



**MINISTÈRES
ÉDUCATION
JEUNESSE
SPORTS
ENSEIGNEMENT
SUPÉRIEUR
RECHERCHE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Direction générale des ressources humaines

RAPPORT DU JURY

SESSION 2026

Concours : agrégation interne et CAER-agrégation

Section : sciences industrielles de l'ingénieur

Option : sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie des constructions

Rapport de jury présenté par : Monsieur Vincent MONTREUIL, inspecteur général de l'éducation, du sport et de la recherche

Table des matières

Résultats statistiques de la session 2026	3
Avant-propos	4
Épreuves d'admissibilité	5
I. Épreuve d'analyse et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique	5
II. Épreuve d'étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation	23
Épreuves d'admission	44
III. Activité pratique et exploitation pédagogique relatives à l'approche spécialisée d'un système pluritechnologique	44
IV. Épreuve sur dossier	52

Ce rapport est rédigé sous la responsabilité du président du jury.

Le lycée Pierre Joël Bonté à Riom a accueilli les réunions préparatoires à cette session 2026 de l'agrégation interne section sciences industrielles de l'ingénieur, option ingénierie des constructions, ainsi que les épreuves d'admission qui se sont déroulées dans de très bonnes conditions du 8 avril au 10 avril 2026. Les membres du jury adressent de vifs remerciements à madame la proviseure de cet établissement ainsi qu'à l'ensemble de ses collaborateurs pour l'accueil chaleureux qui leur a été réservé.

Résultats statistiques de la session 2026

Pour le concours de l'agrégation

Inscrits	Nombre de postes	Présents à l'ensemble des épreuves d'admissibilité	Admissibles	Présents à l'ensemble des épreuves	Admis
108	7	76	16	15	7
Moyenne obtenue aux épreuves écrites par le premier candidat admissible					11,86
Moyenne obtenue aux épreuves écrites par le dernier candidat admissible					10,11
Moyenne obtenue aux épreuves écrites et orales par le premier candidat admis					14,13
Moyenne obtenue aux épreuves écrites et orales par le dernier candidat admis					10,17

Pour le concours CAER-agrégation

Inscrits	Nombre de postes	Présents à l'ensemble des épreuves d'admissibilité	Admissibles	Présents à l'ensemble des épreuves	Admis
12	1	7	2	2	1
Moyenne obtenue aux épreuves écrites par le premier candidat admissible					13,72
Moyenne obtenue aux épreuves écrites par le dernier candidat admissible					10,8
Moyenne obtenue aux épreuves écrites et orales par le premier candidat admis					10,27
Moyenne obtenue aux épreuves écrites et orales par le dernier candidat admis					10,27

Avant-propos

L'objectif du concours de l'agrégation est d'identifier les candidats capables d'enseigner les Sciences Industrielles de l'Ingénieur et notamment l'ingénierie des constructions à un haut niveau de compétences scientifiques, technologiques et pédagogiques. Les épreuves proposées aux candidats permettent de révéler leur potentiel d'adaptabilité, leur capacité à faire évoluer leurs pratiques pédagogiques et à suivre, de façon réfléchie, les mutations d'un secteur d'activité en perpétuelle évolution.

Les épreuves du concours contrôlent la capacité des candidats à former des élèves et de futurs professionnels du domaine de l'ingénierie des constructions tout en garantissant une maîtrise satisfaisante de concepts scientifiques et technologiques plus transversaux. À ce titre, si le professeur agrégé doit être crédible lorsqu'il interagit dans un milieu professionnel de l'ingénierie des constructions, pour lui permettre de travailler en lien avec des techniciens, des ingénieurs et des chercheurs, il doit également s'attacher à explorer des domaines connexes à sa discipline et relevant des sciences industrielles de l'ingénieur. L'épreuve d'admissibilité d'analyse et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique a pour but de valider cette appétence. Le jury encourage vivement l'ensemble des candidats à prendre en compte cette exigence dans le cadre de la préparation à ce concours.

Sur le plan professionnel, le jury recrute des enseignants en pleine maîtrise du vocabulaire technique courant de l'acte de construire. Les principales démarches de conception mais aussi de réalisation des ouvrages, et d'organisation de chantier, doivent être connues. Les principaux outils doivent être identifiés ainsi que leurs potentialités professionnelles et pédagogiques.

La maîtrise d'un logiciel ou appareil donné n'est pas demandée, mais il est fortement recommandé de s'entraîner à manipuler des outils variés du professionnel de l'ingénierie des constructions et des outils du professeur (modeleurs, simulateurs, appareils de mesures...).

Il est également absolument essentiel que les candidats prennent connaissance des programmes de formation dans lesquels ils peuvent être amenés à exercer.

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.

Le présent rapport participe à la préparation des candidats pour la session 2026 du concours. Les conseils prodigués constituent une aide précieuse et le jury encourage vivement les candidats à les prendre en compte dans le cadre d'une préparation soutenue et continue.

Le président du jury de l'agrégation SII option Ingénierie des constructions

Épreuves d'admissibilité

I. Épreuve d'analyse et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique

Présentation de l'épreuve

- Durée : 5 heures
- Coefficient : 2

L'épreuve est commune à toutes les options. Les candidats composent sur le même sujet au titre de la même session quelle que soit l'option choisie.

L'épreuve 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 au besoin exprimé 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 pluritechnologique.

Elle permet également de vérifier que le candidat est capable d'élaborer tout ou partie de l'organisation d'une séquence pédagogique, relative aux enseignements non spécifiques de la spécialité ingénierie, innovation et développement durable du cycle terminal « sciences et technologies de l'industrie et du développement durable (STI2D) » et/ ou de l'enseignement des sciences de l'ingénieur du lycée général, ainsi que les documents techniques et pédagogiques associés (documents professeurs, documents fournis aux élèves, éléments d'évaluation).

Résultats

Agrégation interne	
Moyenne	7,78
Note minimale	0,51
Note maximale	12,72
Ecart type	2,1

CAER-agrégation	
Moyenne	8,86
Note minimale	6,89
Note maximale	15,53
Ecart type	2,97

Présentation du sujet

Le sujet de la session 2026 a pour support « ***Le LuneXplorer de la Cité de l'Espace (Toulouse, 31)*** ».



Le sujet a pour but de valider ou dimensionner :

- La pertinence environnementale de la réutilisation d'un bâtiment existant (le Terradome) pour installer l'équipement,
- Les limites cinématiques de l'expérience,
- La motorisation de la centrifugeuse,
- La modélisation du système de motorisation et d'asservissement,
- La conformité de l'équipement par l'exploitation de mesures in-situ.

Les auteurs remercient **la Cité de l'Espace** pour l'ensemble des données communiquées.

Éléments de correction

Partie 1. Comment créer une nouvelle expérience tout en minimisant l'impact environnemental ?

Gain environnemental de la conservation du bâtiment existant

Question 1 : À partir des données fournies figure 5 et 6, **calculer** le volume de béton armé de la coque sphérique.

$$V = \frac{\pi}{3} h^2 \cdot (3 \cdot r - h)$$

$$V = \frac{\pi}{3} 23^2 (3 \times 15 - 23) - \frac{\pi}{3} 22.7^2 (3 \times 14.7 - 22.7) = 639,6 m^3$$

Question 2 : **Démontrer** que le rayon du radier est égal à $R_{radier} = \sqrt{2 \cdot r \cdot h - h^2}$. **Calculer** le volume du radier en béton armé (BA).

En appliquant Pythagore :

$$R_{radier}^2 + (h - R)^2 = R^2$$

$$R_{radier}^2 = R^2 - h^2 + 2R \cdot h - R^2$$

$$R_{radier} = \sqrt{2 \cdot r \cdot h - h^2}$$

$$R_{radier} = \sqrt{2 \cdot 15 \cdot 23 - 23^2} = 12,69 m$$

Volume radier avec $ep_{radier} = 40 \text{ cm}$

$$V_{radier} = \pi \cdot R_{radier}^2 \cdot ep_{radier}$$

$$V_{radier} = \pi \times 12.69^2 \times 0,4 = 202,4 m^3$$

Question 3 : **Déterminer** les masses d'armatures en acier mises en œuvre dans l'ensemble de la structure étudiée.

$$M_{acier} = V_{radier} \cdot Ratio_{radier} + V_{coque} \cdot Ratio_{coque}$$

$$M_{acier} = 200 \times 70 + 640 \times 85 = 68,4 \text{ tonnes}$$

Question 4 : Déterminer les émissions équivalent CO₂ pour l'ensemble de la structure (sur la base d'un calcul en ACV statique, y compris partie D « Bénéfices et charges au-delà des frontières du système »).

	Volume béton	CO ₂ /m3	CO ₂ béton	Masse acier	CO ₂ acier/kg	CO ₂ acier
Coque	640	130,3	83386	54400	0,729	39658
Radier	200	130,3	26058	14000	0,729	10206
			109 444			49 864

CO2 total (kg CO ₂ equiv)	159308
--------------------------------------	---------------

Question 5 : Estimer le gain potentiel en pourcentage sur le bilan carbone, par rapport à une construction neuve de structure identique. **Conclure** quant à l'intérêt d'un tel réemploi.

Pour un bâtiment neuf de 500m² les émissions seraient de

$$500 \times 795 = 397500 \text{ kg } CO_{2eq}$$

La partie structurelle, si elle devait être reconstruite à l'identique, représenterait 40% du budget CO₂ alloué. La conserver permet donc une économie d'émission de GES très importante.

Validation dimensionnelle du bâtiment

Question 6 : Déterminer le rayon maximal de la plateforme.

Rayon au niveau de la centrifugeuse :

$$R_{centrifugeuse} = \sqrt{2 \cdot r \cdot h - h^2}$$

$$R_{centrifugeuse} = \sqrt{2 \cdot 14.7 \cdot 11.95 - 11.95^2} = 14.44 \text{ m}$$

$$\text{Diamètre}_{\text{utile}} = \text{Diamètre}_{\text{centrifugeuse}} - \text{Distance}_{\text{Entrée}} - \text{Distance}_{\text{Sortie}}$$

$$\text{Diamètre}_{\text{utile}} = 2 \times 14.44 - 8.5 - 3.3 = 17.08 \text{ m}$$

$$\text{Rayon}_{\text{utile}} = \frac{17.08}{2} = 8.54 \text{ m}$$

Question 7 : Déterminer le rayon minimum de positionnement du passager pour satisfaire les exigences du cahier des charges. **Conclure** sur la capacité dimensionnelle du bâtiment existant à accueillir l'expérience.

L'exigence 1.30.2.1.2 (DT3) donne une vitesse de rotation maximale de 22 tr.min⁻¹. A la lecture de l'abaque, on trouve un **rayon minimal nécessaire d'environ 5,5 m** pour respecter une accélération de 3G et une vitesse maxi de 22 tr.min⁻¹.

Le rayon utile étant de 8,59 m, il est possible d'accueillir l'expérience.

Partie 2. Comment rendre l'expérience immersive ?

Partie 1. 2.1. Étude des limites cinématiques de l'expérience

Question 8 : Exprimer la vitesse du passager $\vec{V}_{1/0}^G$ puis l'accélération $\vec{\Gamma}_{1/0}^G$ dans le repère R_1 . Calculer la fréquence de rotation admissible, pour le scénario 3g, de la colonne d'entraînement $n_{colonne}$ en $tr \cdot min^{-1}$.

$$\vec{V}_{1/0}^G = \left. \frac{d \vec{OG}}{dt} \right|_{R_0} = \left. \frac{d (R \vec{x}_1 + h \cdot \vec{z}_0)}{dt} \right|_{R_0} = R \dot{\theta} \vec{y}_1$$

$$\vec{\Gamma}_{1/0}^G = \left. \frac{d \vec{V}_{1/0}^G}{dt} \right|_{R_0} = \left. \frac{d R \dot{\theta} \vec{y}_1}{dt} \right|_{R_0} = R \ddot{\theta} \vec{y}_1 - R \dot{\theta}^2 \vec{x}_1$$

Composante ventre-dos pour le passager

$$3g = R \dot{\theta}^2$$

$$\dot{\theta} = \sqrt{\frac{3g}{R}} = \sqrt{\frac{3 \times 9,81}{13,6/2}} = 2,08 \text{ rad} \cdot s^{-1}$$

$$\dot{\theta} = 2,08 \text{ rad} \cdot s^{-1} \text{ soit } n_{colonne} = 19,86 \text{ tr} \cdot min^{-1}$$

Si on considère l'inclinaison du passager

$$3g = R \dot{\theta}^2 \cos \alpha$$

$$\dot{\theta} = \sqrt{\frac{3g}{R \cos \alpha}} = \sqrt{\frac{3 \times 9,81}{13,6/2 \cdot \cos(16,5^\circ)}} = 2,12 \text{ rad} \cdot s^{-1}$$

$$\dot{\theta} = 2,12 \text{ rad} \cdot s^{-1} \text{ soit } n_{colonne} = 20,3 \text{ tr} \cdot min^{-1}$$

Question 9 : Vérifier alors l'exigence 1.30.2.1.2 pour les critères « vitesse de l'expérience », « vitesse équivalente au centre du passager » et « accélération latérale $< 0,1g$ ».

Vitesse équivalente centre passager :

$$\text{Soit } \vec{V}_{1/0}^G = 6,8 \times 2,12 = 14,4 \text{ m} \cdot s^{-1}$$

Composante latérale

$$R \ddot{\theta} \leq 0,1g$$

$$\ddot{\theta} \leq \frac{0,1g}{R} = \frac{0,1 \times 9,81}{\frac{13,6}{2}} \leq 0,144 \text{ rad} \cdot s^{-2} \text{ soit } 8,2^\circ/s^2$$

$8,2^\circ/s^2 \rightarrow$ accélération à tenir pour vérifier $< 0,1g$.

Vitesse de rotation de l'anneau de support

$$n_{colonne} = 19,86 \text{ tr} \cdot min^{-1}$$

Le cahier des charges est donc vérifié.

Question 10 : Exprimer F_x, F_y, F_z en fonction des composantes de l'accélération sur le passager dans le repère R_P . **Commenter** ces relations au regard du ressenti passager et **conclure** quant au respect des contraintes physiques acceptables.

- ✓ J'isole le passager
- ✓ Bilan des actions extérieures au passager (non nécessaires ici)
son poids
le siège

✓ **PFD (théorème de la résultante) :**

Le principe fondamental de la dynamique permet d'écrire

$$\sum \overrightarrow{F_{\text{exterieur} \rightarrow \text{passager}}} = m \cdot \overrightarrow{\Gamma_{1/0}^G}$$

avec

$$\sum \overrightarrow{F_{\text{exterieur} \rightarrow \text{passager}}} = F_x \cdot \overrightarrow{x_p} + F_y \cdot \overrightarrow{y_p} + F_z \cdot \overrightarrow{z_p}$$

$$\sum \overrightarrow{F_{\text{exterieur} \rightarrow \text{passager}}} = m(R\ddot{\theta} \overrightarrow{y_1} - R\dot{\theta}^2 \cos\alpha \overrightarrow{x_p} - R\dot{\theta}^2 \sin\alpha \overrightarrow{z_p})$$

Donc

La composante des efforts sur $\overrightarrow{x_p}$

$$F_{\text{exterieur} \rightarrow \text{passager}} \overrightarrow{x_p} = -m \cdot R\dot{\theta}^2 \cos\alpha \overrightarrow{x_p} = -m \cdot 3g \overrightarrow{x_p}$$

→ force centripète effet 3g sur le passager, en ventre-dos

La composante sur $\overrightarrow{y_p}$

$$F_{\text{exterieur} \rightarrow \text{passager}} \overrightarrow{y_1} = mR\ddot{\theta} \overrightarrow{y_1}$$

→ force latérale < 0,1mg vérifiée

La composante sur $\overrightarrow{z_p}$:

$$F_{\text{exterieur} \rightarrow \text{passager}} \overrightarrow{z_p} = -mR\dot{\theta}^2 \sin\alpha \overrightarrow{z_p}$$

→ force qui a tendance à maintenir le passager dans son siège (en plus du poids),
pas d'effet de décollement.

