



**MINISTÈRES
ÉDUCATION
JEUNESSE
SPORTS
ENSEIGNEMENT
SUPÉRIEUR
RECHERCHE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Direction générale des ressources humaines

RAPPORT DU JURY

SESSION 2025

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 2025	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.....	39
III. Activité pratique et exploitation pédagogique relatives à l'approche spécialisée d'un système pluritechnologique	39
IV. Épreuve sur dossier	46

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 2025 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 23 avril au 25 avril 2025. 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 2025

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
133	7	70	15	14	7
Moyenne obtenue aux épreuves écrites par le premier candidat admissible					13,34
Moyenne obtenue aux épreuves écrites par le dernier candidat admissible					9,88
Moyenne obtenue aux épreuves écrites et orales par le premier candidat admis					14,29
Moyenne obtenue aux épreuves écrites et orales par le dernier candidat admis					10,25

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					13,81
Moyenne obtenue aux épreuves écrites par le dernier candidat admissible					9,9
Moyenne obtenue aux épreuves écrites et orales par le premier candidat admis					10,73
Moyenne obtenue aux épreuves écrites et orales par le dernier candidat admis					10,73

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 2025 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	7,59
Note minimale	1,65
Note maximale	14,38
Ecart type	2,69

CAER-agrégation	
Moyenne	8,75
Note minimale	6,12
Note maximale	13,4
Ecart type	2,21

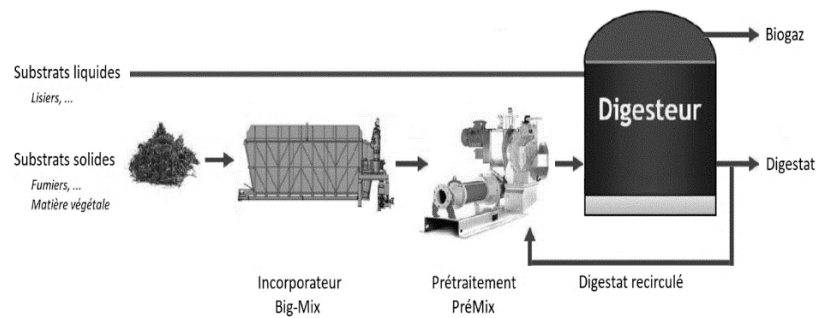
Présentation du sujet

Le sujet de la session 2025 a pour support « *l'unité de méthanisation de Val de Briey (54 – Meurthe et Moselle)* ».



Le sujet a pour but de valider le dimensionnement des équipements permettant de procéder à l'introduction des matières dans le digesteur au moyen d'un procédé d'introduction dit « en infiniment mélangé », de déterminer la consommation énergétique du système de brassage à l'intérieur des digesteurs, et de valider une solution permettant de réduire la part autoconsommée de biogaz dans les digesteurs.

La dernière partie du sujet permet aux candidats de réinvestir les problématiques abordées afin de construire une séquence pédagogique visant à optimiser une production de biogaz.



Les auteurs remercient **Monsieur Christian BAUSCH** pour l'ensemble des données communiquées.

Éléments de correction

Partie 1 : Comment procéder à l'introduction des substrats solides dans le digesteur ?

Question 1 :

Approvisionnement annuel de l'unité de méthanisation de Val de Brie										
Substrats		Répartition des substrats %	Quantité de matière brute [tMB/an]	Teneur en matière Sèche [%MS]	Taux de matière Volatile [%MV]	Taux de biogaz [Nm³Biogaz / tMB]	Production de biogaz [Nm³Biogaz]	Potentiel méthanogène (PBM) [Nm³CH₄ / tMV]	Production de biométhane (sans autoconsommation) [Nm³CH₄]	Répartition de la production du CH₄ par substrat %
Effluents d'élevage	Effluents d'élevage solides (fumier de bovin et équin)	57%	17 476	24%	81%	78,0	1 363 144	219	744 016	50%
	Effluents d'élevage liquides (lisier, purin, eau de lavage et jus de silos)	16%	4 906	4%	49%	12,5	61 320	293	28 174	2%
Matières végétales agricoles	Ensilage de céréales, maïs et paille	12%	3 679	36%	94%	193,5	711 925	302	375 982	25%
	Cultures intermédiaires à vocation énergétique (ensilage de seigle, intercultures)	15%	4 599	27%	87%	123,5	567 977	314	339 216	23%
Bilan	Substrats solides	84%	25 754	26,3%	83,9%	102,6	2 643 045	247,8	1 459 214	98%
	Substrats liquides	16%	4 906	4,0%	49,0%	12,5	61 320	293,0	28 174	2%
	Substrats	100%	30 660	22,7%	78,3%	88,2	2 704 365	255,1	1 487 388	100%

Les substrats d'origine végétale représentent 27% de la matière entrante et 48% du méthane produit car ils ont une forte teneur en matière sèche, sont riches en matière organique et disposent d'un potentiel méthanogène élevé.

La teneur en matière sèche des substrats solides (26,3%) est supérieure à la teneur en matière sèche (20%) acceptée dans le procédé de transformation par « voie liquide en infiniment mélangé » d'où la nécessité d'un prétraitement permettant de diluer la matière sèche avec une recirculation du digestat.

Question 2 :

D'après le tableau sur le DR1, 2 704 365 Nm³Biogaz sont produits annuellement pour une production potentielle de 1 487 415 Nm³CH₄ (biométhane) soit un rapport de 0,55 Nm³Biogaz/Nm³CH₄.

$$\text{Injection de biométhane sur le réseau de gaz} = \frac{2704365 \times 0,9 \times 0,55}{365 \times 24} = 152,8 \text{ Nm}^3\text{CH}_4.\text{h}^{-1}$$

Question 3 :

D'après le DR1, l'approvisionnement annuel des substrats solides est de 25 754 tonnes soit une ration quotidienne de 70,56 tonnes de matières brutes correspondant à un volume de 100,8 m³.

Avec un volume de chargement de 103 m³, le modèle V100/400 permet un seul chargement quotidien.

Question 4 :

Le temps de fonctionnement de la pompe de transfert pour la recirculation du digestat dans le digesteur n°1 est de 21 min sur un cycle de 58 min soit 36,2% du temps de cycle.

La pompe de transfert fonctionnant 55,4% du temps par jour, le temps de fonctionnement dédié à la recirculation du digestat dans le digesteur n°1 est égal à 55,4% x 36,2% x 24h = 20% x 24h = 4h 48min par jour (ou 4,8 h/j)

La pompe de l'alimentateur Prémix fonctionne pour les apports successifs dans les deux digesteurs selon le cycle de transfert. Le temps de fonctionnement de la pompe du Prémix dédié à l'apport dans le digesteur n°1 correspond à la moitié du temps de fonctionnement de la pompe soit (40% / 2) x 24h = 20% x 24h = 4h 48min par jour.

Les deux pompes fonctionnant simultanément pour l'apport de la ration dans le digesteur n°1, il est donc normal qu'elles aient le même temps de fonctionnement.

Question 5 :

Calcul du débit Q_{v1} :

$$\text{Ration quotidienne de substrats solides par digesteur : } M_1 = \frac{84\% \times 84\,000}{2} = 35\,280 \text{ kg}$$

$$\text{Volume quotidien de substrats solides dans un digesteur : } V_1 = \frac{35280}{750} = 47 \text{ m}^3$$

$$Q_{v1} = \frac{47}{4,8} = 9,8 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$$

Calcul du débit Q_{v2} :

$$\text{Volume quotidien de digestat recirculé dans un digesteur : } V_2 = 6,7\% \times 2090 = 140 \text{ m}^3$$

$$Q_{v2} = \frac{140}{4,8} = 29,2 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$$

Calcul du débit Q_{v3} :

$$Q_{v3} = Q_{v1} + Q_{v2} = 39 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$$

Question 6 :

$$\% MS = \frac{m_1 \times \% MS_1 + m_2 \times \% MS_2}{m_1 + m_2}$$

$$\% MS = \frac{(42000 \times 0,84) \times 26,3\% + (2092 \times 0,067 \times 960) \times 8\%}{42000 \times 0,84 + (2092 \times 0,067 \times 960)}$$

$$\% MS = \frac{35280 \times 26,3\% + 134457 \times 8\%}{35280+134457} = \frac{9279 + 10765}{35280+134457} = \frac{20043}{169737} = 11,8\%$$

$$\rho_{mél} = \frac{m_1+m_2}{V_1+V_2} = \frac{35280 + (960 \times 140)}{47+140} = 907 \text{ kg.m}^{-3}$$

Calcul de la température en sortie du Prémix avec des capacités thermiques massiques équivalentes :

$$T_{mél} = \frac{m_1 \times T_1 + m_2 \times T_2}{m_1+m_2} = \frac{35280 \times 34^\circ\text{C} + (140 \times 960) \times 40^\circ\text{C}}{35280+(140 \times 960)} = 38,75^\circ\text{C}$$

Calcul de la température en sortie du Prémix avec des capacités thermiques volumiques équivalentes :

$$T_{mél} = \frac{V_1 \times T_1 + V_2 \times T_2}{V_1+V_2} = \frac{47 \times 34^\circ\text{C} + 140 \times 40^\circ\text{C}}{187} = 38,5^\circ\text{C}$$

Le digestat recirculé mélangé avec le substrat solide permet d'introduire dans les digesteurs une matière avec une teneur en matière sèche (11,8%) comprise entre 5% et 20% donc compatible avec le procédé « voie liquide en infiniment mélangé ».

Question 7 :

Diamètre intérieur du tube : $D_{int} = 219,1 - (2 \times 3,76) = 211,58 \text{ mm}$

Section intérieure du tube : $S = \pi \times \frac{D_{int}^2}{4} = \pi \times \frac{(211,58 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 0,03516 \text{ m}^2 = 351,6 \text{ cm}^2$

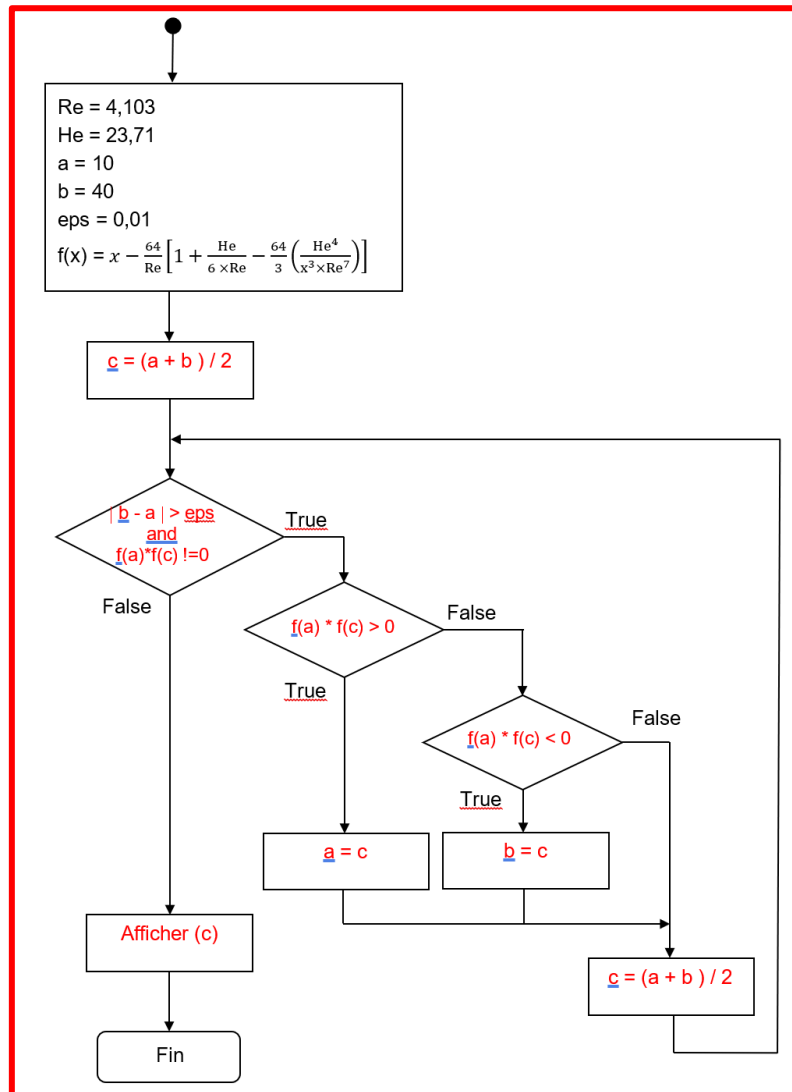
$$v_3 = \frac{Q_{v3}}{S} = \frac{\frac{39}{3600}}{0,03516} = 0,308 \text{ m.s}^{-1}$$

