



Concours de l'enseignement du second degré

Rapport de jury

Agrégation interne et CAER

Section : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR

Option : ingénierie des constructions

Session 2019

Rapport de jury présenté par : David HELARD
Inspecteur général de l'éducation nationale
Président du jury

Le lycée La Martinière Monplaisir à Lyon a accueilli les réunions préparatoires à cette session 2019 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 17 au 18 avril 2019. Les membres du jury adressent de vifs remerciements à monsieur le proviseur de cet établissement ainsi qu'à l'ensemble de ses collaborateurs pour l'accueil chaleureux qui leur a été réservé.

Table des matières

1. Avant-propos	4
2. Résultats statistiques	5
3. Épreuve d'analyse et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique	6
4. Épreuve d'étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation	27
5. Épreuve de dossier technique et pédagogique	42
6. Épreuve d'activité pratique et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique	46

1. 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 2020 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.

David Hélard
Inspecteur général de l'éducation nationale

2. Résultats statistiques de la session 2019

Concours	Inscrits	Nombre de postes	Présents aux deux épreuves d'admissibilité	Admissibles	Admis
Agrégation	163	6	80	14	6
CAER	11	1	5	2	1

Moyenne obtenue aux épreuves écrites par le premier candidat admissible	12,95
Moyenne obtenue aux épreuves écrites par le dernier candidat admissible	7,77
Moyenne obtenue aux épreuves écrites et orales par le premier candidat admis	11,5
Moyenne obtenue aux épreuves écrites et orales par le dernier candidat admis	9,6

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

Présentation du sujet

Le sujet porte sur l'analyse du système de vannes clapets équipant le pont-barrage situé sur l'Allier, et reliant les villes de Bellerive-sur-Allier et de Vichy.

Ce sujet est composé de cinq parties. Il proposait aux candidats d'analyser, en phase de rénovation et dans le cadre d'une approche « structure et matériaux », la pérennité des vannes clapets : résistance mécanique des clapets, impact du choix de la motorisation sur le comportement mécanique des vannes clapets, motorisation des vannes. Il était ensuite demandé, pour une classe de première STI2D, de mener une analyse pédagogique étendue : organisation d'une séquence pédagogique portant sur le « choix de structure et matériaux », réflexion sur les impacts didactiques des outils numériques, approche de l'enseignement technologique en langue vivante (ETLV).

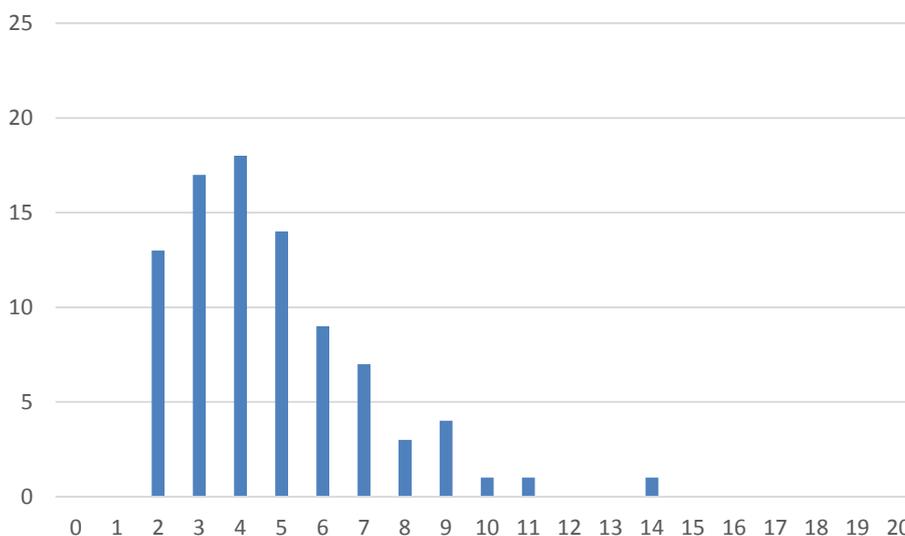
L'ensemble du sujet évalue de façon transversale les compétences utiles à l'enseignement des sciences et techniques industrielles.

