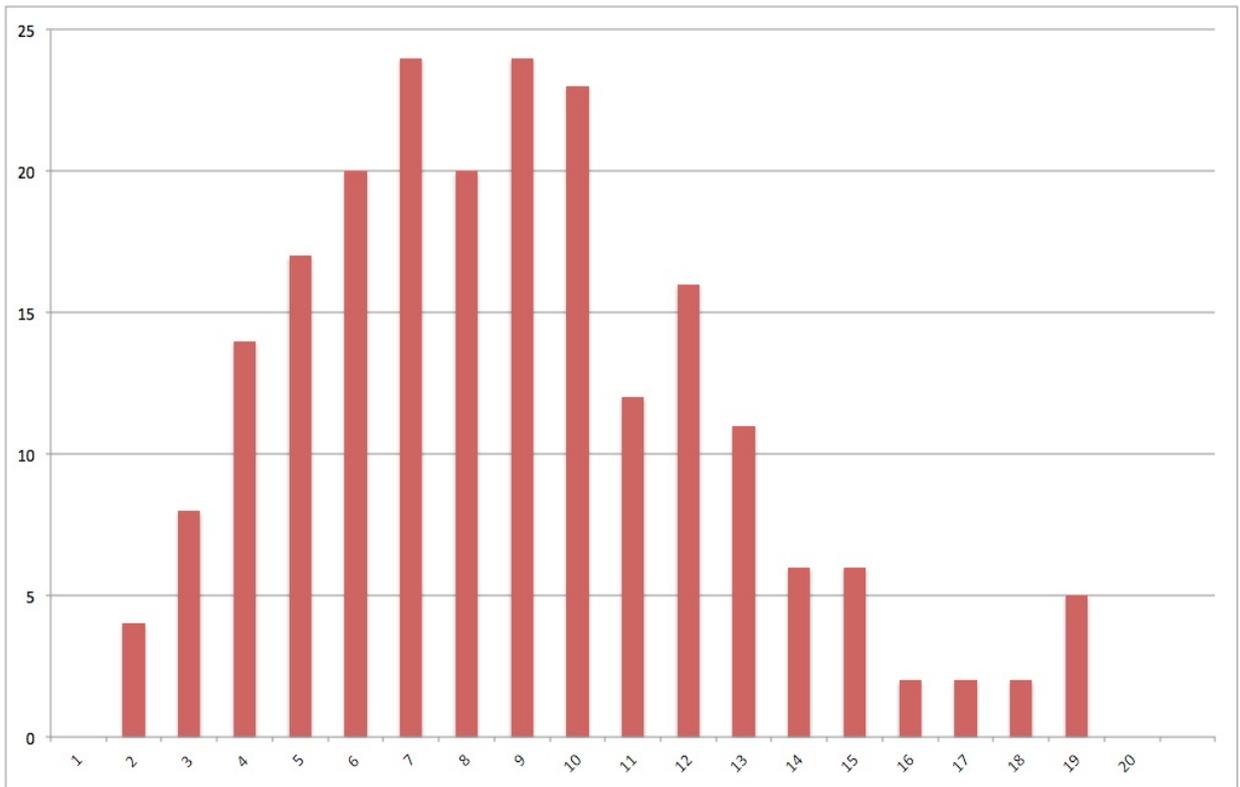
Conseils du jury

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.

Répartition des notes de l'épreuve

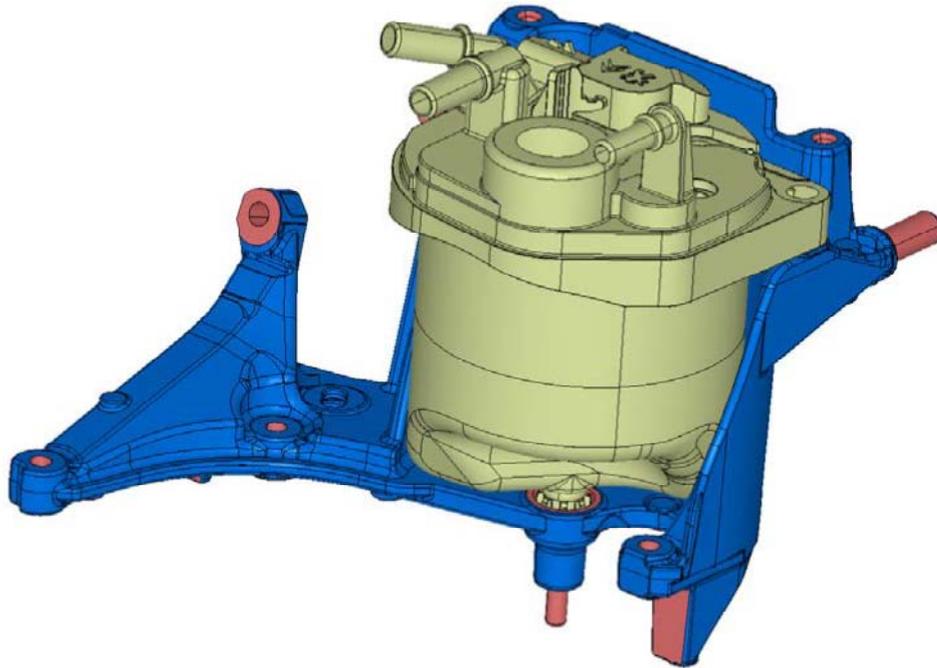
Le graphe suivant fournit le nombre de candidats (ordonnée) ayant obtenu la note figurant en abscisse.



Épreuve d'exploitation pédagogique d'un dossier technique

Coefficient 1 – Durée 6 heures

Le sujet est disponible en téléchargement sur le site du ministère



Un support de filtre à gasoil constituait l'objet des études successivement proposées. Cette pièce produite entre 500 000 et 800 000 exemplaires par an fait l'objet d'une forte intégration technique. La société Eurocast assure l'ensemble des opérations de fabrication, de la fonderie sous pression au clipsage du tuyau purge.

Éléments de corrigé

1^{ère} PARTIE : exploitation pédagogique d'un dossier industriel.

A - FONCTION TECHNICIEN PROCÉDÉ EN PRÉ-INDUSTRIALISATION

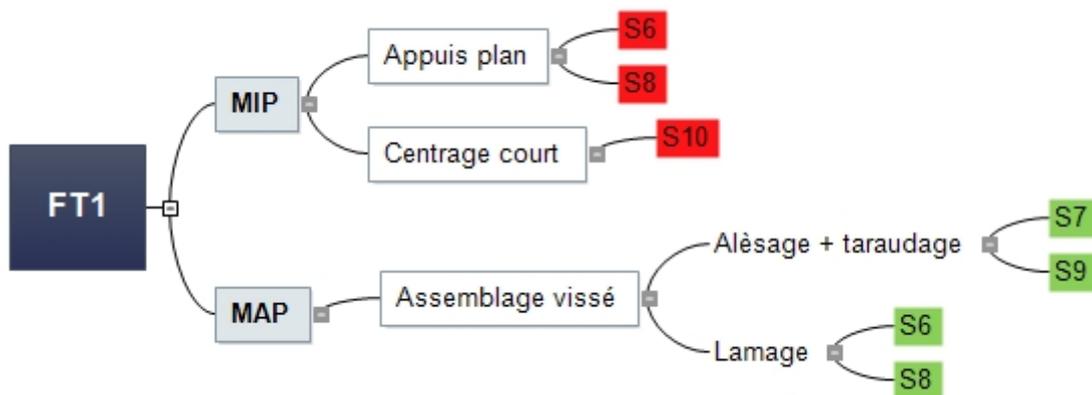
Question1

Nous supposons que nous avons adopté une stratégie inductive et que nous sommes dans une séquence de formation en première année sur la mise en position des pièces dans leur montage d'usinage. Le support « filtre à gasoil » aurait pu être utilisé lors d'un exercice de synthèse pour s'assurer que les connaissances acquises pouvaient être transférées. La complexité du support ne le rend pas mobilisable comme exercice d'application faisant suite immédiatement à l'apport de connaissances.

Consulter le document réponse DR1.

Pour la fonction FT1 : mise en position du filtre sur le support.

La mise en position est réalisée par un appui plan de normale \vec{Z} sur les surfaces S6 et S8 qui sont liées par une spécification de planéité en zone commune et par un centrage court avec la surface S10. Tous les degrés de liberté sont supprimés sauf Rz qui le sera par l'adhérence réalisée par les deux vis qui assurent le maintien en position. Cette analyse est cohérente avec le schéma de tolérancement de cette fonction.



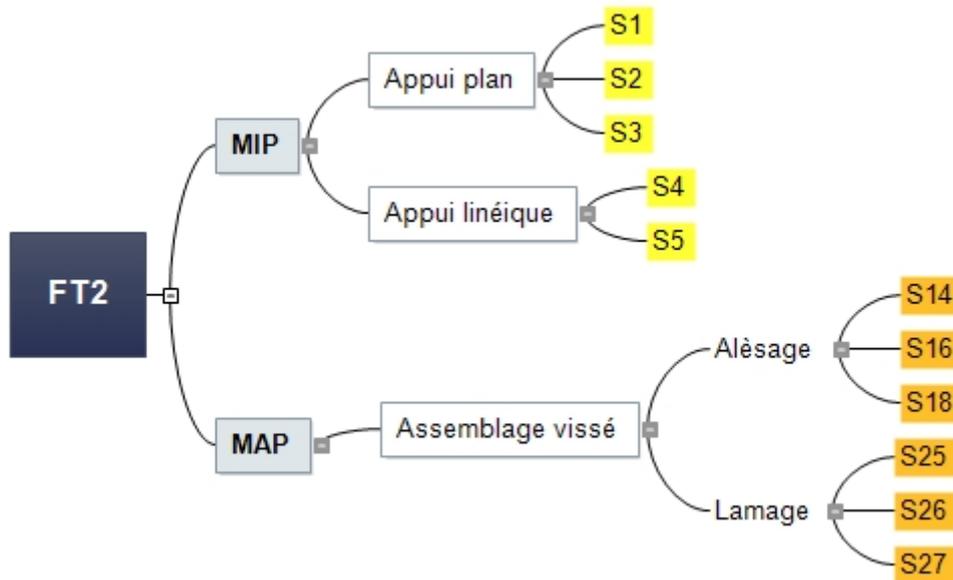
| Surface | Tx | Ty | Tz | Rx | Ry | Rz |
|-----------|----|----|----|----|----|----|
| S6-S8 | | | x | x | x | |
| S10 | x | x | | | | |
| Adhérence | | | | | | x |

Des candidats ont aussi proposé une solution de centrage long dans S10 avec un appui ponctuel sur S6-S8. Cette solution a aussi été acceptée si elle était étayée et correctement justifiée.

Pour la fonction FT2 : mise en position du support de filtre sur la culasse.

La mise en position est réalisée par un appui plan de normale \vec{Z} sur les surfaces S1, S2 et S3 qui sont liées par une spécification de planéité en zone commune et par un appui linéique de normale \vec{X} et de direction \vec{y} réalisé avec les surfaces S4-S5.

Tous les degrés de liberté sont supprimés sauf Ty qui le sera par l'adhérence réalisée par les trois vis qui assurent le maintien en position (trois alésages S14, S16, S18, trois lamages S25, S26, S27). Cette analyse est cohérente avec le schéma de tolérancement de cette fonction.



| Surface | Tx | Ty | Tz | Rx | Ry | Rz |
|-----------|----|----|----|----|----|----|
| S1-S2-S3 | | | x | x | x | |
| S4-S5 | x | | | | | x |
| Adhérence | | x | | | | |

Sur le document réponse DR2 - Vue de dessus du dessin de définition constructeur du support de filtre, les cotes encadrées, relatives aux fonctions FT1 et FT2, positionnent les différentes entités par rapport à un repère implicite primitif que nous nommerons X_1, Y_1, Z_1 .

Question 2

Consulter le document réponse DR2.

Question 3

Consulter le document réponse DR3

Question 4

Consulter le document réponse DR4

Pour la spécification de perpendicularité, plusieurs décodages ont été acceptés.

1. Zone de tolérance constituées de deux plans parallèles distant de 0,2 mm et contraint à être perpendiculaire au plan D.
2. Zone de tolérance constituées de deux plans parallèles distant de 0,2 mm et contraint à être perpendiculaire au plan D et perpendiculaire à la direction de cotation des cotes encadrées 91 et 43 (indication implicite sur la coupe).

B - FONCTION TECHNICIEN MÉTHODES EN CONCEPTION DES PROCESSUS

Question 5

Consulter le document réponse DR5

Questions 6 et 8

Consulter le document réponse DR6. Les opérations de perçage et taraudage S7 et S9, de perçage S20 et S22, de perçage S14-S16 et S18 sont réalisées après les opérations de surfacage des plans respectifs correspondant sans utiliser la rotation d'axe A. L'objectif est de garantir l'orientation de l'axe de ces surfaces par rapport aux plans d'appui qui leur correspondent.

Question 7

L'utilisation du 4^{ème} axe autour de Y est suffisante pour réaliser l'intégralité des opérations. Les courses en X et Y permettent l'usinage de 2 pièces en même temps, la rotation à 360° autour de Y permet l'amplitude nécessaire pour satisfaire à l'ensemble des opérations. La précision des différents axes est supérieure aux tolérances portées sur le dessin de définition.

C - FONCTION TECHNICIEN METHODES EN QUALIFICATION ET OPTIMISATION DE PROCESSUS (Une seule des deux parties C et D est à traiter au choix)

Question 9

La démarche est la suivante.

Sur le dessin de définition constructeur, repérer les valeurs des tolérances des éléments géométriques qui assurent leur positionnement et leur orientation.

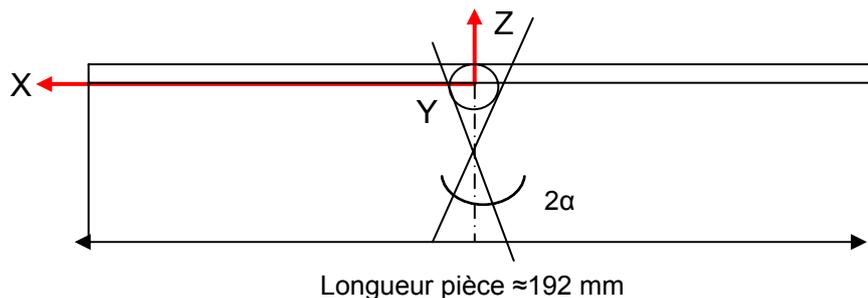
Identifier les valeurs les plus faibles qui impliquent le maximum de précision.

Sur la documentation technique de la machine, relever la précision indiquée pour chaque axe en rotation (autour de Y) et en translation suivant X, Y et Z.

Vérifier que la précision indiquée est bien inférieure aux tolérances indiquées sur le dessin de définition constructeur.

Dans notre cas, les contraintes de positionnement imposées ont une tolérance de 0,2 mm. Elles concernent le positionnement relatif et l'orientation des trous S7, S9, S10 et S11 ; le positionnement relatif et l'orientation des surfaces S19 et S21 ainsi que les trous S20 et S22. La précision machine est annoncée à 0,005 mm ce qui convient.

Concernant le 4^{ème} axe, rotation autour de Y :



Tan $\alpha = 0,1/96 \rightarrow \alpha \approx 0,059^\circ$ soit $\alpha \approx 212''$
 La capacité machine est de $15''$, donc elle convient.