Conclusion : les différentes contraintes physiques, sont respectées.

1.1 2.2. Dimensionnement de la motorisation

Question 11 : Résoudre l'équation ci-dessous pour déterminer l'expression de l'inertie de l'ensemble S1 par rapport à l'axe de rotation (figure 14), en fonction de la masse, du rayon extérieur et du rayon intérieur.

$$J_{eq1} = I_{\Delta S1} = \int d(x, \Delta)^2 \cdot dm = \iiint d(x, \Delta)^2 \cdot \rho \cdot r \cdot dr \cdot d\theta \cdot dh$$

Avec :

- $d(x, \Delta)$ la distance entre un point x et Δ ;
- ρ la masse volumique ;

$$\begin{aligned}
J_{eq1} &= I_{\Delta S1} = \iiint d(x, \Delta)^2 dm = \iiint d(x, \Delta)^2 \rho dv \\
J_{eq1} &= I_{\Delta S1} = \iiint d(x, \Delta)^2 \rho r dr d\theta dh \\
&\text{Ici } d(x, \Delta) = \text{rayon} = r' \\
J_{eq1} &= I_{\Delta S1} = \rho \int_r^R r'^2 \cdot r' dr \int_0^{2\pi} d\theta \int_0^h dh \\
J_{eq1} &= I_{\Delta S1} = \rho \int_r^R r'^3 \cdot dr \int_0^{2\pi} d\theta \int_0^h dh \\
J_{eq1} &= I_{\Delta S1} = \rho \left[\frac{r'^4}{4} \right]_r^R [\theta]_0^{2\pi} [h]_0^h \\
J_{eq1} &= I_{\Delta S1} = \rho \left(\frac{R^4 - r^4}{4} \right) 2\pi h \\
J_{eq1} &= I_{\Delta S1} = \rho 2\pi h \left(\frac{R^2 - r^2}{2} \right) \left(\frac{R^2 + r^2}{2} \right) \\
&\text{Avec } \rho = \frac{m}{\pi h (R^2 - r^2)} \\
J_{eq1} &= m \frac{R^2 + r^2}{2}
\end{aligned}$$

Question 12 : Exprimer l'énergie cinétique de l'ensemble S1+S2, en fonction de m_1 , R_{ext} , R_f , J_{eq2} , $\omega_{colonne}$

L'ensemble S1+S2 est en mouvement de rotation donc

$$E_{c(1+2)} = \frac{1}{2} J_{eq} \omega_{colonne}^2$$

$$E_{c(1+2)} = E_{c(1)} + E_{c(2)} = \frac{1}{2}$$

Question 13 : En appliquant le théorème de l'énergie cinétique **déterminer** la puissance nécessaire $P_{colonne}$ à la mise en rotation de la colonne. **Réaliser** l'application numérique.

$$\frac{dE_{c(1+2)}}{dt} = P_{colonne}$$

$$\frac{dE_{c(1+2)}}{dt} = \left(m \frac{R^2 + r^2}{2} + J_{eq2} \right) \dot{\omega}_{colonne} \omega_{colonne}$$

$$\frac{dE_{c(1+2)}}{dt} = P_{colonne} = \left(8\,000 \times \frac{7,35^2 + 5,25^2}{2} + 36\,500 \right) 0,144 \times 1,73 \approx 90\,390 \text{ W}$$

Quels que soient les résultats obtenus précédemment, la valeur de la puissance retenue est $P_{colonne}=81\,700\text{ W}$.

Question 14 : Calculer alors la puissance moteur P_{moteur} nécessaire ainsi que le couple moteur. **Conclure** sur le choix du moteur.

$$P_{Roue} = \frac{1}{\eta_{roue}} \frac{P_{colonne}}{5}$$

$$P_{Roue} = \frac{81\,700}{5 \times 0,98} = 16\,674\text{ W}$$

$$P_{moteur} = \frac{P_{roue}}{\eta_{red}}$$

$$P_{moteur} = \frac{16\,674}{0,975} = 17\,102\text{ W}$$

$$C_{moteur} = \frac{P_{mot}}{\omega_{mot}} = \frac{P_{mot}}{\frac{\omega_{colonne}}{i_{tot}}}$$

$$C_{moteur} = \frac{17\,102}{\frac{1,73}{0,0097}} = 95,6\text{ Nm}$$

Conclusion

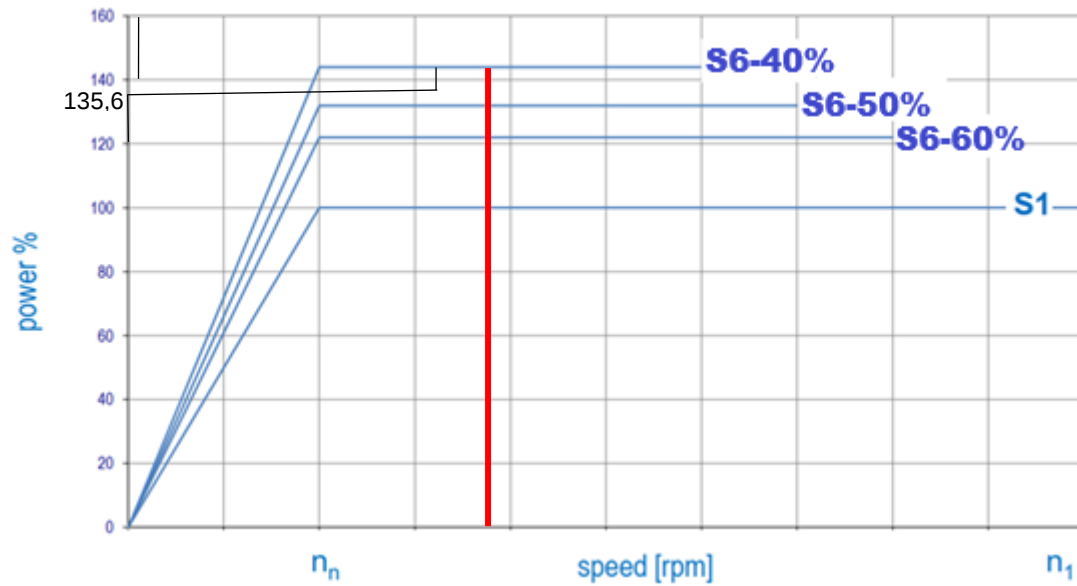
La motorisation ne convient pas ($17,1 \gg 13,5\text{ kW}$ des moteurs).

Question 15 : Pour répondre à l'exigence 1.30.1 **calculer** le $S6-x\%$ et en **déduire** la puissance admissible pour la motorisation. Au regard de ces résultats et des résultats du scénario 3g (donnés ci-après) **conclure** sur le choix de la motorisation.

Durée fonctionnement moteur : 420 s

Durée d'un cycle : 900 s (15 min)

Donc $S6-x\% = \frac{420}{900} = 0,46$ soit $S6-46\%$



D'après la courbe le moteur peut fournir 130% (135% en « vrai ») de sa puissance nominale soit $P_{moteur}=1,3 \times 13,5=17,55 \text{ kW}$

Conclusion

$P_{colonne}$ [W]	P_{moteur} [W]	P_{moteur}^* [W]
		après déclassement fonctionnement-type S6 et pour un temps de cycle de 17,5 min
Scénario 3g		
111 250	19 400	19 440
Scénario 2g		
81 706	17 102	17 550

Après déclassement le moteur peut fournir la puissance nécessaire pour les 2 scénarios dimensionnants.

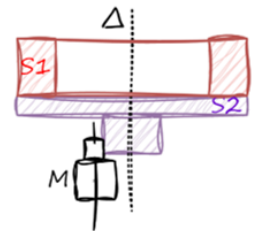
Question 16 : Sur le document réponse DR1, **compléter** l'évaluation sommative à destination des élèves.

ÉVALUATION SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

DURÉE : 1h

NIVEAU : Terminale

COMPÉTENCE EVALUÉE : RÉSOUDRE ET MODÉLISER	
Compétences développées	Connaissances associées
Déterminer la grandeur effort (force ou couple) lorsque le mouvement souhaité est imposé	Principe fondamental de la dynamique Solide en rotation autour d'un axe fixe dont le centre de gravité est sur l'axe de rotation Notion d'inertie et d'inertie équivalente
MISE EN SITUATION Le LuneXplorer est une centrifugeuse qui permet de simuler un voyage sur la lune. L'ensemble en rotation est entraîné en rotation autour d'un axe vertical par des moteurs pour soumettre les passagers à une accélération de $2a$. L'objectif est de déterminer le nombre de moteur nécessaire	
HYPOTHESES L'ensemble en rotation est composé du sous-ensemble cabines S1 assimilé à un cylindre creux et d'un plateau S2 assimilé à un cylindre Liaisons parfaites, repère galiléen	
DONNÉES Cylindre creux S1 : $D_{int}=10,5m$ $D_{ext}=14,705m$ $m=8000kg$. - Moteur utilisé : couple max 100 Nm Cylindre S2 : Inertie équivalente : $J_{eq2}=36500 \text{ kg.m}^2$ Accélération angulaire de l'ensemble en rotation $\omega_{colonne}=0,144 \text{ rad.s}^{-2}$ Rapport de réduction de la chaîne cinématique : $i=0,0097$	
QUESTIONS Q1 – Isoler le système $S = S1 + S2$. Indiquer la nature de son mouvement par rapport au bâti et l'axe de rotation. Q2 – Réaliser le bilan des actions mécaniques extérieures appliquées à S Q3 – Calcul de l'inertie équivalente Calculer J_{eq1} Calculer J_{eq} Q4 – Écrire le Principe Fondamental de la Dynamique en rotation appliqué à S autour de Δ. En déduire l'expression du couple à fournir au plateau. Q5 – Calculer numériquement le couple nécessaire à transmettre à l'ensemble S Q6 – Calculer le couple transmissible par le moteur et la chaîne cinématique. En déduire le nombre de moteurs nécessaires.	



$$J_{eq1} = m \frac{R^2 + r^2}{2}$$

Question 17 : Sur le document réponse DR2, **proposer** des indicateurs et des niveaux d'appréciation pour évaluer le niveau d'acquisition de la compétence : Déterminer la grandeur effort (force ou couple) lorsque le mouvement souhaité est imposé.

Compétence développée	Indicateurs d'évaluation	Niveaux d'appréciation		
		Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Déterminer la grandeur effort (force ou couple) lorsque le mouvement souhaité est imposé	Le mouvement imposé est correctement défini		Mouvement de rotation	Mouvement de rotation uniformément accéléré
	Les actions extérieures sont identifiées	Couple moteur ou poids	Couple moteur Poids	Couple moteur Poids (Pas de couple autour de Δ)
	L'inertie équivalente totale est calculée	Jeq1 uniquement AN Fausse	Jeq1 uniquement AN Juste	Jeq=Jeq1+Jeq2 AN Juste 363 300 kg.m²
	Le Principe Fondamental de la Dynamique est appliqué	$\sum M_{ext,\Delta} = J_{eq} \cdot \dot{\omega}_{colonne}$	$C_{colonne} = J_{eq} \cdot \dot{\omega}_{colonne}$	AN Juste Couple 52kN.m
	Le nombre de moteur nécessaire est déterminé		AN fausse mais prise en compte de i	AN Juste avec i 5 moteurs

Partie 2. Comment modéliser et simuler l'expérience ?

2.1 3.1. Paramétrage de la machine asynchrone

Question 18 : Donner la valeur des paramètres suivants : tension entre phase du réseau, valeur de la fréquence du réseau, inertie du moteur, valeur de la puissance utile du moteur.

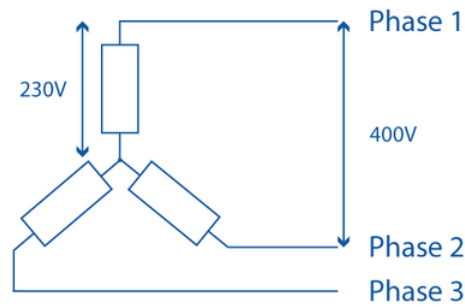
Paramètre	Valeur
Voltage (line-line) (tension entre phase)	400 V
Frequency (Fréquence)	50 Hz
Inertia constant (inertie du moteur)	0,0556
Mechanical power (puissance mécanique)	13,5 kW

Question 19 : Déterminer le nombre de paires de pôles "p" de la machine asynchrone.

$$F = p \cdot n \text{ donc } p = \frac{F}{n} = \frac{5060}{1500} = 2$$

Question 20 : La machine asynchrone est couplée au réseau en étoile, indiquer la valeur efficace de la tension aux bornes d'un enroulement statorique pour un fonctionnement nominal de la machine asynchrone. Justifier votre réponse.