Question 8 :

Viscosité apparente lue sur abaque : $\mu = 20 \text{ Pa.s}$

Contrainte de cisaillement lue sur abaque : $\tau = 230 \text{ Pa}$

Question 9 :



```

Dichotomie v1.py
1 Re = 2.955
2 He = 23.35
3 def f(x):
4     return x-64/Re*(1+He/(6*Re)-64/3*(He**4/(Re**7*x**3)))
5 def dichotomie(f, a, b, eps):
6     while abs(b - a) > eps:
7         c = (a + b) / 2
8         if f(a) * f(c) <= 0:
9             b = c
10        else:
11            a = c
12    return (a + b) / 2
13 print(dichotomie(f, 20, 100, 0.01))

En cours d'exécution: Dichotomie v1.py
49.6142578125
>>>
  
```

```

1 Re = 2.955
2 He = 23.35
3 a = 20
4 b = 100
5 eps = 0.01
6 def f(x):
7     return x-64/Re*(1+He/(6*Re)-64/3*(He**4/(Re**7*x**3)))
8 c = (a + b) / 2
9 while abs(b - a) > eps and f(a) * f(c) != 0:
10    if f(a) * f(c) > 0:
11        a = c
12    else:
13        if f(a) * f(c) < 0:
14            b = c
15    c = (a + b) / 2
16 print(c)

En cours d'exécution: Dichotomie v2.py
49.6142578125
>>>
  
```

Question 10 :

Perte de charge linéique : $j = \Lambda \times \frac{\rho \times v^2}{2 \times D} = 49,6 \times \frac{907 \times 0,308^2}{2 \times 0,21158} = 10085 \text{ Pa} \cdot \text{m}^{-1}$

Pertes de charge totale : $\Delta P_{\text{réseau}} = (j \cdot L) + \sum \left[\zeta \times \frac{\rho \times v^2}{2} \right]$

Avec : $L = 568 + 1946 + 1019 + 7535 + 6448 + 1531 + 1875 + 575 + 250 = \mathbf{21,747 \text{ m}}$

$\sum[\zeta] = 4 \times 0,3 + 2 \times 0,5 + 1,5 + 3 \times 1 = \mathbf{6,7}$

$$\Delta P_{\text{réseau}} = \left(10085 \times 21,747 + 6,7 \times \frac{907 \times 0,308^2}{2} \right) = 219600 \text{ Pa}$$

Question 11 :

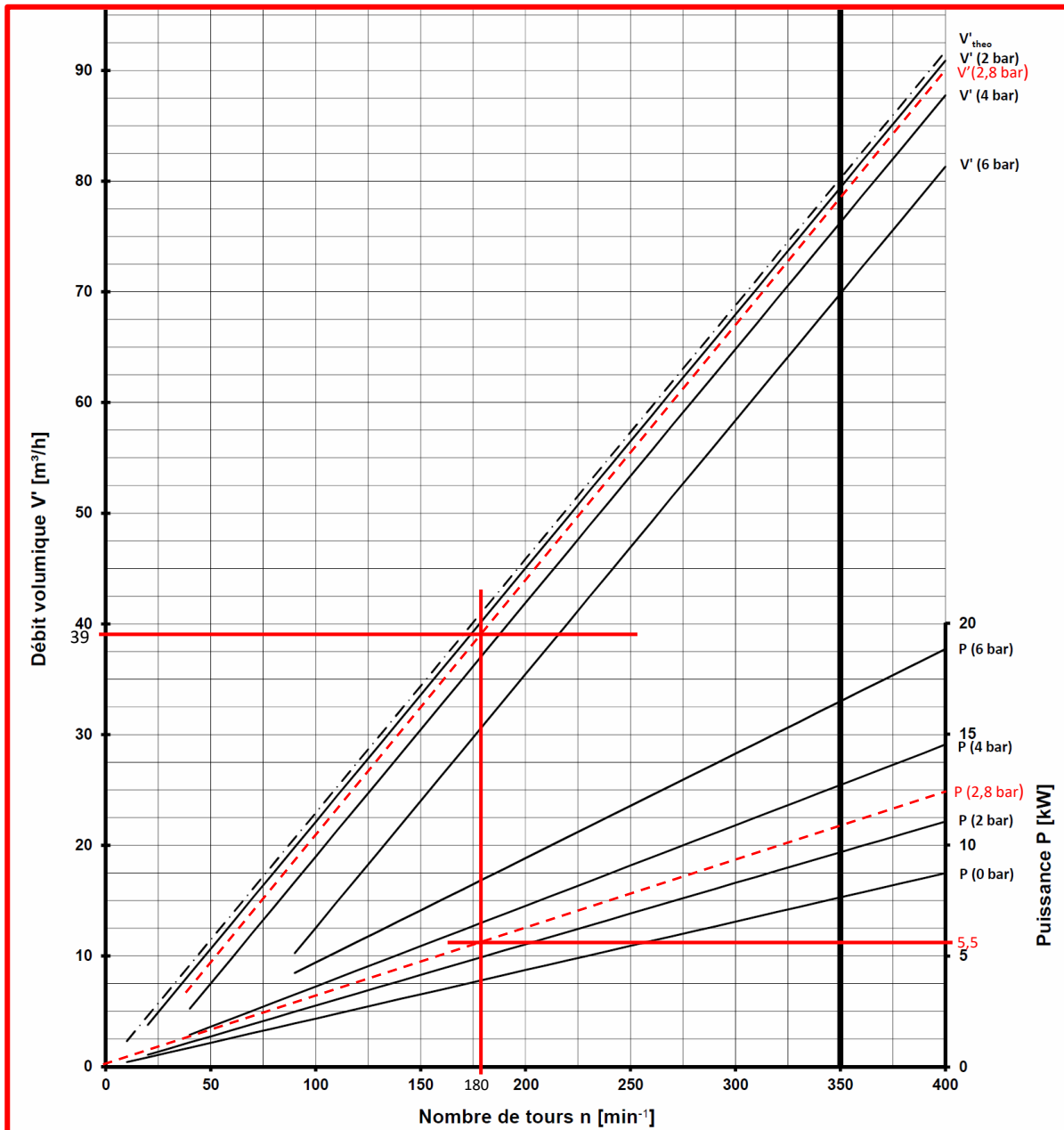
$1 \text{ bar} = 1.10^5 \text{ Pa}$

$$\Delta P_{\text{pompe}} = \Delta P_{\text{réseau}} + (P_2 - P_1) + \rho \cdot g \cdot (z_2 - z_1) + \frac{\rho \cdot (v_2^2 - v_1^2)}{2}$$

$$\Delta P_{\text{pompe}} = 219\,600 + (0 - 0) + 907 \times 9,81 \times (5,5 - (-1)) + 0$$

$$\Delta P_{\text{pompe}} = 277\,400 \text{ Pa} = 2,774 \text{ bars}$$

Question 12 :



$$P_{\text{hydraulique}} = \Delta P_{\text{pompe}} [\text{Pa}] \times Q_{V3} [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}] = 2,8 \cdot 10^5 \times \frac{39}{3600} = 3\,033 \text{ W}$$

$$P_{\text{arbre_pompe}} = 5\,500 \text{ W}$$

$$N_{\text{arbre_pompe}} = 180 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\text{Rendement de la pompe : } \eta_{\text{Pompe}} = \frac{3\,033}{5\,500} = 55\%$$

Question 13 :

Puissance nominale du moteur : $P_N = 15 \text{ kW}$

Puissance utile du moteur : $P_U = \frac{5500}{0,98} = 5612 \text{ W}$

Taux de charge du moteur = $\frac{5612}{15\,000} = 37,4\%$

Rendement du moteur par lecture dans le tableau constructeur : $\eta_{1/2 \times P_N} = 0,923$

Rendement global de l'ensemble "moto-réducteur + pompe" :

$$\eta_{\text{Global}} = \eta_{1/2 \times P_N} \times \eta_{\text{Réducteur}} \times \eta_{\text{Pompe}} = 0,923 \times 0,98 \times 0,55 = 0,497$$

Question 14 :

Puissance absorbée lors de l'alimentation d'un digesteur :

$$P_{\text{abs}} = \frac{P_{\text{hydraulique}}}{\eta_{\text{Global}}} = \frac{3033}{0,497} = 6103 \text{ W}$$

La pompe fonctionne 40% du temps.

Énergie consommée = $6103 \times 40\% \times 24 \times 365 = 21383 \text{ kW.h}$

La pompe de l'alimentateur Prémix est un petit consommateur car il représente seulement 1,55% de l'énergie globale de l'installation.

Cette énergie n'est pas complètement perdue car, en plus de l'introduction de la matière solide par mélange au digestat recirculé, elle contribue au réchauffement de la matière en décomposition par son brassage (6,7% du volume des digesteurs recirculé par jour).

Partie 2 : Comment déterminer la consommation énergétique du système de brassage du digesteur ?

Question 15 :

$$\overrightarrow{V_{M \in 3/0}} = \frac{d\overrightarrow{AM}}{dt} \Big|_{R_0} = (a + y) \cdot \frac{d\overrightarrow{y_1}}{dt} \Big|_{R_0} = (a + y) \cdot \left(\frac{d\overrightarrow{y_1}}{dt} \Big|_{R_1} + \overrightarrow{\Omega_{1/0}} \wedge \overrightarrow{y_1} \right) = -\dot{\theta} \cdot (a + y) \cdot \overrightarrow{x_1}$$

Question 16 :

$$\overrightarrow{dM_{O, \text{digestat/plaque}}} = \overrightarrow{OM} \wedge \overrightarrow{dF_{\text{digestat/plaque}}}$$

$$\overrightarrow{dM_{O, \text{digestat/plaque}}} = y \cdot \overrightarrow{y_1} \wedge p(y) \cdot dy \cdot \overrightarrow{x_1}$$

$$\overrightarrow{dM_{O, \text{digestat/plaque}}} = -p(y) \cdot y \cdot dy \cdot \overrightarrow{z_0}$$

Question 17 :

$$\overrightarrow{F_{digestat \rightarrow plaque}} = \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_x \cdot L \cdot \dot{\theta}^2 \cdot (a + y)^2 \cdot dy \cdot \overrightarrow{x_1}$$

$$\overrightarrow{F_{digestat \rightarrow plaque}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_x \cdot L \cdot \dot{\theta}^2 \cdot \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} (a^2 + y^2 + 2 \cdot a \cdot y) \cdot dy \cdot \overrightarrow{x_1}$$

$$\overrightarrow{F_{digestat \rightarrow plaque}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_x \cdot L \cdot \dot{\theta}^2 \cdot \left[a^2 \cdot h + \frac{2 \cdot (h/2)^3}{3} \right] \cdot \overrightarrow{x_1}$$

$$\overrightarrow{F_{digestat \rightarrow plaque}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_x \cdot L \cdot \dot{\theta}^2 \cdot \left[a^2 \cdot h + \frac{h^3}{12} \right] \cdot \overrightarrow{x_1}$$

$$\overrightarrow{M_{O,digestat \rightarrow plaque}} = - \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_x \cdot L \cdot \dot{\theta}^2 \cdot y \cdot (a + y)^2 \cdot dy \cdot \overrightarrow{z_0}$$

$$\overrightarrow{M_{O,digestat \rightarrow plaque}} = - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_x \cdot L \cdot \dot{\theta}^2 \cdot \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} (a^2 \cdot y + y^3 + 2 \cdot a \cdot y^2) \cdot dy \cdot \overrightarrow{z_0}$$

$$\overrightarrow{M_{O,digestat \rightarrow plaque}} = - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_x \cdot L \cdot \dot{\theta}^2 \cdot \frac{a \cdot h^3}{6} \cdot \overrightarrow{z_0}$$

Question 18 :

$$\overrightarrow{M_{A,digestat \rightarrow plaque}} = \overrightarrow{M_{O,digestat \rightarrow plaque}} + \overrightarrow{AO} \wedge \overrightarrow{F_{digestat \rightarrow plaque}}$$

$$\overrightarrow{M_{A,digestat \rightarrow plaque}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_x \cdot L \cdot \dot{\theta}^2 \cdot \left(\frac{-a \cdot h^3}{6} \cdot \overrightarrow{z_0} + a \cdot \overrightarrow{y_1} \wedge \left(a^2 \cdot h + \frac{h^3}{12} \right) \cdot \overrightarrow{x_1} \right)$$

$$\overrightarrow{M_{A,digestat \rightarrow plaque}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_x \cdot L \cdot \dot{\theta}^2 \cdot \left(\frac{-a \cdot h^3}{6} \cdot \overrightarrow{z_0} - \left(a^3 \cdot h + \frac{a \cdot h^3}{12} \right) \cdot \overrightarrow{z_0} \right)$$

$$\overrightarrow{M_{A,digestat \rightarrow plaque}} = - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_x \cdot L \cdot \dot{\theta}^2 \cdot \left(a^3 \cdot h + \frac{a \cdot h^3}{4} \right) \cdot \overrightarrow{z_0}$$

Soit, pour les 4 plaques de l'arbre de brassage :

$$C_r = \left| 4 \cdot \overrightarrow{M_{A,digestat \rightarrow plaque}} \cdot \overrightarrow{z_0} \right| = 2 \cdot \rho \cdot C_x \cdot L \cdot \dot{\theta}^2 \cdot \left(a^3 \cdot h + \frac{a \cdot h^3}{4} \right)$$

Question 19 :

On applique le **théorème de l'énergie cinétique / théorème de l'énergie puissance** à l'ensemble en mouvement noté Σ .