Question 10

Sources de dispersion relatives au positionnement de l'axe B

L'axe B est positionné par rapport au brut de la façon suivante :

- Orientation perpendiculaire au plan (X,Y) avec les appuis Z1, Z2 et Z3

Z1 est pris comme référence

Z2 est positionné par rapport à Z1 selon Z à $1^{\pm 0,1}$

Z3 est positionné par rapport à Z1 selon Z à $88,05^{\pm 0,1}$

- Position dans le plan (X,Y)

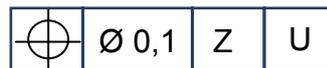
Le trou brut de l'axe B $\varnothing 6,1_0^{\pm 0,1}$ est localisé par rapport au repère X,Y,Z



Et la cote encadrée de 31

L'orientation dans le plan est donnée par la position relative du locating par rapport au centreur, celle-ci est spécifiée par

Ø8H13



Et la cote encadrée 193,3 et l'angle encadré 36°25'58''

Les sources de dispersion proviennent donc d'une part du positionnement relatif du brut sur le montage d'usinage, induites par les tolérances énoncées ci-dessus, d'autre part de la qualité du montage d'usinage.

Sources de dispersion relatives au positionnement de l'axe G

G est positionné par rapport au plan D et par rapport aux trous taraudés E et F.



Il n'y a pas de démontage de la pièce de son montage d'usinage, elle est réalisée avec un seul posage.

Seule la précision des déplacements des axes de la machine génère des sources de dispersion.

Question 11

Consulter le document réponse DR7.

Question 12

1ère hypothèse

Pour s'affranchir des sources de dispersion mises en évidence sur le DR7, on fait l'hypothèse que les opérations d'usinage qui conduisent à la réalisation des centrages de 2/1 et 5/4 du montage d'usinage sont faites après assemblage de 4 avec 1.

2ème hypothèse

On fait l'hypothèse que les opérations d'usinage permettant l'obtention des surfaces de 2, qui participent au centrage de 3 et à son positionnement sur 1, sont réalisées en un seul posage.

3ème hypothèse

Même raisonnement que précédemment à propos de la pièce 5. Les opérations d'usinage permettant d'obtenir les surfaces de 5 qui participent au centrage de 6 et à son positionnement par rapport à 4 sont faites en un seul posage.

Ces 3 hypothèses permettent :

- d'une part de s'affranchir des sources de dispersions liées aux problèmes d'orientation,
- d'autre part de limiter la précision, de l'entraxe entre le locating et le centreur, aux jeux résultants des assemblages de 2/1 et de 3/2 ainsi que de 5/4 et 6/5.

Question 13

A la lumière des hypothèses précédentes, qualifier le montage d'usinage dans la plan (X,Y) se réduit à vérifier la capacité du montage centreur-locating selon sa définition du DT3.

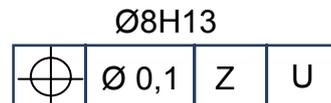
Méthode

- identifier sur le plan de définition du but du support de filtre les dimensions qui correspondent à la figure 1 du DT3.

$$\varnothing D_A \pm E_A = 8H13$$

$$\varnothing D_C \pm E_C = 8H13$$

$$C_B \pm E_B = 195,33^{+/-0,05}$$



- Déterminer à l'aide d'une documentation constructeur

Le diamètre du centreur : $D_D = 8h10$

L'épaisseur du locating : $2 \cdot e = 4^{+/-0,01}$

- Déterminer l'entraxe entre ces deux éléments et la tolérance acceptable pour l'obtention de cet entraxe.

Valeur nominale de l'entraxe : $C_E = 195,33$

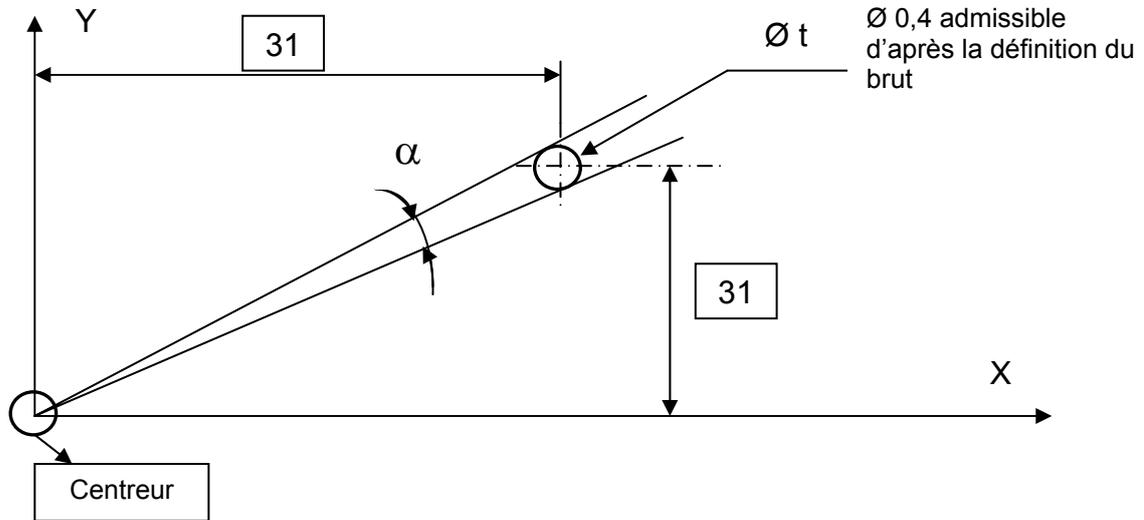
$E_E = IT_{J_{2-1}} + IT_{J_{3-2}} + IT_{J_{4-5}} + IT_{J_{6-5}} = 0,02$ qui est la valeur à obtenir

- Déterminer le diamètre maxi du locating au maximum de matière en reprenant la démarche proposée sur le DT3, $D_{F \text{ Maxi}} = 7,88$

- Déterminer la valeur maximale du défaut angulaire induit par le montage dans le cas le plus défavorable.

Calculer α en s'appuyant sur la figure 5 du DT3 on trouve $\alpha \approx 0,045^\circ$

- Vérifier que la valeur de α est compatible avec la position de l'avant trou de la référence B sur le dessin du brut



$$\varnothing t \approx l \cdot \alpha \text{ avec } l = \sqrt{2 \cdot 31^2} = 43,841$$

$$\varnothing t = 0,034 \ll 0,4$$

- Reprendre le raisonnement avec le trou fixant la référence sur **C**.

Le calcul conduit à $t = 0,12 < 0,4$

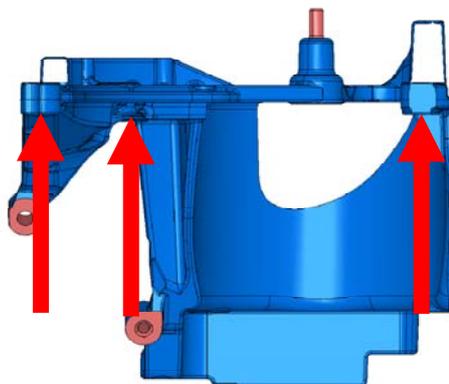
- Conclure.

D - FONCTION TECHNICIEN MÉTHODES ATELIER (Une seule des deux parties C et D est à traiter au choix)

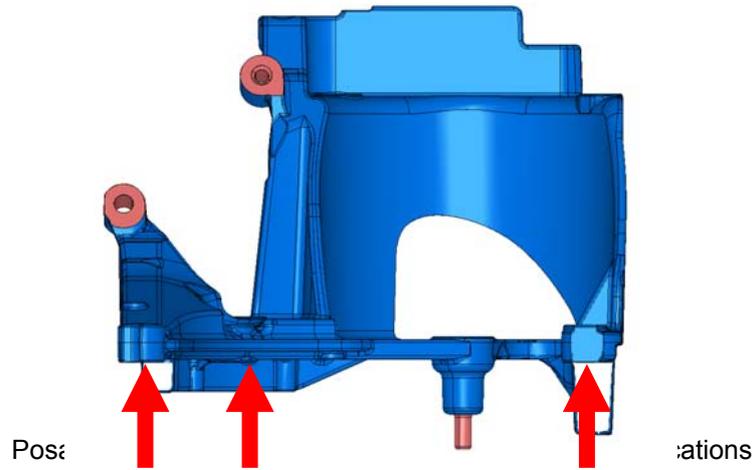
Question 14

Deux solutions pouvaient être proposées :

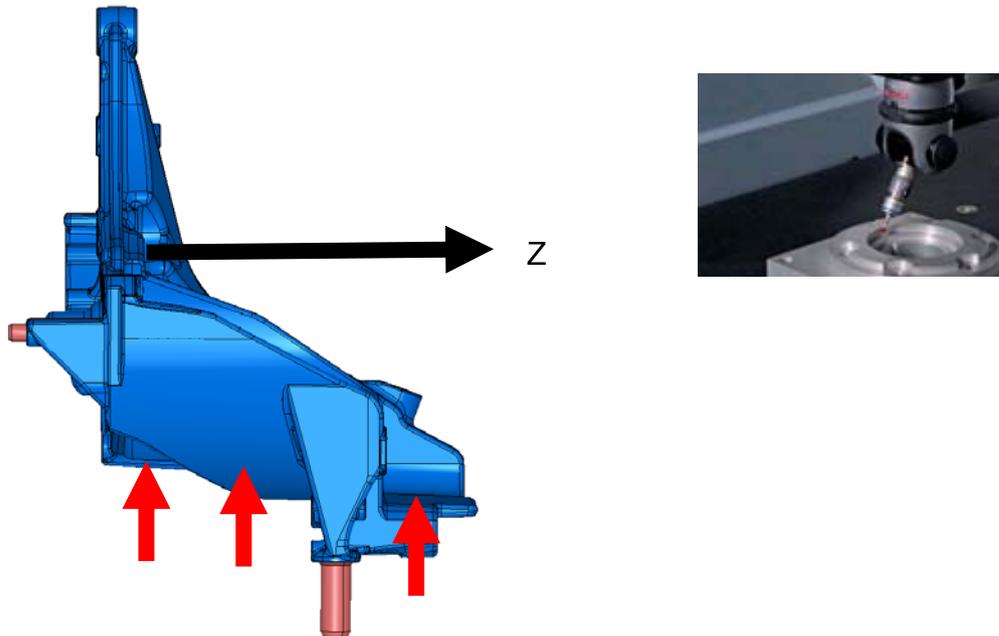
Solution 1 – posage de la pièce sur des plots ajustables sur les surfaces S25, S26 et S27 et balançage rapide pour amener les trois surfaces S1-S2-S3 parallèlement au marbre de la MMT, ce qui permet le contrôle de la planéité en zone commune du plan A qui servira alors de référence pour les autres spécifications. Il suffit ensuite de poser la pièce sur les surfaces S1-S2-S3 pour contrôler le reste des spécifications demandées. Dans ce cas, la référence A sera simulée.



Posage pour contrôle de la planéité des trois surfaces S1-S2-S3



Solution 2 – Posage de la pièce sur une surface brute de manière à mettre l'axe Z de la pièce presque parallèlement au marbre de la MMT. Ce posage permet de contrôler toutes les spécifications sans démontage de la pièce. Dans ce cas la référence A sera construite.



F

Question 15

Consulter le document réponse DR8.

Question 16

Consulter le document réponse DR8.

2^{ème} PARTIE : conception d'une séquence pédagogique.

Plusieurs possibilités pouvaient être proposées.

Question 17

Remarque préalable

La formation professionnelle ciblée est le BTS IPM, nous travaillons donc avec un référentiel qui est organisé différemment d'un programme (type baccalauréat).

En particulier, le document source est organisé en plusieurs parties, le référentiel d'activités professionnelles, le référentiel de certification et le référentiel de formation pour certains BTS¹.

L'approche par compétences induit fortement l'organisation des apprentissages et l'évaluation à mettre en œuvre.

Rappels sur l'approche par compétences²

- Définition selon l'AFNOR X50-750, « mise en œuvre, en situation professionnelle, de capacités qui permettent d'exercer convenablement une fonction ou une activité ».
- Définition selon De Ketele 2001, « Une compétence est le fait de pouvoir résoudre une situation complexe en mobilisant, c'est-à-dire en sélectionnant et en utilisant, un certain nombre de ressources préalablement apprises ou recherchées³ ».

Dans ce corrigé, nous avons adopté la deuxième définition de compétences. Plusieurs définitions ou schémas sont tirées de l'ouvrage « Évaluer des compétences, guide pratique par François Marie Gérard, aux éditions de Boeck »

Ceci peut être décrit par le schéma suivant :

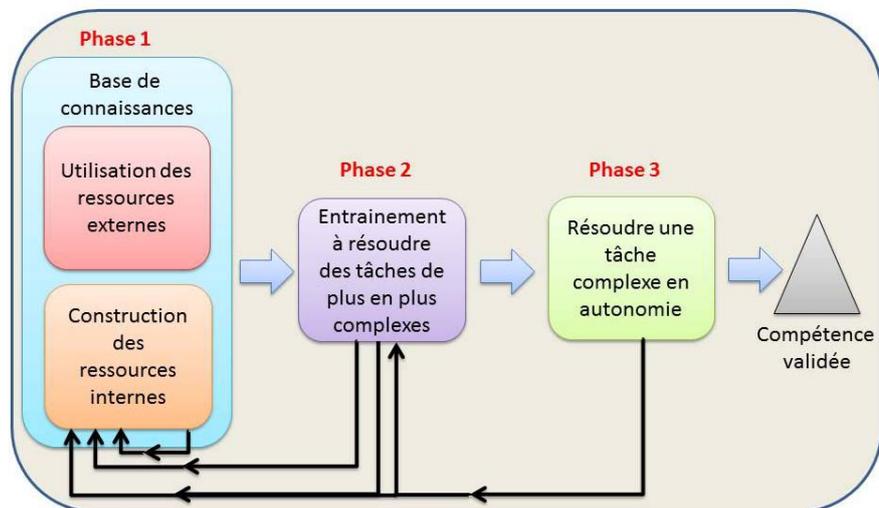


Figure 1 : stratégie d'acquisition de compétences

Les **ressources internes** appartiennent en propre à l'apprenant et guident son action pour résoudre la situation problème. Il s'agit essentiellement de savoir reproduire, de savoir-faire et de savoir-être.

¹ Décret n° 2011-1256 du 7 octobre 2011 portant dispositions spécifiques à certaines spécialités du brevet de technicien supérieur pour les sessions d'examen 2013 à 2015.

² Voir Évaluer des compétences, guide pratique par François Marie Gérard, aux éditions de Boeck.

³ De Ketele 2001.

Les **ressources externes** sont constituées quant à elles de tout ce qui pourra être mobilisé en dehors de la personne. Elles concernent dès lors des ressources matérielles (base de données, recherches Internet, ...), des ressources sociales (réunion de projet, réseau de relations, ...), des ressources procédurales (algorithme, normes, procédures, ...).

Nous pouvons décrire l'organisation des activités selon deux points de vue :

- Selon le niveau de généralité, ponctuelle⁴ ou conjointe⁵ ;
- Selon le type d'activité, de structuration⁶ ou fonctionnelle⁷.

Nous avons pris le parti de décrire la formation du BTS IPM à partir du schéma suivant :

| Type d'activité | | |
|-------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Niveau de généralité | Activité de structuration | Activités fonctionnelles |
| Mobilisation ponctuelle | 2 - Analyser ← | 1 - Explorer ↑ |
| Mobilisation conjointe | ↓ 3 - Synthétiser → | 4 - Réinvestir ↑ |

Ce schéma est appliqué, sur une ou plusieurs séquences, à un groupe de compétences cohérentes, en principe celles qui définissent une unité.