Chaque enroulement de la MAS est soumis à **230V (tension simple)**



2.2 3.2. Eléments du modèle équivalent de la MAS

Question 21 : Sachant que la puissance transmise au rotor s'exprime $P_{tr} = 3 \cdot \frac{R}{g} \cdot I^2$ et en supposant que les pertes mécaniques sont négligées, **montrer** que l'expression du couple moteur C_m en fonction du glissement peut s'écrire :

$$C_m = \frac{3V^2}{\Omega_s} \frac{\frac{R}{g}}{\left(\frac{R}{g}\right)^2 + X^2}$$

La puissance transmise s'exprime $P_{Tr} = 3 \frac{R}{g} I^2$, appelée aussi puissance électromagnétique. Le couple électromagnétique est égal au couple moteur car les pertes mécaniques sont négligées et s'exprime :

$$C_{em} = C_m = \frac{P_{em}}{\Omega_s} = \frac{P_{Tr}}{\Omega_s} \quad \text{Or } I = \frac{V}{Z} \text{ donc } I_{1t} = \frac{V}{\sqrt{\left(\frac{R}{g}\right)^2 + (L)^2}}$$

$$\text{ainsi } I^2 = \frac{V^2}{\left(\frac{R}{g}\right)^2 + (L)^2}$$

D'où l'expression du couple électromagnétique :

$$C_m = \frac{P_{Tr}}{\Omega_s} = 3 \frac{R}{g} I^2 \frac{1}{\Omega_s} = 3 \frac{R}{g} \frac{V^2}{\left(\frac{R}{g}\right)^2 + (L)^2} \frac{1}{\Omega_s}$$

$$\text{Qui s'écrit : } C_m = 3 \frac{V^2}{\Omega_s} \frac{\frac{R}{g}}{\left(\frac{R}{g}\right)^2 + (L)^2} = 3 \frac{pV_1^2}{\omega} \frac{Rg}{R^2 + (gL)^2}$$

Question 22 : Déterminer l'expression littérale du glissement $g_{C_{max}}$ pour lequel le couple est maximal, en fonction de R et X.

$$\text{Au couple max : } g = g_{C_{max}} = \frac{R}{X} = \frac{R}{L}$$

$$\frac{dC_{em}}{dg} = 0 \quad \Rightarrow \quad R[R^2 + (X \cdot g)^2] - R \cdot g(2X^2 \cdot g) = 0$$

$$\Rightarrow \text{Vérifié pour } g_{C_{max}} = \frac{R}{X}$$

Question 23 : Montrer alors que l'expression du couple maximale $C_{m_{MAX}}$ est :

$$C_{m_{MAX}} = 3 \frac{p \cdot V_1^2}{2 \cdot \omega \cdot X}$$

$$\text{Au couple max : } g = g_{C_{max}} : C_{m_{MAX}} = 3 \frac{p V_1^2}{2 L^2} = 3 \frac{p V_1^2}{2 X}$$

Question 24 : Déterminer la valeur L de l'inductance de fuite rotorique ramenée au stator.

$$\text{Donc } L = 3 \frac{p V_1^2}{2 C_{em_{MAX}}^2} = \frac{3 \times 2 \times 230^2}{2 \times 220 \times (100)^2} = 0,0073 \text{ H} = 7,3 \text{ mH}$$

Question 25 : Déterminer la valeur du glissement au démarrage. En déduire l'expression littérale du couple de démarrage C_d .

$$\text{Au démarrage } g = 1 : C_{md} = 3 \frac{p V_1^2}{\omega} \frac{R}{R^2 + (L)^2}$$

Question 26 : Connaissant la valeur du rapport $\frac{C_d}{C_n}$, déterminer la valeur numérique R de la résistance rotorique ramenée au stator (la résolution admet deux solutions, pour la suite seule la plus petite des deux valeurs de R , qui contribue à un meilleur rendement de la MAS, est retenue).

$$\text{Et donc : } C_{md} = 3 \frac{p V_1^2}{\omega} \frac{R}{R^2 + (L)^2}$$

$$(R^2 + (L)^2) = \frac{3 p V_1^2 R}{C_{em} d}$$

$$R^2 + \frac{3 p V_1^2 R}{C_{em} d} + (L)^2 = 0$$

$$R^2 - \frac{3 p V_1^2 R}{C_{em} d} + (L)^2 = 0$$

Soit $R = 9,51 \Omega$ et $R = 0,56 \Omega$, nous retenons donc la plus petites des valeurs.

Question 27 : En fonction de l'allure de la réponse temporelle, figure 20, préciser si le système est modélisable par un système de premier ou second ordre. Justifier la réponse.

Un léger dépassement nous fait dire qu'il s'agit d'un **ordre 2**.

Question 28 : Déterminer la résolution en points par tour de ce codeur afin de respecter cette précision.

$$p = \frac{\pi D}{R} \text{ donc } R = \frac{\pi D}{p} = \frac{3.14 \cdot 14700}{3} = 15\,394 \text{ pts/tr}$$

Question 29 : En déduire le nombre de bits nécessaire au codage de la position ainsi que le nombre de bits permettant le comptage du nombre de tours.

$$\text{or } 2^n = 15\,394 \text{ pts/tr donc } n = \frac{\ln 15394}{\ln 2} = 13,9 \text{ soit } \mathbf{n = 14 \text{ bits}}$$

Comme le codeur possède 29 bits, 15 sont affectés au nombre de tours.

Question 30 : Conclure et justifier si les exigences sont respectées et si l'objectif de cette partie est atteint.

Partie 3. Validation de l'expérience luneXplorer

Objectif : Vérifier les accélérations ressenties au niveau d'un siège avant

Question 31 : Compléter la ligne 25 du programme, et **expliquer** le traitement effectué par les lignes 32, 33 et 34.

Ligne 25

```
temps=mesures[c[0]] # valeurs associées
```

```
plt.subplot(3,1,1)
```

Permet de représenter plusieurs plot sur un même espace les arguments se lisent (*nlignes* , *ncolonne*s , *index*). Ici on parle du sous-graphique à la position 1 sur une grille avec 3 lignes et 1 colonnes

```
plt.plot(temps, Ax, label='Ax',marker='.',linewidth=2)
```

Trace la courbe avec temps en abscisse, ax en ordonnée suit les caractéristiques de la courbe notamment l'épaisseur de la ligne.

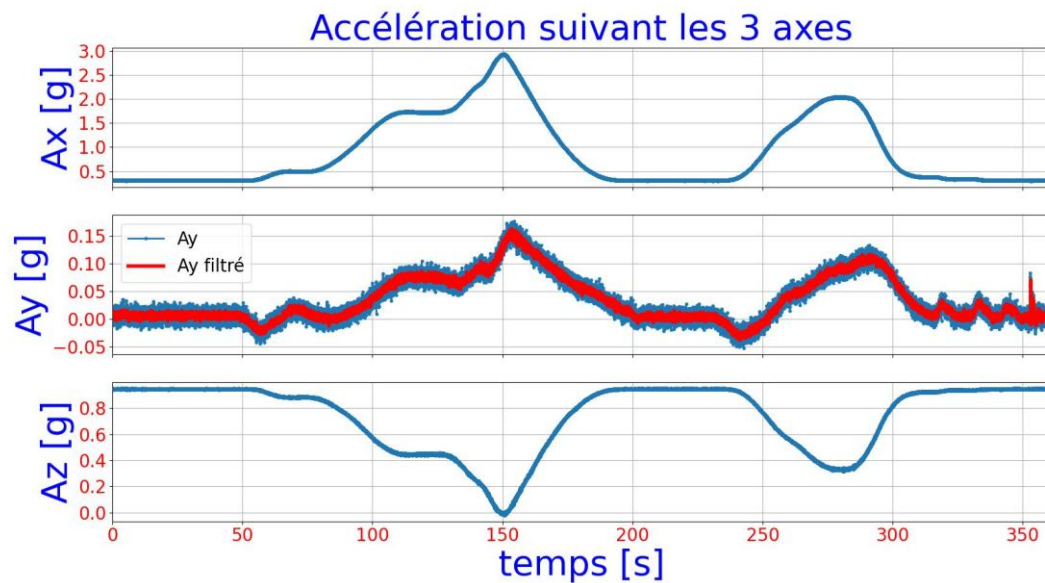
```
plt.ylabel("Ax [g]",fontsize=40,color = 'blue')
```

Affiche le nom de l'axe des ordonnées ici Ax[g] suit la taille du texte et sa couleur

Question 32 : Compléter, sur feuille de copie, le filtrage FIR, lignes 94 à 103.

```
94     for n in range(N-1, M):
95         # On va remplir le tableau s avec les valeurs de s_n
96         # Les valeurs de n commencent à N-1 car la convolution n'est pas
97         définie pour n < N-1
98         for i in range(N):
99             s[n] += FIR[i]*Ay[n-i]
100     return s
101
102 # Génération du signal et affichage du résultat
103 s = filtrage(FIR, Ay)
```

Les courbes obtenues sont les suivantes :



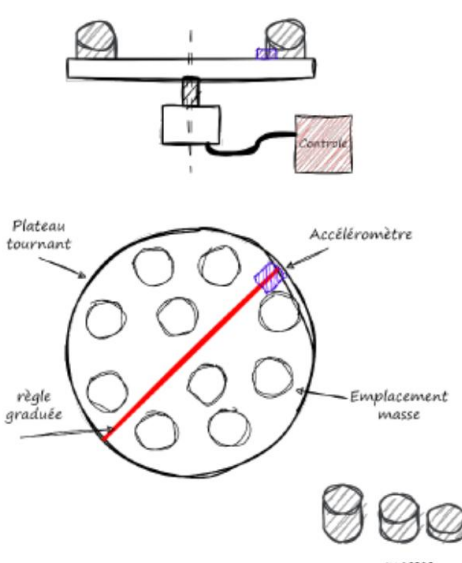
Courbes des accélérations Ax, Ay et Az après traitement numérique.

Question 33 : Conclure sur les résultats du test au regard du cahier des charges. Préciser les recommandations souhaitables.

Pistes de correction

- ✓ On peut remarquer un léger dépassement de l'accélération sur l'axe des y
- ✓ Il faudrait vérifier le montage et les axes sur l'accéléromètre.
- ✓ Choisir, un filtrage plus efficace pour mieux éliminer les bruits
- ✓ Un capteur plus précis et moins sensible aux bruits.

Question 34 : Compléter le DR3 pour définir un protocole expérimental permettant de vérifier les accélérations subies dans le cadre des différents scénarios mis en œuvre.

Identification du protocole Influence des caractéristiques de la centrifugeuse sur les accélérations subies Problématique, Question scientifique Comment la vitesse de rotation influence-t-elle sur l'accélération subie ? Hypothèse L'accélération mesurée dans la cabine sera proportionnelle au carré de la vitesse angulaire Paramètres variables Fréquence de rotation Masses, Distance (axe-accéléromètre) Paramètres contrôlés Fréquence de rotation du moteur (consigne de vitesse) Masse Paramètres observés Accélérations suivant les 3 axes	Schéma du dispositif expérimental  Le schéma illustre le montage expérimental. En haut, une vue de dessus du plateau tournant montre une règle graduée rouge traversant le centre, avec un accéléromètre (en violet) fixé à une extrémité. Des masses sont positionnées à différentes distances du centre. En dessous, une vue latérale du moteur est montrée, avec un boîtier de contrôle connecté. À droite, une légende indique les symboles utilisés : un cercle hachuré pour le plateau tournant, un rectangle hachuré pour l'accéléromètre, une ligne rouge pour la règle graduée, et des cylindres hachurés pour les masses. Protocole expérimental 1. Identifier 20 valeurs de fréquence de rotation dans la plage de fonctionnement du moteur 2. Pour chaque valeur, en régime stabilisé, relever la valeur d'accélération 3. Effectuer le cycle pour différentes valeurs de R
Matériels Moteur pilotable Plateau tournant Masses positionnables sur le plateau Accéléromètre	Traitement des résultats Représenter la courbe d'accélération (après traitement si nécessaire) en fonction de la fréquence de rotation (ou vitesse angulaire)-Possibilité de plusieurs courbes en faisant varier R) Conclure sur l'hypothèse proposée

Commentaires du jury

Le sujet est structurellement long. Les trois premières parties ont un poids équivalent en termes de notation, hors questions pédagogiques. Alors que l'ensemble du sujet est conçu pour être abordable, quelle que soit l'option de l'agrégation, le jury regrette que certains candidats n'aient traité seulement que les parties proches de leur spécialité.

Néanmoins, alors que certains candidats réussissent à répondre à de nombreuses questions, nombreux sont ceux qui n'en traitent que quelques-unes. Cela est souvent dû à une mauvaise gestion du temps ou à une préparation inadaptée.

Cette épreuve, commune aux trois options de l'agrégation interne SII, a pour objectif d'évaluer les compétences globales en ingénierie. Les notions abordées dans le sujet constituent des fondamentaux. Pour bien se préparer, il est important que les candidats maîtrisent ces fondamentaux, quel que soit leur champ d'expertise : mécanique, énergie, information, construction, matériaux et organisation.

Il est rappelé aux candidats que le langage SysML est un outil de description et permet entre autres de comprendre rapidement le support d'étude. À ce titre il est nécessaire de le maîtriser.

La première partie du sujet est abordée par la quasi-totalité des candidats mais peu font preuve de rigueur dans l'aspect calculatoire et les unités permettant d'obtenir les résultats escomptés.

La deuxième partie du sujet, basée sur les notions de cinématique et de dynamique, a été globalement traitée de manière trop superficielle, s'agissant pourtant de notions indispensables aux domaines de l'ingénierie. Concernant les questions pédagogiques, les propositions des candidats

étaient souvent incohérentes entre le choix des données fournies et le questionnaire proposé. Les notions d'indicateurs d'évaluation et de leurs niveaux d'appréciations ne sont généralement pas maîtrisées.

Dans la troisième partie du sujet, seuls quelques candidats maîtrisant les notions d'électricité ont traité cette partie correctement. Il est à noter que même lorsque les questions ne nécessitent aucune connaissance particulière (calcul de points de résolution), le résultat est décevant.

La quatrième partie propose un questionnaire en relation directe avec de la programmation en Python que de trop rares candidats ont tenté d'appréhender. La question de pédagogie sur la mise en place d'un protocole expérimental permettant de vérifier les accélérations subies dans le cadre des différents scénarios mis en œuvre est peu traitée, alors que ce type de questionnaire revient depuis plusieurs années, sous la même forme. Le jury attire l'attention des candidats sur la nécessité de répondre à la question demandée, alors que les réponses sont parfois en décalé, notamment sur le choix de l'expérimentation qui peut-être hors sujet (ici, le protocole devait être en relation directe avec le luneXplorer).

Il est noté également que de nombreuses réponses ne correspondent pas aux attentes. Le jury conseille de consacrer une attention particulière à la lecture du sujet et des questions posées.

Enfin, il est rappelé que la présentation, la qualité de la rédaction et l'orthographe sont des éléments importants de la communication. Encore cette année de trop nombreuses copies sont quasiment illisibles ou remplies de fautes d'orthographe.

II. Épreuve d'étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation

Présentation de l'épreuve

- Durée : 4 heures
- Coefficient : 1

L'épreuve est spécifique à l'option choisie.

L'épreuve a pour but de vérifier que le candidat est capable de conduire une analyse critique de solutions technologiques et de mobiliser ses connaissances scientifiques et technologiques pour élaborer et exploiter les modèles de comportement permettant de quantifier les performances d'un système ou d'un processus lié à la spécialité et définir des solutions technologiques.

Résultats

Agrégation interne	
Moyenne	8,4
Note minimale	2,02
Note maximale	13,91
Ecart type	2,68

CAER-agrégation	
Moyenne	8,16
Note minimale	0,5
Note maximale	14,55
Ecart type	4,13

Présentation du sujet

Le sujet traitait de la production d'eau potable pour l'agglomération de Saint-Brieuc au travers de sa nouvelle usine. L'eau brute provient du barrage de Saint-Barthélemy et son acheminement jusqu'à l'usine se fait grâce à une nouvelle station de pompage, construite à quelques mètres du barrage. Des travaux conséquents ont été réalisés pour relier le barrage à l'usine et cette dernière aux réseaux de distribution, surmontant notamment un dénivelé de 60 mètres.



Usine de production d'eau potable de l'agglomération de Saint-Brieuc

La partie structure portait sur le bassin de traitement des boues : ouvrage en béton armé circulaire, partiellement enterré et stockant des eaux. La première partie traitait du dimensionnement du bassin en commençant par calculer des volumes, stabilisation physique, cas de charges dimensionnantes pour un bassin et adéquation des dimensionnement relatifs aux Eurocodes 2 et fascicule 74. La seconde partie se focalisait sur la réalisation des voiles courbes en béton armé en abordant l'étude des coffrages (composition, dimensionnement et vérifications) pour la réalisation d'une phase de travaux de voiles courbe d'une certaine hauteur. La troisième étude portait sur la réalisation et mise en œuvre du béton dans le coffrage en étudiant l'impact de celui-ci avec les contraintes technologiques liées au matériel. La quatrième et dernière étude de la partie structure abordait simplement les éléments liés à l'installation de chantier au travers des masses des éléments à transporter et l'adéquation de la grue imposée.