On nous donne l'inertie équivalente de l'ensemble en mouvement ramenée sur l'arbre de brassage. D'où :

$$E_{c,\Sigma/R_g} = \frac{1}{2} \cdot J_{eq} \cdot \dot{\theta}^2$$

Calcul des puissances :

- Puissances intérieures

$$P_{liaisons} = 0 \quad \text{car on considère ici les liaisons parfaites}$$

- Puissances extérieures

$$P_{moteur} = C_e \cdot \dot{\theta} \quad (\text{prise en sortie du réducteur}) \text{ avec } C_e = C_m \cdot \eta_r \cdot i_{eff}$$

$$P_{digestat/plaque} = -C_r \cdot \dot{\theta}$$

En appliquant le TEC, on obtient :

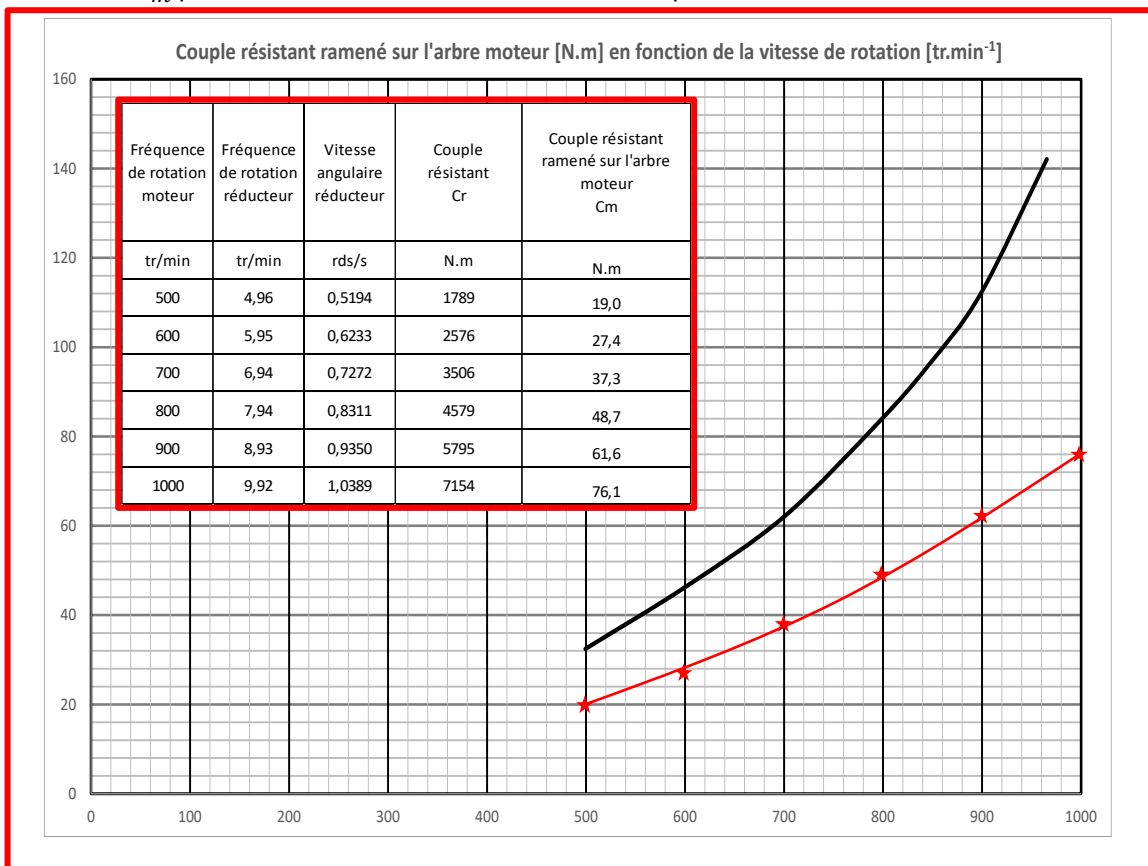
$$J_{eq} \cdot \dot{\theta} \cdot \ddot{\theta} = C_e \cdot \dot{\theta} - C_r \cdot \dot{\theta}$$

$$\text{Donc, en simplifiant : } C_m = \frac{(J_{eq} \cdot \ddot{\theta} + C_r)}{\eta_r \times i_{eff}}$$

Question 20 :

En se plaçant en régime permanent, on obtient : $C_m = \frac{C_r}{\eta_r \times i_{eff}}$

On calcule C_m pour différentes valeurs de $\dot{\theta}$ afin de comparer aux résultats in situ :



L'allure du couple moteur analytique est similaire à celui du couple résistant mesuré ramené sur l'arbre moteur.

Les valeurs obtenues sont plus faibles. Cela peut s'expliquer par les différentes hypothèses effectuées lors de cette étude (liaisons parfaites, pas de prise en compte de frottement visqueux, pas de prise en compte de la surface des tubes en acier pour la force de trainée). Cette dernière hypothèse étant la plus forte étant donnée la dimension des tubes en acier visibles sur le DT9.

Question 21 :

À la vitesse du moteur de 960 tr/min, le couple résistant ramené sur l'arbre du moteur est de 140 N.m pour une puissance utile de 14074 W. Le moteur se trouve donc à la limite de sa puissance nominale (15 kW).

Le système de brassage ayant un profil de couple quadratique, la puissance évolue avec le cube de la vitesse, tout dépassement du point de fonctionnement nominal se traduit par une **surcharge** du variateur et du moteur.

On peut supposer que le constructeur de l'installation limite volontairement la vitesse sachant que le couple résistant peut augmenter avec la consistance de la matière brassée.

Question 22 :

À 850 tr/min et 800 tr/min, le moteur ($P_N = 15\,000\text{ W}$) fonctionne autour de 50% de sa puissance nominale d'où un rendement proche 87%

Puissance absorbée à 850 tr/min :

$$P_{\text{ABS}_850} = \frac{P_{U850}}{87\%} = \frac{8\,500}{87\%} = 9\,770\text{ W (taux de charge = 57\%)}$$

Puissance absorbée à 800 tr/min :

$$P_{\text{ABS}_800} = \frac{P_{U800}}{87\%} = \frac{7\,000}{87\%} = 8\,046\text{ W (taux de charge = 47\%)}$$

Puissance électrique horaire moyenne d'un agitateur :

$$\frac{P_{U\text{ABS}_{850}} \times 15 + P_{U\text{ABS}_{800}} \times 15}{60} = 4\,454\text{ W}$$

$$\text{Puissance d'agitation} = \frac{4\,454 \times 2}{2\,090} = 4,26\text{ W} \cdot \text{m}^{-3} < 8\text{ W} \cdot \text{m}^{-3} \rightarrow \text{recommandation US-EPA respectée}$$

Question 23 :

Consommation électrique annuelle d'un agitateur = $4\,454 \times 24 \times 365 = 39\,017\text{ kW.h}$

Les quatre agitateurs disposés dans les deux digesteurs consomment 156 000 kW.h soit 11,3% de l'énergie globale de l'installation.

Remarques complémentaires :

Cette énergie n'est pas perdue car elle contribue au réchauffement de la matière en décomposition par son brassage.

La puissance électrique absorbée par le moteur d'un agitateur à sa puissance nominale est de 16 722W (= 15 000 / 0,897)

En réduisant la vitesse de brassage de 15 à 20%, la puissance électrique diminue de 42% pour 850 tr/min ($N_{\text{arbre}} = 8,43\text{ tr/min}$) à 52% pour 800 tr/min ($N_{\text{arbre}} = 7,94\text{ tr/min}$) et la puissance mécanique respectivement de 44% à 53%. Le variateur de vitesse permet d'une part de limiter la consommation d'énergie et d'autre réduire les contraintes mécaniques.

Partie 3 : Comment réduire la part d'autoconsommation de biogaz dans les digesteurs ?

Question 24 :

$$R_{TH_{radier}} = \frac{e_{béton}}{S_{radier} \cdot \lambda_{béton}} + \frac{e_{isolant}}{S_{radier} \cdot \lambda_{isolant}}$$

$$R_{TH_{radier}} = \frac{0,15}{\left(\pi \times \frac{22^2}{4}\right) \times 1,4} + \frac{0,08}{\left(\pi \times \frac{22^2}{4}\right) \times 0,035} = 6,295 \cdot 10^{-3} \text{ K.W}^{-1}$$

$$\phi_{radier} = \frac{d\theta}{R_{TH_{radier}}} = \frac{(\theta_{digestat} - \theta_{sol})}{R_{TH_{radier}}}$$

$$\phi_{radier} = \frac{(40 - 8)}{6,295 \cdot 10^{-3}} = \mathbf{5083 \text{ W}}$$

Question 25 :

$$\phi_{parois} = \frac{d\theta}{\sum r} = \frac{(\theta_{digestat} - \theta_{ext})}{\frac{\ln\left(\frac{x_2}{x_1}\right)}{2\pi \times \lambda_{béton} \times h} + \frac{\ln\left(\frac{x_3}{x_2}\right)}{2\pi \times \lambda_{isolant} \times h}} = 2\pi \times h \times \frac{(\theta_{digestat} - \theta_{ext})}{\frac{\ln\left(\frac{x_2}{x_1}\right)}{\lambda_{béton}} + \frac{\ln\left(\frac{x_3}{x_2}\right)}{\lambda_{isolant}}}$$

Avec :

$$x_1 = \frac{D_{int}}{2} = 11 \text{ m} \quad x_2 = \frac{D_{int}}{2} + e_{béton} = 11,23 \text{ m} \quad x_3 = x_2 + e_{isolant} = 11,33 \text{ m}$$

$$\phi_{parois} = 2\pi \times 6 \times \frac{(40 - (-15))}{\frac{\ln\left(\frac{11,23}{11}\right)}{1,4} + \frac{\ln\left(\frac{11,33}{11,23}\right)}{0,035}}$$

$$\phi_{parois} = \mathbf{7735 \text{ W}}$$

Question 26 :

$$\phi_{matière} = C_{m0} \times \Delta\theta \times Q_m$$

$$\phi_{matière} = 3220 \times (40 - 38,5) \times 1,96 = 9\,467 \text{ W par digesteur}$$

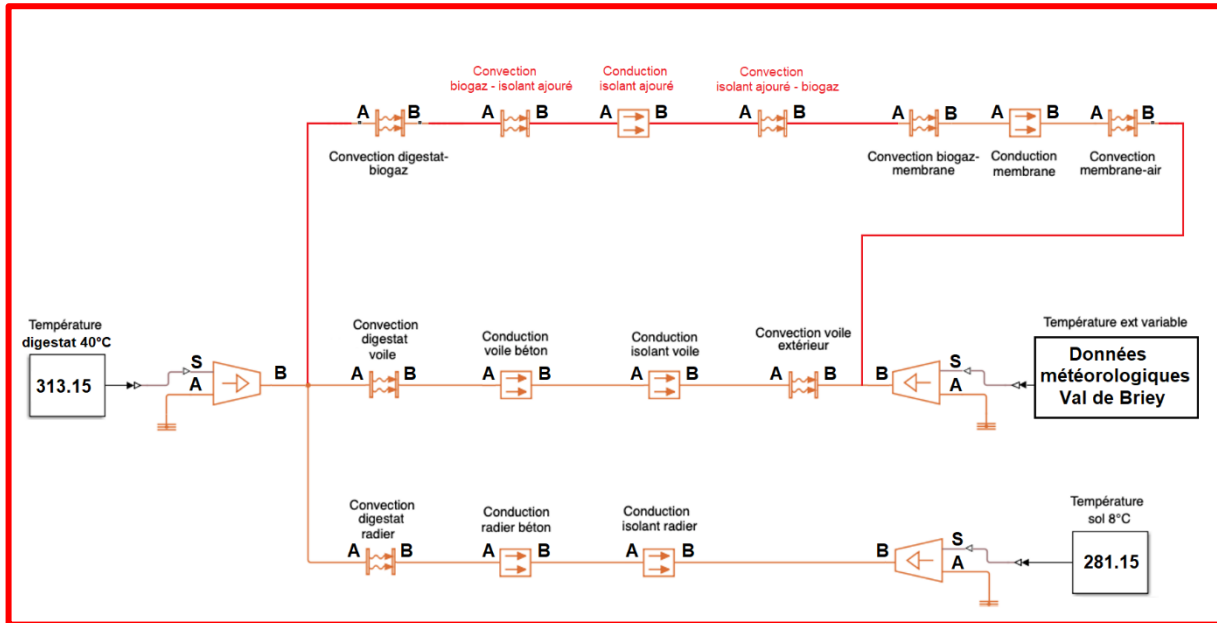
Question 27 :

Les courbes sont inversement symétriques car la puissance varie de manière inversement proportionnelle à la température extérieure.