Cahier des charges pédagogique de la séquence :

- Période d'intégration : septembre à janvier
- Il est impératif d'articuler les enseignements de STI de la façon suivante

| | | Etude produits et des outillages | Industrialisation | Production |
|------------------------------------|---|---|---|--|
| De Sept. À fin Janvier | I N T E G R A T I O N | <p>Dans le cadre de minis projets :</p> <p><u>Par le professeur de construction : 30h</u></p> <ul style="list-style-type: none"> . Principes de conception d'un outillage S523 . Les outils d'expression S5.3.1 . Exploitation de modèles 3D S533 <p><u>Par le professeur de fabrication : 30h</u></p> <ul style="list-style-type: none"> . Outillages S763 . Caractéristiques des pièces S5.1.3 | <p><u>Cours 30h :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> . Choix, maîtrise contrôle S923 . Aspects technico économiques S84 . Gestion de l'unité de production S102 <p><u>Dans le cadre de minis projets : 60h</u></p> <ul style="list-style-type: none"> . Elaboration d'avant projets S82 . Données de fabrication S83 . Chaîne numérique S81 | <p><u>Travaux pratiques 80 h</u></p> <p>.Une première partie de cette période sera utilisée pour exploiter les acquis du stage industriel et préparer la soutenance en relation avec le professeur de français et d'anglais (20h).</p> <p>.Jusqu'à fin novembre, des travaux pratiques de production de pièces seront mis en œuvre, ils seront pris en compte pour l'évaluation de l'épreuve « Lancement d'une production ».</p> <p>Mise en œuvre du projet de qualification de processus (<i>validé fin octobre</i>).</p> |

On se place en début de 2^{nde} année à partir de la mi-septembre.

Les étapes 1 - Explorer, 2 - Analyser et 3 - Synthétiser ont été programmées sur les séquences de la première année, elles sont orientées vers l'apprentissage des savoirs et des savoir-faire de base. L'étape 4 a pu être rencontrée lors de cette première année pour vérifier le caractère transférable des acquis.

⁴ Mobilisation ponctuelle, elle vise à maîtriser un savoir et/ou un savoir faire spécifique unique. Elle se situe plutôt au début d'un nouvel apprentissage.

⁵ Mobilisation conjointe, elle vise à maîtriser les liens qui existent entre les différents savoirs et savoir faire. Elle vient à la suite de plusieurs apprentissages.

⁶ Activité de structuration, elle a une fonction cognitive de structuration de l'acquis de l'élève, elle est orienté vers l'intériorisation par l'apprenant des acquis : elle tend à faire le lien entre les objets d'apprentissage d'une part et les représentations qu'il en a ou les notions déjà acquises par lui, d'autre part.

⁷ Activité fonctionnelle, elle a avant tout une fonction pratique ou sociale. Elle est orientée vers l'extériorisation par l'apprenant de son acquis : elle tend à faire le lien entre les acquis de l'apprenant (en place ou à venir) et vie professionnelle.

Nous partons du postulat suivant : les étudiants n'apprennent pas spontanément et seuls à intégrer. Il ne suffit pas d'apprendre les différentes parties des cours pour qu'ils soient à même de les utiliser de manière conjointe pour résoudre une situation problème. Il faut donc confronter les apprenants périodiquement à des situations problèmes qu'ils vont tenter de résoudre en mobilisant tous leurs acquis antérieurs.

La deuxième année est donc organisée comme l'apprentissage de l'intégration. La validation sera vue principalement dans le projet professionnel.

La séquence suivante sera elle aussi dédiée au S523 dans le cadre d'un approfondissement relatif au comportement sous charge, la spécification d'un outillage, etc

Savoirs du programme abordés en cours et nombre d'heures qui y sont consacrées

Cette séquence vise à faire acquérir les compétences qui définissent l'unité U4 et qui sont nécessaires pour l'épreuve ponctuelle terminale E4, rappelées dans le document DP3 (C01, C03, C04, C05, C06).

Les élèves, en deuxième année, possèdent assez de ressources (savoirs et savoir-faire) pour commencer à intégrer, autrement dit, résoudre une tâche complexe. C'est ainsi que les savoirs S531 (les outils d'expression graphique) et S533 (exploitation de modèles 3D) et S763 (Outillages) ont été vus en première année et sont considérés comme mobilisables pour résoudre des tâches plus ou moins complexes. Les savoirs S513 (Caractérisation des pièces d'un point de vue matériau/procédé) et S523 (Principe de conception d'un outillage) peuvent être considérés comme partiellement traités et feront l'objet d'apprentissages complémentaires en deuxième année.

Les savoirs associés sont S523, S513, les savoirs S531, S533 et S763 seront mobilisés.

Durée de la séquence pédagogique : de l'ordre de 24 heures selon une organisation en 4 fois 6 heures.

Nature et nombre d'activités en groupe de TP et rotation prévue

Nous utiliserons comme supports techniques de l'étude des produits et outillages des dossiers industriels, dont le support de filtre est un exemple.

On fait le choix d'une pédagogie construite à partir d'études de cas pour l'apprentissage de l'intégration et la pédagogie de projet pour l'intégration. D'autres solutions pouvaient bien évidemment être envisagées. Ce projet sera conçu comme une activité permettant la synthèse des connaissances nouvelles abordées en S523 et S513 et l'intégration (entraînement à la résolution de tâches complexes) tout en garantissant un rappel voire un apport de connaissances pour les apprenants en difficulté ou par l'identification de ce qui fait éventuellement difficulté dans l'intégration.

Nous supposons disposer de cinq dossiers industriels, support 1 (support de filtre à gasoil), support 2, 3, 4 et 5.

De ces cinq supports, on extrait de chacun d'eux trois problématiques permettant la mobilisation des compétences mises en œuvre dans la fonction technicien en pré-industrialisation et qui correspond à l'unité U4.

Ceci nous permet d'offrir $5 \times 3 = 15$ activités aux 30 élèves de la division ; le travail s'effectuera en binôme pour les études de cas. Pour éviter la multiplication des supports et donc des dossiers techniques, l'apprentissage de l'intégration est réalisée sur trois supports différents ce qui laisse deux supports possibles pour traiter le mini-projet, donc le support de filtre.

L'objectif pédagogique assigné à cette phase d'intégration est constitué par la confortation de deux des cinq compétences. Chaque support est accompagné d'un dossier technique, organisé et structuré de façon à permettre la résolution d'une tâche complexe. La mobilisation des autres compétences est facilitée par des aides que l'on trouve dans le dossier technique. Ceci correspond à la phase 2 de la figure 1 « entraînement à résoudre des tâches de plus en plus complexes » et qui se traduit par le tableau suivant :

| | Étude 1 | Étude 2 | Étude 3 | Synthèse |
|------------------|--|--|--|-------------------------------------|
| | C1, C3, C4, C5, C6 | C1, C3, C4, C5, C6 | C1, C3, C4, C5, C6 | C1, C3, C4, C5, C6 |
| | 3h | 3h | 3h | 4h |
| Support 1 | Binôme 1 Binôme 9 Binôme 15 | Binôme 6 Binôme 5 Binôme 14 | Binôme 4 Binôme 10 Binôme 11 | |
| Support 2 | Binôme 2 Binôme 10 Binôme 11 | Binôme 1 Binôme 7 Binôme 15 | Binôme 6 Binôme 5 Binôme 12 | |
| Support 3 | Binôme 6 Binôme 3 Binôme 12 | Binôme 2 Binôme 8 Binôme 11 | Binôme 1 Binôme 7 Binôme 13 | |
| Support 4 | Binôme 4 Binôme 7 Binôme 13 | Binôme 3 Binôme 9 Binôme 12 | Binôme 2 Binôme 8 Binôme 14 | |
| Support 5 | Binôme 5 Binôme 8 Binôme 14 | Binôme 4 Binôme 10 Binôme 13 | Binôme 3 Binôme 9 Binôme 15 | |

Les compétences en gras sont à mobiliser dans l'étude de cas pour la résolution de la situation problème, les autres sont mobilisées avec des aides. Chaque étude de cas dure trois heures, un binôme consacre donc 9h pour les 3 études de cas proposées dans lequel il apprend à intégrer (à résoudre une tâche complexe). Une synthèse est organisée devant la classe par les deux professeurs avant de passer au mini projet

Pour la phase 3 de la figure 1 « résoudre une tâche complexe en autonomie » le travail s'effectue en trinôme ou quadrinôme dans le cadre d'un mini projet en faisant travailler les élèves sur un support qu'ils n'ont pas étudié lors des études de cas.

| | |
|------------------|-------------------------------------|
| | Mini projet |
| | C1, C3, C4, C5, C6 |
| | 11h |
| Support 1 | Equipe 1 |
| Support 2 | |
| Support 3 | |

| | |
|------------------|----------|
| Support 4 | Equipe 4 |
| Support 5 | Equipe 5 |

Onze heures sont consacrées à un mini projet où ces cinq compétences sont mobilisées, on demande alors à l'apprenant de résoudre avec la plus grande autonomie la tâche complexe proposée, on vérifie ainsi qu'il est capable d'intégrer.

Objectif de formation de chacune des activités

Exemple pour l'étude 1

| C01. Proposer et argumenter des modifications de la pièce liées aux difficultés techniques et aux surcoûts de production. | | |
|---|---|--|
| Données | Compétence détaillée | Critères et/ou indicateurs de performance |
| <ul style="list-style-type: none"> - Les éléments du cahier des charges fonctionnel du produit nécessaires à l'étude proposée. - La maquette numérique de conception préliminaire du produit et de la pièce et les spécifications fonctionnelles de la pièce. - Les exigences de production : lots, délais, coût prévisionnel, moyens envisagés. - Le matériau, les procédés initialement prévus et les bases de données techniques et économiques attenantes. - Éventuellement, les résultats de simulation des procédés d'obtention de la pièce étudiée à l'aide de logiciels spécialisés. - Un contact éventuel avec un spécialiste du métier. - Le processus prévisionnel. | <ul style="list-style-type: none"> - Identifier les formes géométriques et les spécifications qui posent des problèmes de réalisation et/ou de contrôle. - Inventorier et décrire les causes des difficultés et des surcoûts qu'elles engendrent : matériau, outils, outillages, processus... - Proposer des modifications de la pièce compatibles avec les procédés considérés et n'altérant pas les fonctionnalités du produit. - Décrire les incidences des modifications sur les diverses composantes des procédés et des processus (paramètres, outils, outillages, ordonnancement des phases, posage, préhension...). - Justifier les variations de coût induites par les modifications proposées. | <ul style="list-style-type: none"> - Exhaustivité et pertinence des problèmes identifiés. - Précision et exactitude des causes décrites. - Les propositions de modifications sont compatibles avec les procédés et préservent les fonctionnalités du produit. - Pertinence des simplifications induites par ces modifications sur les diverses composantes des procédés et des processus. - La justification des variations de coût est pertinente. |

| C04. Valider le choix du couple matériau - procédé d'élaboration au regard de la géométrie et des spécifications de la pièce à produire. | | |
|---|---|---|
| Données | Compétence détaillée | Critères et/ou indicateurs de performance |
| <ul style="list-style-type: none"> - Le cahier des charges fonctionnel du produit. - Les exigences de production : lots, délais, coût prévisionnel, la capacité | <ul style="list-style-type: none"> - Définir un protocole d'essais : objectif, conditions, forme des résultats. - Configurer les moyens d'essais (réels ou par simulation). | <ul style="list-style-type: none"> - Pertinence des éléments du protocole d'essai. - Respect de la démarche d'essai et validité des résultats. - Exploitabilité des résultats. |

| | | |
|---|---|---|
| <p>des moyens mobilisables...</p> <ul style="list-style-type: none"> - La maquette numérique spécifiée de conception préliminaire de la pièce. - Les moyens nécessaires pour la mise en œuvre d'essais et/ou les résultats d'essais réalisés par un spécialiste métier. - Un outil informatique et des modules métiers relatifs à certains procédés. - Les bases de données sur les procédés et les matériaux avec, éventuellement un module d'aide au choix. | <ul style="list-style-type: none"> - Conduire les essais (réels ou par simulation) - Effectuer les relevés. - Vérifier la compatibilité technique et économique entre les caractéristiques de la pièce (matériau, formes et spécifications) et les procédés visés. | <ul style="list-style-type: none"> - Compatibilité du couple matériau/procédés d'un point de vue technique et économique. - Compatibilité des procédés au regard de la forme et des spécifications de la pièce. |
|---|---|---|

On donne un dossier technique où sont disponibles tous les documents de la colonne « données ». Pour le support de filtre à gasoil, on mettra à disposition en particulier les documents suivants : DI1, DI2, DI3, DI4, DI5, et le DT1.

On demande de proposer et d'argumenter des modifications de la pièce liées aux difficultés techniques et aux surcoûts de production et de valider le choix du couple matériau - procédé d'élaboration au regard de la géométrie et des spécifications de la pièce à produire.

Les critères d'appréciation de la réalisation de la tâche sont donnés en colonne 3 des tableaux ci-dessus.

Pour le choix de la tâche professionnelle qui sera confiée aux apprenants, on les tirera du tableau ci-après. Le choix de la tâche se fera en cohérence avec le support proposé, qui peut être plus ou moins approprié pour une des quatre tâches professionnelles.

Activités Tâches professionnelles

| | |
|--|---|
| Exploitation des données de conception et de production | 1.1. Participer à la définition du produit du point de vue réalisation. |
| | 1.2. Valider le choix des procédés de réalisation du produit. |
| | 1.3. Définir le cahier des charges des moyens de production et de sous-traitance des procédés. |
| | 1.4. Participer à la détermination du coût prévisionnel du produit d'un point de vue réalisation. |

Autres supports

Ils seront tirés en priorité des thèmes d'EPS des années antérieures, issus du milieu industriel et qui ont été validés en commission. A défaut, on pourra utiliser des supports d'épreuve E4 des années antérieures.

Question 18

Objectif de formation, durée et nature de l'activité

- Identifier les contraintes visant à répondre au CDC de la pièce et de son aptitude à l'emploi
- S'approprier l'architecture de l'outillage et les solutions constructives adoptées
- Spécifier l'outillage pour assurer la capabilité
- Durée : 3h parmi les 11H décrites page 12 du corrigé dans le cadre du mini-projet.
- Nature de l'activité : démarche de mini-projet. Les deux professeurs sont présents et se positionnent comme ressource en même temps avec les deux groupes de travaux pratiques.

Liste et description détaillée des documents techniques

- Documents techniques nécessaires : DI1 à DI6
- Modèles numériques de la pièce sous traitant et du montage d'usinage
- Bases de données d'éléments standard et modulaires

Éléments de didactisation du support de filtre

Aucun à l'exception du modèle numérique

Démarche pédagogique et forme du travail

Travail par groupe de 4 apprenants, démarche inductive car elle convient aux apprenants qui ont besoin de partir du concret, les apprenants n'ont pas besoin de maîtriser l'ensemble des connaissances pour agir.

Description du travail demandé

Résolution de la tâche complexe comme, par exemple, la conception de l'outillage.

Question 19

Forme de l'évaluation

De type formatif

Le fondement de l'évaluation formative est constitué par les décisions et les mesures correctives qui seront prises par l'enseignant au cours de l'apprentissage

Critères et indicateurs

Il s'agit ici d'évaluer des compétences.