La partie énergétique portait, dans la cinquième étude, sur la liaison entre la station de pompage et la nouvelle usine en abordant les pertes de charges, la hauteur manométrique ainsi que l'étude de la pompe. La sixième partie portait sur la distribution de l'eau à travers le dimensionnement d'une nouvelle conduite parallèle à une conduite existante. La septième partie abordait l'évacuation des eaux claires en étudiant la pente d'écoulement, le débit et la vitesse d'un écoulement à surface libre. Enfin, la dernière étude se concentrait sur l'étude thermique de la salle du bâtiment d'exploitation en travaillant sur des principes généraux, la température d'air soufflé, les déperditions, l'analyse d'un bilan thermique de la salle et une variante avec toiture végétalisée.

Les auteurs remercient Saint-Brieuc Armor Agglomération pour l'ensemble des données communiquées.

Éléments de correction

Étude 1 : Dimensionnement du réservoir de traitement des boues

Question 1.1 Déterminer le volume de béton correspondant au réservoir : radier, voile et fond de bassin. En déduire la masse du réservoir en prenant $2,5 \text{ t}\cdot\text{m}^{-3}$ pour la masse volumique du béton armé.

	Hauteur (m)	Epaisseur (m)	Surface (m ²)	CdG/axe	Volume
VOILE BASSIN	6,550	0,300	1,965	8,650	106,797
RADIER			2,309	5,160	74,861
Fond bassin 1	1,138	0,300	0,341	1,450	3,110
Fond bassin 2	0,300	1,600	0,480	0,800	2,413
FOND BASSIN					5,523
				Volume total	187,181

Masse du réservoir : $187,181 \text{ m}^3 * 2,5 \text{ t/m}^3 = 467.953 \text{ t}$

Question 1.2 Expliquer le phénomène physique qu'il risque de se produire dans la situation hypothétique étudiée.

Le principe d'Archimède dit que "tout corps plongé dans un liquide subit une poussée verticale vers le haut égale au poids du volume de liquide déplacé".

Ici, si la masse du réservoir est inférieure à la masse du volume d'eau déplacé par celui-ci, il risque de flotter et/ou sortir du sol dans lequel il est (partiellement) enterré.

Question 1.3 En prenant les hypothèses du schéma du volume ci-dessus, déterminer la valeur maximale de hauteur de la nappe phréatique notée H à partir de laquelle ce risque est écarté.

Volume d'eau déplacé :

$$V1 = [\pi \times 17,6^2/4] \times H = 243,285.H \text{ m}^3$$

$$V2 = 171,740 \text{ m}^3$$

$$V = V1 + V2 = (243,285.H + 171,740) \text{ m}^3$$

$$\text{Masse d'eau déplacée} = (243,285.H + 171,740) \text{ t}$$

Pour ne pas avoir un phénomène de flottaison/déplacement du réservoir, il faut que :

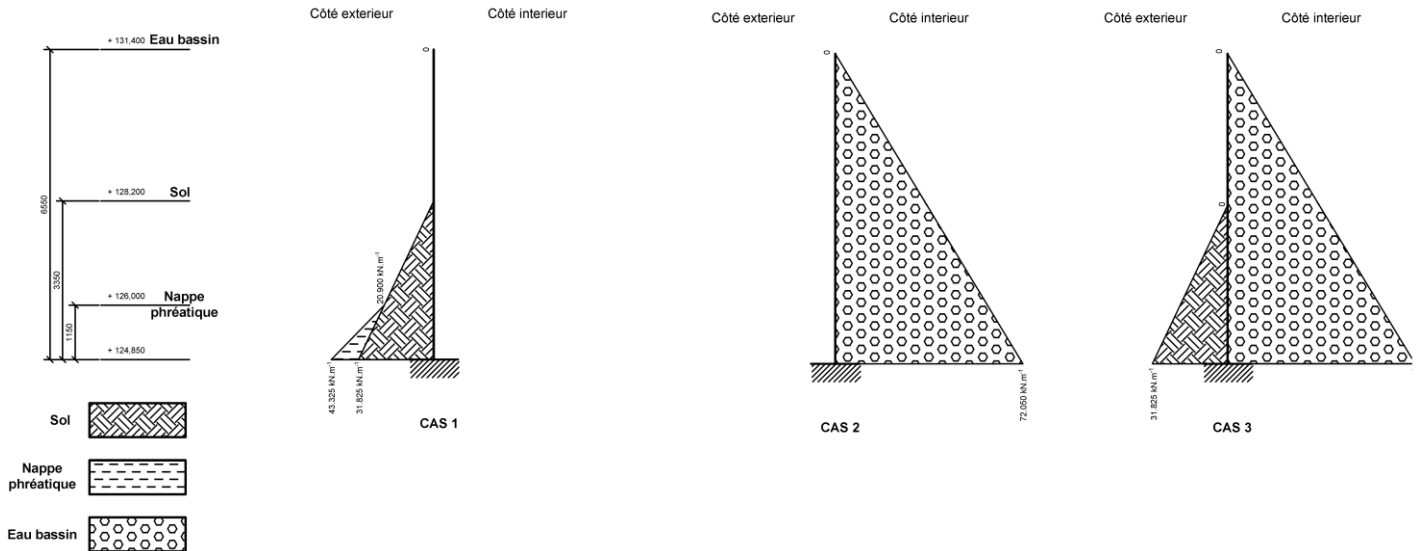
$$M_{\text{réservoir}} = 467 \text{ t} > (243,285.H + 171,740) \text{ t}$$

$$\text{Donc } H < (467 - 171,740) / 243,285 ; \text{ soit } H < 1,214 \text{ m}$$

Question 1.4 Déduire le niveau altimétrique d'eau maximal de la nappe phréatique pour que l'ouvrage soit en sécurité vis-à-vis de ce risque.

Le niveau altimétrique maximal de la nappe phréatique sera de :
 $124,850 + 1,214 = +126.064 \text{ m}$

Question 1.5 Déterminer, sur le DR1, les différents cas de charges simples envisageables pour cette structure. Donner le cas de charge le plus dimensionnant pour le lit d'armatures intérieur et extérieur.



Question 1.6 Calculer cette section minimale en cm^2 vis-à-vis du fascicule 74.

Section minimale : $0,125\% \times 0,30 = 3,75 \cdot 10^{-4}$ soit $3,75 \text{ cm}^2$

Question 1.7 Calculer les valeurs de f_{ctm} et de $f_{ctk,0,05}$ à partir des données et du tableau 3.1 de l'EC2 fourni dans le DT2 .

f_{ctm} :

C40/50, donc $f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 0,30 \cdot 40^{2/3} = 3,509 \text{ MPa}$

$f_{ctk,0,05}$:

$f_{ctk,0,05} = 0,7 \cdot f_{ctm} = 0,7 \cdot 3,509 = 2,456 \text{ MPa}$

Question 1.8 Calculer la section minimale en cm^2 , en section entièrement tendue pour le total des deux faces et en flexion simple sur la face tendue.

En section tendue :

$A_{s,min} = (1 \cdot 0,30 \cdot 2,456) / (0,9 \cdot 500 - 15,21 \cdot 2,456) = 17,86 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ soit $17,86 \text{ cm}^2$

En section simple :

$A_{s,min} = (3,509/500) \cdot (1 \cdot 0,3/4,5) = 4,68 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ soit $4,68 \text{ cm}^2$

Question 1.9 Calculer la section minimale en cm^2 , pour la condition de non fragilité.

$A_{s,min} = 0,26 \cdot (3,509/500) \cdot 1 \cdot 0,25 = 4,56 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ soit $4,56 \text{ cm}^2$

Question 1.10 En considérant une section de barre HA10 de $0,785 \text{ cm}^2$ et une section de barre HA12 de $1,131 \text{ cm}^2$, **comparer** par rapport aux armatures du panneau bas (PB) du plan de ferrailage dans le DT3.

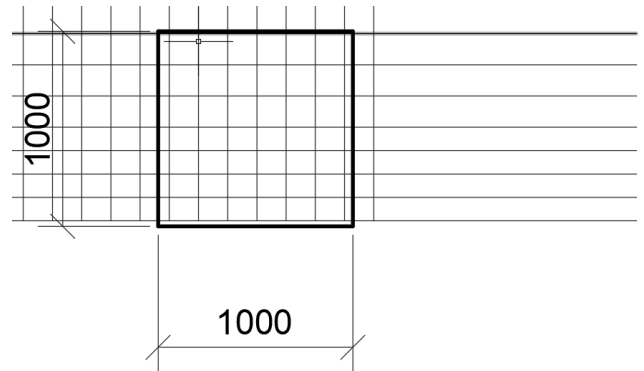
Pour une face nous avons pour un mètre carré :

Verticalement :

des HA10 tous les 15cm

soit 7 HA10 (6 esp de 0,15 = 0,90m)

ce qui donne $5,495 \text{ cm}^2$ Horizontalement



Horizontalement (en bas):

des HA12 (5x0,12m) puis tous les 0,16m

8 HA 12 (4 esp de 0,12 + 3 esp de 0,16 = 0,96m)

ce qui donne $9,048 \text{ cm}^2$ Verticalement

Conclusion :

En section tendue (pour les deux faces tendues) : armatures horizontales uniquement

soit (pour les deux faces tendues) : $2 \times 9,048 = 18,096 \text{ cm}^2 > 17,86 \text{ cm}^2$

En section simple (pour une face tendue) :

la direction la plus dimensionnante (plus petite valeur) : $5,495 \text{ cm}^2 > 4,68 \text{ cm}^2$

Condition de non-fragilité :

la direction la plus dimensionnante (plus petite valeur) : $5,495 \text{ cm}^2 > 4,56 \text{ cm}^2$

Étude 2 : Réalisation du voile du réservoir de traitement des boues

Question 2.1 Déterminer la composition du coffrage d'un train de banche permettant de réaliser la hauteur du voile à partir de la documentation du fabricant (DT4).

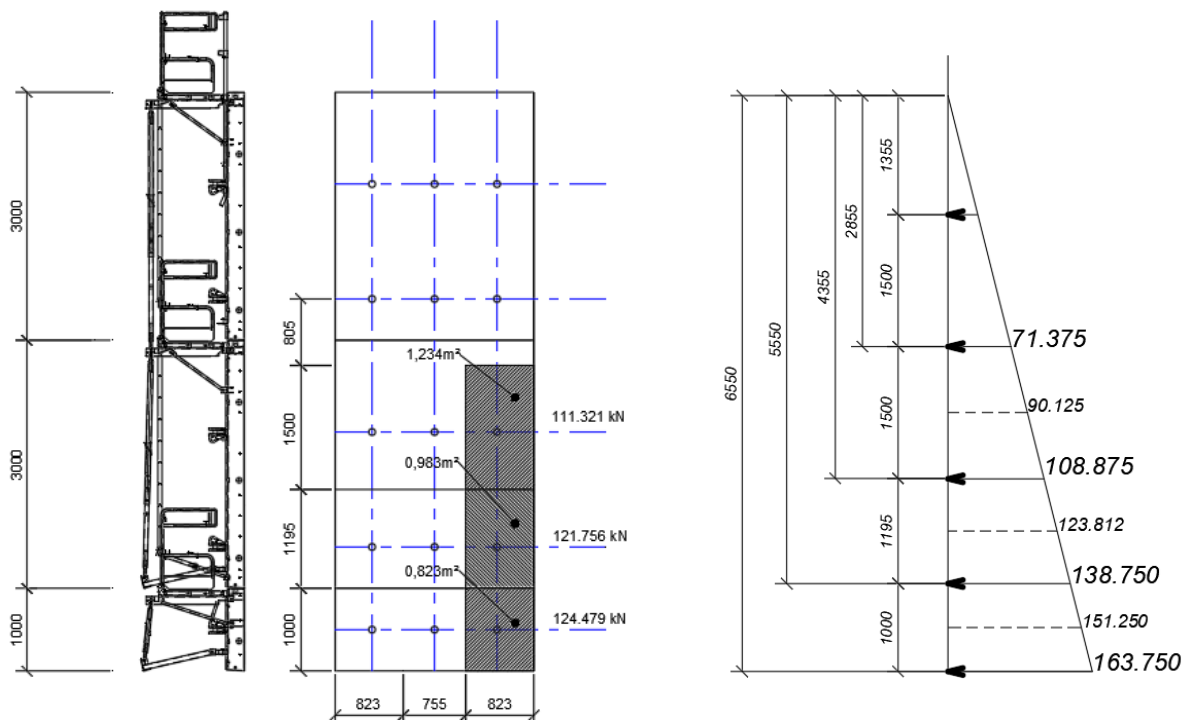
Hauteur de voile : 6,55m

Composition du train de banche : sous-hausse de 1m + 2 banquettes de 3m = 7m

Question 2.2 Déterminer la pression hydrostatique du béton frais sur le coffrage. Compléter le DR2.

$6,55\text{ m} \times 25\text{ kN}\cdot\text{m}^{-3} = 163,75\text{ kN/m}$ (pour 1 m de longueur de mur)

Question 2.3 Déterminer la surface reprise par les tiges de serrages les plus sollicitées pour les niveaux 1,2 et 3. Calculer la charge en kN reprise par chaque tige de serrage des niveaux 1,2 et 3 (DR2).



Question 2.4 Déterminer la tige la plus sollicitée. À partir de la documentation du fabricant (DT7), en déduire celles à utiliser.

Tige la plus sollicitée : niveau 1 avec 124,5 kN < 172kN (charge utilisation pour un diamètre nominal de 23mm)

Question 2.5 À l'aide du DT5, calculer la dimension des cales extérieures en bois à utiliser lors de la mise en place des banquettes extérieures.

Côté intérieur : pour une longueur d'arc de 2,400 m pour un rayon intérieur de 8,5 m l'angle correspondant est de $= (360 \times 2,4) / (2 \cdot \pi \cdot 8,5) = 16,1776^\circ$

Côté extérieur : pour un angle de $16,1776^\circ$ et un rayon extérieur de 8,8 m, la longueur de l'arc est de $= (2 \cdot \pi \cdot 8,8 \cdot 16,1776) / 360 = 2,485\text{ m}$ Soit une cale de 8,5cm

Étude 3 : Procédure de bétonnage du voile du réservoir de traitement des boues

Question 3.1 Déterminer le volume moyen de béton à mettre en œuvre pour une phase.

Le volume moyen par phase est de : $108,6 / 4 = 27,150 \text{ m}^3$

Question 3.2 Vérifier la possibilité de bétonner la totalité d'une phase en prenant uniquement une poussée hydrostatique du béton sur le coffrage.

La pression hydrostatique est de $6,55 \text{ m} \times 25 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1} = 163,75 \text{ kN} > 100 \text{ kN}$

On ne peut pas bétonner la totalité avec une pression hydrostatique.

Question 3.3 Indiquer la hauteur à partir de laquelle on ne peut plus bétonner sous pression hydrostatique.

La hauteur limite de bétonnage sous pression hydrostatique est de :

$100 \text{ kN} / 25 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1} = 4 \text{ m}$

Question 3.4 Déterminer le temps de cycle en minute pour un mètre cube de béton à l'aide des données fournies (du chargement de la benne, à son retour en place).