Obtention du volume de biogaz autoconsommé :

1. Intégrer la puissance nécessaire par le temps pour obtenir la consommation d'énergie nécessaire au chauffage ($P \times t = \dots \text{ kWh}$),
2. Pondérer ce résultat par le rendement global de l'installation de chauffage des digesteurs ($R_g = 85 \%$) pour obtenir la consommation d'énergie du système de chauffage.
3. Convertir cette énergie du système de chauffage en Nm^3 à l'aide du PCI du Biogaz ($\text{PCI}_{\text{biogaz}} = 5,5 \text{ kWh} \cdot \text{Nm}^{-3}$) pour obtenir le volume de biogaz autoconsommé.

Question 28 :



Question 29 :

Résolution par graphique :

Volume de biogaz autoconsommé lu sur la courbe = 123 000 Nm³

Production annuelle de biogaz du site de méthanisation : 2 704 365 Nm³

Proportion de biogaz autoconsommé = $\frac{123\,000}{2\,704\,365} = 4,5\%$

L'exigence 1.3.4.1.1 fixe un « Objectif visé : 5% d'autoconsommation du biogaz produit pour le chauffage du digesteur et du post-digesteur ».

Avec une autoconsommation de 4,5%, l'exigence est bien vérifiée.

Question 30 :

Calcul simplifié :

Efficacité énergétique du site = (Energie produite de biogaz – énergie perdue par autoconsommation – énergie électrique) / Energie produite de biogaz

Efficacité énergétique du site = $\frac{(2\,704\,365 - 123\,000) \times 5,5 - 1\,376\,109}{2\,704\,365 \times 5,5} = 86,2\%$

Conclusion : On observe une efficacité élevée pour un site de production d'énergie (en comparaison avec d'autres sites de production comme le nucléaire par exemple).

Calcul rigoureux (non attendu car des données non fournies) :

Efficacité énergétique du site = (énergie valorisée du biométhane injecté – énergie électrique) / énergie produite de biogaz

Avec :

Énergie valorisée du biométhane injecté = production de biogaz épurable X teneur de CH₄ dans le biogaz X rendement épuratoire X PCI méthane / %CH₄ dans le biométhane

Production de biogaz épurable = production de biogaz – biogaz autoconsommé – 4% de biogaz détruit par torchère

$$= (2\,704\,365 - 123\,000) \times (1 - 4\%)$$

$$= 2\,478\,110 \text{ N.m}^3$$

$$\text{Énergie valorisée du biométhane injecté} = \frac{2\,478\,110 \times 0,55 \times 99,2\% \times 9,96}{97,3\%}$$

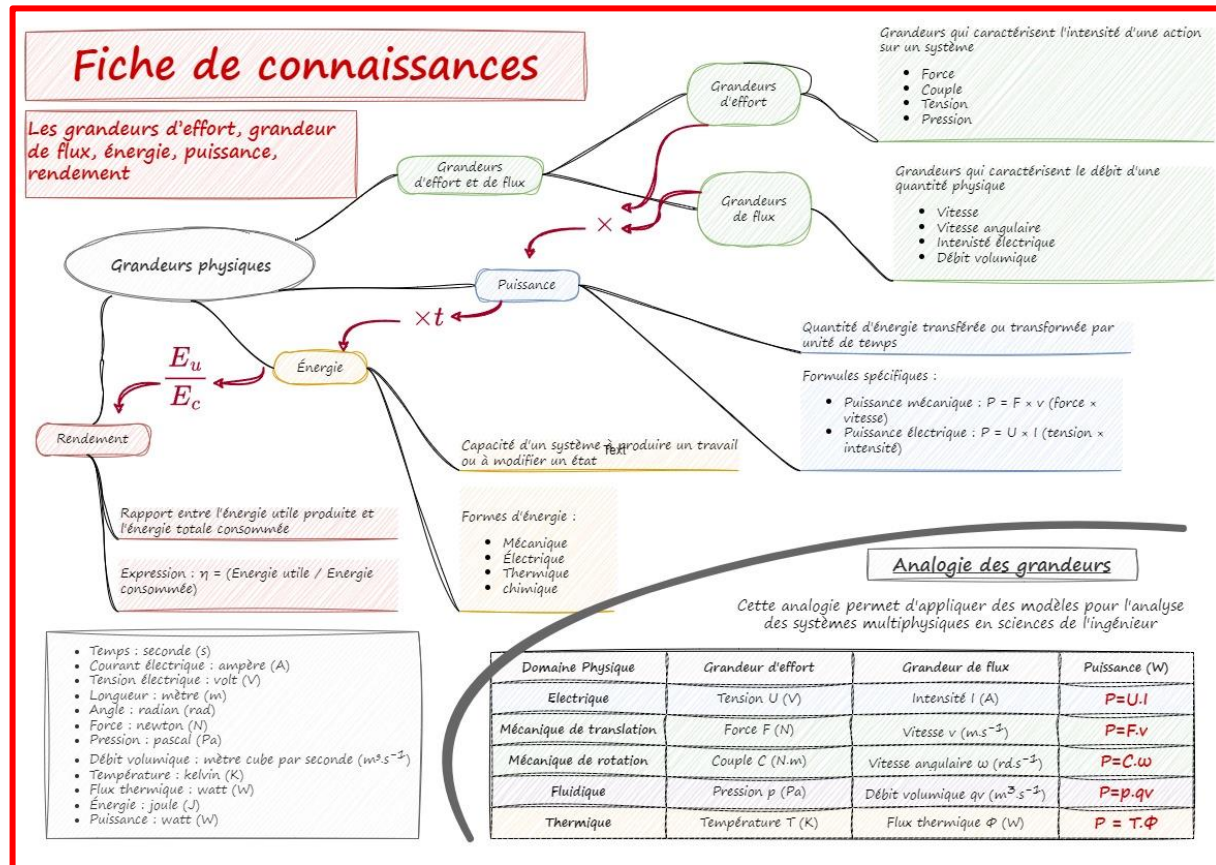
$$= 13\,840\,170 \text{ kWh PCI}$$

$$\text{Efficacité énergétique du site} = \frac{13\,840\,170 - 1\,376\,109}{2\,704\,365 \times 5,5} = 83,8\%$$

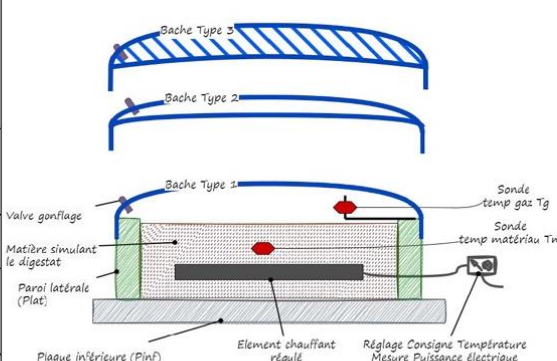
Partie 4 : Concevoir une séquence pédagogique à partir d'une problématique industrielle de production biogaz

Question 31 :

Question 32 :



Question 33 :

Identification du protocole <i>Influence des caractéristiques de la bâche sur les performances thermiques du système</i>	Schéma du dispositif expérimental 	Protocole expérimental 1. Chauffer le matériau (équivalent digestat) à une température de 40°C 2. Stopper la chauffe 3. Mesurer les températures de gaz et matériau jusqu'à stabilisation 4. Effectuer le cycle pour chaque type de bâche
Problématique, Question scientifique <i>Comment la résistance thermique de la bâche influence sur l'évolution des températures du gaz et du matériau ?</i>		
Hypothèse <i>Si la bâche est davantage isolante alors l'énergie consommée sera plus faible</i>		
Paramètres variables <i>Conductivité thermique bâche</i>		
Paramètres contrôlés <i>Température élément chauffant (Tc) Température extérieure</i>		
Paramètres observés <i>Temp gaz (Tg) Temp Matériau (Tm)</i>		
Matériels <i>Enceinte thermique Sondes de température Élément chauffant Différents types de bâche</i>	Traitement des résultats <i>Représenter les courbes de température (après conversion si nécessaire) des différentes bâches. Conclure sur l'hypothèse proposée</i>	

Question 34 :

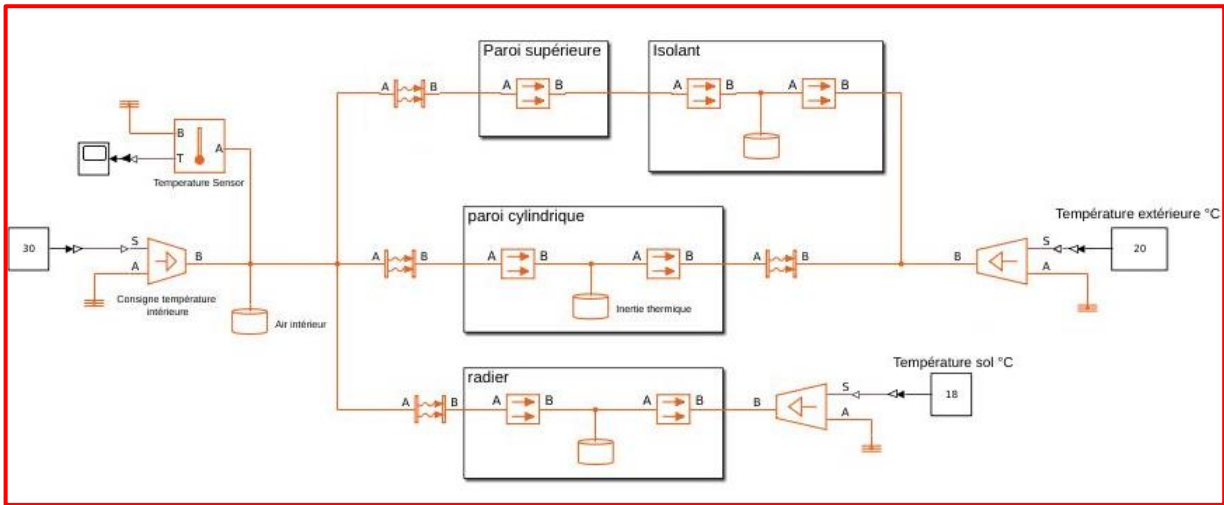
Compétences développées	Connaissances associées	Indicateurs (exemples)
Conduire des essais en toute sécurité à partir d'un protocole expérimental fourni	Règle de raccordement des appareils de mesure et des capteurs	Les essais sont menés en toute sécurité en respectant le protocole.
Prévoir l'ordre de grandeur de la mesure	Gamme d'appareils de mesure et capteurs	Les appareils de mesure et capteurs sont choisis de manière pertinente au regard des grandeurs physiques à mesurer.
Identifier les erreurs de mesure		L'interprétation des résultats, prenant en compte les incertitudes, est cohérente et pertinente.
Rendre compte de résultats	Tableau, graphique, diaporama, carte mentale	Les outils de représentation sont correctement décodés. La description des essais est compréhensible. Les résultats sont présentés et commentés de manière simple et rigoureuse.

Question 35 :

Paramètres variables : Caractéristiques bâche

Paramètres contrôlés : Température éléments chauffant 40°C puis 0°C

Paramètres observés : température matériau (T_m) ; température gaz (T_g)



Méthodologie :

- Modifier les paramètres internes et externes du modèle multiphysique afin qu'ils correspondent à l'expérimentation ;
- Réaliser plusieurs expérimentation et simulation en faisant varier les paramètres souhaités ;
- Comparer les résultats ;
- Modifier le modèle multiphysique si besoin afin de réduire les écarts ;
- Valider le modèle multiphysique ;
- Modifier les paramètres du modèle multiphysique afin qu'ils correspondent au système réel ;
- Réaliser plusieurs simulations ;
- Analyser les résultats

Commentaires du jury

Le sujet est structurellement long. Les trois premières parties ont un poids équivalent en termes de notation. 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, à une rédaction trop importante 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. Une grande majorité a su identifier la problématique liée à l'introduction des intrants solides dans les digesteurs, mais peu font preuve de rigueur dans l'aspect calculatoire et les unités permettant d'obtenir les résultats escomptés. À noter que cette partie

comportait également un questionnaire en relation directe avec de la programmation en Python que de trop rares candidats ont tenté d'appréhender.