Analyse globale des résultats

Près d'un candidat sur deux n'a pas traité les parties pédagogiques, ou les a abordées de manière marginale. Il est rappelé que l'épreuve transversale de l'agrégation interne a vocation à évaluer les candidats sur leurs aptitudes à construire une réflexion pédagogique prenant appui sur le support de l'épreuve, et que le poids de ces parties est de l'ordre de 40% de la note globale de l'épreuve.

En ce qui concerne la partie scientifique et technique, seule la première partie est abordée par une large majorité des candidats. Près de 50% des candidats ne traitent pas la seconde partie scientifique et technique du sujet. L'évaluation des copies montre qu'un petit nombre de candidats est suffisamment préparé pour aborder l'ensemble du sujet, et que le niveau scientifique et technique en modélisation des candidats est trop souvent en dessous des attendus de l'agrégation.

Répartition des notes / candidats



Commentaires sur chaque partie du sujet

Partie 1

Cette partie s'intéressait dans un premier temps (1.1 et 1.2) à la modélisation mécanique des efforts en pied et en tête des vannes clapets afin d'évaluer l'impact du système de motorisation sur la sollicitation de l'infrastructure. Les candidats au travers d'un questionnaire progressif étaient interrogés sur la pertinence de cette modélisation avant de conclure sur une analyse des résultats produits par cette modélisation.

Les premières questions (1.1.1 à 1.1.4) sont largement abordées par les candidats avec un succès relatif. Beaucoup d'entre eux manquent de rigueur dans leur approche (exemple : définition scalaire de grandeurs vectorielles pour les forces et les moments), et se contentent très souvent de restituer des résultats connus alors que le jury attendait d'eux de les établir.

Les questions suivantes (1.2.1 à 1.2.4) sont beaucoup moins traitées par les candidats, et le jury est surpris de voir que très peu d'entre eux sont capables de résoudre correctement un problème de statique graphique. Les bases de la représentation cinématique, et la notion de fermeture géométrique ne sont pas maîtrisées par de nombreux candidats.

Un deuxième temps (partie 1.3) était consacré à l'analyse d'une modélisation par éléments finis du clapet. Peu de candidats abordent les questions associées (1.3.1 et 1.3.2) et le jury est une nouvelle fois surpris du niveau de maîtrise sur des questions pourtant très abordables. La notion de conditions aux limites est souvent insuffisamment maîtrisée.

Dans un troisième temps (partie 1.4) il était proposé aux candidats de participer à la modélisation dynamique du système de clapet avec vérin. Cette partie est abordée par à peine 10 % des candidats.

Partie 2

La deuxième partie consistait en l'élaboration d'une séquence d'enseignement centrée sur le choix de structure et matériaux pour une classe de première STI2D.

Il était demandé aux candidats de décrire en détail une séquence pédagogique. Cette partie n'a été que trop rarement correctement traitée, c'est-à-dire avec l'argumentaire nécessaire à la justification des propositions pédagogiques formulées. Le jury rappelle qu'en matière de pédagogie, il est fondamental d'étayer ses choix pour démontrer ses compétences pédagogiques.

Il était également demandé une réflexion sur la question de l'évaluation, là aussi un nombre important de candidats se sont limités à une description généraliste de formes d'évaluation sans distinguer différentes modalités et sans proposer une réflexion quant aux choix retenus pour la séquence faisant l'objet de l'étude.

Partie 3

Cette partie est abordée par à peine plus de la moitié des candidats. Les premières questions (3.1.1 et 3.1.2) consistaient à analyser et comparer les deux solutions de motorisation du clapet du point de vue de la sécurité en d'absence d'énergie. Beaucoup de candidats n'ont pas perçu le caractère irréversible de la solution historique. Les questions suivantes (3.2.1 à 3.2.3) sont abordées par environ 20 % des candidats, et très peu d'entre eux parviennent à établir correctement un temps de relevage des clapets sur la base d'une analyse cinématique simple. Les dernières questions ne sont abordées que par quelques candidats. Et force est de constater que la grande majorité méconnaît la modélisation multi-physique des systèmes mécatroniques.

Partie 4

Il s'agissait dans cette partie d'aborder l'utilisation de modèles multi-physiques. Il convient de rappeler aux candidats de lire avec attention les questions posées ; de nombreux candidats ont évoqué l'emploi de modèles de comportement, sans préciser la plus-value de modèles multi-physiques qui était l'objet du questionnement. Toutefois, les candidats ayant correctement identifié le questionnement, ont généralement su répondre de manière satisfaisante.