$TC = tc + ta + td + tr$ (temps chargement – aller – déchargement – retour)

$TC = 1 + 1 + 2 + 1 = 5 \text{ minutes}$

Question 3.5 Indiquer le temps nécessaire pour bétonner la phase. Conclure en utilisant le résultat de la question 3.3.

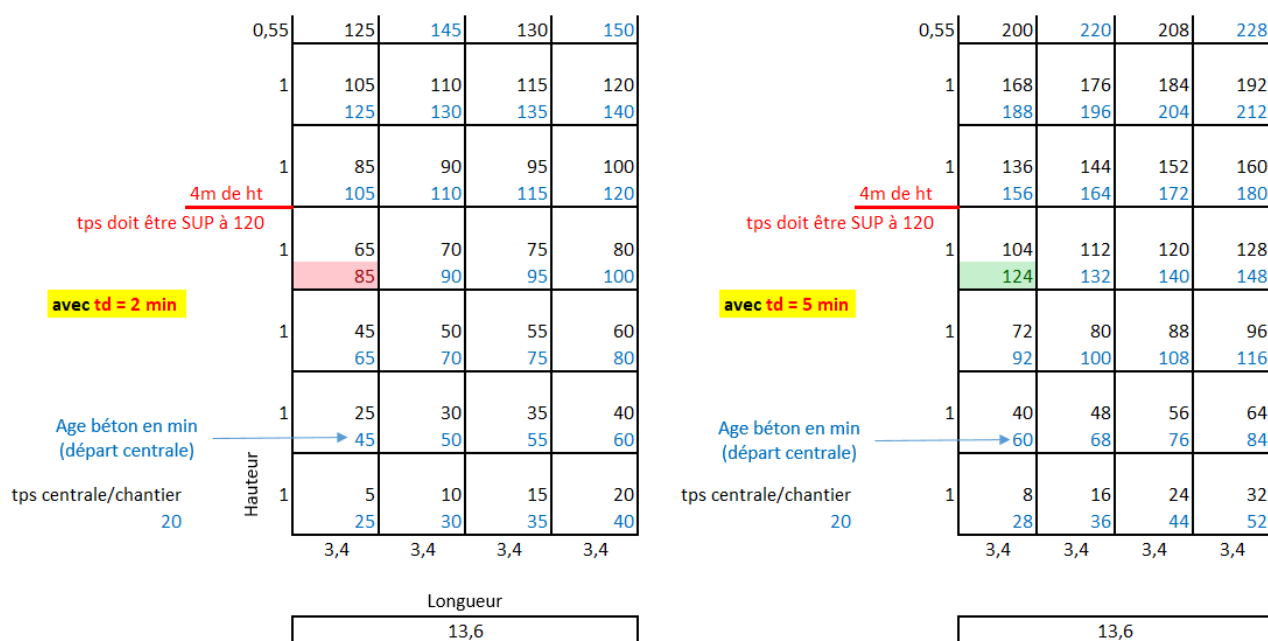
Pour bétonner les $27,150 \text{ m}^3$, il faut : $27,150 \text{ m}^3 \times 5 \text{ min} = 135,75 \text{ min}$ soit $2,26 \text{ h}$

Ce temps est trop juste, et entrainera un bétonnage hydrostatique sur toute la hauteur (6,55m).

Question 3.6 Proposer une solution de mise en œuvre (sans accélérateur de prise, et en conservant le même béton).

Afin de réduire la vitesse de montée du béton frais dans le coffrage, on va pouvoir augmenter le temps de mise en œuvre du béton (td) à 5 minutes.

Pour représenter schématiquement le remplissage du coffrage, on peut simplifier en représentant un mètre cube dans le coffrage avec 1m de haut – 0,30m de large – 3,4m de longueur. On considère que l'âge du premier mètre cube de béton dans le coffrage à 85 minutes quand la treizième rotation termine de livrer le béton frais dans le coffrage ; conséquence : poussée hydrostatique (<120min) sur plus de 4m.



Question 3.7 Déterminer la vitesse de bétonnage (ou la vitesse d'ascension du béton dans le coffrage) en m·h⁻¹.

Le temps de cycle de chaque benne est de 8 minutes, donc le temps de mise en œuvre des 27,150 m³ est de : 8 x 27,150 = 217 min, moins la minute de retour de la benne à vide soit 216 min ; 3,62h (3 heures et 37 minutes).

Ce qui donne une vitesse de bétonnage pour les 6,55 m de :

6,55 m / 3,62 h = 1,81 m·h⁻¹ soit 3 cm/min

Étude 4 : Installation de chantier

Question 4.1 Déterminer la masse des différents éléments à mettre en œuvre pour la réalisation du réservoir de traitement des boues.

Masse benne à béton : $0,322 \text{ (benne)} + 2,4 \text{ t (béton)} = 2,722 \text{ t}$

Masse train de banche : $0,454 \text{ (S/hausse)} + 2 \times 1,083 \text{ (banche)} \text{ t} = 2,62 \text{ t}$

Masse armatures : $0,311 \text{ t (panneau bas)}$

Question 4.2 À l'aide du DT8, déterminer la portée maximale pour chacun des éléments.

La portée maximale d'après le plan est de 55m pour les trois éléments précédents.

Question 4.3 Conclure sur l'adéquation de la grue définie sur le DT8.

La grue est donc adaptée pour les manutentions à faire sur ce bassin, car sa charge maximale à 55m est de 3,1 t.

Question 4.4 Lors de la phase de coffrage ou décoffrage, préciser si le déplacement de deux trains de banches en même temps est possible. Justifier la réponse.

Si on manipule deux trains de banches en même temps, on va dépasser la limite de 3,1 t ($2 \times 2,62 \text{ t} = 5,24 \text{ t}$), donc ce déplacement ne sera pas possible.

Étude 5 : Poste de pompage

Question 5.1 Calculer les pertes de charge linéaires des canalisations à l'amont et à l'aval du poste de pompage.

Les pertes de charges totales comprennent les pertes de charge linéaires et les pertes de charges singulières.

- Pertes de charge linéaires « amont » = $j.L_1 = 1508 \text{ mmCE} = \underline{1,5 \text{ mCE}}$
- Pertes de charges singulières « amont » = $0,5 \text{ mCE}$

PDC totales « amont » = 2 mCE

- Pertes de charge linéaires « aval » = $j.L_2 = 2912 \text{ mmCE} = \underline{2,9 \text{ mCE}}$
- Pertes de charges singulières « aval » = 1 mCE

PDC totales « aval » = $3,9 \text{ mCE}$

Question 5.2 Calculer la hauteur manométrique que doit fournir le poste de pompage, lorsque la hauteur d'eau du barrage est à la cote ordinaire Z_0 . Préciser les hypothèses retenues, si nécessaire.

En appliquant la relation de Bernoulli généralisée,

- entre le point O et la pompe :

$$\frac{P_O}{\rho \cdot g} + Z_O + \frac{V_O^2}{2g} = \frac{P_{pompe_amont}}{\rho \cdot g} + Z_p + \frac{V_p^2}{2g} + PDC \text{ "amont"}$$

- puis entre la pompe et le point U (entrée de l'usine),

$$\frac{P_{pompe_aval}}{\rho \cdot g} + Z_p + \frac{V_p^2}{2g} = \frac{P_U}{\rho \cdot g} + Z_U + \frac{V_U^2}{2g} + PDC \text{ "aval"}$$

- on déduit la hauteur manométrique de la pompe H_m

$$H_m = \frac{P_{pompe_aval}}{\rho \cdot g} - \frac{P_{pompe_amont}}{\rho \cdot g}$$

$$H_m = \left(\frac{P_U}{\rho \cdot g} - \frac{P_O}{\rho \cdot g} \right) + (Z_U - Z_O) + \left(\frac{V_U^2}{2g} - \frac{V_O^2}{2g} \right) + PDC \text{ "aval"} + PDC \text{ "amont"}$$

On travaille en pression relative ($P_O = 0$), V_O est négligeable et la pression requise en entrée de l'usine $P_U = 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$.

Lorsque le barrage est aux conditions moyennes ordinaires ($Z_O = 84 \text{ m}$) : $H_m = \underline{57 \text{ mCE}}$

Question 5.3 Calculer la hauteur manométrique que doit fournir le poste de pompage, lorsque la hauteur d'eau du barrage est à la cote d'étiage Z_E . **Préciser** les hypothèses retenues, si nécessaire.

Lorsque le barrage est aux conditions d'étiage ($Z_E = 67m$) : $H_m = 74 mCE$

Question 5.4 Vérifier la pression maximale à l'aspiration des pompes pour les deux situations étudiées (Z_O et Z_E).

En appliquant la relation de Bernoulli généralisée entre le point O et la pompe :

$$\frac{P_O}{\rho \cdot g} + Z_O + \frac{V_O^2}{2g} = \frac{P_{pompe_amont}}{\rho \cdot g} + Z_p + \frac{V_p^2}{2g} + PDC \text{ "amont"}$$

On travaille en pression relative.

Aux conditions ordinaires ($Z_O = 84m$) :

$$\frac{P_{pompe_amont}}{\rho \cdot g} = 27mCE \text{ donc } P_{pompe_amont} < 3,6 \text{ bar}$$

Aux conditions d'étiage ($Z_E = 67m$) :

$$\frac{P_{pompe_amont}}{\rho \cdot g} = 10mCE \text{ donc } P_{pompe_amont} < 3,6 \text{ bar}$$

Question 5.5 Pour la situation d'étiage (Z_E), **positionner** le point de fonctionnement de l'installation sur le graphique des courbes de pompes (DR3). **Préciser** la valeur du rendement attendu pour une pompe.

Aux conditions d'étiage, les 2 pompes en parallèle doivent fournir $H_m = 74 mCE$ et $Q=2000 m^3/h$

Donc une pompe doit fournir $H_m = 74 mCE$ et $Q=1000 m^3/h$

Sur DT10, on lit la valeur du rendement : 84.6%

Question 5.6 Pour la situation ordinaire (Z_O), **tracer** la courbe caractéristique du réseau sur le graphique de la courbe de pompe (DR3). **Préciser** le débit et la hauteur manométrique du nouveau point sur le graphique des courbes de pompes (DR3). **Commenter**.

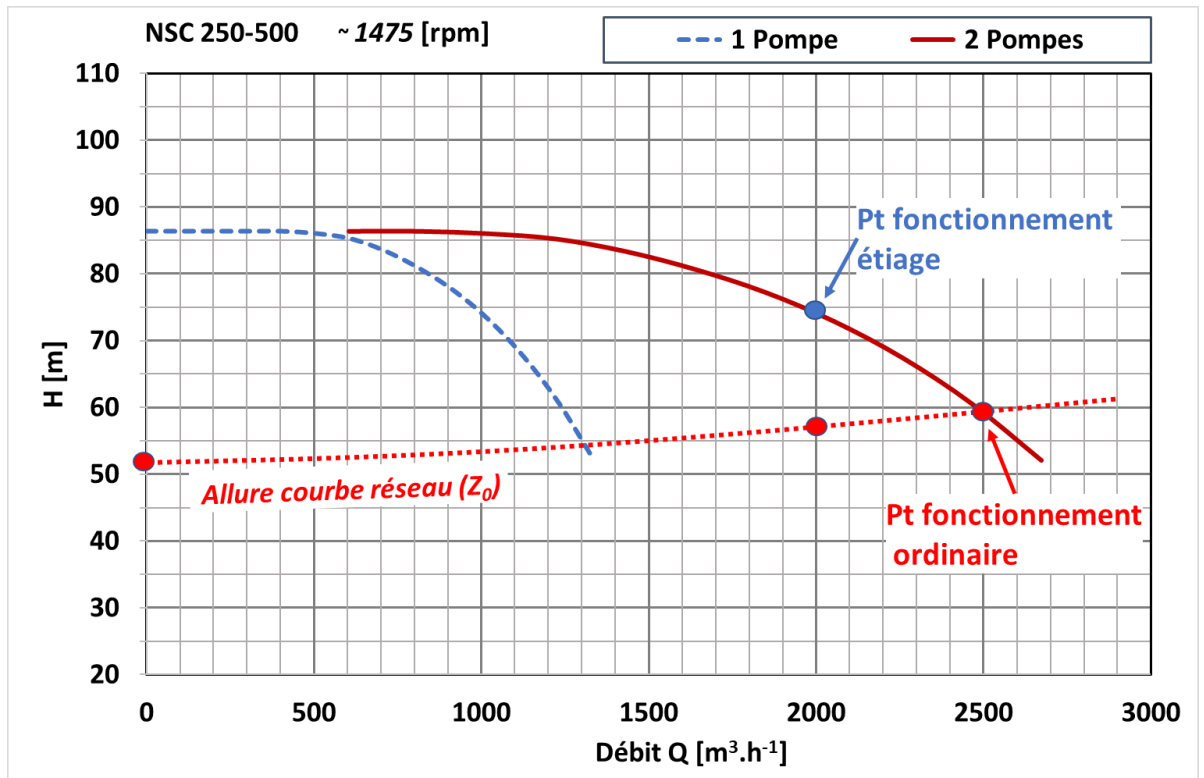
Pour tracer l'allure de la courbe aux condition ordinaires, on peut s'aider en calculant le point du réseau à débit nul. A débit nul : il n'y a pas d'écoulement, les vitesses sont nulles, les pertes de charges sont nulles. On en déduit :

$$H_{m_0} = \left(\frac{P_U}{\rho \cdot g} - \frac{P_O}{\rho \cdot g} \right) + (Z_U - Z_O) = 51 mCE$$

L'allure de la courbe est de forme parabolique et passe par les 2 points ($Q=0m^3/h$, $H_{m_0}=51mCE$) et ($Q=2000m^3/h$; $H_m=57mCE$) - (dans cette étude, un tracé « simplifié » linéaire pouvait être accepté) –

Point de fonctionnement : $Q = 2500 m^3/h$ et $H_m = 60 mCE$

Le sur-débit est important (+500 m^3/h) par rapport au cahier des charges.



Question 5.7 Pour la situation ordinaire (Z_0), et afin de maintenir le débit souhaité à $2\,000\,\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, on modifie la vitesse de rotation des pompes, **calculer** la nouvelle vitesse de rotation grâce à la loi de similitude ci-dessous.

Pour maintenir le débit à $2000\,\text{m}^3/\text{h}$, il faudra réduire la vitesse de rotation de la pompe pour « décaler » la courbe de pompe.

pour $Q_i = 2000\,\text{m}^3/\text{h}$, la pompe fournit $H_{m_i} = 74\text{mCE}$ avec $n_i = 1475\,\text{tr/min}$,

on souhaite que la pompe fournisse $Q_s = 2000\,\text{m}^3/\text{h}$ et $H_{m_s} = 57\text{mCE}$

A l'aide de la loi de similitude, on déduit $n_s = 1230\,\text{tr/min}$

Étude 6 : Distribution de l'eau traitée

Question 6.1 Identifier le type d'écoulement dans la conduite à l'aide du diagramme de Moody disponible dans le DT9.