On rappelle les principes de l'évaluation de compétences :

1. Pour chaque compétence, on identifie des critères d'évaluation
2. Pour chaque critère on identifie des indicateurs de performance

Les critères se transforment en indicateurs lorsque les comportements ou les résultats de l'action sont mesurables ou évaluables.

On rappelle qu'un indicateur est la description d'une performance minimale attendue lors de l'action décrite par la compétence.

Les critères d'évaluation sont ceux énoncés dans le DP9, il convient au professeur de choisir ceux en rapport avec l'activité de résolution de tâche complexe demandée.

- caractériser une ou des pièces de l'ensemble à réaliser par l'analyse de ses fonctionnalités et mettre ces caractéristiques en relation avec le couple matériau – procédé envisagé ;
- décrire ou comparer le processus prévisionnel, en fonction des moyens disponibles et, éventuellement, à acquérir ;
- analyser la morphologie de la pièce brute ;
- définir les principes d'outillage des procédés d'enlèvement de matière et éventuellement d'assemblage ;
- proposer des modifications éventuelles de la géométrie de la pièce au regard des procédés envisagés et argumenter d'un point de vue technique et économique pour tout ce qui est relatif à la production mécanique.
- décrire les formes et décoder des spécifications à obtenir ;
- spécifier les moyens techniques nécessaires au regard des formes et des spécifications à obtenir : type de machine de production, forme des outils, moyens de contrôle ;
- rédiger un cahier des charges d'outillage (porte-outils, porte-pièces, outillage de contrôle, outillage d'assemblage) et notamment les spécifications d'aptitude à l'emploi ;
- justifier l'aptitude à l'emploi des équipements et outillages envisagés au regard de leur comportement mécanique : mouvements, trajectoires, efforts et puissances mis en jeu, caractéristiques d'inertie, résistance, déformations... ;
- choisir des solutions mobilisant des moyens techniques différents (machines, outils, outillages), argumenter ce choix au regard du cahier des charges imposé et identifier les incidences sur la définition du produit.

Les niveaux de performance peuvent être limités à 4 avec une échelle de 0 à 3.

Complétés par les apprenants au cours de la démarche de projet, les résultats pourront conduire l'enseignant à intervenir ou bien prescrire des activités complémentaires ou analogues afin de subvenir aux besoins ce qui est cohérent avec l'objectif d'apprendre à intégrer.

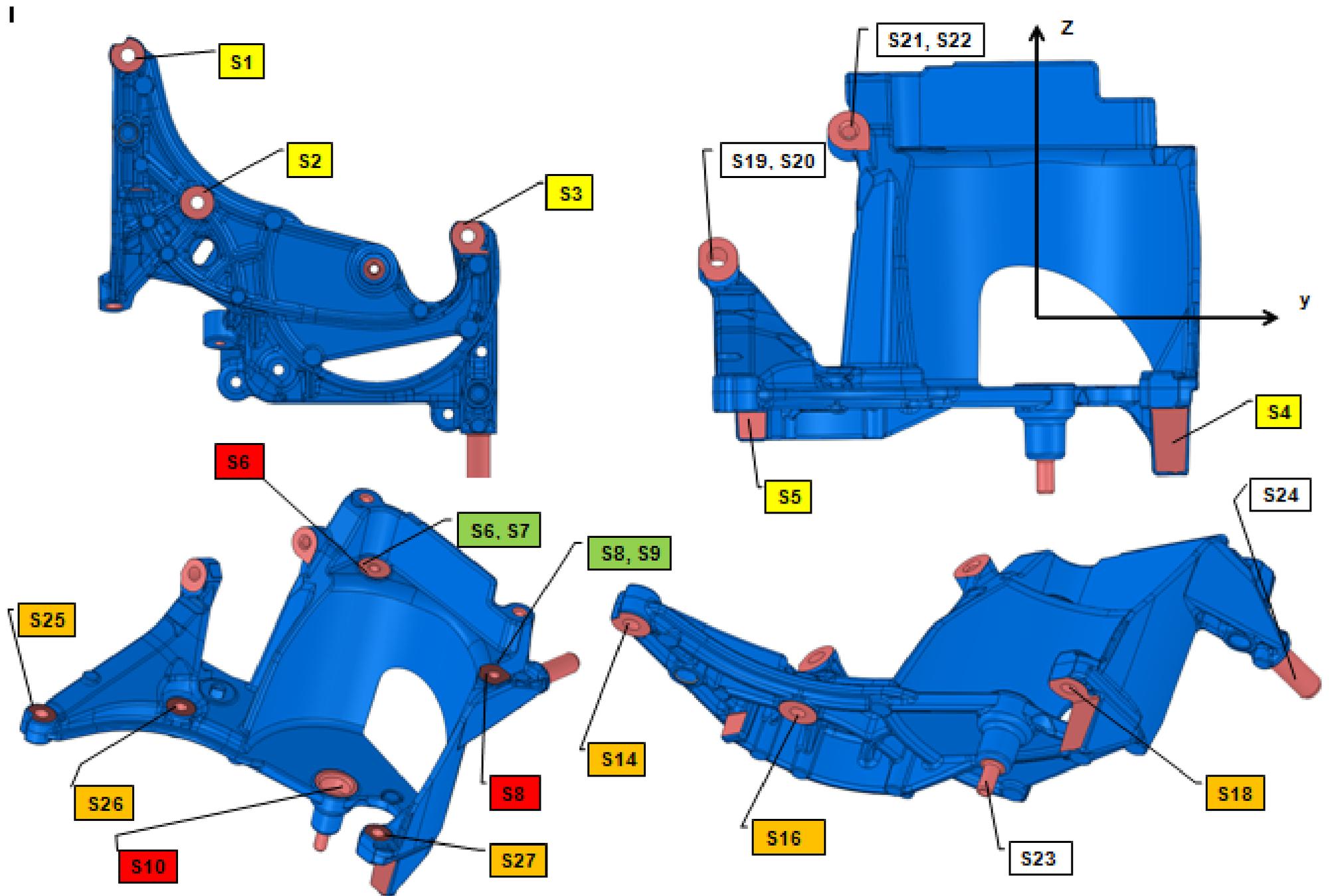
Modalités

En démarche de projet, il est essentiel de tenir un carnet de bord. Ce carnet de bord pourra comporter les éléments relatifs à l'évaluation formative.

Il est souhaitable qu'à l'issue de chaque tâche réalisée, les apprenants prennent quelques instants pour compléter un document numérique conçu au préalable.

Les mesures correctives seront proposées à l'issue de l'analyse par le professeur des résultats. Une proposition d'accompagnement sera mise en place par le biais d'une banque d'exercices complémentaires disponibles en ligne via l'ENT de l'établissement.