Partie 5

Centré sur l'enseignement d'ETLV en classe de STI2D, cette partie a globalement été appréciée des candidats qui ont proposé une réflexion personnelle sur cette modalité d'enseignement, ce qui témoigne de l'intérêt porté à ce type d'innovation pédagogique.

Éléments de correction de l'épreuve

PARTIE 1 : Analyse et choix de solutions en vue de respecter l'exigence 1.1.3 « Supporter les efforts de poussée de l'eau »

Question 1.1.1

Hypothèses :

- statique des fluides (Théorème de Pascal) : on ne tient pas compte de l'effet de la vitesse de l'eau qui se déverse sur la retenue
- Pression atmosphérique négligée devant celle de l'eau (ou compensée par action de l'air côté aval)

Question 1.1.2

$$\vec{F}_{eau \rightarrow paroi} = \iint_S \rho_{eau} g (h_{eau} - z) \vec{dS} = \int_0^{z=h_{eau}} \rho_{eau} g (h_{eau} - z) dz \vec{x}$$

$$\vec{F}_{eau \rightarrow paroi} = \rho_{eau} g \left[h_{eau} z - \frac{z^2}{2} \right]_0^{h_{eau}} \vec{x} = \rho_{eau} g \frac{h_{eau}^2}{2} \vec{x}$$

$$\vec{M}_{O, eau \rightarrow paroi} = \iint_S \vec{OM} \wedge -\rho(z) d\vec{S} = \rho_{eau} g \frac{h_{eau}^3}{6} \vec{y}$$

Question 1.1.3 :

$$\vec{M}_{Q, eau \rightarrow paroi} = \vec{0} = \vec{M}_{O, eau \rightarrow paroi} + \vec{QO} \wedge \vec{F}_{eau \rightarrow paroi}$$

$$\vec{M}_{Q, eau \rightarrow paroi} = \rho_{eau} g \frac{h_{eau}^3}{6} \vec{y} + (-z_Q \vec{z}) \wedge \rho_{eau} g \frac{h_{eau}^2}{2} \vec{x}$$

$$\text{d'où } z_Q = \frac{h_{eau}}{3}$$

Le torseur des actions mécaniques est donc un glisseur dont le centre de poussée est à 1/3 de la hauteur de la retenue d'eau.

Question 1.1.4

$$\{F_{eau \rightarrow paroi}\} = \begin{Bmatrix} 2,35 \cdot 10^6 & 0 \\ 0 & 3,14 \cdot 10^6 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{O, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z}} = \begin{Bmatrix} 2,35 \cdot 10^6 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{Q, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z}} \quad \text{en N et N}\cdot\text{m.}$$

- (3) Action dans la liaison pivot (ou articulation de pied de vanne) : glisseur appliqué au point C, direction et norme inconnues
- (4) Action du vérin (ou de la chaîne) : glisseur appliqué au point D, de direction connue (DE), et de norme inconnue

PFS :

Statique (plane) graphique d'un solide soumis à 4 glisseurs. Il faut recombinaison les deux glisseurs complètement connus i.e. (1) et (2) pour en faire un glisseur connu (norme direction et point d'application) ce qui permet de se ramener à un solide soumis à 3 glisseurs.

Les trois glisseurs sont concourants en un point P ce qui permet de déterminer la direction de (3).

Puis triangle des forces : 1 glisseur connu, un dont la direction est connue au départ (4), un dont la direction a été déterminée à l'étape précédente (3).

On trouve $1,9 \cdot 10^6$ N à plus ou moins $0,5 \cdot 10^5$ N près en fonction de la précision de la construction graphique.

Question 1.2.3

Deux étapes :

- Isoler la vanne, soumise toujours aux 4 glisseurs de la question 1.2.3 : (1) est toujours appliqué au point Q mais sa norme dépend de h_{eau} donc de l'angle alpha, (2) reste inchangé mais la position de G dépend de alpha, (3) est inconnu (norme et direction), (4) a une direction qui dépend de la solution (N°1 ou N°2) mais aussi de la configuration donc de l'angle alpha. Il faut écrire les 2 équations en résultante (pb plan) et en 1 équation en moment par exemple au point C.
- Ecrire une équation de fermeture géométrique permettant de retrouver la relation entre la direction du glisseur (4), l'angle alpha et les autres paramètres géométriques.