Pour identifier le type d'écoulement, il faut calculer le nombre de Reynolds avec la relation $Re = \frac{V \cdot D}{\nu}$

$Q = 1850 \text{ m}^3/\text{h}$ et $D = 600\text{mm}$. On en déduit $V = 1,82 \text{ m/s}$ et $Re = 8,4 \cdot 10^5$ Le régime d'écoulement est turbulent.

Avec la rugosité relative $\varepsilon/D = 1/600 = 0,0017$ et l'abaque de Moody, on peut préciser que l'écoulement est turbulent « rugueux ».

Question 6.2 Déterminer la valeur du coefficient de frottement λ pour la conduite.

La lecture de l'abaque permet de déterminer que le coefficient de frottement : $\lambda = 0,022$

Question 6.3 Calculer les pertes de charges linéaires liées à la conduite A pour un débit de $1850 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

On détermine le coefficient des pertes de charges linéaires à l'aide de la relation :

$$j_A = \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} = \frac{0,022}{0,6} \cdot \frac{1,82^2}{2 \times 9,81} = 6,2 \cdot 10^{-3} \text{ mCE/m}$$

Les pertes de charges linéaires sont égales à $(j_A \times L_A)$ soit $26,3 \text{ mCE}$

Question 6.4 Préciser la hauteur manométrique nécessaire pour assurer le transfert entre l'usine et le réservoir. **Conclure.**

Au vu de la longueur de l'ouvrage, on peut poser l'hypothèse des « ouvrages longs » (les pertes de charges singulières sont négligeables devant les pertes de charge linéaires).

En appliquant la relation de Bernoulli généralisée, il vient :

$$H_m = \left(\frac{P_R}{\rho \cdot g} - \frac{P_B}{\rho \cdot g} \right) + (Z_R - Z_B) + \left(\frac{V_R^2}{2g} - \frac{V_B^2}{2g} \right) + j \times L_A = (Z_R - Z_B) + j \times L_A$$

Le réservoir et la bache sont des ouvrages à surface libre, $P_R = P_B$. Les vitesses V_R et V_B , vitesses en surface du réservoir, sont négligeables.

On en déduit $H_m = 40,3 \text{ mCE}$

Cette valeur n'est pas compatible avec la pompe actuelle.

Question 6.5 Déterminer la valeur des pertes de charge admissibles pour chaque conduite, en considérant les caractéristiques de la station de pompage actuelle (débit de 1 850 m³·h⁻¹ et hauteur manométrique de 21,5 mCE).

On souhaite réutiliser la pompe en place qui fournit $H_m = 21,5 \text{ mCE}$

On a vu à la question 6.4 que $H_m = (Z_R - Z_B) + j_{A'} \times L_A = (Z_R - Z_B) + j_B \times L_B$

Les deux circuits sont en parallèle, chaque conduite crée donc la même perte de charge :

$$(j_{A'} \times L_A) = (j_B \times L_B) = \underline{7,5 \text{ mCE}}$$

Question 6.6 Pour la conduite A, calculer le débit admissible dans cette situation (préciser les hypothèses, si nécessaire).

Pour la conduite A, on peut calculer $j_{A'} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ mCE /m}$

On en déduit la vitesse d'écoulement V' dans la conduite à l'aide de la relation :

$$j_{A'} = \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{V'^2}{2g}$$

Pour cela, on fait l'hypothèse que le régime est encore turbulent rugueux. Ainsi, $\lambda = 0,022$

Et donc $V' = 0,97 \text{ m/s}$ et le débit $Q_{A'} = 988 \text{ m}^3/\text{h}$

Itération (valider l'hypothèse) :

avec $V' = 0,97 \text{ m/s}$ alors $Re' = 4,5 \cdot 10^5$ et on lit sur l'abaque de Moody $\lambda = 0,023$

Lorsqu'on réinjecte dans l'équation ci-dessus, il vient $V' = 0,96 \text{ m/s}$ et $Q_{A'} = 977 \text{ m}^3/\text{h}$

Question 6.7 Déterminer le débit dans la conduite B et son diamètre théorique B (préciser les hypothèses, si nécessaire).

La conduite B devra transporter un débit $Q_B = Q - Q_{A'}$ et donc $Q_B = 873 \text{ m}^3/\text{h}$

On déduit le diamètre D_B grâce à la relation :

$$j_B = \frac{\lambda}{D_B} \cdot \frac{V_B^2}{2g} = \frac{8\lambda}{D_B^5} \cdot \frac{Q_B^2}{g \times \pi^2}$$

Pour la conduite B, on peut calculer $j_B = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mCE /m}$

On fait l'hypothèse de départ que le coefficient $\lambda = 0,023$, ce qui donne $D_B = 595 \text{ mm}$

On vérifie l'hypothèse :

la conduite a une rugosité de 1 mm. La rugosité relative vaut 0,0017 et $Re = 4 \cdot 10^5$ et $\lambda = 0,023$.

Question 6.8 Sélectionner une conduite dans la page du fournisseur (DT11).

On sélectionne la conduite en DN 600mm

Étude 7 : Évacuation des eaux claires

Question 7.1 Dans l'hypothèse d'un régime permanent uniforme, **calculer** la pente de pose moyenne de la conduite et **en déduire** la pente de l'écoulement I.

La pente de pose moyenne ou pente du radier moyen vaut 0.033 m/m

En régime permanent uniforme, la pente I de l'écoulement vaut donc $I = 0.033$ m/m

Question 7.2 Déterminer le débit d'eau de pluie évacué par la conduite dans ces conditions. Indiquer si le débit d'eaux claires peut perturber le bon fonctionnement de la conduite par temps de pluie.

En hydraulique, le taux de remplissage de la conduite est égal au rapport entre la hauteur de remplissage h et le diamètre de la conduite D .

On peut donc calculer $h = 0,7.D = 420\text{mm}$ et en déduire le rayon hydraulique R_h à l'aide des relations données dans le DT9.

$R_h = 0.177\text{m}$ (avec angle $\alpha = 1.98$ rad ; $S_m = 0,211$ m² ; $P_m = 1.19\text{m}$)

On en déduit la vitesse d'écoulement à l'aide de la relation de Manning-Strickler

$$V = 5,19 \text{ m/s}$$

Et le débit évacué $Q_{EP} = V \times S_m = 1,09$ m³/s soit environ 3940 m³/h

Le débit d'eaux claires représente moins de 5% du débit d'eaux de pluie, il ne devrait donc pas y avoir de dysfonctionnement.

Question 7.3 Calculer la vitesse d'écoulement par temps de pluie et conclure.

La vitesse d'écoulement par temps de pluie est supérieure à 5m/s (voir question précédente).

La valeur est largement supérieure aux préconisations, la canalisation d'EP risque de se dégrader rapidement. Une étude du profil en long serait utile pour identifier les zones à risques.

Étude 8 : Étude thermique d'une salle du bâtiment d'exploitation

Question 8.1 Exposer le principe général du free-cooling et son intérêt.

Le Free cooling est un système de refroidissement passif des bâtiments. Il consiste à sur-ventiler un bâtiment en utilisant l'air extérieur, lorsque la température extérieure est favorable au rafraîchissement de l'ambiance. Le free cooling est particulièrement intéressant si la température extérieure est sensiblement inférieure à la température intérieure (au moins de 5°C d'écart).

La sur-ventilation peut être assurée par une gestion de débits du système de traitement d'air ou du ventilation hygiénique (ventilation mécanique) ou par balayage grâce à la gestion des ouvrants (ventilation naturelle).

Par exemple, en période de fortes chaleurs, la sur-ventilation nocturne d'un bâtiment peut permettre d'évacuer tout ou partie la chaleur accumulée dans le bâtiment pendant la journée.

Intérêt principal : limiter l'utilisation / l'installation de systèmes de refroidissement actifs.

Question 8.2 Lorsque la température intérieure vaut 19°C, **calculer** la valeur de la température d'air soufflé après l'échangeur.

Dans les conditions nominales ($T_{ext} = -4^{\circ}\text{C}$, $T_{int} = 19^{\circ}\text{C}$) et en considérant que le débit d'air soufflé et d'air rejeté sont identiques, on aura après l'échangeur une température $T_{ech} = 14,4^{\circ}\text{C}$.

$$T_{ech} = T_{ext} + 80\% \times (T_{int} - T_{ext}) = 14,4^{\circ}\text{C}$$

Question 8.3 Pour insuffler l'air neuf à température neutre (19°C) dans le local, **calculer** la puissance fournie par la batterie d'appoint.

La puissance fournie par la batterie d'appoint pour obtenir une température d'air soufflé à 19°C vaut

$$P = \dot{m} \cdot C \cdot (T_s - T_{ech})$$

En période d'inoccupation, le débit d'air introduit dans le local vaut 0,5 volume/h soit un débit de 197 m³/h (avec Surface de la salle de réunion : 136m², Ht = 2,90m).

Le débit massique correspondant vaut $\dot{m} = 0,066 \text{ kg/s}$

Et donc $P = 308 \text{ W}$

Question 8.4 À partir des données et plans disponibles dans les DT12 et DT15, **compléter** le tableau DR4 pour faire une estimation des déperditions statiques à travers les parois de la salle de réunion. **Préciser** les hypothèses et simplifications considérées.

Pour estimer les déperditions statiques, les surfaces intérieures sont estimées à partir des plans :

Plancher bas : 136m^2

Plancher haut : 136m^2

Vitrage en mur rideau ($10,94 \times 3,00$) : 33m^2

Parois verticales donnant sur l'extérieur : 48m^2

La résistance thermique des parois fortement isolées pouvait être assimilée à la résistance thermique des isolants en place (DT15).

Résistance Plancher bas : $4,2 \text{ m}^2.\text{K/W}$

Résistance Plancher haut : $6,5 \text{ m}^2.\text{K/W}$

Résistance Paroi verticale donnant sur l'extérieur : $7,4 \text{ m}^2.\text{K/W}$

Le plancher donne sur un sous-sol, à priori non chauffé (LNC).

L'estimation simplifiée aboutit à des déperditions statiques d'environ 2750 W.

Estimation simplifiée		Déperditions de l'enveloppe d'un local		
Température du local :		19°C		
Température extérieure :		-4°C		
Parois déperditives				
Type	S (m²)	U (W/m².K)	U.S (W/K)	Déperditions (W)
Murs extérieurs	48,00	0,135	6,5	149 W
Menuiserie	33,00	1,400	46,2	1 063 W
Plancher *	136,00	0,238	32,4	596 W
Toiture	136,00	0,154	20,9	481 W
Déperditions surfaciques				2 289 W
Ponts thermiques				
Estimation forfaitaire à 20% des déperditions surfaciques				458 W
TOTAL				2 747 W

* prendre une minoration de 20% si Plancher sur LNC

* prendre une minoration de 20% si Plancher sur LNC

Question 8.5 En déduire la puissance des convecteurs électriques à installer dans la salle de réunion (on considère que l'air neuf est soufflé à température neutre dans la salle).

L'air neuf est soufflé à température neutre (19°C), donc les convecteurs ne doivent combattre que les déperditions statiques (déperditions dynamiques « nulles » pour le local).

La puissance des convecteurs doit donc être supérieure ou égale à 2750 W.

Question 8.6 Réaliser le bilan thermique simplifié de la salle de réunion avec une occupation maximale, à mi-saison ($T_{\text{ext}} = 10^\circ\text{C}$).

Les occupants génèrent un dégagement de chaleur de 4500W.

La température extérieure vaut 10°C et la température intérieure vaut 19°C. Dans cette situation, les déperditions statiques valent environ 1075W.

La batterie d'appoint de la CTA est à l'arrêt, la température soufflée est donc égale à la température en sortie de l'échangeur à mi-saison :

$$T_{\text{ech}} = T_{\text{ext}} + 80\% \times (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}}) = 17,2^\circ\text{C}$$

L'air neuf est soufflé à une température inférieure à la température du local. Les déperditions dynamiques valent donc 765W (avec un débit d'air neuf amené de 1250 m³/h, soit un débit massique $\dot{m} = 0,417\text{kg/s}$).

Au final, le Bilan thermique simplifié du local occupé vaut + 2160 W avec :

- Déperditions statiques : 1075W
- Déperditions dynamiques : 765W
- Apports occupants : 4500W

Question 8.7 Dans cette situation, **déterminer** la puissance nécessaire pour maintenir une température intérieure à 19°C. **Conclure.**

Dans cette configuration, il faut amener une puissance de - 2160W, c'est-à-dire qu'il faut « climatiser » le local pour maintenir 19°C dans la pièce car les occupants dégagent beaucoup de chaleur et le local est très bien isolé.

Question 8.8 En utilisant le module « by-pass motorisé » de la CTA, l'air neuf ne traverse plus l'échangeur. Dans cette configuration, **préciser** la température d'air soufflé. **Analyser** l'opportunité d'utiliser cette fonction à mi-saison, dans la salle de réunion occupée.

L'air neuf est insufflé sans passer par l'échangeur : on souffle donc l'air à la température extérieure soit Ts=10°C.

Analyse :

Dans ces conditions ($T_{\text{int}} = 19^\circ\text{C}$, $T_s = 10^\circ\text{C}$), les déperditions dynamiques valent 3828W. Le bilan du local est désormais de - 403W (il faudrait remettre en route les convecteurs) .

A mi-saison, la fonction by-pass motorisé permet de combattre efficacement les dégagements de chaleur interne. Mais un système de gestion (GTB/GTC) efficace est indispensable.

L'insufflation d'air neuf à 10°C peut causer de l'inconfort : il faudra porter une attention au choix des bouches de soufflage (forte induction pour réduire l'effet de « douche froide »).

Par ailleurs, on pouvait faire une estimation de la dérive de la température intérieure dans les conditions de la question 8.7 (l'échangeur n'est pas by-passé), en régime permanent (c'est à dire : déperditions = apports)

$$(\sum U.S + 20\% \times \sum U.S). (T_{int} - 10) + m.C. (T_{int} - 17,2) = 4500W$$

Ce qui conduit à la valeur de $T_{int} = 23,9^{\circ}\text{C}$. L'inconfort de cette valeur de T_{int} peut être discutée ainsi que l'intérêt d'enclencher la fonction by-pass pour la situation étudiée.

Question 8.9 Préciser si le calcul de déperditions réalisé précédemment est impacté de manière significative par cette nouvelle composition de paroi. **Justifier.**

La variante « toiture végétalisée » ne va pas impacter significativement le calcul des déperditions du local car les vitrages sont le point « faible » de l'enveloppe.

Les déperditions à travers la toiture végétalisée sont de 549W (avec $T_{ext} = -4^{\circ}\text{C}$ et $T_{int} = 19^{\circ}\text{C}$). Au bilan global, on obtient des déperditions statiques de 2828W soit un écart de moins de 3% avec la composition de toiture initiale.

Question 8.10 Indiquer quels sont les avantages/inconvénients de la mise en place d'une toiture végétalisée. **Conclure.**

Avantages : participe à la gestion des eaux pluviales, inertie thermique (à différencier de l'isolation thermique), isolation phonique, inclusion paysagère, végétalisation, réduction îlots de chaleur en zone urbaine, ...

Inconvénients : impact du poids à considérer sur la structure, maintenance régulière de l'étanchéité, entretien de la végétation et des voies d'évacuation des eaux (selon type de végétation), surcout par rapport à des toitures standards.

Conclusion : intérêt environnemental mais surcout à envisager.