DR1 - Analyse MIP MAP des fonctions FT1 et FT2

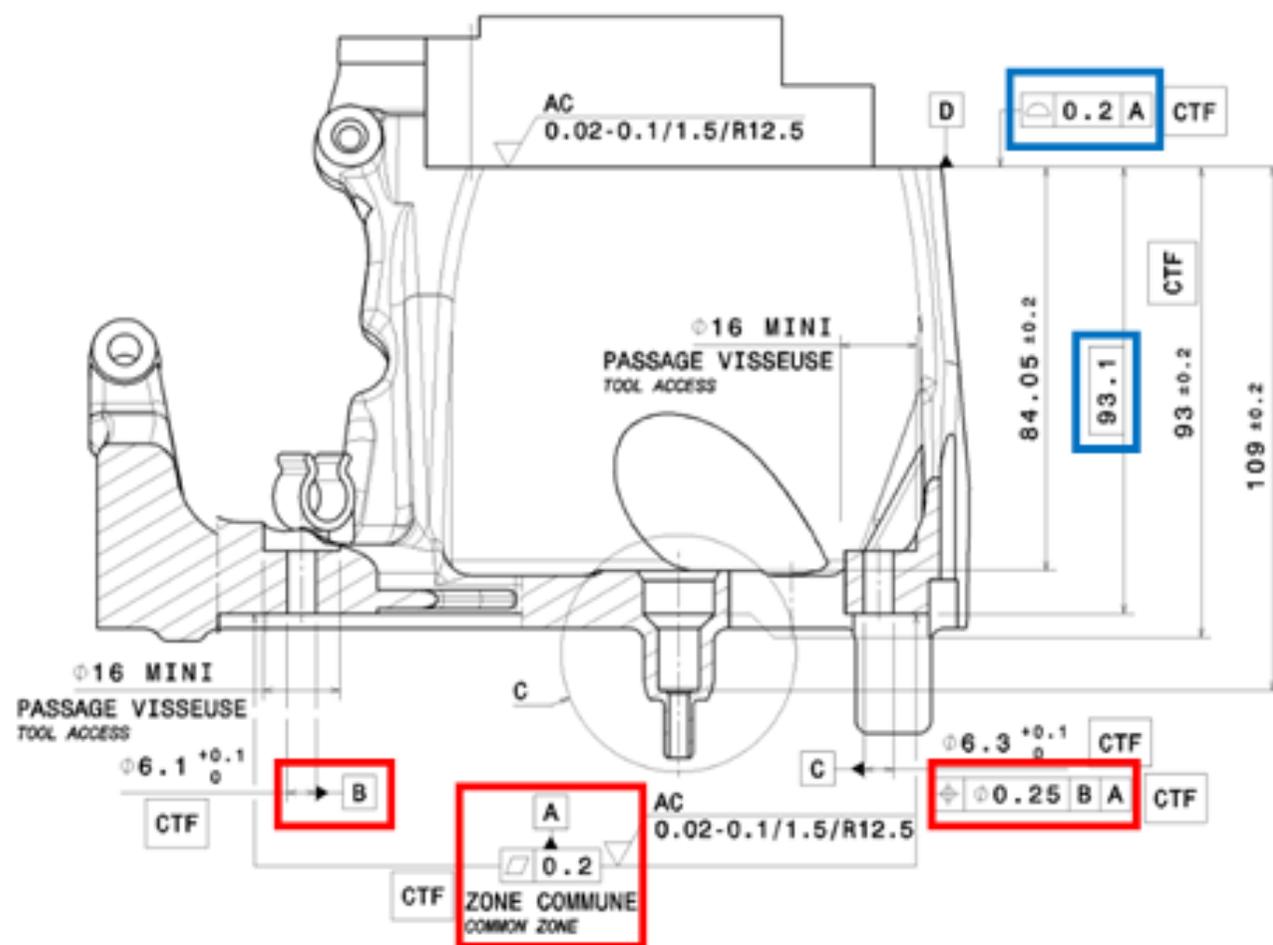


DR3 – Détails du dessin de définition donneur d'ordres du support de filtre

Coupe A-A

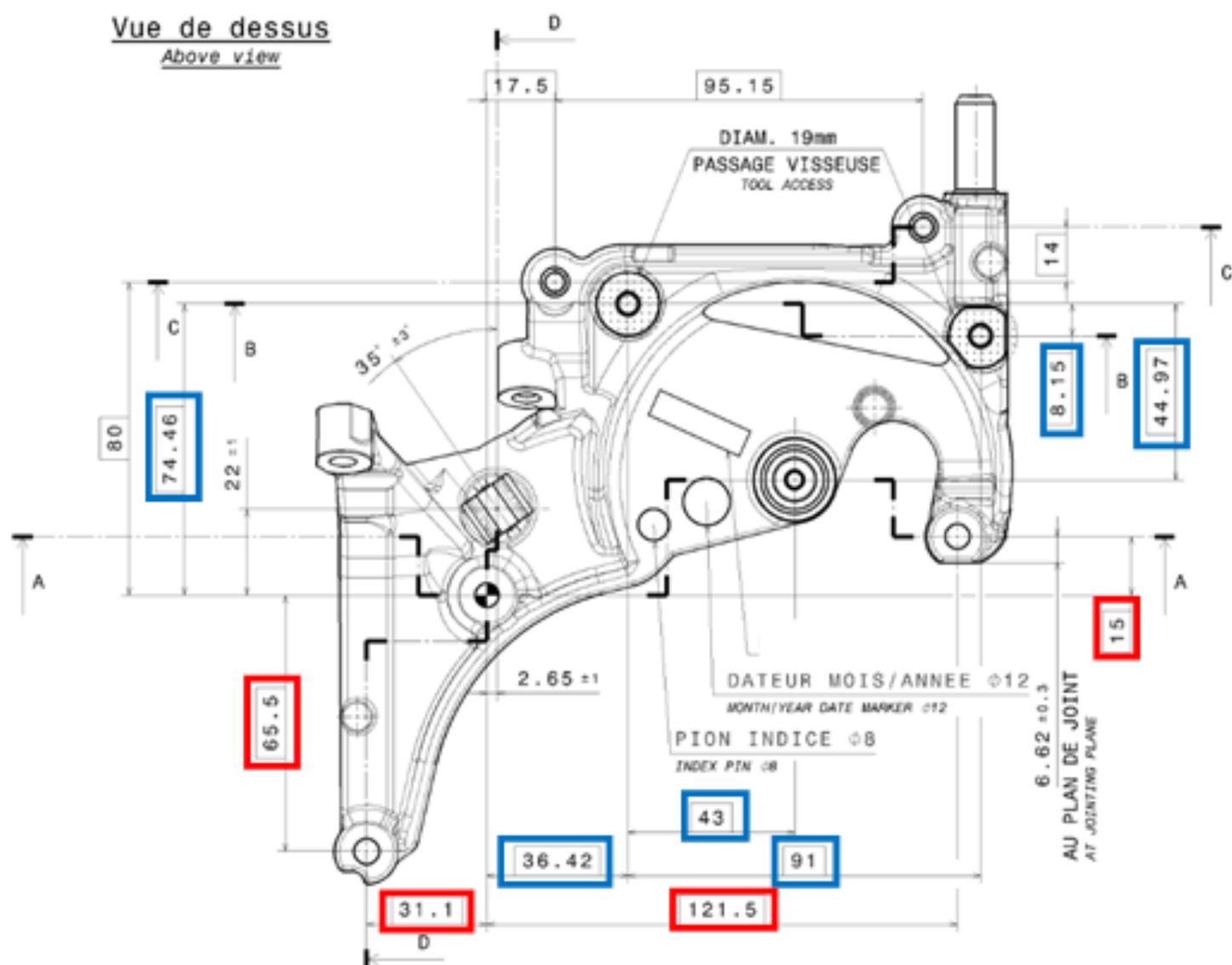
Section A-A

Echelle / Scale : 1:1



DR3 – Détails du dessin de définition donneur d'ordres du support de filtre

Vue de dessus
Above view



FT1

FT2

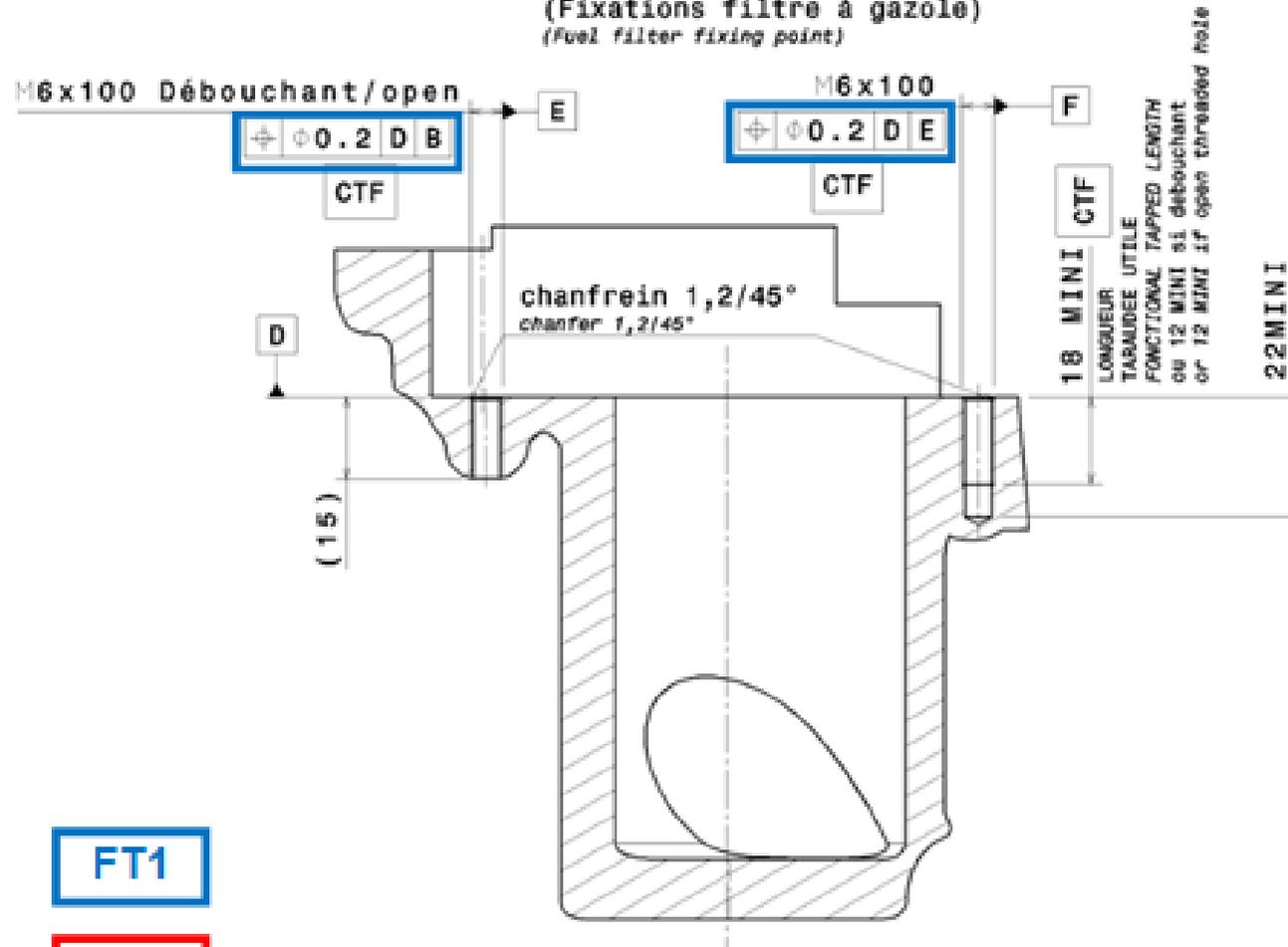
DR3 – Détails du dessin de définition donneur d'ordres du support de filtre

Coupe B-B

Section B-B

Echelle / Scale : 1:1

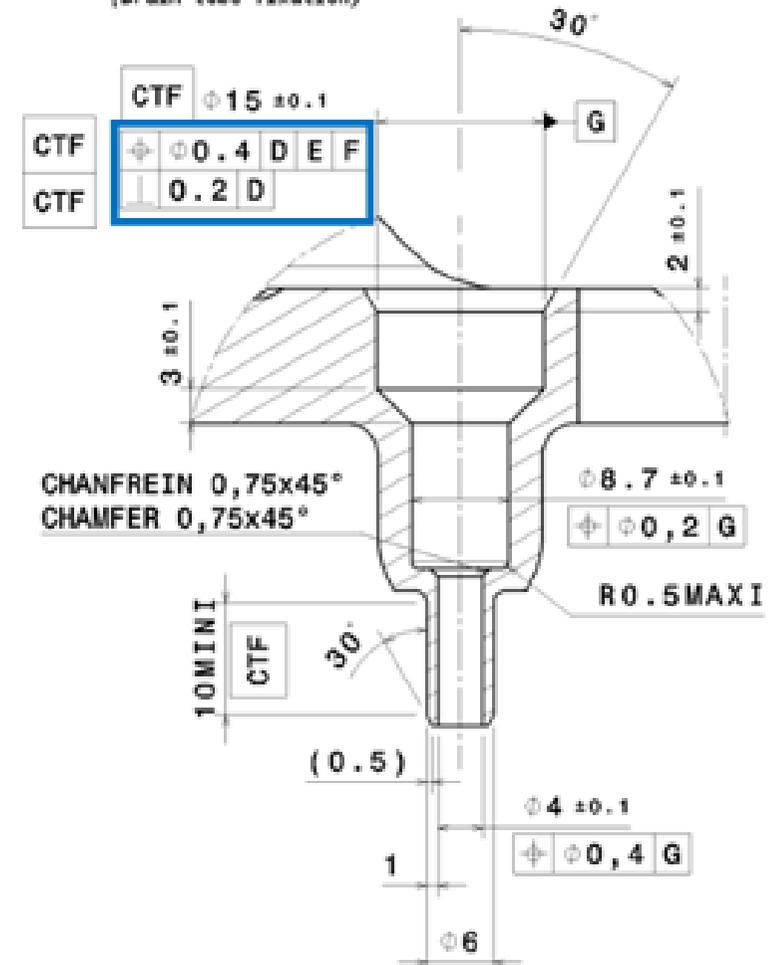
(Fixations filtre à gazole)
(Fuel filter fixing point)



Détail C

Echelle / Scale : 2:1

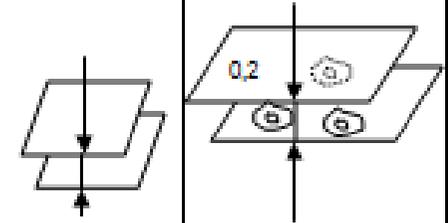
(Zone de purge)
(Drain tube fixation)



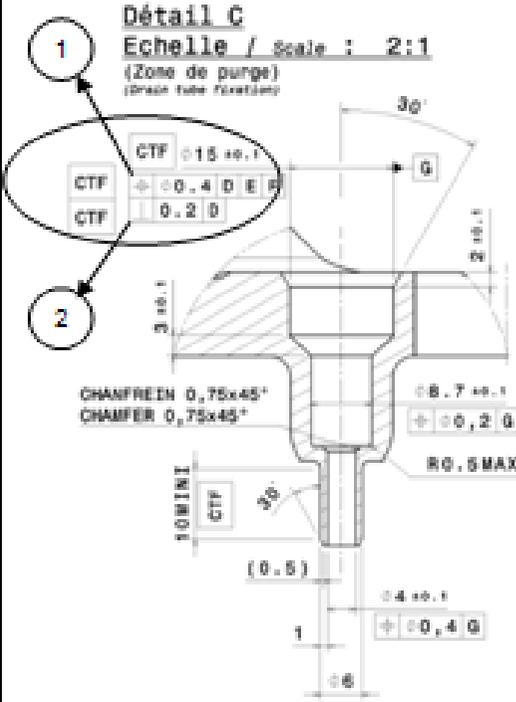
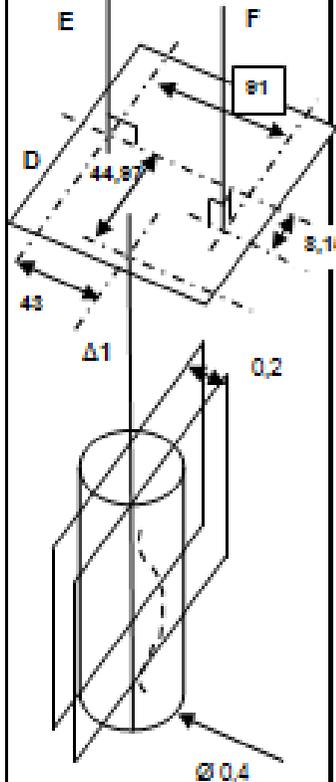
FT1

FT2

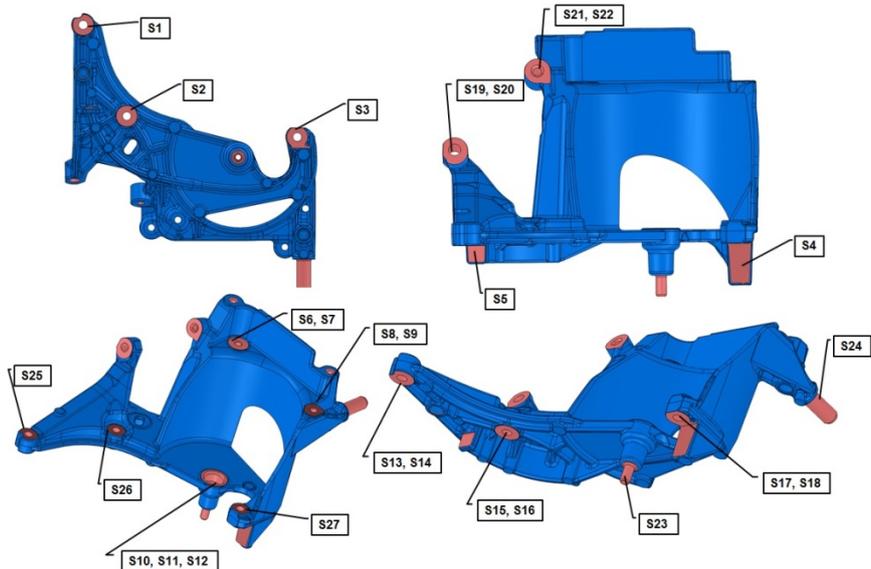
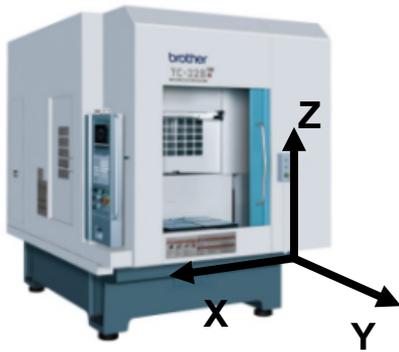
DR4 - Matrice de décodage des spécifications des fonctions FT1 et FT2

| TOLÉRANCEMENT NORMALISÉ | | Analyse d'une spécification par zone de tolérance | | | |
|---|---------------|---|-------------------------|---------------------------|--|
| Symbole de la spécification  | | Éléments non idéaux | | Éléments idéaux | |
| Type de spécification | | Élément(s) tolérancé(s) | Élément(s) de référence | Référence(s) spécifiée(s) | Zone de tolérance |
| Forme | Orientatation | | | | |
| Position | Battement | | | | |
| Condition de conformité : L'élément tolérancé doit se situer tout entier dans la zone de tolérance | | unique | Unique | Simple commune | Simple composée |
| Extrait du dessin de définition | |  <p>Groupe de 3 surfaces nominale-ment planes</p> | / | / |  <p>2 plans parallèles distants de 0,2 mm</p> <p>Les 3 surfaces nominale-ment planes doivent se situer entièrement entre 2 plans parallèles et distants de 0,2 mm</p> |

DR4 - Matrice de décodage des spécifications des fonctions FT1 et FT2

| TOLERANCEMENT NORMALISE | Analyse d'une spécification par zone de tolérance | | | | |
|--|---|--|--|--|--|
| Symbole de la spécification  | Éléments non idéaux | | Éléments idéaux | | |
| Type de spécification Forme  Orientation  Position   | Élément(s) tolérancé(s) | Élément(s) de référence | Référence(s) spécifiée(s) | Zone de tolérance | |
| Condition de conformité : L'élément tolérancé doit se situer tout entier dans la zone de tolérance | unique groupe | Unique pour  Multiples pour  | Simple pour  commune système pour  | Simple composée | Contraintes Orientation et/ou position par rapport à la référence spécifiée |
| <p>Extrait du dessin de définition</p>  <p>Détail C Echelle / Scale : 2:1 (Zone de purge) (Zone free finishing)</p> <p>1</p> <p>2</p> <p>CTF $\varnothing 0.15 \pm 0.1$ CTF $\varnothing 0.4 \begin{matrix} D \\ E \end{matrix}$ CTF $0.2 \begin{matrix} D \\ E \end{matrix}$</p> <p>3 ± 0.1</p> <p>3 ± 0.1</p> <p>CHAMFRED $0.75 \times 45^\circ$ CHAMFER $0.75 \times 45^\circ$</p> <p>$\varnothing 0.7 \pm 0.1$ $\varnothing 0.2 \pm 0.05$ R0.5 MAXI</p> <p>10 MIN</p> <p>3 ± 0.1</p> <p>0.5</p> <p>1</p> <p>$\varnothing 0.4 \pm 0.1$ $\varnothing 0.4 \pm 0.1$</p> | <p> et </p> <p>forment une ligne médiane extraite d'une surface nominale cylindrique</p>  | <p>pour  et </p> <p>Référence primaire surface nominale plane</p>  <p>Pour  seul</p> <p>Référence secondaire Surface nominale hélicoïdale</p> <p>Référence tertiaire Surface nominale hélicoïdale</p> | <p>pour  </p> <p>Référence primaire D Plan tangent côté libre de la matière qui minimise le plus grand des écarts</p> <p>Référence secondaire E Droite constituée par l'axe du cylindre enveloppe à la surface nominale hélicoïdale, contrainte perpendiculaire au plan D</p> <p>Référence tertiaire F Droite constituée par l'axe du cylindre enveloppe à la surface nominale hélicoïdale, contrainte perpendiculaire au plan D et distance de E</p> <p>Pour </p> <p>Plan tangent côté libre de la matière qui minimise le plus grand des écarts</p> | <p>pour </p> <p>cylindre de $\varnothing 0,4$ mm</p> <p>pour </p> <p>distance entre deux plans \perp, dist de 0,2 mm</p> <p>les deux plans sont \perp au plan D (et de manière plus restrictive \perp à la direction de cotation de la cote 91 et 43)</p> |  <p>E</p> <p>F</p> <p>D</p> <p>44,97</p> <p>8,15</p> <p>43</p> <p>$\Delta 1$</p> <p>0,2</p> <p>$\varnothing 0,4$</p> |