La deuxième partie du sujet n'a été abordée que par la moitié des candidats. Elle reprend essentiellement les notions de mécanique appliquée en plan sur les pâles d'un agitateur dans le digesteur. Trop peu de candidats ont su répondre avec rigueur aux premières questions de cette partie qui met donc en évidence d'importants manques concernant les écritures vectorielles des grandeurs mécaniques (vitesse, moment élémentaire et effort global).

Dans la troisième partie du sujet, traitée par une grande majorité des candidats, le jury note une assez grande disparité dans les résultats du questionnaire, avec un contingent conséquent de candidats ne maîtrisant pas le calcul de flux thermique dans une paroi plane. Bon nombre de candidat semblent également être peu familier avec la manipulation d'un modèle multiphysique.

Pour cette session, les questions pédagogiques ont fait l'objet d'une partie en fin de sujet. Près d'un tiers des candidats de la session n'ont pas traité les questions d'ordre pédagogique. Pour les candidats ayant traité cette partie, une grande majorité éprouvent encore des difficultés dans la rédaction de « fiche de connaissances », de la définition d'un protocole expérimental ou encore des indicateurs d'évaluation. Il est rappelé que ces questions représentent 40 % de l'ensemble de la note.

Il est noté également que de nombreuses réponses ne correspondent pas aux attentes. Le jury conseille d'être attentif lors de la lecture du sujet d'autant que certains éléments de réponse sont parfois présents dans le dossier.

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	8,25
Note minimale	0,97
Note maximale	13,93
Ecart type	2,66

CAER-agrégation	
Moyenne	8,83
Note minimale	1,46
Note maximale	14,64
Ecart type	3,82

Présentation du sujet

Le sujet traitait d'un bâtiment de maintenance d'aéronefs près de Clermont-Ferrand dans le Puy-de-Dôme. Cette maintenance nécessite un grand volume de travail sans contrainte pour accéder aux avions et les démonter. Ce hangar, en construction métallique, est principalement constitué de portiques de 100 m de portée et de 35 m de hauteur. La profondeur est de 80 m. De lourdes portes sur l'avant permettent l'accès aux avions ou aux hélicoptères tandis qu'à l'arrière du bâtiment une passerelle piétonnière doit être mise en place.



Vue en perspective du hangar de maintenance

La partie structure commençait par l'étude de confort vibratoire de la passerelle arrière en calculant les charges s'exerçant sur celle-ci en vue de calculer les fréquences de résonance et conclure sur les éléments complémentaires à étudier selon les résultats obtenus. Ensuite, à partir de plans et de photos, certains éléments de modélisation devaient être justifiés (liaisons, charges élémentaires). Le bureau d'étude donnait ensuite des résultats liés aux déformées verticales et horizontales que le candidat devait confronter aux exigences réglementaires. La dernière partie traitait du dimensionnement d'un poteau en Profilé Reconstitué Soudés pour lequel une étude statique, une étude RdM et une vérification à l'Eurocode 3

La partie énergétique traitait en premier lieu d'une modélisation, en vue du dimensionnement, d'un échangeur de chaleur à plaques de la sous station du réseau de chaleur urbain fournissant de la vapeur. Dans un second temps il était proposé une étude de propagation acoustique du bruit de ventilation dans le réseau aéraulique de la centrale de traitement d'air.

Les auteurs remercient le SIAe/AIA de Clermont-Ferrand pour l'ensemble des données communiquées.

Éléments de correction

Q1 -

Charges permanentes de la passerelle (hypothèses sujet)						
Référence	NBRE	poids linéique	longueur			
		daN·m ⁻¹	m		Charges	
HEA 400	2	124,8	11,20		2796	daN
IPE 200	6	26,2	2,12		333	daN
Garde-corps	2	100	11,20		2240	daN
		poids surfacique	longueur	largeur		
		daN·m ⁻²	m	m		
contreventement	1	50	11,20	2,12	1187	daN
				Total =	6556	daN

Q2 -

charge supplémentaire passage piéton						
Référence	NBRE	poids surfacique	longueur	largeur		
		daN·m ⁻²	m	m	Charges	
passage piéton	1	70	11,20	2,12	1662	daN

Q3 -

$$\text{Cas 1 : à vide} \quad f_1(\text{Hz}) = \frac{1^2 \cdot \pi}{2 \cdot 11,20^2} \sqrt{\frac{210e9 \cdot 45069e-8}{295}} = 7,09 \text{ Hz}$$

$$\text{Cas 2 : en charge} \quad f_1(\text{Hz}) = \frac{1^2 \cdot \pi}{2 \cdot 11,20^2} \sqrt{\frac{210e9 \cdot 45069e-8}{355}} = 6,47 \text{ Hz}$$

Q4 – Au vu des résultats des fréquences obtenues et en comparant au tableau 3 du DT7, on est en page 4 dans les deux cas d'étude, le confort vibratoire est assuré.

Des études complémentaires de dimensionnement structurel à l'ELS et à l'ELU doivent être, par la suite, menées.

Q5 – Le dispositif présenté est un système de contreventement pour stabiliser la structure face aux charges horizontales (de vent). Il est constitué de tubes bi-articulés uniquement chargés aux nœuds donc subissant uniquement de la traction / compression uniaxiale.

Q6 - Les translations selon X et Y sont bloqués par les goujons. La rotation selon Z est possible au vu du positionnement resserré des goujons et du débattement (jeu vertical du pied du poteau par rapport à la semelle). Attention identique de l'autre côté de l'âme du PRS donc pas de rotation possible selon X.

Q7 - La poutre treillis est liée en haut et en bas en tête de poteau sur une hauteur de 10 m. Aucun mouvement n'est possible. C'est donc un encastrement.

Q8 -

Clermont Ferrand	région A2	
Donc sk,0	0,45	kN·m ⁻²

atitute projet	360	m
delta si	0,16	kN·m ⁻²
sk = sk,0 + delta si	0,61	kN·m ⁻²
μi	0,8	
Ce	1	
Ct	1	
μi * Ce * Ct * sk	0,488	kN·m ⁻²
Pente 2,20° soit 3,8% donc pas de majoration liée à la faible pente		
s final = μi * Ce * Ct * sk + 0	0,488	kN·m ⁻²

Q9 – Calcul de la largeur d'influence de la file E = (18,540 + 4,63) / 2 = 11,585 m

Charges permanentes de la poutre file E (hypothèses sujet)				
Référence	poids surfacique	largeur influence	poids linéique	
	daN·m ⁻²	m	daN·m ⁻¹	
Le poids propre de la poutre treillis			1600	
Toiture : couverture + isolation + étanchéité :	25	11,585	290	
Equipement de chauffage en toiture :	8	11,585	93	
Eclairage	5	11,585	58	
		TOTAL =	2040	daN·m⁻¹

Q10 –

1	CP poids propre ossature Structurale	8,33	cm
2	CP totalité sauf charges de façades Structurale	4,85	cm
3	CP charge de façades Structurale	1,22	cm
	Total =	14,4	cm

Il y aura donc une contreflèche de 14,4 cm pour contrecarrer les effets des charges permanentes.

Q11 -

14	Pont Roulant Catégorie exploitation	1,23
17	Charges d'exploitation Catégorie exploitation	0,08
18	Neige normale + accumulation Neige H<1000 m	3,74
21	Charges températures	0,61
24	Vent 3 OE	2,48
	Total =	8,14 cm

La flèche est de 8,14 cm avec les autres charges (les effets des Charges Permanentes sont annulés avec la contreflèche imposée). Cette flèche doit être inférieure à la flèche maxi autorisée, ici, L/600.

$$L = 101 \text{ m} \quad \text{donc } L/600 = 0,168 \text{ m} = 16,83 \text{ cm}$$

Les 8,14 cm sont inférieurs à L/600 = 16,8 cm donc le dimensionnement ELS lié aux déplacements verticaux de la structure est validé.

Q12 -

combinaison d'actions 1 : ux = + 10,42 cm

combinaison d'actions 2 : ux = - 7,90 cm

La flèche horizontale maxi autorisée est de H/200

$$H = 35 \text{ m} \quad \text{donc } H/200 = 0,175 \text{ m} = 17,5 \text{ cm}$$

Que ce soit avec 10,42 cm avec la combinaison 1 ou avec 7,90 cm avec la combinaison 2, on est bien inférieur à H/200 = 17,5 cm

Donc le dimensionnement ELS lié aux déplacements horizontaux de la structure est validé
Le dimensionnement ELS (déplacements verticaux et horizontaux) est validé.

Q13 –

2 poutres ABC et CDE ayant chacune 3 degrés de liberté dans le plan

En A liaison articulation donc 2 degrés de liaison extérieure

En E liaison articulation donc 2 degrés de liaison extérieure

En C liaison articulation intérieure soit $2 * (N-1) = 2 * (2-1) = 2$ degrés de liaison internes

Au final 6 degrés de libertés contraints par 6 degrés de liaison

Donc structure isostatique

Q14 –

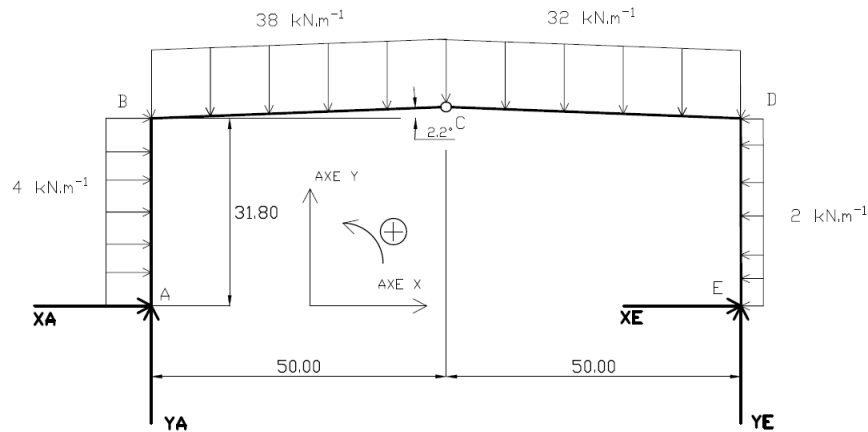


Schéma mécanique du portique étudié

Application du PFS à la structure globale au point A dans le repère global (O,X,Y) :

Selon X : $X_A + X_E + 4 * 31,80 - 2 * 31,80 = 0$ (eq1)

Selon Y : $Y_A + Y_E - 38 * 50 - 32 * 50 = 0$ (eq2)

Selon Z : $-4 * 31,80 * \frac{31,8}{2} - 38 * 50 * \frac{50}{2} - 32 * 50 * \left(50 + \frac{50}{2}\right) + 2 * 31,80 * \frac{31,80}{2} + 100 * Y_E = 0$ (eq3)

Après résolution des équations 3 et 2, nous avons :

(eq3) $Y_E = 1\,685\text{ kN}$

(eq2) $Y_A = 1\,815\text{ kN}$

L'équation 1 restante possède 2 inconnues. Or, notre structure est isostatique. L'équation complémentaire sera apportée par l'équilibre des moments d'une demi-structure au point C :

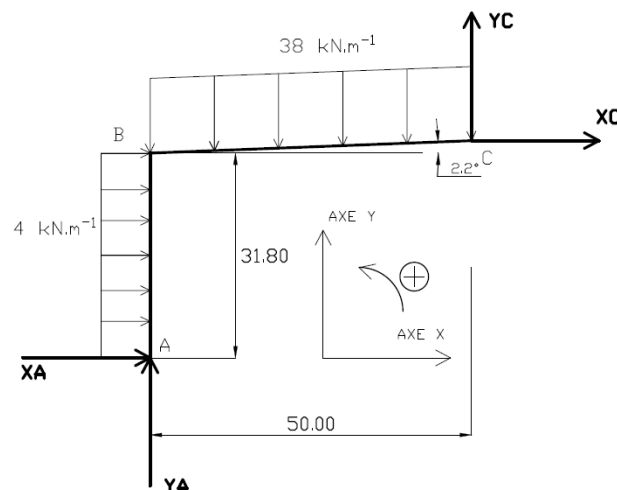


Schéma mécanique du demi-portique ABC

$$X_A * (31,8 + 50 * \tan(2,2^\circ)) + 4 * 31,80 * \left(\frac{31,80}{2} + 50 * \tan(2,2^\circ) \right) - 50 * Y_A + 38 * 50 * \frac{50}{2} = 0$$