Question 1.2.4

Le choix constructif a assez peu d'influence sur l'effort en pied de vanne (en C). Il y a une légère influence sur les efforts en D, qui sont un peu plus constants quel que soit l'angle alpha sur la solution N°2 mais rien de très flagrant. Les deux choix se valent donc à ce titre.

Question 1.3.1

Conditions aux limites en déplacement :

- déplacements normaux nuls au niveau de la liaison du haut de la vanne (liaison avec le vérin),
- déplacements normaux nuls au niveau des 15 pivots de pied de vanne.

Conditions aux limites en effort :

- pesanteur : effort volumique réparti dans toute la structure de la vanne,
- efforts de pression de l'eau : effort surfacique normal au contact qui évolue avec la profondeur.

Autres données :

- sur le matériau : paramètres élastiques (module de Young, coefficient de Poisson),
- sur les éléments : type d'éléments et taille.

Question 1.3.2

S335 est un acier de construction de limite élastique à 335 MPa. La simulation fait apparaître des dépassements de cette valeur limite : valeur à 338 MPa sur certaines zones du ventre du clapet. Il serait bon de contrôler les épaisseurs d'acier dans ces zones.

L'acier utilisé présente une bonne aptitude au soudage et à la mise en forme. Pour éviter la corrosion il faut peindre la structure mécano-soudée.

Question 1.4.1.

$$Q_2(t) = -S \frac{dx}{dt} + \frac{V_2}{B} \frac{dP_2}{dt}$$

$$F_v(t) = S(P_1(t) - P_2(t))$$

Question 1.4.2

On impose que les débits entrant et sortant sont égaux soit :

$$Q(t) = Q_1(t) = S \frac{dx}{dt} + \frac{V}{B} \frac{dP_1}{dt}, \text{ et, } Q(t) = -Q_2(t) = S \frac{dx}{dt} - \frac{V}{B} \frac{dP_2}{dt}$$

$$\text{Soit : } 2 Q(t) = 2 S \frac{dx}{dt} + \frac{V d(P_1 - P_2)}{B dt}; \text{ soit : } \frac{d(P_1 - P_2)}{dt} = \frac{2B}{V} \left(Q(t) - S \frac{dx}{dt} \right)$$

Dans le domaine de Laplace on obtient :

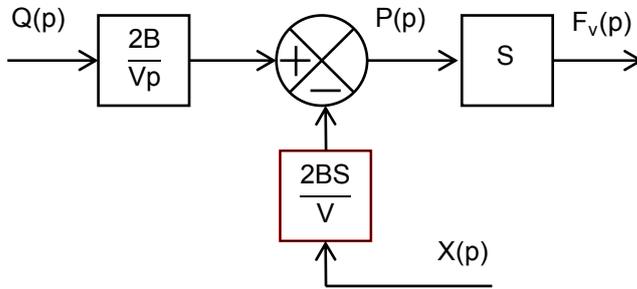
$$p P(p) = \frac{2B}{V} (Q(p) - S p X(p))$$

D'où :

$$A(p) = \frac{2B}{Vp}$$

$$B(p) = \frac{2BS}{V}$$

$$C(p) = S$$



Question 1.4.3

Dans un mouvement par rapport à un référentiel galiléen, la dérivée par rapport au temps de l'énergie cinétique d'un système de solides est égale à la somme des puissances extérieures au système et des puissances intérieures.

$$\text{Soit } \frac{dT_{S/R_0}}{dt} = \sum P_{int, S} + \sum P_{ext \rightarrow S/R_0}$$

Ici : S = (Tige vérin) U (vanne clapet)

On néglige le mouvement de rotation du vérin autour de E.

$$T_{tige/R} = \frac{1}{2} m_v \dot{x}^2$$

$$T_{vanne/R} = \frac{1}{2} I_c \dot{\alpha}^2 \text{ avec : } \dot{\alpha} = \frac{\dot{x}}{R}$$

$$T_{S/R} = \frac{1}{2} \left(m_v + \frac{I_c}{R^2} \right) \dot{x}^2$$

Les liaisons sont supposées parfaites, donc leurs puissances sont nulles.