DR6 - Définition du processus détaillé

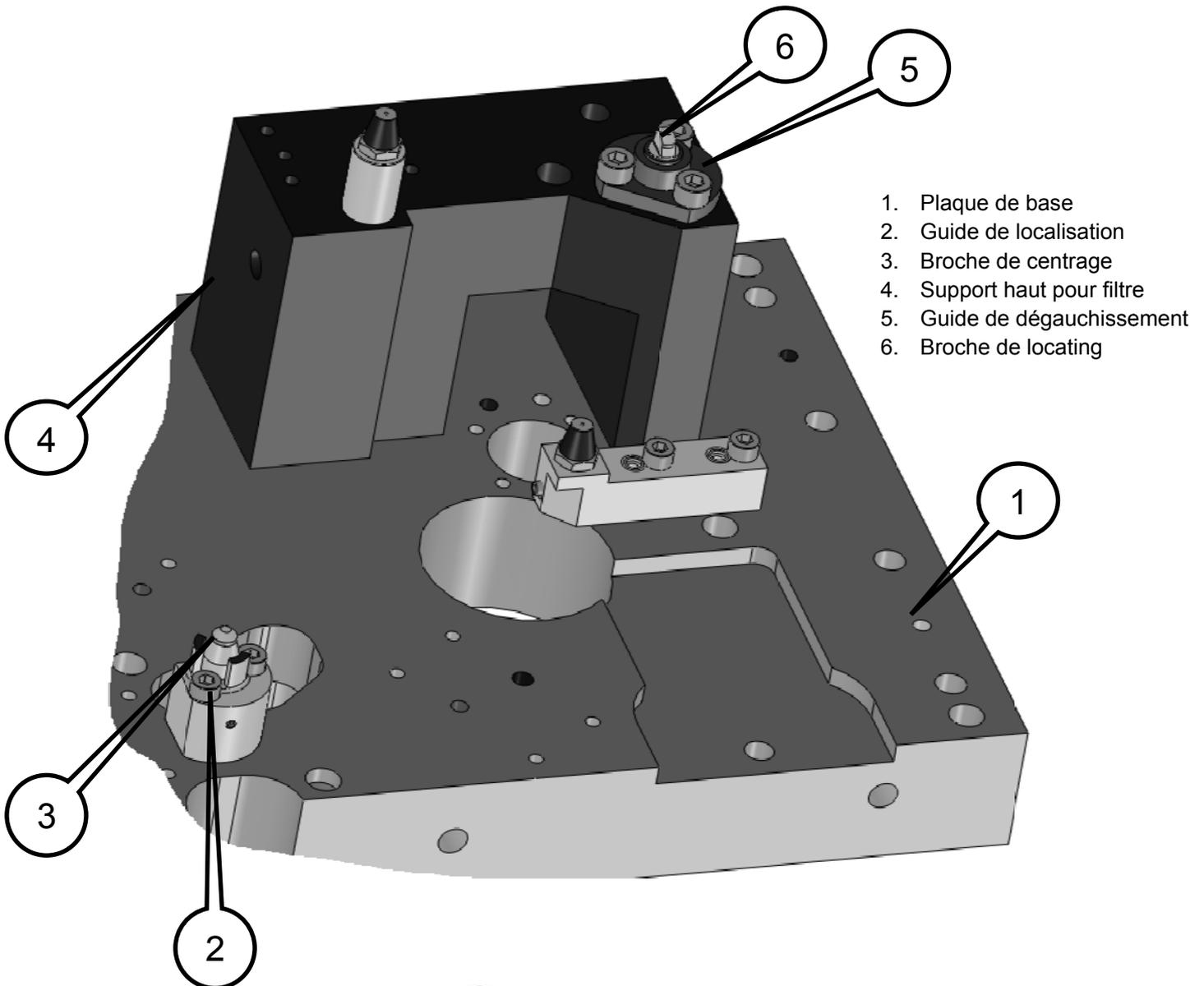


Direction d'approche

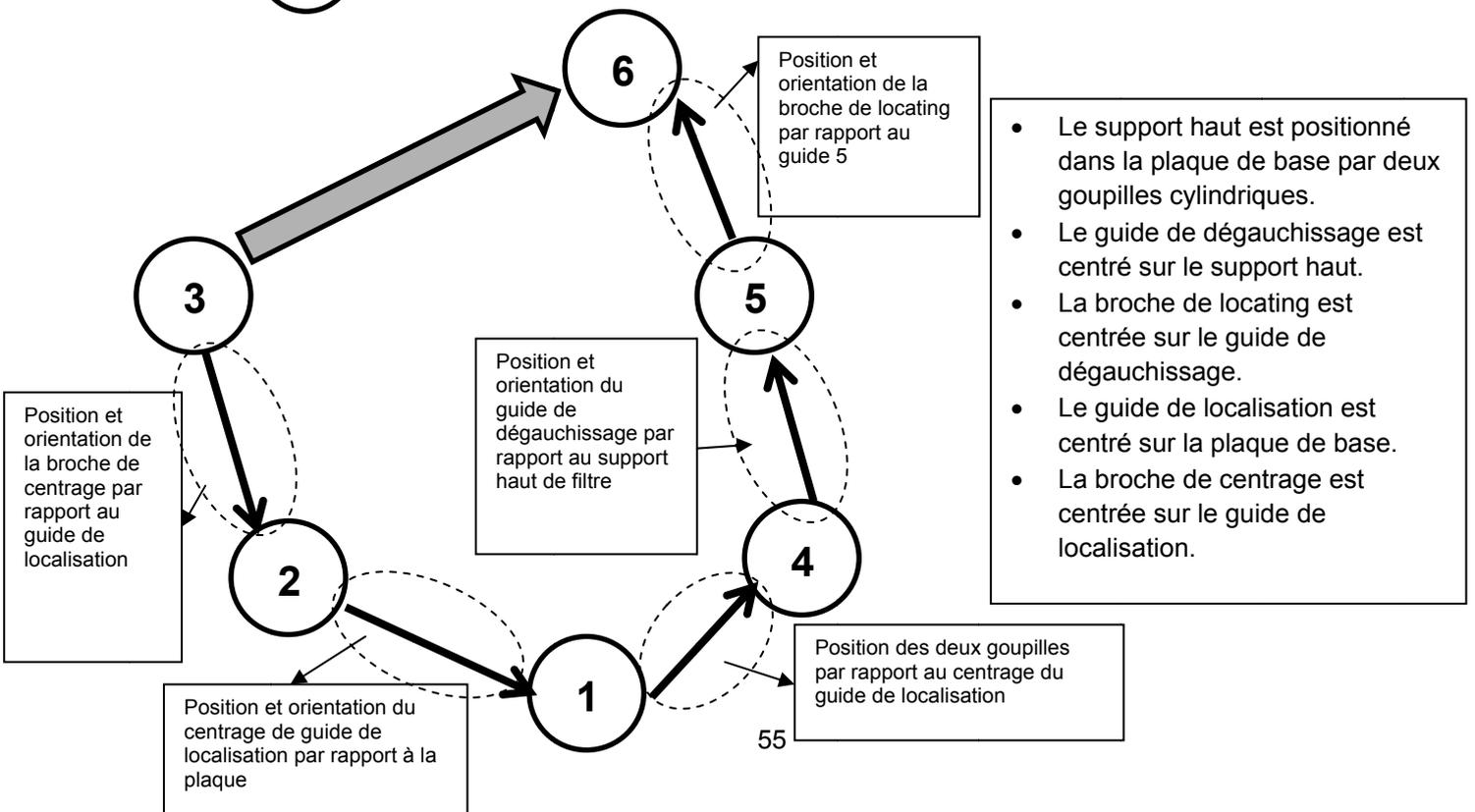
| Surface | Type | N° | Axes utiles | | | | | | Opérations |
|---------|-------------|-----|-------------|---|---|---|---|---|------------------------|
| | | | X | Y | Z | A | B | C | |
| S1= S13 | plan | 10 | X | X | X | | X | | Surfaçage |
| S2= S15 | plan | 10 | X | X | X | | X | | Surfaçage |
| S3= S17 | plan | 10 | X | X | X | | X | | Surfaçage |
| S4 | plan | 14 | X | X | X | | X | | Surfaçage |
| S5 | plan | 14 | X | X | X | | X | | Surfaçage |
| S6 | plan | 1 | X | X | X | | | | Surfaçage |
| S7 | hélicoïdale | 2-3 | X | X | X | | | | Perçage + taraudage |
| S8 | plan | 1 | X | X | X | | | | Surfaçage |
| S9 | hélicoïdale | 2-3 | X | X | X | | | | Perçage + taraudage |
| S10 | cyindre | 6 | X | X | X | | | | Perçage + chanfreinage |
| S11 | cyindre | 5 | X | X | X | | | | Perçage + lamage |
| S12 | cyindre | 4 | X | X | X | | | | Perçage |
| S13= S1 | plan | | | | | | | | |
| S14 | cyindre | 13 | X | X | X | | | | |
| S15= S2 | plan | | | | | | | | |
| S16 | cyindre | 11 | X | X | X | | | | Perçage |
| S17= S3 | plan | | | | | | | | |
| S18 | cyindre | 12 | | | | | | | Perçage |
| S19 | plan | 7 | X | X | X | | X | | Surfaçage |
| S20 | Cyindre | 8 | X | X | X | | X | | Perçage |
| S21 | plan | 7 | X | X | X | | X | | Surfaçage |
| S22 | cyindre | 9 | X | X | X | | X | | Perçage + taraudage |
| S23 | cyindre | 10 | X | X | X | | X | | Contournage |
| S24 | cyindre | 14 | X | X | X | | X | | Contournage |
| S25 | plan | 1 | X | X | X | | | | Surfaçage |
| S26 | plan | 1 | X | X | X | | | | Surfaçage |
| S27 | plan | 1 | X | X | X | | | | Surfaçage |

Indiquer par une croix pour les axes de translation X, Y et Z et par un nombre pour les axes de rotation A, B, C, les axes mobilisés pour la réalisation de la surface Si. Les axes X, Y et Z sont les axes de la machine ; A, B et C les axes de rotation respectivement associés. **Indiquer dans la colonne le N° d'ordre des opérations.**

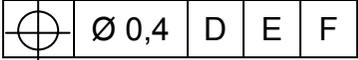
DR7 – Qualification du montage d'usinage



1. Plaque de base
2. Guide de localisation
3. Broche de centrage
4. Support haut pour filtre
5. Guide de dégauchissement
6. Broche de locating



DR8 – Gamme de contrôle

| Éléments palpés | Éléments Construits | Éléments calculés | | | | |
|---|---|---|-------|---|---|---|
| Question 15 – Construction du repère de dégauchissage | | | | | | |
| Posage de la pièce sur les surfaces S1-S2-S3, le centreur locating peut être repris pour orienter la pièce dans l'espace de la MMT Repère X, Y, Z de la pièce identique au repère X,Y,Z de la MMT. | | | | | | |
| Question 16 – Vérification de la spécification de localisation | |  <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Ø 0,4</td> <td style="padding: 2px;">D</td> <td style="padding: 2px;">E</td> <td style="padding: 2px;">F</td> </tr> </table> | Ø 0,4 | D | E | F |
| Ø 0,4 | D | E | F | | | |
| Palpage des surfaces S6 et S8 | | | | | | |
| | Plan D | | | | | |
| | | Défaut de forme du plan D | | | | |
| Vissage d'une pige dans les trous taraudés M6 (S6-S7 et S8-S9) | | | | | | |
| Palpage de la surface cylindrique de la pige | | | | | | |
| | Axe E (⊥ plan D) et axe F (⊥ plan D) | | | | | |
| | Point Pt1, intersection de l'axe E et plan D | | | | | |
| | Point Pt2, intersection de l'axe F et plan D | | | | | |
| | Repère O, U, V, W avec O = Pt1, W normale au plan D, et V direction de Pt1Pt2 | | | | | |
| | Repère O, X, Y, Z avec Z = W et $\alpha = (\vec{V}, Y) = (\vec{U}, X) = \arctan\left(\frac{8,15}{91}\right)$ | | | | | |
| | Point Pt3 de coordonnées (44,97 ; 43 ;0) | | | | | |
| | Axe G ⊥ au plan D et passant par Pt3 | | | | | |
| Palpage du cylindre de $\varnothing 15 \pm 0.1$ (au minimum deux sections circulaires aux extrémités du cylindre CE1 et CE2) | | | | | | |
| | Pt4 et Pt5 Centre des cercles CE1 et CE2 | | | | | |
| | | Dist (Pt4 ; Axe G) ≤ 0,2 et | | | | |

DR8 – Gamme de contrôle

| | | | | | |
|---|---|---|---|-----|---|
| | | Dist (Pt5 ; Axe G) ≤ 0,2 | | | |
| Question 16 – Vérification de la spécification de perpendicularité | | <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">⊥</td> <td style="text-align: center;">0,2</td> <td style="text-align: center;">D</td> </tr> </table> | ⊥ | 0,2 | D |
| ⊥ | 0,2 | D | | | |
| | Plan PL1 perpendiculaire à l'axe Y et passant par Pt3 | | | | |
| | | Dist (Pt4 ; PL1) ≤ 0,1 et Dist (Pt5 ; PL) ≤ 0,1 | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

On utilisera la désignation des surfaces du document DR6

Commentaires du Jury

Épreuve totalement inédite, les candidats ne disposaient d'aucun repère pour se préparer à celle-ci.

1. Présentation du sujet

Les auteurs remercient la société Eurocast de Brive La Gaillarde et particulièrement monsieur Patrick Couloumy, Directeur filiale, pour son accueil chaleureux, sa disponibilité et l'ensemble des renseignements qu'il leur a communiqués.

Un support de filtre à gasoil constituait l'objet des études successivement proposées. Cette pièce produite entre 500 000 et 800 000 exemplaires par an fait l'objet d'une forte intégration technique. La société Eurocast assure l'ensemble des opérations de fabrication, de la fonderie sous pression au clipsage du tuyau purge.

Le sujet était structuré autour de deux parties indépendantes.

1^{ère} PARTIE : exploitation pédagogique d'un dossier industriel.

Cette partie permettait au candidat de s'approprier progressivement les documents techniques mis à disposition.

Elle était déclinée en 4 problèmes à résoudre selon les fonctions du BTS IPM.

A - FONCTION TECHNICIEN PROCÉDÉ EN PRÉ-INDUSTRIALISATION

B - FONCTION TECHNICIEN MÉTHODES EN CONCEPTION DES PROCESSUS

C - FONCTION TECHNICIEN METHODES EN QUALIFICATION ET OPTIMISATION DE PROCESSUS

Ou

D - FONCTION TECHNICIEN MÉTHODES ATELIER

L'objectif consistait à produire des documents techniques pouvant être proposés aux apprenants de STS IPM.

2^{ème} PARTIE : conception d'une séquence pédagogique.

Déclinée en 3 temps, cette partie avait pour objectif d'évaluer les compétences des candidats à concevoir une phase de formation dans le cadre d'un diplôme professionnel de niveau 3.

Il était attendu une proposition de séquence pédagogique, un scénario d'activité en groupe de travaux pratiques et un dispositif d'évaluation approprié.

2. Analyse globale des résultats

Les deux parties ont été traitées de façon équivalente par les candidats.

1^{ère} PARTIE :

A – Fonction technicien procédé en pré-industrialisation

Traité par 61% des candidats.

B – Fonction technicien méthodes en conception des processus

Traité par 50% des candidats.

C – Fonction technicien méthodes en qualification et optimisation de processus

Traité par 12% des candidats.

D – Fonction technicien méthodes atelier

Traité par 20% des candidats.

2^{ème} PARTIE :

Traité par 38% des candidats.

Globalement les résultats ne sont pas conformes aux attentes du jury qui se déclare fortement préoccupé par deux aspects essentiels.

- 1) Connaissances et maîtrise des compétences disciplinaires
 - la faible capacité des candidats à décoder et s'approprier des documents à caractère industriel ;
 - des confusions entre mise en position et maintien en position ;
 - l'absence de maîtrise des concepts de la spécification géométrique des produits ;
 - des confusions préoccupantes entre opération d'usinage et phase d'usinage.
- 2) Ingénierie pédagogique
 - les incohérences relatives aux organisations proposées ;
 - les incohérences relatives aux activités proposées et la stratégie pédagogique annoncée ;
 - la faible maîtrise des concepts de l'évaluation proposée en regard des activités envisagées elles-mêmes relatives à l'organisation pédagogique retenue ;
 - une absence de maîtrise de l'enseignement par compétence dans le cadre d'une formation professionnelle.

3. Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux candidats

1^{ère} PARTIE :

A – Fonction technicien procédé en pré-industrialisation

Les deux premières questions ont été traitées par plus de 60% des candidats. Ces derniers obtiennent des résultats dans la moyenne. Il subsiste des difficultés et des confusions entre le maintien en position et la mise en position. Le décodage des documents industriels a manifestement posé problème à un nombre important de candidats.