(eq4) : $33,721 * X_A + 2266,81 - 50 * 1815 + 47500 = 0$

Soit $X_A = 1215 \text{ kN}$

En reprenant l'équation 1 :

$X_E = -1279 \text{ kN}$

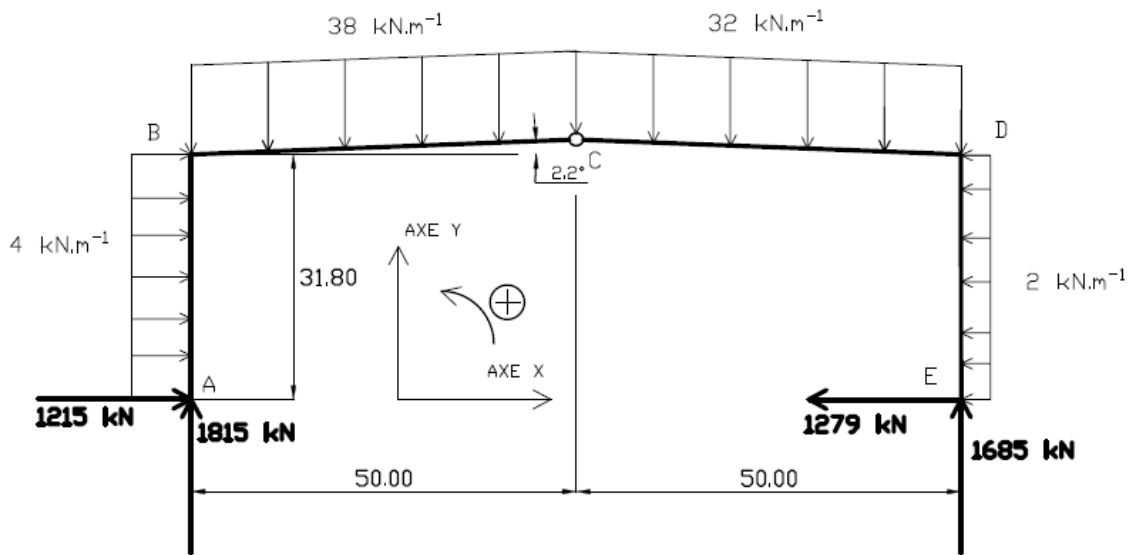


Schéma récapitulatif

Q15 – Il faut travailler dans les repères locaux (O,x,y).

Tronçon 1 : poteau AB (repère local $0 < x < 31,80 \text{ m}$)

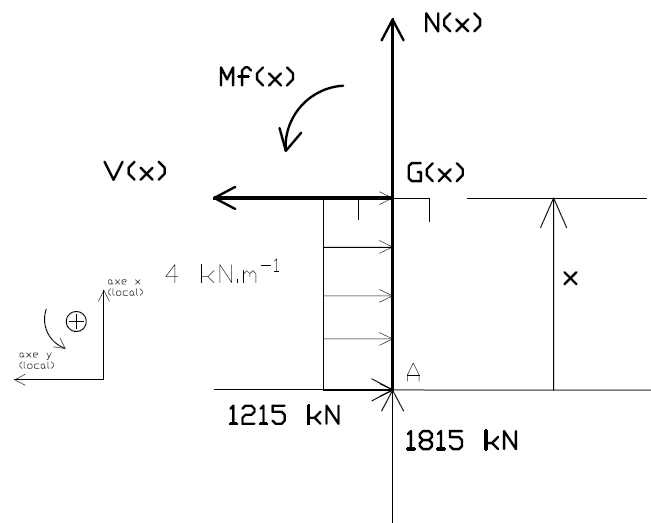


schéma du tronçon 1 (poteau AB)

Equilibre du tronçon 1 au point G(x) :

$$N(x) + 1815 = 0$$

$$N(x) = -1815 \quad [\text{kN}]$$

$$V(x) - 1215 - 4x = 0$$

$$V(x) = 1215 + 4x \quad [\text{kN}]$$

$$Mf(x) + 1215x + 4x^2/2 = 0$$

$$Mf(x) = -1215x - 2x^2 \quad [\text{kN.m}]$$

Tronçon 2 : poutre BC (repère local $0 < x < 50,03 \text{ m}$)

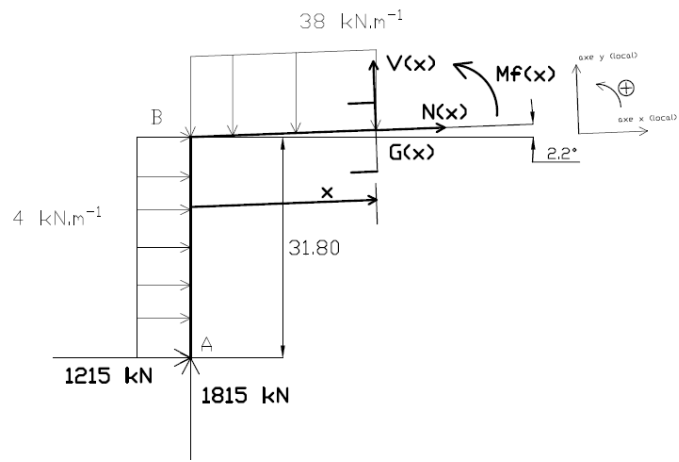


schéma du tronçon 2 (poutre BC)

Equilibre du tronçon 2 au point G(x) :

$$N(x) + 1215 * \cos 2,2 + 1815 * \sin 2,2 + 4 * 31,80 * \cos 2,2 - 38 * x * \sin 2,2 = 0$$

$$V(x) - 1215 * \sin 2,2 + 1815 * \cos 2,2 - 4 * 31,80 * \sin 2,2 - 38 * x * \cos 2,2 = 0$$

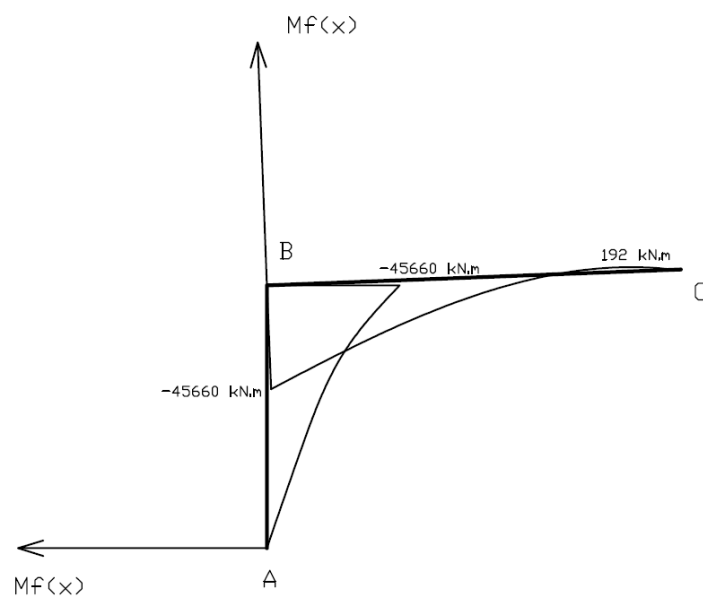
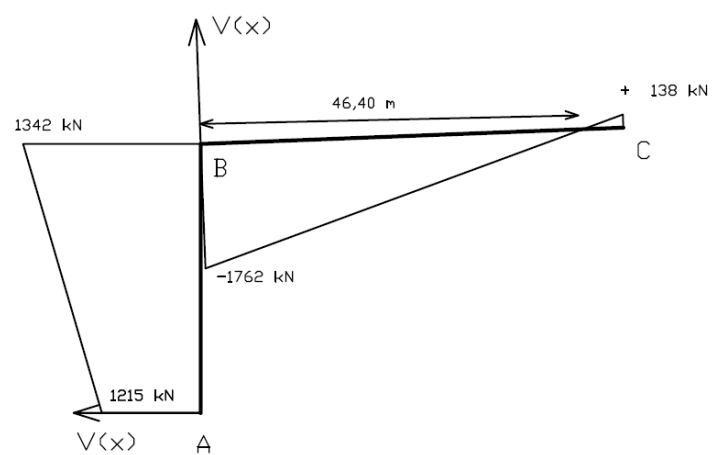
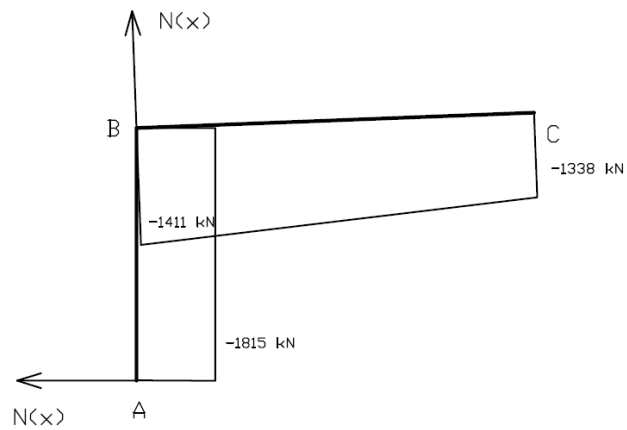
$$Mf(x) + 1215 * (31,80 + x * \sin 2,2) + 4 * 31,80 * \left(\frac{31,80}{2} + x * \sin 2,2 \right) - 1815 * x * \cos 2,2 + 38 * x * \cos 2,2 * x * \cos 2,2 / 2 = 0$$

$$N(x) = -1411 + 1,46x$$

$$V(x) = -1762 + 37,97x$$

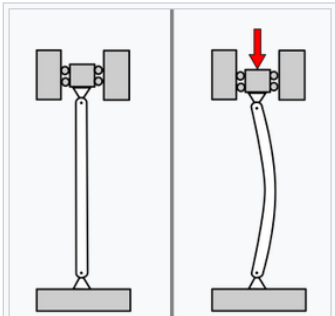
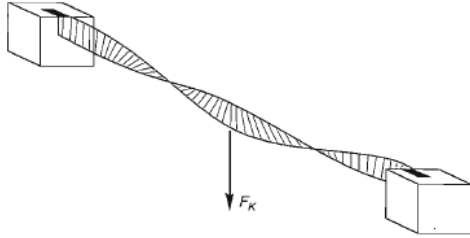
$$Mf(x) = -40\,659 + 1762x - 19x^2$$

Q16 –



Q17 –

Flambement	Déversement
------------	-------------

Phénomène d'instabilité d'une structure élancée soumise à un effort de compression. Facteurs influants : longueur, inertie, type de liaison, raideur du matériau	Phénomène d'instabilité d'une structure élancée soumise à un moment de flexion. Facteurs influants : inertie, type de liaison, raideur du matériau
	

Q18 – Axe préférentiel de flambement est celui qui présentera une plus faible inertie donc l'axe X.

	Si [mm ²]	IGXi [mm ⁴]
membrure gauche	60 000	7 200 000 000
âme	38 000	1 266 667
membrure droite	60 000	7 200 000 000
	S [mm ²]	IGX [mm ⁴]
total	158 000	14 401 266 667

$$S = 158\,000 \text{ mm}^2 = 0,158 \text{ m}^2$$

$$I_{GX} \sum_{i=1}^3 \frac{b_i \cdot h_i^3}{12} = \left[\frac{50 \cdot 1200^3}{12} + \frac{1900 \cdot 20^3}{12} + \frac{50 \cdot 1200^3}{12} \right] = 1,44 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4 = 0,0144 \text{ m}^4$$

Q19 –

Résistant

$$N_R = 52\,930 \text{ kN}$$

$$M_R = 42\,053 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_R = 7\,772 \text{ kN}$$

Sollicitant

$$N_{ELU} = 1\,820 \text{ kN}$$

$$M_{ELU} = 40\,700 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{ELU} = 1\,350 \text{ kN} < 0,5 V_R$$

On a bien $V_{ELU} = 1\,350 \text{ kN} < 0,5 V_R = 3\,886 \text{ kN}$. On va poursuivre le dimensionnement et considérer négligeable l'effort tranchant sur notre poteau.