$$\text{Le vérin délivre une puissance } P_{v \rightarrow S/R} = \vec{F}_v \cdot \vec{V}_{tige/R} = F_v \dot{x} = PS\dot{x}$$

$$\text{La puissance de l'action de l'eau sur la vanne clapet est } P_{eau \rightarrow S/R} = \vec{F}_e \cdot \vec{V}_{Q/R} = F_e d\dot{\alpha} = F_e \frac{d}{R} \dot{x}$$

$$\text{La puissance des forces d'amortissement est : } P_{f \rightarrow S/R} = \vec{F}_c \cdot \vec{V}_{tige/R} = -c\dot{x}\dot{x}$$

D'après le théorème de l'énergie cinétique :

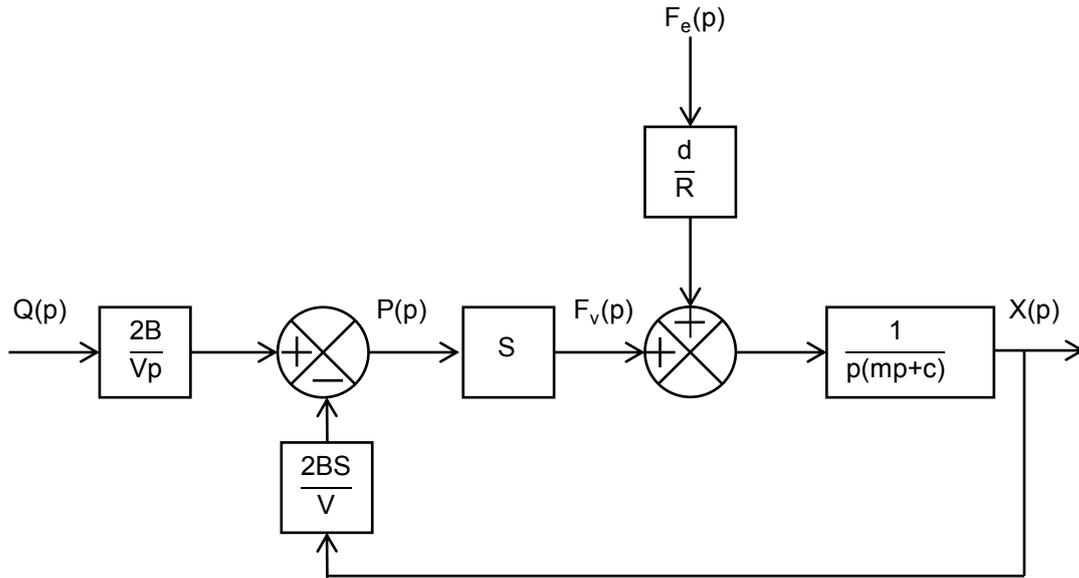
$$m\ddot{x}(t) = F_v(t) + \frac{d}{R} F_e(t) - c\dot{x}$$

Dans le plan de Laplace aux variations :

$$mp^2 X(p) = F_v(p) + \frac{d}{R} F_e(p) - cpX(p)$$

$$X(p) = \frac{1}{p(mp+c)} F_v(p) + \frac{d}{Rp(mp+c)} F_e(p)$$

Question 1.4.4



Question 1.4.5

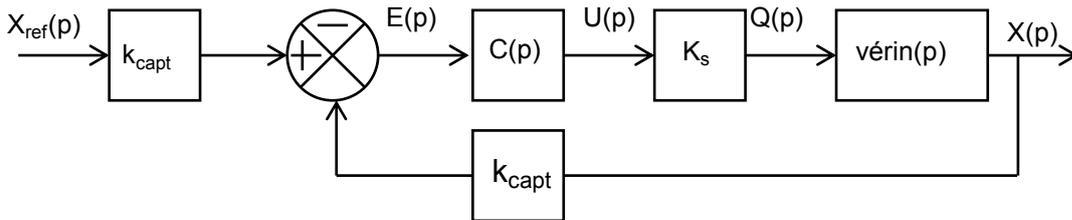
$$\frac{X(p)}{Q(p)} = \frac{1}{Sp} \cdot \frac{\frac{R_h}{p(mp+c)}}{1 + \frac{R_h}{p(mp+c)}} = \frac{\frac{1}{S}}{p(1 + \frac{c}{R_h}p + \frac{m}{R_h}p^2)}$$

Question 1.4.6

Oui, oscillation car facteur d'amortissement < 1 (même <<1 !!!)
Intégration dans la chaîne directe donc la position diverge en réponse à l'échelon.