La troisième et la quatrième question quant à elles ont été traitées par plus de 50% des candidats. Le décodage de spécifications géométriques démontre la maîtrise médiocre des concepts GPS près de 15 ans après son entrée dans les formations professionnelles et technologique (ex baccalauréat génie mécanique option productique mécanique).

B – Fonction technicien méthodes en conception des processus

Il s'agissait ici d'élaborer un processus détaillé de production mécanique.

Si la question 5 relative à la MIP et MAP de la pièce sur son montage est abordée par plus de 80% des candidats, les résultats obtenus restent médiocres. Le décodage des documents industriels a là aussi posé problème aux candidats.

La contrainte du posage unique conduisant à privilégier une direction d'approche aux surfaces fonctionnelles n'a été prise en compte que par un faible nombre de candidats. Les correcteurs ont apporté un regard bienveillant à la cohérence des réponses aux questions 6, 7 et 8.

Le nombre d'axe de la machine était sous-tendu par le document technique 1 ; malgré cela les correcteurs ont été confrontés à des réponses farfelues.

Enfin, la question 8 n'a été traitée correctement que par un faible nombre de candidats bien que 54% d'entre eux aient travaillé sur le processus détaillé.

C – Fonction technicien méthodes en qualification et optimisation de processus

Cette fonction n'était pas obligatoire à traiter.

Environ 12% des candidats l'ont abordée, les résultats obtenus sont très faibles.

Le concept de capabilité n'est pas maîtrisé dans la grande majorité des copies, la problématique des dispersions également.

Les candidats sont en grande difficulté pour proposer la simplification pour ramener le problème à traiter à un problème plan.

Enfin, la qualification du montage d'usinage demandé en question 13 a été largement délaissée par les candidats.

D – Fonction technicien méthodes atelier

Cette fonction n'était pas obligatoire à traiter.

Environ 20% des candidats ont traité cette fonction. Les aspects de contrôle ont donc rallié plus de candidats que les aspects de fabrication, constructeurs et fabricants semblent avoir reconnu en cette partie un domaine de recouvrement disciplinaire.

Les correcteurs ont eu à faire à quelques excellentes copies qui ne masquent pas pour autant la faiblesse de résultats de la majorité.

2^{ème} PARTIE :

Il existait de multiples réponses possibles.

Les correcteurs se sont attachés à la cohérence des propositions faites par les candidats pour l'ensemble des trois questions relatives à cette partie.

Seulement 38% des candidats ont composé sur cette partie, le jury ne saurait se satisfaire d'un tel pourcentage.

En effet, s'adressant à des professeurs en exercice, cette phase devrait être traitée par l'ensemble des candidats.

Les correcteurs dénoncent les propositions dénuées de sens et de cohérence. Seuls quelques candidats ont su montrer et rendre cohérent une proposition pédagogique en regard avec l'enseignement par compétences attendu dans une formation professionnalisante.

Quelques bonnes copies ne masquent pas la grande majorité de réponses peu construites ou relevant de poncifs pédagogiques.

4. Conclusion

Le caractère nouveau de cette épreuve a certainement surpris les candidats. Cependant, il s'agit de se préparer à celle-ci comme à toute autre.

Il est nécessaire pour la préparation à cette épreuve, que les candidats maîtrisent les fondamentaux de l'ingénierie pédagogique (pédagogie et didactique de la discipline).

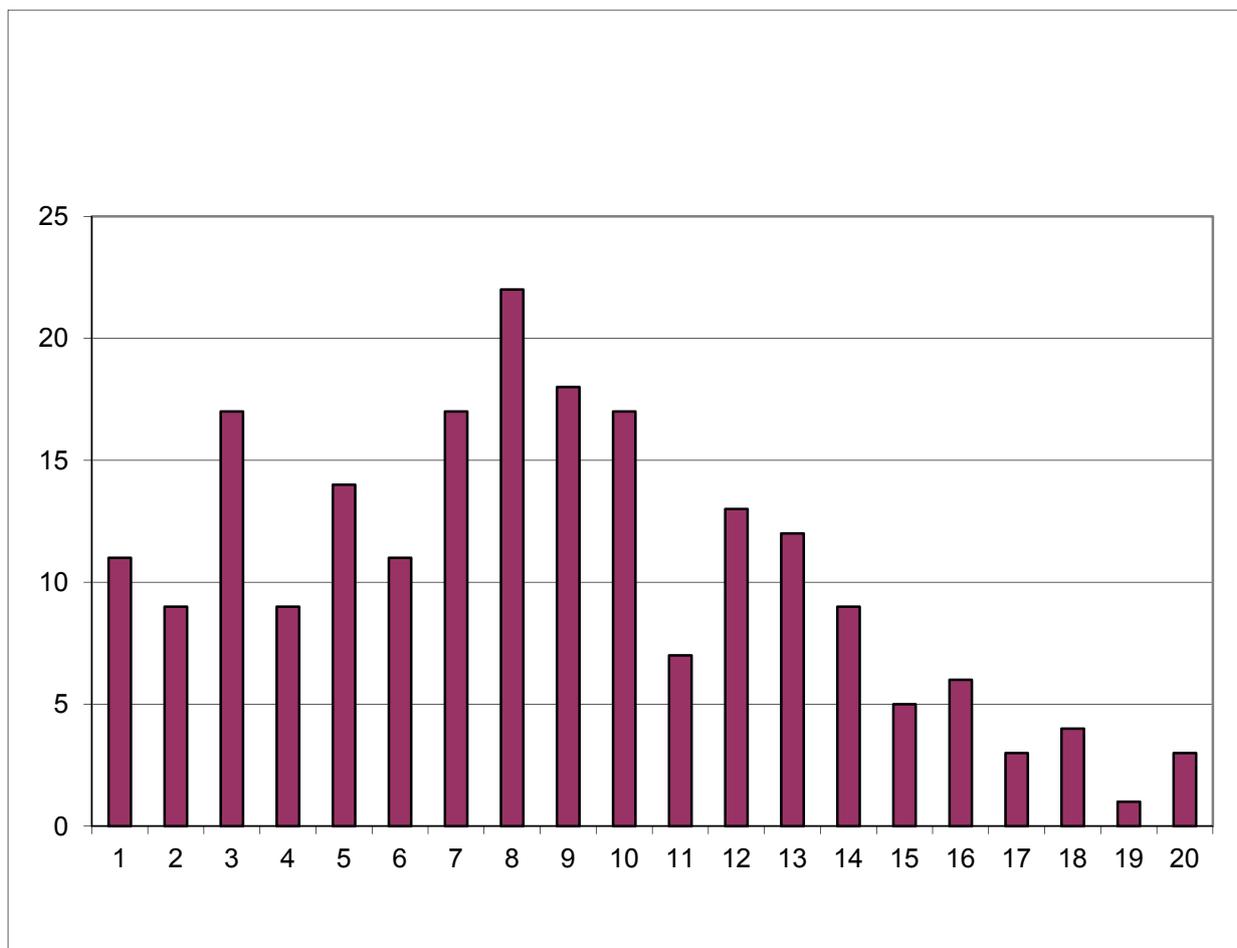
Ainsi, il est attendu des candidats qu'ils maîtrisent :

- qu'est ce qu'apprendre, les stratégies pédagogiques déductives, inductives ou mixtes ;
- la notion de plan d'action, progression pédagogique, séquence de formation, séances ;
- évaluation formative, sommative, certificative, normative, contrôle en cours de formation ;
- centres d'intérêt ;
- compétences, tâche élève, tâche complexe, objectif obstacle, savoir, savoir faire, savoir être,
- structure des programmes et des référentiels ;
- quelques notions sur la motivation ;
- etc.

5. Résultats

208 candidats ont composé pour cette épreuve. La moyenne des notes obtenues est de 8/20 et l'écart-type 4,64/20 avec :

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



Épreuve sur dossier

Coefficient 1 – Durée 1 heure

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

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

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

1. Le déroulement de l'épreuve de la session 2014

1.1. Les attentes du jury, les critères d'évaluation

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

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

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

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

2. Les compétences évaluées

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

1 - Construire un dossier technique

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

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

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

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

- Être capable de communiquer par écrit et oralement

3. Constats et recommandations du jury

La majorité des dossiers, proposés par les candidats de cette session, est bien présentée et leur construction est assez souvent cohérente. Il n'y a pas de modèle unique tant les préoccupations, et donc les poids relatifs des parties, peuvent être différents. A minima, on pourra trouver les parties suivantes : le contexte, l'entreprise, le système étudié ; la ou les problématiques techniques ; les développements, au plus haut niveau, liés à la résolution de ces problématiques ; l'exploitation pédagogique du support sur un ou plusieurs programmes/référentiels.

Pour cette première session, le jury a noté avec satisfaction que la majeure partie des candidats avait préparé l'épreuve sérieusement. Cependant, le jury regrette que certains dossiers ne présentent pas le niveau d'analyse et d'investigation requis pour l'agrégation. En effet, le dossier technique présenté ne saurait se résumer à une simple description du système choisi par le candidat. Ce qui donne sens à l'analyse scientifique et technologique est uniquement constitué par la mise en exergue d'une véritable problématique technique authentique. Ainsi, le jury a apprécié l'introduction par certains candidats d'expérimentations en rapport avec la problématique traitée.

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

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

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

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

L'aspect technologique et scientifique

Le jury conseille au candidat :

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

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

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 proposer les exploitations pédagogiques dans le respect des référentiels et des directives pédagogiques ;
- de positionner la séquence dans une progression pédagogique sur le cycle de formation choisi ;
- de détailler les intentions pédagogiques ;
- de préciser les objectifs pédagogiques et d'être attentif à leur formulation ;
- d'identifier les difficultés prévisibles afin de scénariser la séquence et préciser la démarche pédagogique retenue en argumentant les raisons de ce choix ;
- préciser les acquis et besoins des élèves pour réaliser l'activité ;
- de privilégier les activités pédagogiques s'adossant à un problème technique réel issu du support industriel ;
- d'envisager des travaux pratiques sur le réel lorsque le support et la problématique le permettent ;
- 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 (date d'envoi, CÉDÉROM) montrent la maîtrise par le candidat des outils de la communication écrite et la façon dont il s'inscrit dans une institution.

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

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

Les réponses absentes ou évasives relatives au contexte de la conception, l'industrialisation ou de la réalisation sont peu appréciées car elles témoignent d'un réel manque d'investigation au sein de l'entreprise.

Le jury conseille aux candidats de :

- profiter des temps de préparation, qui ne sont pas des temps d'attente ; en particulier, ouvrir les fichiers annexes (CAO, vidéo,...) qui peuvent être utiles pour répondre à certaines questions ;
- 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.

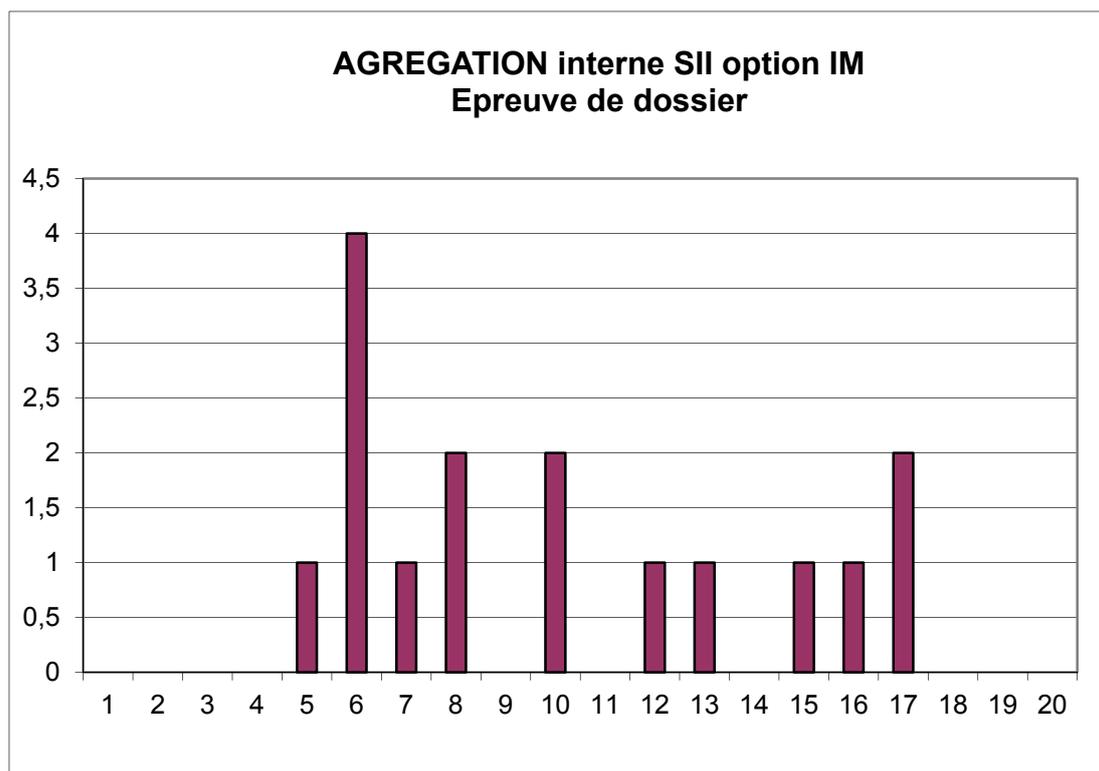
Pour conclure, le jury conseille aux candidats :

- de s'assurer de l'existence d'une problématique industrielle 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 conserver un regard critique par rapport au travail réalisé en lien avec l'entreprise ;
- pour les candidats qui souhaitent présenter à nouveau un dossier élaboré pour une précédente session, de continuer à faire vivre le partenariat engagé, de faire évoluer le dossier et de prendre en compte les remarques du jury lors des entretiens précédents ;
- de présenter une partie pédagogique structurée et cohérente avec le dossier technique.

4. Résultats

16 candidats ont participé à l'épreuve. La moyenne des notes obtenues est de 9,81/20 et l'écart-type 4,43 avec :

- 17/20 comme meilleure note ;
- 04,5/20 comme note la plus basse.



Activité pratique et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique

Coefficient 2 – Durée 6 heures

Définition de l'épreuve (extrait du bulletin officiel)

Cette épreuve de coefficient 2 se déroule sur une durée totale de 6 heures réparties comme suit :

- activités pratiques : 4 heures ;
- préparation de l'exposé : 1 heure ;
- exposé : 40 minutes maximum ;
- entretien avec les membres de jury : 20 minutes maximum

Dans l'option choisie, le candidat a déterminé, au moment de l'inscription, un domaine d'activité parmi les deux proposés ci-après : "conception des systèmes mécaniques" ou "industrialisation des systèmes mécaniques" pour l'option sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie mécanique. De ce fait, les activités pratiques proposées au candidat durant l'épreuve prennent en compte le domaine d'activité déterminé au moment de l'inscription.

Concernant l'évaluation, 10 points sont attribués à la première partie liée aux activités pratiques et 10 points à la seconde partie liée à la leçon. Ces deux parties sont évaluées de façon indépendante. La première partie est évaluée par le ou les membres de jury qui ont suivi le candidat durant les activités pratiques proposées au candidat. La deuxième partie est évaluée par les membres de jury suite à l'exposé du candidat et à l'entretien avec celui-ci. Les membres de jury disposent d'une grille d'aide à la décision et à l'évaluation des compétences démontrées par le candidat pour ces deux parties distinctes.