Q20 – Vérifier que $M_{elu} < M_N$ avec :

si $N < \min [0,25N_R ; 0,5 \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{M0}]$ alors $M_N = M_R$

si $N > \min [0,25N_R ; 0,5 \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{M0}]$ alors $M_N = M_R \cdot (1 - N/N_R) / (1 - 0,5a)$

avec $a = \min [A_w/A ; 0,5]$

$$0,25N_R = 0,25 \cdot 52\,930 \text{ kN} = 13\,233 \text{ kN}$$

$$0,5 \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{M0} = 0,5 \cdot 400 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6 / 1,00 = 6\,700 \text{ kN}$$

$$\text{Donc } \min [0,25N_R ; 0,5 \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{M0}] = 6\,700 \text{ kN}$$

$$\text{Et, } N_{ELU} = 1820 \text{ kN} < \min [0,25N_R ; 0,5 \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{M0}] = 6\,700 \text{ kN}$$

$$\text{Donc } M_N = M_R = 42\,053 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

On a bien **$M_{elu} = 40\,700 \text{ kN} \cdot \text{m} < M_N = 42\,053 \text{ kN} \cdot \text{m}$**

Q21 –

$$\bar{\lambda} = \frac{31,8}{\pi} \sqrt{\frac{0,158}{0,0144}} \sqrt{\frac{335}{210000}} = 1,339$$

L'élancement critique est supérieur à 0,2, il n'y donc pas de flambement

Q22 –

$$0,5 \cdot A_w \cdot f_y = 0,5 \cdot 380 \cdot 10^{-4} \cdot 335 \cdot 10^6 = 6\,365 \text{ kN}$$

$$0,25 N_{pl} = 0,25 \cdot 1580 \cdot 10^{-4} \cdot 335 \cdot 10^6 / 1 = 13\,232 \text{ kN}$$

$$N_{ELU} = 1\,820 \text{ kN n'est pas plus grand donc } M_{ELU} = 40\,700 \text{ kN}\cdot\text{m} < M_{el} = 42\,053 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Le dimensionnement à l'ELU est donc validé.

Q23 – On pourra citer :

Effets de la température et des gradients thermiques / Etude sismique

Prise en compte des différents cas de vents

Effets des ponts roulants / Poids des bardages

Etude géotechnique : Fondations / Tassements

Assemblages boulonnés / ancrage des massifs de fondation

Dimensionnement en phase provisoire (phase de montage des éléments de charpente)

Stabilité au feu

Q24 –

+++ : Densité énergétique importante / niveau de T° pour usage industriel /valorisation des déchets / absence de pompe de circulation

--- : pertes de chaleur (distribution à T° élevée) / fuites / pentes

Q25 –

Ps = 1 574 kW régime de T° différents donc on prendra les besoins de T°max (110°C) pour les panneaux rayonnants et T° retour mini de 70°C (valeur retour des autres terminaux)

On aura donc un débit au secondaire de l'échangeur (primaire de la bouteille de découplage) de Qv=34m³/h (calcul a partir de $P = q_m \cdot C_p \cdot \Delta T$ puis Qv)

Q26 –

Deux fonctions envisagées : continuité de service (maintenance) et fournir un pic de puissance au démarrage pour un transitoire plus court.

Q27 –

$$P_{\text{secondaire}} = P_{\text{primaire}}$$

$$P_{\text{primaire}} = q_m \cdot L_v + q_m \cdot c_p \cdot \Delta \theta$$

$$q_m = 1574000 / (2115000 + 4290(150 - 75)) = 0,645 \text{ kg/s ou } (0,65 \text{ kg/s avec le } C_p \text{ moyen})$$

Q28 -

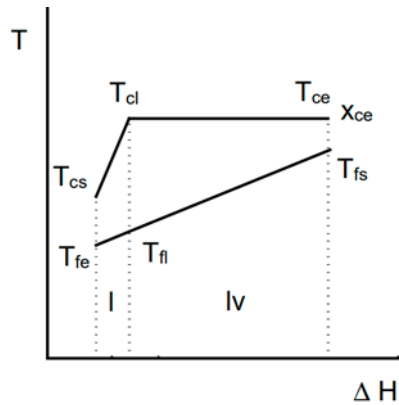
T_{ce} = 150°C

T_{ci} = 150°C

T_{cs} = 75°C

T_{fe} = 70°C

T_{fs} = 110°C



T_{fi} ? $q_{mf} \cdot C_{pf}(T_{fi} - T_{fe}) = q_{mc} \cdot C_{pc} (T_{ci} - T_{cs})$ on prendra C_{pf} pour T_{fi} vu les différences de débits entre les deux fluides T_{fi} doit être très proche de T_{fe} et C_{pc} pour la température moyenne du fluide chaud

T_{fi} = 75,6°C

Q29 -

$$d\Phi = U(T_c - T_f)dS$$

$$d\phi = -q_{mf} \cdot C_{pf} \cdot dT_f \quad \phi = -q_{mf} \cdot C_{pf} (T_{fe} - T_{fs})$$

$$-dT_f = \frac{d\phi}{q_{mf} \cdot C_{pf}} \quad dT_c - dT_f = \frac{d\phi}{q_{mf} \cdot C_{pf}} \quad (dT_c = 0)$$

$$d(T_c - T_f) = \frac{U(T_c - T_f)dS}{q_{mf} \cdot C_{pf}}$$

$$\frac{d(T_c - T_f)}{(T_c - T_f)} = \frac{UdS}{q_{mf} \cdot C_{pf}}$$

$$\int_i^f \frac{d(T_c - T_f)}{(T_c - T_f)} = \int_0^S \frac{UdS}{q_{mf} \cdot C_{pf}}$$

$$\ln(T_{cs} - T_{fe}) - \ln(T_{ce} - T_{fs}) = \frac{US}{q_{mf} \cdot C_{pf}}$$

$$\ln\left(\frac{T_{cs} - T_{fe}}{T_{ce} - T_{fs}}\right) = \frac{(T_{fs} - T_{fe})US}{\phi}$$

$$\ln\left(\frac{T_{cs} - T_{fe}}{T_{ce} - T_{fs}}\right) = \frac{(T_{fs} - T_{ce} + T_{cs} - T_{fe})US}{\phi} \quad (T_{cs} - T_{ce} = 0)$$

$$\phi = \frac{(T_{cs} - T_{fe}) - (T_{ce} - T_{fs})}{\ln\left(\frac{T_{cs} - T_{fe}}{T_{ce} - T_{fs}}\right)} \cdot U \cdot S$$

Q30 -

Echangeur A : P_A = 1310 kW DTLM = 55,4 S = 9,3 m²

Echangeur B : P_B = 216 kW DTLM = 25,8 S = 3,2 m²

Q31 -

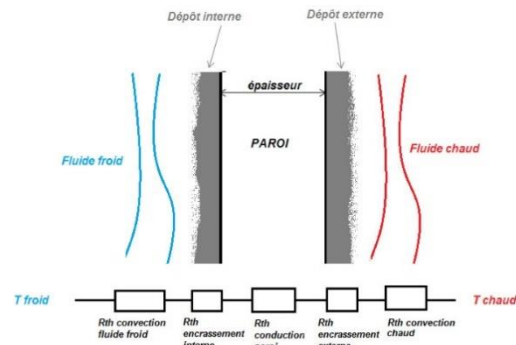
Stotal = 12,5m² N_p = Stotal/0,190 = 65,8 plaques

On prendra donc 66 plaques pour l'échange et 2 plaques d'extrémités

Soit $N_{pc}=68/2-1=33$ canaux vapeurs et $N_{pf}=68/2=34$ canaux eau

Q32 -

$$\text{Ici } \frac{1}{U_b} = \frac{1}{h_f} + R_f + \frac{e}{\lambda} + R_c + \frac{1}{h_c}$$



Q33 -

Primaire fluide chaud nombre de canaux 33 de section $L \cdot d$ de périmètre mouillé $2L$ ou $2(L+d)$ cela a peu d'influence

$$dh = 0,004 \text{ m}$$

$$V = \frac{qmc}{\rho c N_{pc} \cdot L \cdot d} = 0,0346 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{\rho V dh}{\mu} = 563$$

Secondaire fluide froid nombre de canaux 34 de section $L \cdot d$ de périmètre mouillé $2L$ ou $2(L+d)$ peu d'influence

$$dh = 0,004 \text{ m}$$

$$V = \frac{qmf}{\rho c N_{pf} \cdot L \cdot d} = 0,46 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{\rho V dh}{\mu} = 3311$$

Q34 -

Primaire : $Pr = 1,4215$ $Nu = 28$

$$h_c = 4842 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$$

Secondaire : $Pr = 3,5986$ $Nu = 144,1$

$$h_f = 23177 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$$

Q35 -

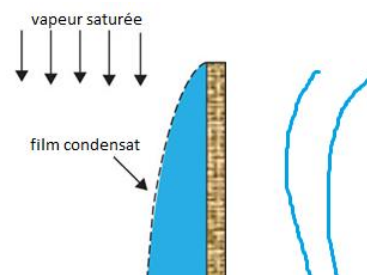
$$\frac{1}{U_b} = \frac{1}{h_f} + R_f + \frac{e}{\lambda} + R_c + \frac{1}{h_c}$$

$$U_b = 2791 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$$

La valeur de 2 600 estimée est en accord avec la modélisation proposée.

Q36 -

$$\text{Ici } \frac{1}{U_b} = \frac{1}{h_f} + R_f + \frac{e}{\lambda} + R_c + \frac{1}{h_c}$$



Avec h_c coefficient du film de condensat

Q37 –

$$v_l = \frac{q_{ml}}{\rho L \delta}$$

Débit du film de condensation : $q_{ml} = q_{mc}/Np$

$$Re_H = \frac{\rho v_l dh}{\mu} = \frac{\rho q_{ml} dh}{\mu \rho L \delta} = \frac{q_{ml} \cdot 4\delta}{\mu L \delta} = 4 \frac{q_{ml}}{\mu L}$$

Q38 –

Coté vapeur : $Re_H = 749,4$ $h_{cv} = 9415 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$

Coté secondaire : $Re = 5781,6$ $Pr = 1,96$ $Nu = 168$ (μ_p pour T° paroi)

$h_f = 28648 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$ $U_A = 4000 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$

La valeur disponible est largement supérieure à celle estimée ce qui conduirait à une surpuissance de l'échangeur on pourrait refaire une itération pour en diminuer la surface.

Q39 –

Pour la partie A de l'échangeur on a 37% de surpuissance et 0% sur la partie B ce qui donne un coefficient de surpuissance de l'ordre de 33%.

Une surpuissance sur l'échangeur de vapeur permet de s'assurer que l'échangeur soit noyé et améliore les capacités de régulation coté vapeur.

Permet la montée rapide en Température (régime transitoire)

Q40 –

Ce modèle de dimensionnement présente principalement deux biais :

Le modèle du film laminaire ne correspond pas à la géométrie réelle des échangeurs à plaques (chevrons / section de passage variable)

La séparation en deux échangeurs en série ne tient pas compte des interactions physiques qui se passent à l'intérieur de l'échangeur réel (Température des parois notamment)

Q41 –

50 000 m³·h⁻¹ et 1 184 Pa (ou 1050 tr/min) donne avec l’abaque : 88 dB et AERA2

Donc :

Fréquence Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
ΔLw en dB	3	4	- 1	- 4	- 3	- 10	- 15	- 22
Lw en dB	91	92	87	84	85	78	73	66