Commentaires du jury

Structure de l'épreuve et attendus fondamentaux

L'épreuve s'inscrit dans une logique de transversalité, articulant les deux piliers de l'ingénierie des constructions : l'énergétique et les structures des ouvrages. Le jury rappelle avec insistance que l'agrégation exige une vision globale du domaine ; à ce titre, une maîtrise, au minimum, de la culture technique et scientifique afférente aux deux spécialités est impérative.

La structure du sujet, équilibrée dans sa pondération, a été conçue pour valoriser les candidats capables d'investir l'ensemble des problématiques soumises. Le jury regrette que trop de candidats cèdent encore à la tentation de l'impasse. Il est rappelé que le traitement exhaustif des études est un facteur déterminant de réussite, l'omission d'un volet entier limite lourdement la note finale.

L'architecture du sujet doit permettre aux candidats d'investir chaque problématique de manière autonome, sans que l'échec d'une partie n'obère systématiquement la réussite des suivantes. À cet égard, le jury souligne *la progressivité du questionnement* : les interrogations liminaires de chaque étude abordent des notions fondamentales et transversales, dont la relative simplicité vise à favoriser l'entrée dans le domaine technique considéré.

Analyse des performances et de la maîtrise scientifique

Les premières questions, volontairement progressives, visaient à évaluer l'appropriation des notions fondamentales. Si elles permettent d'entrer sereinement dans l'étude, elles ont aussi mis en exergue des lacunes préoccupantes dans la manipulation des outils mathématiques de base.

Le jury a constaté, non sans regret, un manque de rigueur formelle dans les développements analytiques. Une attention particulière doit être portée :

- À l'homogénéité des formules (gestion des unités) ;
- À la précision des calculs numériques ;
- À la justification systématique des hypothèses retenues.

Le résultat brut, s'il n'est pas soutenu par un raisonnement logique et explicite, ne saurait être considéré comme acquis. L'agrégation n'évalue pas seulement l'exactitude d'un résultat, mais bien la structuration de la pensée ingénieur.

Qualité de la rédaction et formalisme

La qualité de la copie est le premier vecteur de la démonstration du candidat. Trop de prestations souffrent d'une calligraphie négligée et d'un manque de soin rédactionnel. Le jury attend des futurs lauréats une capacité à communiquer leurs conclusions de manière claire, concise et étayée. La maîtrise de la langue française et la précision du vocabulaire technique sont des prérequis non négociables pour de futurs enseignants de ce grade.

Focus sur la culture de réalisation

Concernant le volet « Construction », le jury déplore une méconnaissance persistante des réalités opérationnelles. L'ingénierie ne saurait s'abstraire des contraintes de mise en œuvre, d'organisation et de conduite de chantier.

La culture technologique ne doit pas être perçue comme un savoir secondaire, mais comme le corollaire indispensable de la conception. Une compréhension fine des procédés constructifs et de la vie des ouvrages est attendue pour espérer atteindre les hauts de barème.

Épreuves d'admission

III. Activité pratique et exploitation pédagogique relatives à l'approche spécialisée d'un système pluritechnologique

Présentation de l'épreuve

- Durée : 6 heures (activités pratiques : 4 heures, préparation de l'exposé : 1 heure, exposé : 30 minutes maximum, entretien : 30 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.

Pour l'option Ingénierie des constructions, **le candidat détermine, au moment de l'inscription, un domaine d'activité parmi deux qui lui sont proposés : « constructions » ou « énergétique ».** Ce choix fait au moment de l'inscription est définitif. Il définit le support de l'activité pratique. Celui-ci 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 spécifiques liés à la spécialité du cycle terminal ingénierie, innovation et développement durable du cycle terminal « sciences et technologies de l'industrie et du développement durable (STI2D) » du lycée et à l'enseignement de spécialité sciences de l'ingénieur, des programmes de CPGE ou des programmes de BTS et BUT relatifs aux champs couverts par l'option choisie.

L'épreuve vise à apprécier la capacité du candidat à :

- mettre en œuvre des matériels ou des équipements, éventuellement associés à des outils informatiques de pilotage, de traitement, de simulation ou de représentation ;
- conduire une expérimentation ou analyser le fonctionnement d'une solution, d'un procédé ou d'un système technique afin d'en vérifier et d'en évaluer les performances ;
- exploiter les résultats obtenus et en tirer des conclusions pertinentes ;
- concevoir, organiser et présenter une séquence d'enseignement répondant à un objectif pédagogique imposé pour un niveau de classe déterminé, en développant de manière approfondie un ou plusieurs points clés des séances qui la composent.

Cette épreuve s'appuie sur les investigations et analyses réalisées préalablement par le candidat lors d'activités pratiques menées sur un système technique.

Lors de sa présentation orale, le candidat doit expliciter sa démarche méthodologique et mettre en évidence les informations, données et résultats issus de ses investigations, qui ont servi de fondement à sa proposition pédagogique.

L'entretien permet ensuite au jury d'approfondir certains aspects de la présentation et d'amener le candidat à expliciter et justifier les choix didactiques et pédagogiques retenus pour la construction de la séquence de formation proposée.

Cette épreuve comporte trois phases :

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

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

Phase 1 – Manipulation expérimentale au laboratoire

Cette première phase d'une durée totale de 4h se décompose en trois parties. Dans cette phase, les candidats ont à leur disposition les différents supports étudiés, qu'ils utiliseront pour proposer une séquence pédagogique. L'exploitation pédagogique proposée est liée aux activités pratiques réalisées.

Partie 1– Contexte et potentiels pédagogiques (durée 1h)

Le candidat doit prendre connaissance du dossier support, des matériels ou équipements proposés, associés si besoin à des systèmes informatiques de pilotage, de traitement, de simulation, de représentation, et de l'objectif pédagogique fixé dans le sujet. Il doit également identifier les potentialités pédagogiques des différentes ressources proposées.

partie 2 – Construction pédagogique (durée 1h)

Pour cette partie, le candidat doit concevoir et organiser une séquence de formation pour un objectif pédagogique imposé à un niveau de classe donné et identifier les compétences associées. Il établit une liste d'expérimentations à réaliser dans le cadre de la séance pratique s'intégrant dans cette séquence.

Partie 3 - Expérimentation (durée 2h)

Le candidat prépare puis mène ses expérimentations, essais, ou ceux proposés par le jury. Il réalise les mesures et observations, exploite les ressources logicielles le cas échéant. Il exploite ensuite les résultats obtenus : il les traite (calculs, représentations graphiques...), analyse leur justesse, leur fiabilité, etc. Il conclut enfin obligatoirement sur les forces et faiblesses des expérimentations menées et formule des conclusions.

La phase 1 se déroule dans le laboratoire dans lequel figurent des supports d'expérimentation. Les candidats disposent de l'ensemble des moyens nécessaires à l'expérimentation et d'un poste informatique doté des logiciels courants de bureautique et des logiciels plus spécifiques liés au sujet. Tout ou partie des manipulations se déroulent en présence de l'examineur auprès de qui le candidat justifie et discute les essais et expérimentations menées ainsi que les résultats obtenus.

Phase 2 – préparation de la présentation (durée 1h)

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

Il finalise la présentation de sa séquence pédagogique et détaille un ou plusieurs points-clefs des séances de formation. La présentation prend notamment appui sur les investigations et les analyses effectuées au préalable par le candidat au cours des activités pratiques. Les activités des élèves pendant la séance pratique sont développées, ainsi que les modes d'évaluation et de suivi des élèves au cours de la séance et de la

séquence. Le candidat doit veiller à identifier des possibilités de différenciation de l'enseignement visant à s'adapter aux différents niveaux des élèves.

Phase 3 – présentation des travaux devant le jury

Cette phase se déroule dans la salle d'exposé devant le jury. L'exposé oral d'une durée maximale de 30 minutes comporte :

- la présentation du contexte (objectif pédagogique et ressources disponibles) ;
- une présentation de la réflexion et de la stratégie pédagogique conduite ;
- le compte-rendu des manipulations effectuées et l'analyse des résultats obtenus dans la deuxième partie de la première phase des activités pratiques ;
- l'exploitation pédagogique proposée ;
- une conclusion.

L'entretien avec le jury a une durée maximale de 30 minutes. Les questions posées par le jury visent à amener le candidat à expliciter sa démarche méthodologique, à mettre en évidence les informations/données/résultats issus des investigations conduites au cours des activités pratiques qui lui ont permis de construire sa séquence de formation, à décrire et à situer la séquence de formation qu'il a élaborée.

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

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

Le travail et les activités imposés aux candidats dans les différentes phases de l'épreuve sont précisés ci-après. Les candidats sont évalués au regard de ces attentes.

Phase	Durée	Objet	Travail demandé et évalué par les jurys de l'épreuve
PHASE 1 (4h)	Partie 1 (1h)	I. CONTEXTE IMPOSE	S'approprier les objectifs pédagogiques et les présenter au jury
			S'approprier les ressources pédagogiques disponibles
		II. POTENTIELS PÉDAGOGIQUES	Analyser et présenter les potentialités pédagogiques des ressources disponibles (équipements, logiciels, documentation, résultats d'essai...)
			<i>Point avec l'examineur sur le contexte et les potentiels pédagogiques</i>
	Partie 2 (1h min)	III. CONSTRUCTION PÉDAGOGIQUE	Préciser les compétences à développer dans la séquence
			Définir et justifier le positionnement temporel de la séquence dans le cycle de formation
			Définir une ébauche de trame de séquence pédagogique
			Proposer des activités pratiques à réaliser pendant une séance pour un groupe classe de 15 élèves
			Proposer des expérimentations pratiques et informatiques permettant de contrôler la validité des résultats d'essai et de simulation fournis pour le support pédagogique imposé
			<i>Point avec l'examineur sur les propositions pédagogiques du candidat. Le jury fournit ensuite des possibilités d'expérimentation</i>

			Prendre connaissance des possibilités d'expérimentation complémentaires fournies par le jury. Analyser leur intérêt pédagogique
			<i>Valider avec l'examineur les expérimentations et applications numériques à mettre en œuvre ensuite</i>
	Partie 3 <i>(2h max)</i>	IV. EXPÉRIMENTATIONS	Préparer le scénario expérimental à mettre en œuvre précisément: définir les grandeurs à mesurer, les phénomènes à observer,...
			Conduire les essais, réaliser les mesures et observations prévues
			Traiter les résultats (réaliser les calculs, tracer les courbes...)
		V. CONCLUSION	Analyser les résultats obtenus, les valider (échelle, fiabilité ...)
			Valider les ressources fournies ainsi que l'intérêt pédagogique de l'expérimentation conduite. Identifier les forces et faiblesses
<i>Présenter les expérimentations et les conclusions</i>			
PHASE 2 <i>(1h)</i>		Préparation de la présentation	Terminer la construction de la proposition pédagogique (trame de séquence et séance expérimentale détaillée)
PHASE 3 <i>(1h)</i>		Exposé et entretien	Décrire l'objectif pédagogique, les ressources disponibles
			Présenter les réflexions, stratégies pédagogiques, choix effectués
			Décrire et analyser les expérimentations effectuées
			Présenter la trame de séquence envisagée, son positionnement dans la formation.
			Présenter la séance, les activités des élèves pour un groupe classe
			Présenter les dispositifs numériques complémentaires pour cette séquence, en classe et en dehors de la classe
			Présenter les modalités du suivi et d'évaluation des élèves
			Proposer des possibilités de différenciation des activités permettant de s'adapter aux besoins des élèves
			Conclure sur la proposition pédagogique (améliorations, limites, difficultés, points forts ...)

Plusieurs autres critères d'évaluation sont également pris en compte par le jury :

- donner des exemples de pratiques rencontrées en entreprise en lien avec le contexte et les expérimentations menées pendant la séance ;
- proposer une pédagogie efficace et innovante ;
- produire un discours clair, précis et rigoureux, également dans la discipline ;
- être pertinent et réactif aux questions posées ;
- dégager l'essentiel et donner du sens à la pédagogie et à la discipline ;
- captiver l'auditoire.

Les séquences pédagogiques demandées étaient imposées pour les formations suivantes :

- Baccalauréats STI2D et spécialité SI du baccalauréat général ;
- Sciences Industrielles de l'Ingénieur en classes préparatoires aux écoles d'ingénieurs ;
- BUT :
 - Génie Civil Construction Durable ;
 - métiers de la transition et de l'efficacité énergétiques ;

- BTS :
 - Architectures en Métal : conception et réalisation ;
 - Bâtiment ;
 - Enveloppes du Bâtiment : conception et réalisation ;
 - Étude et Réalisation des Agencements ;
 - Finition Aménagement des Bâtiments, Conception et Réalisation ;
 - Fluides Énergies Domotique : options A, B et C ;
 - Management Économique de la Construction ;
 - Métiers du Géomètre Topographe et de la Modélisation Numérique ;
 - Systèmes Constructifs Bois et Habitat ;
 - Travaux Publics.

Pour la session 2026, les ressources proposées pour cette épreuve d'activité pratique pouvaient être issues de la liste suivante :

- ressources documentaires diverses ;
- logiciels courants de bureautique ;
- logiciels divers de visualisation, d'analyse, modeleurs et simulateurs (mécanique, acoustique, énergétique ...) ;
- logiciels de modélisation, analyse et simulation sur maquette numérique BIM ;
- banc d'essai en mécanique des sols et géotechnique ;
- banc d'essai en acoustique ;
- banc d'essai de structures ;
- banc d'essai du matériau béton ;
- banc d'essai du matériau bois ;
- banc d'essai du matériau acier ;
- pompe à chaleur ;
- chaudière granulés bois ;
- système de production d'eau chaude sanitaire ;
- simulation thermique dynamique ;
- matériels de topographie (niveaux, théodolites, tachéomètres, GPS, scanner 3D ...).

Résultats

Agrégation interne et CAER	
Moyenne	9,46
Note minimale	1,31
Note maximale	15,6
Écart type	3,08

Analyse des résultats

Les candidats les mieux préparés mobilisent avec efficacité leurs compétences pour répondre à la problématique pédagogique proposée. Ils présentent des séquences d'enseignement structurées, cohérentes et clairement articulées. La séance expérimentale est correctement positionnée dans la progression pédagogique et s'appuie sur des activités pratiques inédites, mises en œuvre lors de la quatrième partie de la première phase. Les prérequis, les objectifs d'apprentissage, ainsi que les modalités pédagogiques et d'évaluation sont clairement identifiés et exposés avec maîtrise lors de la présentation orale. Ces candidats proposent généralement des prestations orales de qualité et conduisent de manière pertinente les expérimentations destinées à répondre à la problématique technique et scientifique retenue.

À l'inverse, un nombre important de candidats se limite à décrire les activités réalisées lors des phases de prise en main et d'expérimentation, sans les inscrire dans une véritable réflexion pédagogique, ce qui ne répond pas aux attentes de l'épreuve. Par ailleurs, certaines séances expérimentales reposent sur des activités déjà évaluées au cours de la première phase, alors que le jury attend la conception de situations d'apprentissage nouvelles. Enfin, la justification du choix du système technique support de la séance expérimentale est trop souvent absente ou insuffisamment développée, alors qu'elle constitue un élément essentiel de la démarche pédagogique.

Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

Le jury a constaté, cette année encore, que les recommandations formulées lors des sessions précédentes ont été prises en compte par une partie des candidats. Les meilleures prestations témoignent notamment :

- d'une rigueur scientifique conforme au niveau d'exigence attendu pour le concours de l'agrégation ;
- d'une capacité à mobiliser efficacement différents matériels et logiciels, en tirant pleinement parti des ressources et de l'assistance mises à leur disposition.

Toutefois, de nombreux candidats demeurent en retrait par rapport aux attentes de l'épreuve. Certains omettent de présenter une partie des analyses explicitement demandées dans les sujets, ce qui conduit à des réponses incomplètes. D'autres proposent des séquences pédagogiques qui simplifient excessivement la réalité des situations d'enseignement, sans prendre en compte le fait qu'une même séance ou séquence mobilise généralement plusieurs compétences, dont certaines sont travaillées de manière prioritaire.

Le jury rappelle que, selon les objectifs d'apprentissage visés et les prérequis des élèves, certaines compétences peuvent faire l'objet d'un renforcement ou d'un approfondissement, tandis que d'autres sont introduites, découvertes et mises en œuvre pour la première fois. Une réflexion didactique et pédagogique plus approfondie est donc attendue dans la conception des propositions de formation.

Par ailleurs, l'utilisation des matériels et des logiciels manque parfois de sens au regard de la problématique étudiée. Certaines manipulations sont réalisées de manière procédurale, sans que leur finalité soit clairement identifiée. De même, des résultats issus de mesures ou de simulations sont parfois présentés sans que les candidats démontrent une compréhension suffisante des phénomènes observés, des grandeurs mesurées ou des modèles simulés. Le jury attend des candidats qu'ils soient en mesure **d'analyser, d'interpréter et de justifier les résultats obtenus avec une maîtrise scientifique adaptée au niveau du concours.**

À l'issue de la session 2026, le jury attire particulièrement l'attention des futurs candidats sur les points suivants :

- le jury rappelle que cette épreuve n'est pas un compte-rendu de laboratoire ; elle soumet aux candidats une problématique pédagogique d'enseignement représentative de l'activité professionnelle quotidienne des professeurs, basée sur la préparation d'une séquence et séance de cours mettant en œuvre des manipulations expérimentales et l'exploitation de ressources didactiques, y compris numériques ;
- pour la première phase, les candidats doivent veiller à équilibrer le temps consacré à l'expérimentation et celui consacré à la conception de leur séquence pédagogique ;

- pour la troisième phase, les candidats disposent d'un temps de parole de 30 minutes maximum. Le jury regrette une mauvaise gestion du temps. Certains candidats n'utilisent pas pleinement le temps qui leur est accordé.
- le jury constate trop souvent un déséquilibre entre la présentation des résultats expérimentaux, parfois trop détaillée, et leur exploitation pédagogique qui reste trop peu développée (pas de support formalisé, idées trop générales, pas d'application concrète ...) ;
- l'exploitation pédagogique est l'objectif principal de cette épreuve. Elle reste trop succincte chez certains candidats. Les candidats doivent s'attacher :
 - à préciser l'insertion de leur séquence dans le référentiel indiqué (STI2D, STS, IUT) ;
 - à préciser l'insertion de leur séquence dans la répartition (par enseignement, blocs de compétence, unité certificative...) des enseignements techniques et professionnels ;
 - à préciser et à détailler la construction de leur séquence pédagogique (combinaison d'activités diverses, études de cas, projets ...) en détaillant notamment l'organisation pratique (durée, effectif de la classe, effectif du groupe, origine scolaire des élèves) ;
 - à situer l'intégration de cette séquence pédagogique dans le contexte proposé, à préciser ses objectifs et son intérêt en situation réelle ;
 - à préciser et à justifier les modalités d'évaluation et/ou de remédiation, en particulier dans le cadre de la séquence proposée en lien avec l'évaluation continue. Les outils de suivi de l'évaluation, en particulier quand elle est certificative, peuvent être précisés (tableur, outil d'évaluation ...) ;
 - à préciser la tâche professionnelle mobilisée pour la mise en œuvre de la compétence évaluée.
- le jury regrette le fréquent manque de pertinence et de précision dans l'exposé des stratégies pédagogiques et des modes opératoires utilisés ;
- les fonctionnalités de base des logiciels tableurs (tracé de courbe notamment) doivent être maîtrisés ;
- la maîtrise d'un logiciel BIM particulier n'est pas imposée mais les candidats doivent pouvoir mettre en œuvre certaines fonctionnalités élémentaires rencontrées sur ce type d'outil numérique rencontré pendant l'épreuve (modélisation d'un composant, visualisation d'une maquette 3D, réalisation d'une analyse...) en exploitant les assistances proposées pendant l'épreuve (tutoriels, démonstration et assistance du jury ...) ;
- trop de candidats ne connaissent pas la structure des référentiels de formation. Il est indispensable d'étudier plusieurs référentiels représentatifs et leur structure. **Le référentiel des activités professionnelles doit être exploité ;**
- les compétences scientifiques, technologiques, professionnelles et pédagogiques des candidats doivent être suffisamment élevées pour accéder au grade de professeur agrégé.
- les bases des principaux enseignements étudiés lors de cette épreuve doivent être connus (thermique, acoustique, structure, topographie, modélisation et simulation BIM...) ;
- les candidats doivent pouvoir proposer une autre organisation pédagogique que le traditionnel « Cours – TD – TP », ou les « TP tournants ». Les démarches actives, la pédagogie de projet, les apports du numérique éducatif (classe inversée, MOOC ...) et autres activités pédagogiques doivent être exploitées au service de la réussite des élèves ;
- Les candidats doivent valoriser leur expérience mais ils ne doivent pas s'interdire de se projeter dans d'autres situations ou organisation pédagogique ;

- les candidats doivent proposer des outils numériques permettant la différenciation (plateforme d'apprentissage en ligne, scénarisation pédagogique...) l'interactivité pédagogique (outil de pédagogie active, questionnaires interactifs...) et le travail collaboratif (plateforme collaboratives...) ;
- les candidats doivent pouvoir proposer d'autres modalités d'évaluation que le simple compte-rendu de TP noté et l'évaluation finale sur table ;
- les candidats doivent pouvoir proposer des stratégies ou moyens minimaux de différenciation des apprentissages permettant de s'adapter aux besoins des élèves ;
- les candidats doivent pouvoir adapter la pédagogie en fonction de l'origine scolaire des étudiants (parcours de consolidation, accompagnement personnalisé...) ;
- les candidats doivent pouvoir expliciter la **priorisation de certains objectifs**, proposer une stratégie de développement progressif des compétences, et proposer des modalités explicites de suivi des progrès des élèves.

IV.Épreuve sur dossier

Présentation de l'épreuve

- Durée de la préparation des moyens de l'exposé : 30 minutes
- Durée totale de l'épreuve : 1 heure (présentation : 30 minutes maximum, entretien avec le jury : 30 minutes)
- Coefficient : 2

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

L'épreuve a pour but de vérifier que le candidat est capable de rechercher les supports de son enseignement dans le milieu économique et d'en extraire des exploitations pertinentes pour son enseignement en cycle terminal du lycée, en classes préparatoires aux grandes écoles, en sections de techniciens supérieurs et instituts universitaires de technologie.

Le dossier présenté par le candidat est relatif à un système pluritechnologique dont la dominante est choisie par le candidat. Son authenticité et son actualité sont des éléments décisifs. 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 de son 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 totalement le fonctionnement et les évolutions potentielles. Lors de la présentation, il est attendu du candidat qu'il justifie le choix du support d'études et les investigations conduites qui pourraient, selon lui, donner lieu à des exploitations pertinentes.

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. Les dossiers doivent être déposés sur une plateforme numérique dédiée selon un calendrier indiqué après les épreuves d'admissibilité.

Résultats

Agrégation interne et CAER	
Moyenne	7,59
Note minimale	1,55
Note maximale	19,43
Écart type	4,88

Commentaires et conseils aux futurs candidats

Le support d'étude et l'élaboration du dossier

Le support du dossier, issu du milieu professionnel, doit être en lien avec les activités de l'ingénierie des constructions. Le jury attend une présentation argumentée, claire et concise sur le choix du support. Lors de cette session, la présentation des dossiers a été d'une qualité très variable. Le jury regrette le choix de certains dossiers qui commencent à dater. Une réalisation récente est attendue pour permettre de proposer des problématiques sociétales et des solutions techniques actuelles. Aucun modèle type n'est attendu du jury dans la structuration de la soutenance, cette liberté doit permettre au candidat de montrer ses capacités de synthèse et d'organisation des informations.

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

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

Voici quelques conseils pour la rédaction du dossier écrit :

- le dossier commence par une page de garde contenant, entre autres, un titre, le nom du candidat et son numéro d'inscription ;
- le numéro d'inscription du candidat est rappelé en pied de page ;
- un sommaire et une pagination associée sont présents au début du dossier ;
- les plans de l'ouvrage support du dossier (propres et cotés) sont placés en annexe ;
- des liens hypertextes peuvent être utilisés pour les annexes ;
- le plan du dossier peut avantageusement dégager trois parties :
 - la première partie contextualise et justifie l'intérêt du dossier support choisi ;
 - la seconde partie développe les aspects techniques et scientifiques. Une problématique technique globale et réelle doit être posée avant tout développement scientifique ;
 - ⊕ une troisième partie explique les potentialités pédagogiques du dossier tant au niveau STI2D que STS et IUT voire CPGE, en veillant à ce que la spécialité soit une de celles potentiellement enseignées par un agrégé SII en ingénierie des constructions. Il est attendu du candidat une présentation de l'articulation des séances présentées avec les autres disciplines enseignées au lycée. Une exploitation pédagogique au choix du candidat doit être plus particulièrement détaillée.

Le candidat doit préciser les contacts professionnels qu'il a développés grâce à ce travail.

Le choix des problématiques

Les problématiques doivent être définies en lien avec les enjeux sociétaux actuels. Le jury conseille aux candidats :

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

Les développements scientifiques et techniques

Les développements scientifiques et technologiques attendus doivent être de niveau Master 2 dans l'option choisie et s'appuyer sur des outils numériques pertinents propres au domaine.

Le jury regrette chez certains candidats la pauvreté et l'absence de justesse des développements scientifiques et technologiques au niveau de l'agrégation. Les hypothèses d'études et de modélisation ne sont pas clairement définies, ce qui conduit parfois à des incohérences d'analyse. Le jury a constaté la présence de dossiers sans aucun apport scientifique ni technologique. Une simple description de l'ouvrage ou du chantier n'est pas suffisante. De même, un travail ne s'appuyant pas sur un ouvrage concret est « hors sujet ». La modélisation mobilisant le BIM (Building Information Model) est vivement encouragée. Les candidats doivent veiller à proposer des dossiers dont les ressources et informations obtenues en entreprise sont suffisamment riches pour justifier les calculs et les solutions technologiques choisies.

Le jury conseille au candidat :

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

- de prendre un soin particulier à l'orthographe et aux conventions typographiques (notamment à l'écriture des unités de mesure).

L'aspect pédagogique

Les exploitations pédagogiques ainsi que les thèmes développés doivent montrer l'intérêt du dossier technique support choisi. Le candidat doit proposer une séquence pédagogique en lien avec les formations de l'ingénierie des constructions et avec les études scientifiques et techniques du dossier. Le jury peut 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.

Le jury regrette que certains candidats présentent une exploitation pédagogique qui ne s'appuie pas sur les développements scientifiques et techniques du dossier.

Dans sa partie pédagogique, le dossier doit présenter des propositions. Au moins une d'entre elles doit faire l'objet d'un développement conséquent, il est attendu une séquence pédagogique complète. 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 doit être corrélée à la problématique proposée dans la partie étude scientifique et technique. Le cadencement des séances, leurs durées, les prérequis, les objectifs, les modalités d'évaluation doivent être précisés et des documents élève doivent être présentés. Cette partie doit montrer une bonne maîtrise des programmes et des méthodes d'apprentissage. Le jury attend de voir comment les activités envisagées permettent d'engager les élèves pour les rendre acteurs de leur apprentissage notamment au travers d'expérimentations mobilisant les compétences ciblées.

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 ;
- de préciser les objectifs pédagogiques et d'être attentif à leur formulation ;
- d'identifier les difficultés prévisibles afin de scénariser la séquence et choisir la démarche pédagogique la plus adaptée ;
- situer leur séquence pédagogique dans un contexte d'enjeux de société actuels (transition écologique, inclusion, citoyenneté numérique...) ;
- de privilégier les activités pédagogiques utilisant un problème technique réel posé par le support ;
- de proposer les exploitations pédagogiques dans le respect des référentiels et des préconisations pédagogiques ;
- de proposer l'ensemble des éléments constituant une séquence pédagogique : fiche descriptive, compétences ciblées et connaissances associées, activités des élèves, documents élèves...
- de proposer des liens avec d'autres disciplines (STEM, co-enseignements, ...) ;
- de proposer les modalités d'évaluation et de remédiation envisagées ;
- mettre en avant l'utilisation des outils numériques à des fins pédagogiques (ENT, plateforme collaborative, MOOC, ...).

L'expression et la communication

La qualité du dossier et le respect des règles qui lui sont imposées (nombre de pages, date d'envoi) montrent la maîtrise par le candidat des outils de la communication écrite et la façon dont il s'inscrit dans un cadre institutionnel. Les annexes doivent se limiter aux éléments essentiels à la compréhension du dossier.

La prestation du candidat, à l'oral, permet au jury d'évaluer sa maîtrise des compétences de communication dans une classe et exercer de manière efficace et sereine sa fonction de professeur. Lors de la présentation orale, le jury regrette que certains candidats ne respectent pas les codes d'une soutenance orale (ne pas tourner le dos à l'auditoire, ne pas lire le diaporama, ne pas masquer le tableau...).

Lors de sa présentation, le candidat ne peut pas utiliser d'objets, de maquettes ni d'autres supports matériels. Les supports de présentation (diaporama, vidéo, animation, maquette numérique 3D, ...) doivent permettre de saisir pleinement les développements scientifiques, techniques et pédagogiques.

Lors des échanges avec le jury, seuls les supports utilisés durant la présentation sont autorisés.

Les questions posées par le jury permettent d'approfondir quelques-unes des informations données par le candidat, dans le dossier autant que dans l'exposé, et de renforcer au sein du jury la conviction que l'exploitation du dossier présenté résulte bien d'un travail personnel. Durant la discussion avec le jury, le candidat doit s'engager pleinement dans l'échange et éviter les réponses évasives, courtes et non étayées.

Durant la phase de préparation, les candidats doivent :

- profiter des temps de préparation, qui ne sont pas des temps d'attente ; en particulier, ouvrir les fichiers annexes (CAO, vidéo, BIM...) qui seront utilisés lors de la présentation ;
- préparer des documents multimédias adaptés à une soutenance d'une durée fixée ;
- préparer des animations aidant à comprendre le fonctionnement.

Pour la partie orale, le jury invite les candidats à :

- se présenter brièvement, la présentation du parcours du candidat n'est pas nécessaire ;
- présenter précisément ce qui a été produit par le candidat ;
- limiter le nombre de diapositives ;
- adopter une posture professionnelle (capacité à prendre en compte un point de vue différent, qualité d'écoute...).