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

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

Le candidat est amené au cours de sa présentation orale à expliciter sa démarche méthodologique, à mettre en évidence les informations, données et résultats issus des investigations conduites au cours des activités pratiques qui lui ont permis de construire sa proposition pédagogique.

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

Déroulement détaillé de l'épreuve :

Cette épreuve de 6 heures comporte donc 3 phases distinctes :

- phase 1 : activités pratiques, mise en œuvre des systèmes techniques et équipements et logiciels associés (durée 4 heures)
- phase 2 : préparation de l'exposé dans une salle de préparation (durée 1 heure)
- phase 3 : exposé et entretien (durée 1 heure)

Le terme de système technique doit être compris au sens large, les thèmes ou supports des activités pratiques proposées sont contextualisés, en référence à un système technique ou en référence à un produit extrait d'un support ou système technique.

L'utilisation d'une calculatrice est autorisée conformément aux textes et circulaire en vigueur. Durant l'épreuve les candidats ont accès à internet. Durant l'épreuve le candidat n'est pas autorisé à communiquer, par quelque moyen que ce soit, avec toute personne étrangère au concours et qui n'aurait pas la qualité de membre de jury.

Phase 1

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

Cette phase se déroule en 3 parties.

Première partie (durée indicative ≈0h30)

Le candidat est accueilli par un membre de jury. Il est invité à mettre en œuvre les matériels, supports et équipements associés aux activités pratiques de pilotage, d'expérimentation de traitement, de simulation, de représentation afin d'acquérir rapidement une certaine autonomie dans les activités pratiques proposées. Dans cette partie, les activités proposées ont pour objectif de faciliter l'appropriation de l'environnement associé aux activités pratiques, de faciliter la prise en main des matériels associés aux activités pratiques. Le membre ou les membres de jury qui suivent le candidat durant l'épreuve vérifient que celui-ci s'est correctement approprié la problématique et les différentes activités proposées.

Deuxième partie (durée indicative et conseillée ≈ 2h00)

Le candidat doit d'abord s'organiser. Il lui appartient de répondre aux questions posées afin de résoudre les problèmes mis en évidence dans le cadre des différentes activités pratiques proposées. Ces activités, ces questions peuvent conduire le candidat à analyser le fonctionnement d'un produit, système ou solution technique, à analyser un procédé, un processus de réalisation, à analyser et vérifier les performances d'un système technique.

On attend du candidat une capacité à s'organiser, à planifier et répartir son temps. Cette partie doit permettre au candidat de mobiliser ses connaissances et compétences pour résoudre le ou les problèmes mis en évidence. Dans le cadre d'une démarche technologique et/ou scientifique, on attend du candidat la démonstration de sa capacité à formuler des hypothèses, à modéliser, à expérimenter, à organiser et exploiter des résultats obtenus au cours des activités pratiques et à caractériser les écarts constatés entre les réponses mesurées, simulées.

Les candidats disposent généralement de l'ensemble des moyens, données et ressources nécessaires aux activités proposées. S'ils souhaitent en disposer d'autres, ils doivent en faire la demande auprès des membres de jury qui décideront de l'opportunité, pour le candidat, d'en disposer.

Troisième partie (durée indicative et conseillée ≈ 1 h30)

Le candidat doit concevoir une séquence de formation pour un objectif pédagogique imposé (ensemble, tout ou partie de compétences visées extraites des référentiels et programmes en vigueur), à un niveau de classe donné. Le membre de jury attend du candidat la démonstration de sa capacité à exploiter le contexte qui lui a été proposé durant les activités pratiques, à exploiter les données et ressources fournies, mais aussi à exploiter les résultats obtenus au cours des activités pratiques pour alimenter la conception de sa séquence pédagogique. La proposition doit prendre appui sur ces données et ressources disponibles, sur les investigations, les problèmes qui étaient à résoudre, les analyses qu'il a pu conduire.

Les candidats disposent d'une archive numérique et d'un moyen de stockage avec les données et ressources fournies, sur laquelle ils peuvent sauvegarder leurs propres résultats.

Phase 2 : durée 1 heure, en salle de préparation (mise en loge)

Cette phase se déroule dans une salle mise à disposition du candidat. Il dispose d'un poste informatique relié à l'internet et équipé des logiciels de bureautique les plus courants afin de continuer à construire les éléments de sa séquence pédagogique, et pour préparer son exposé. Le candidat dispose uniquement des données fournies et des données et résultats obtenus qu'il aura pris le temps de sauvegarder durant la première phase.

Durant cette phase de préparation en loge, le candidat n'a plus accès aux matériels, systèmes et moyens mobilisés durant les 4 premières heures. Le candidat dispose de quelques minutes pour accéder à la salle de jury, installer et régler les moyens de présentation mis à sa disposition, tester sa présentation.

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

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

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

- une présentation du système ou produit étudié (durée conseillée 5 minutes maximales),
- le compte rendu des activités, manipulations et investigations menées, une analyse et justification des résultats obtenus dans la deuxième phase de la première partie (durée conseillée 15 minutes maximales),
- l'exploitation pédagogique conçue (durée conseillée 20 minutes maximales).

Le candidat est invité, au cours de sa présentation orale, en appui de la présentation numérique qu'il aura préparée et à l'aide des ressources et données fournies et organisées à expliciter et justifier sa démarche, la méthode, les informations mobilisées dans le cadre de ses activités pratiques et de ses investigations, les éléments qui lui permettent de construire et de proposer ultérieurement une séquence pédagogique.

Il appartient ensuite au candidat de présenter sa séquence pédagogique, articulation des différentes modalités d'enseignement retenues, les moyens utilisés, la description des activités des élèves ou étudiants, les ressources mobilisées, la stratégie pédagogique envisagée ainsi que les conditions d'évaluation. À l'approche du temps imparti, le candidat sera invité à conclure.

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

Compétences attendues par le jury

Thèmes et études proposées à la session 2014

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

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

Ces études ont permis aux candidats de mettre en œuvre leurs compétences dans le cadre des activités proposées (tout ou partie).

Pour la partie travaux pratiques :

- s'approprier le système, produit ou processus ;
- s'approprier la problématique proposée, les ressources associées ;
- mettre en œuvre les systèmes, des matériels ou les procédés ;
- mettre en œuvre les outils informatiques, les logiciels métiers, les instruments de mesure, les protocoles expérimentaux proposés ;
- conduire une analyse fonctionnelle, structurelle ou comportementale de façon rigoureuse ;
- obtenir et exploiter des données et/ou résultats exploitables ;
- formuler des hypothèses ;
- réaliser des développements scientifiques et technologiques ;
- décrire et caractériser des éléments du modèle de fonctionnement ou de comportement ;
- élaborer, justifier et analyser de manière critique les modèles ;

- comparer les données ou résultats issus des expérimentations ou des simulations par rapport aux performances réelles constatées, évaluées à partir d'un modèle ou à partir de critères issus d'un cahier des charges ;
- proposer des solutions d'amélioration ou d'optimisation ;
- proposer des solutions pour réduire les écarts constatés (réel, simulé, modélisé, expérimenté) ;
- formuler des conclusions.

Pour la partie pédagogique :

- décrire le système étudié ;
- synthétiser, mettre en forme, organiser et justifier les résultats des expérimentations, des investigations ;
- analyser les écarts constatés, formuler des hypothèses ;
- préciser le rôle et la place du système, du support ou du produit étudié dans l'application pédagogique attendue.

- proposer une organisation (didactique et pédagogique) de la séquence de formation ;
- replacer les activités vécues au cours de la partie « travaux pratiques » dans la séquence pédagogique proposée ;
- décrire les activités des étudiants ;
- identifier les moyens et ressources mobilisés ;
- préciser les critères, modalités et conditions d'évaluation.

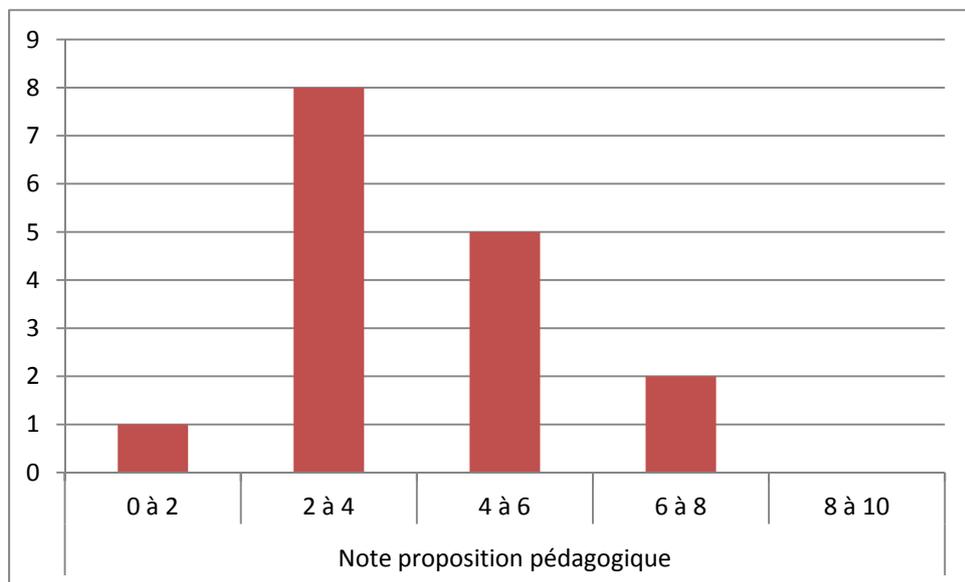
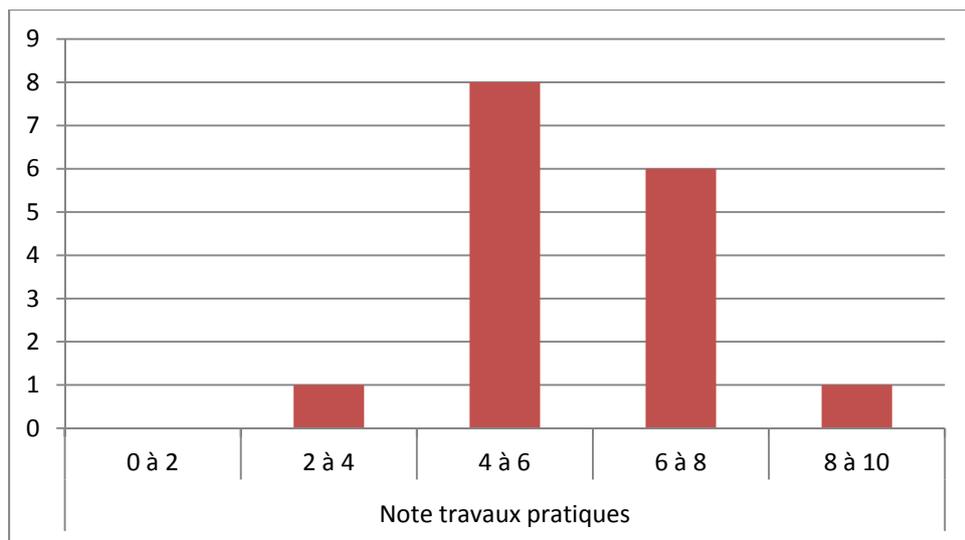
- exposer son travail de façon claire, précise et synthétique ;
- mobiliser les moyens de présentation mis à disposition ;
- communiquer avec les membres de jury de façon dynamique, interactive, réactive ;
- répondre aux questions posées : réponse synthétique, cohérente, pertinente et argumentée.

Analyse des résultats

16 candidats ont composé aux deux parties de cette épreuve.

- La moyenne des notes obtenues est de 9,79/20
- La meilleure note est de 14,6/20.
- La note la plus basse est de 6,5/20

Les notes se répartissent comme suit sur les deux parties évaluées.



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

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

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

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

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

Conseils aux futurs candidats

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

- d'identifier les informations pertinentes, étape indispensable pour une appropriation rapide du support et de la problématique ;
- d'utiliser les outils formalisés d'analyse externe et interne pour décrire le système ou le produit, les problématiques proposées ;
- de mobiliser leurs acquis techniques, scientifiques, leur connaissance des outils et méthodes d'ingénierie mécanique ;
- d'appréhender rapidement le fil directeur des activités et manipulation proposées afin de donner du sens à la proposition de la séquence pédagogique ;
- de respecter le temps conseillé pour chaque activité pour pouvoir s'appuyer sur chacune d'elle et pour donner davantage de consistance à la séquence pédagogique proposée ;
- d'organiser et présenter les résultats obtenus ;
- de sélectionner, au fur et à mesure des activités, les données et ressources pertinentes qui alimenteront l'exposé et la construction de la séquence pédagogique.

Pour cette activité pratique, il est rappelé aux futurs candidats la nécessité de faire la distinction entre valeurs mesurées et résultats extraits des simulations. L'activité pratique est au centre de la démarche de diagnostic des écarts puisqu'elle permet de formuler des hypothèses sur les résultats obtenus voire de remettre en cause la simulation ou la pertinence des mesures.

Au cours de l'exposé, les membres de jury recommandent aux futurs candidats :

- de répartir le temps consacré aux différentes parties de cet exposé de manière à répondre aux critères et indicateurs d'évaluation associés aux compétences attendues, et de ce fait, de ne pas négliger la présentation du système, le contexte du tp, la problématique, l'analyse des résultats obtenus qui alimenteront la séquence pédagogique ;
- de consacrer un temps suffisant pour exposer la conception de la séquence pédagogique imaginée, finalité du tp proposé ;
- de replacer la séquence dans le continuum de formation des étudiants, en référence aux programmes officiels (durées de formation, modalités de formation, définition des activités professionnelles, référentiel de certification, définition des épreuves),
- de capitaliser sur leur expérience vis-à-vis des modalités d'apprentissage, du concept de centres d'intérêts, de construction de séquences articulant les cours, les td, les tp, de la notion de synthèse et de structuration des connaissances acquises ;
- de dégager les prérequis, les savoirs ou connaissances associées aux compétences visées, en référence aux contenus des programmes officiels (définition des activités professionnelles, référentiel de compétence et savoirs associés),
- de structurer la démarche de construction des compétences dans le cadre des différents apprentissages et activités proposés, en les distinguant, à la classe, au groupe, pour un étudiant ;
- de ce fait, d'identifier les moyens et/ou matériels, les outils logiciels et ressources numériques qui permettront aux étudiants de vivre la séquence pédagogique ;

- de dégager la plus-value de l'activité ou de la séquence proposée, préciser les avantages, les conditions de réussite mais aussi les contraintes pressenties ;
- de conclure sur l'intérêt du système ou support étudié, sa finalité en termes d'apprentissages pour les étudiants.

Conclusion

Cette première session de l'agrégation interne de sciences de l'ingénieur et de l'industrie, option Ingénierie mécanique marque une évolution forte par rapport aux sessions antérieures (durée des épreuves, finalités, exigences).

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

Les candidats doivent pouvoir démontrer leur capacité à concevoir une séquence pédagogique cohérente, structurée, de ce fait, il leur appartient de s'appropriier les différentes évolutions pédagogiques et didactiques proposées dans les documents qui accompagnent les référentiels de formation, de compléter cette préparation par une lecture des articles pédagogiques régulièrement publiés sur les sites ressources académiques, nationaux et dans les revues disciplinaires. La connaissance de ces éléments et évolutions en matière de didactique et de pédagogie, la réflexion personnelle et l'expérience acquise, devraient pouvoir amener les futurs candidats à améliorer leur réflexion dans la construction, dans la présentation et la justification de leur séquence pédagogique.

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