Q42 –

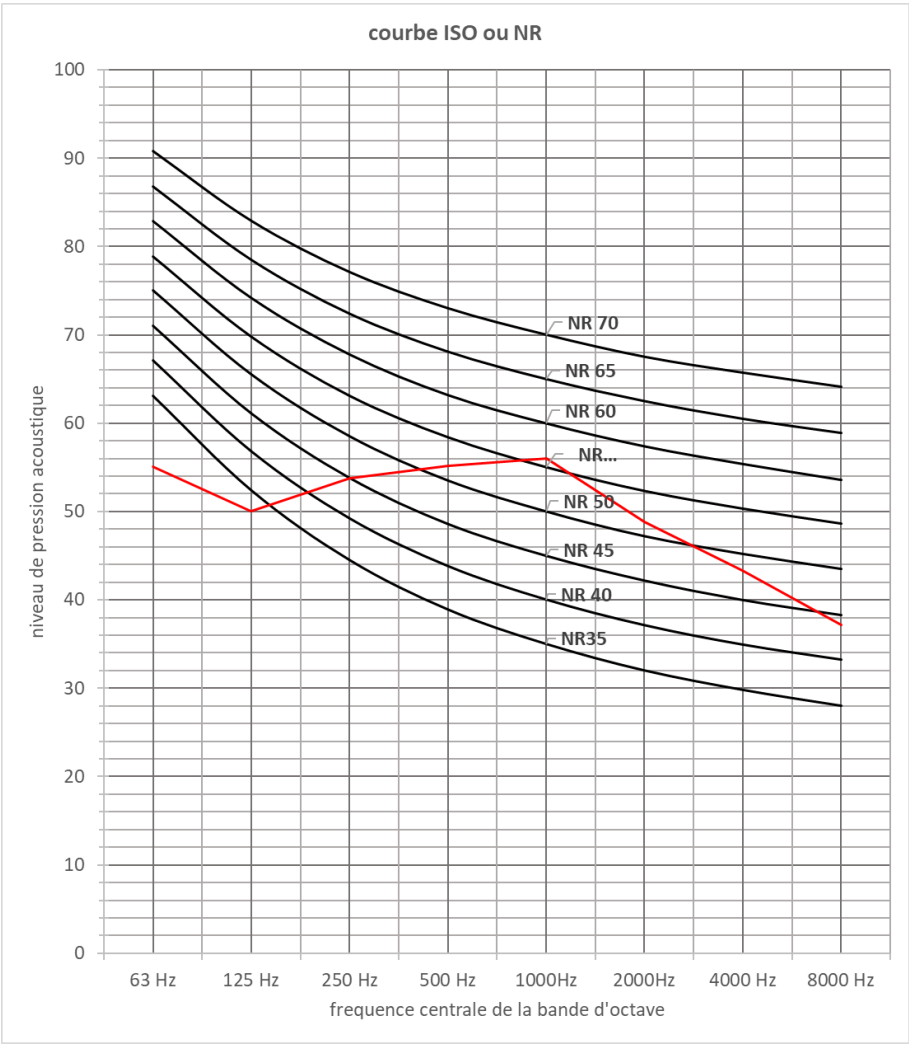
POINTS				125	1000	
1		ventilateur	Niveau puissance	92	85	
3		embranchement	attenuation	1,0	1,0	
		50 000 m ³ /h	regeneration	0	0	
		40 000 m ³ /h	residuel	91,0	84,0	
4	section	gaine	attenuation	0,51	0,21	
	longueur	1200X1200	regeneration			
		3	residuel	90,5	83,8	
5		coude	attenuation	3	3	
		1200X1200	regeneration			
		rectangulaire	residuel	87,5	80,8	
6	section	gaine	attenuation	0,578	0,238	coeff: 0,17 pour 125Hz et 0,07 pour 1000 Hz
	longueur	1200X1200	regeneration			
		3,4	residuel	86,9	80,6	
7		embranchement	attenuation	4,88	4,88	
		40 000 m ³ /h	regeneration			
		13 300 m ³ /h	residuel	82,1	75,7	
8	section	gaine	attenuation	11,22	2,89	coeff: 0,66 pour 125Hz et 0,17 pour 1000 Hz
	longueur	1000X700	regeneration			
		17	residuel	70,8	72,8	
9		coude	attenuation	2	3	
		1000X700	regeneration			
		rectangulaire	residuel	68,8	69,8	
10+12	section	gaine	attenuation	5,28	1,36	coeff: 0,66 pour 125Hz et 0,17 pour 1000 Hz
	longueur	1000X700	regeneration			
		8	residuel	63,6	68,5	
l possible en 2 fois		embranchement	attenuation	10,4	10,4	
		13 300 m ³ /h	regeneration			
		1200 m ³ /h	residuel	53,1	58,0	
13		bouche	attenuation	0	0	
		400 mm	regeneration	56,1	40	
		circulaire	residuel	57,9	58,1	

Q43-

		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Surface	LOCAL	α	0,07	0,08	0,09	0,09	0,11	0,13	0,2
Volume	8500	R	640	739	841	841	1051	1270	2125
	33600								

distance auditeur

		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
6	bouche1	48,4	43,4	47,2	48,6	49,5	42,3	36,8	30,7
9	bouche2	49,3	44,4	48,2	49,6	50,5	43,4	38,1	32,0
9	bouche3	49,3	44,4	48,2	49,6	50,5	43,4	38,1	32,0
21	bouche4	45,9	40,7	44,4	45,7	46,3	38,8	32,7	26,6
21	bouche5	45,9	40,7	44,4	45,7	46,3	38,8	32,7	26,6
Lp resultant		55,1	50,0	53,8	55,2	56,0	48,8	43,3	37,2



NR 60

Q43 –

$$L_{wr} = 10 \cdot \log \left(10^{\frac{L_w}{10}} + 10^{\frac{L_w - 10}{10}} \right)$$

$$L_{wr} = L_w + 10 \log(1,1)$$

$$L_{wr} = L_w + 0,414$$

Q44 –

Dans un caisson de Longueur 1200mm et hauteur 1200 mm

Nous mettons : 3 baffles épaisseur 200mm et 4 voies d'air de 200mm

D'où $N = 4$ $QV = 50000 \text{ m}^3/\text{h}$ $L = 1,2\text{m}$ $H = 0,2\text{m}$

$V = 14,5 \text{ m/s}$ ce qui nous donne les valeurs de régénération

Besoin d'atténuation :

NR45	-14,9	-10,0	1,2	7,8	12,3	7,9	4,8	0,4
attenuation	2	7	17	25	32	24	12	8
regeneration	73	68	67	68	64	66	56	46

Une démarche sur la seule bande de fréquence 1000 Hz la plus pénalisante était acceptée.

L'écart entre l'entrée et la régénération inférieur à 10 dB donc le résultat est conforme.

Commentaires du jury

De trop nombreux candidats montrent de réelles difficultés à appréhender et comprendre les questionnements évaluant des compétences scientifiques et technologiques. Le jury regrette que peu de candidats obtiennent la moyenne à cette épreuve alors qu'il s'agit d'une épreuve de spécialité. Il est demandé aussi aux candidats de maîtriser la lecture de plans techniques et la manipulation de grandeurs physiques avec les unités idoines. Le jury rappelle aux candidats de bien lire l'intégralité du sujet et de faire attention à toutes les questions, certaines pouvant être traitées indépendamment.

Le jury regrette que certains candidats choisissent de n'aborder que les parties correspondant à leur domaine de spécialisation (construction ou énergétique). Dans chaque étude, le questionnaire était de difficulté graduelle, et certaines questions étaient accessibles pour des candidats non spécialistes du domaine (étude confort vibratoire de la passerelle, étude ELS du bâtiment, calcul de débit, détermination de niveau de puissance acoustique). Chaque candidat à l'agrégation option ingénierie des constructions, qu'il soit spécialisé ou non, doit pouvoir appréhender la problématique de chaque étude et traiter au moins une partie du questionnaire. Le jury invite donc les candidats les plus spécialisés à s'ouvrir plus aux domaines connexes de l'ingénierie des constructions et à compléter leurs connaissances sur ces thèmes.

Pour la majorité des questions, en complément des résultats de calculs proprement dits, il était demandé de justifier et d'argumenter les choix effectués ou proposés, les calculs réalisés et d'analyser et commenter les résultats obtenus. De trop nombreuses copies sont mal rédigées et incomplètes, que ce soit sur la forme (graphisme, qualité des schémas), ou pour ce qui est de la rigueur des calculs menés (exactitude, cohérence des unités, analyse des ordres de grandeur). Le jury regrette que les démarches d'équilibre statique ou d'étude de résistance des matériaux aient été si peu abordées correctement. Il est demandé à un candidat à l'agrégation une capacité à prendre du recul et de la hauteur dans les démarches engagées en vue de les restituer aux élèves ou étudiants.

La syntaxe et l'orthographe sont trop souvent perfectibles, eu égard aux attendus d'un concours de recrutement de futurs professeurs agrégés. Pour répondre aux questions « ouvertes », les candidats doivent impérativement faire preuve d'esprit de synthèse, en hiérarchisant les éléments essentiels vis-à-vis des éléments « accessoires », et en exprimant clairement leur argumentation. De même, il est attendu des candidats une capacité à expliquer leur démarche et d'être rigoureux dans la structuration des calculs. La tenue de la copie et l'orthographe doivent être exemplaires.

Le jury rappelle que le concours de l'agrégation nécessite une préparation soutenue aux épreuves. Il rappelle également que les candidats doivent développer une culture technologique des systèmes et concepts constructifs la plus large possible pour pouvoir traiter la plus grande partie des questionnements et de lire l'intégralité du sujet pour évaluer. Le jury souligne que, lors de leur composition, les candidats doivent répondre au questionnement posé et ne pas écrire de commentaires non à propos.

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 ». Le support de l'activité pratique proposée permet, à partir d'une analyse systémique globale, l'analyse d'un problème technique particulier relatif à la spécialité de l'agrégation.

La proposition pédagogique attendue, directement liée aux activités pratiques réalisées, est relative aux enseignements 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 DUT relatifs aux champs couverts par l'option choisie.

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

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

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

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

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.

Phase 1 - Première partie – 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.

Phase 1 - Deuxième partie – 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.

Phase 1 - Troisième partie - 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...)
			Point avec l'examineur sur le contexte et les potentiels pédagogiques
	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
			Point avec l'examineur sur les propositions pédagogiques du candidat. Le jury fournit ensuite des possibilités d'expérimentation
			Prendre connaissance des possibilités d'expérimentation complémentaires fournies par le jury. Analyser leur intérêt pédagogique
			Valider avec l'examineur les expérimentations et applications numériques à mettre en œuvre ensuite
	Partie 3 (2h max)	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
		Présenter les expérimentations et les conclusions	

PHASE 2 (1h)	Préparation de la présentation	Terminer la construction de la proposition pédagogique (trame de séquence et séance expérimentale détaillée)
PHASE 3 (1h)	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 ;
- DUT :
 - o Génie Civil Construction Durable ;
 - o métiers de la transition et de l'efficacité énergétiques ;
- BTS :
 - o Architectures en Métal : conception et réalisation ;
 - o Bâtiment ;
 - o Enveloppes du Bâtiment : conception et réalisation ;
 - o Étude et Réalisation des Agencements ;
 - o Finition Aménagement des Bâtiments, Conception et Réalisation ;
 - o Fluides Énergies Domotique : options A, B et C ;
 - o Management Économique de la Construction ;
 - o Métiers du Géomètre Topographe et de la Modélisation Numérique ;
 - o Systèmes Constructifs Bois et Habitat ;
 - o Travaux Publics.

Pour la session 2025, 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	9,28
Note minimale	3,6
Note maximale	16,96
Écart type	3,61

Analyse des résultats

Les candidats bien préparés mobilisent efficacement leurs compétences pour répondre à la problématique pédagogique posée. Leur séquence pédagogique est construite de manière claire et cohérente. Ils situent correctement la séance expérimentale, en présentant de nouvelles activités pratiques mises en œuvre lors de la quatrième partie de la première phase. Les prérequis, les objectifs, ainsi que les démarches pédagogiques et d'évaluation sont bien maîtrisés et clairement exposés à l'oral. La majorité de ces candidats propose une présentation orale de qualité. La mise en œuvre des expérimentations, visant à répondre à la problématique technique et scientifique, est généralement bien traitée.

Lors de l'exposé oral, un trop grand nombre de candidats se contentent de rapporter les activités menées durant les phases de prise en main et d'expérimentation, ce qui ne correspond pas aux attendus de l'épreuve. Par ailleurs, certaines séances expérimentales proposées reprennent les activités déjà évaluées lors de la première phase, alors que le jury attend des situations inédites. De plus, l'explication de la pertinence du système choisi dans le cadre de la séance expérimentale est fréquemment omise.

Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

Le jury a encore constaté cette année que les recommandations du jury ont bien été prises en compte par les candidats, notamment :

- la démonstration d'une rigueur scientifique d'un niveau adapté au concours de l'agrégation ;
- la capacité à exploiter des matériels et logiciels divers, en exploitant l'assistance proposée aux candidats.

Cette année encore, de nombreux candidats se sont éloignés des attentes de l'épreuve, omettant de présenter une partie des analyses pourtant exigées par les sujets. Plusieurs propositions pédagogiques tendent à simplifier à l'excès la réalité des situations d'enseignement, en négligeant le fait qu'une même séquence ou séance mobilise souvent plusieurs compétences, certaines étant travaillées de manière prioritaire. En fonction des objectifs fixés et des prérequis identifiés, certaines compétences peuvent être consolidées ou approfondies, tandis que d'autres sont introduites, découvertes et mises en pratique.

Par ailleurs, la manipulation de matériels ou de logiciels est parfois réalisée sans une compréhension suffisante de son objectif, et certains résultats de mesure ou de simulation sont présentés sans que les candidats maîtrisent pleinement ce qui est mesuré ou simulé.

À l'issue de la session 2025, 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. À contrario, d'autres candidats cherchent à meubler ce temps de parole au détriment de la qualité et de la rigueur de leur exposé ;
- il est déconseillé de tout écrire au tableau. Le candidat doit exploiter au mieux les outils informatiques de présentation fournis. Le contexte n'est pas celui d'une leçon faite devant des élèves ;
- on 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 (effectif de la classe, effectif du groupe) ;
 - 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 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 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 valoriser leur expérience mais ils ne doivent pas s'interdire de se projeter dans d'autres situations ou organisation pédagogique ;
- 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	10,27
Note minimale	4,48
Note maximale	19,16
Écart type	4,18

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...).