Question 1.4.7

Des solutions simples par correction série comme de la synthèse par compensation des pôles ou filtrage de la commande de la servovalve permettent d'obtenir les résultats escomptés.
Le schéma bloc du pilotage en position du vérin pourrait être le suivant :



dans lequel :
C(s) ; correcteur série ;
Ks ; gain de la servovalve commandée en débit ;
k_{capt} ; gain du capteur de position de la tige du vérin.

Question 1.4.8

Attention le modèle n'est établi que pour une section S identique dans les 2 chambres du vérin, le vérin est en position centrale V₁=V₂=V et il n'y a pas de modèle de comportement faisant le lien entre la position de la vanne et la hauteur d'eau.

PARTIE 2

Élaboration d'une séquence d'enseignement « choix de structure et matériaux » en STI2D

Question 2.1

D'après le document pédagogique DP2, la séquence 6-Choix structure et matériau est la 6^e séquence en 1^{ère} STI2D avec un volume horaire dédié de 14 heures et les centres d'intérêt mis en jeu (voir DP1 : Extrait programme et documents d'accompagnement STI2D) : CI1 – Développement durable et compétitivité des produits et CI4 – Dimensionnement et choix des matériaux et structures (voir document réponse DR4 : Fiche pédagogique de la séquence).

On peut ensuite définir les objectifs de formation, les compétences attendues et les savoirs associés d'après le document pédagogique DP1 : Extrait programme et documents d'accompagnement STI2D.

<u>Objectifs de formation :</u>	<u>Compétences attendues :</u>	<u>Savoirs associés :</u>
O1 : Caractériser des systèmes privilégiant un usage raisonné du point de vue développement durable (Société et développement durable).	CO1.1 : Justifier les choix des matériaux, des structures d'un système et les énergies mises en œuvre dans une approche de développement durable.	1.1 Compétitivité et créativité. 1.2 Éco-conception.
O3 : Identifier les éléments influents du développement d'un système (Technologie).	CO3.1 : Décoder le cahier des charges fonctionnel d'un système.	2.1 Approche fonctionnelle d'un système.
O5 : Utiliser un modèle de comportement pour prédire un fonctionnement ou valider une performance (Technologie).	CO5.1 : Expliquer des éléments d'une modélisation proposée relative au comportement de tout ou partie d'un système.	2.3 Approche comportementale.
O6 : Communiquer une idée, un principe ou une solution technique, un projet, y compris en langue étrangère (Communication).	CO6.3 : Présenter et argumenter des démarches, des résultats, y compris dans une langue étrangère.	1.1 Compétitivité et créativité. 1.2 Éco-conception. 2.1 Approche fonctionnelle d'un système. 2.2 Les outils de représentation. 2.3 Approche comportementale. 3.1 Structures matérielles et/ou logicielles. 3.2 Constituants d'un système.
O4 : Décoder l'organisation fonctionnelle, structurelle et logicielle d'un système (Technologie).	CO4.4 : Identifier et caractériser des solutions techniques relatives aux matériaux, à la structure, à l'énergie et aux informations (acquisition, traitement, transmission) d'un système.	3.1 Structures matérielles et/ou logicielles. 3.2 Constituants d'un système.

Les compétences ciblées par la suite seront en lien avec le dossier technique « Barrage de Vichy » et notamment l'étude hydraulique du barrage, l'étude des solutions techniques pour réaliser la retenue d'eau, au comparatif des deux systèmes N°1 et N°2 et aux éléments de sécurité afin d'éviter l'incident de 2008. En STI2D la démarche d'investigation est privilégiée. Cette démarche part d'une situation problème concrète proposée à un groupe d'élèves et les amène à formuler des hypothèses, à les valider par l'expérimentation et/ou la simulation, à analyser les résultats pour découvrir et valider des concepts scientifiques et technologiques.

La séquence pédagogique démarre par une présentation globale du dossier, l'analyse du besoin et les différents secteurs d'intervention. Cette partie, menée en interaction avec la classe à partir de diagrammes

SysML, sera l'occasion de mobiliser à nouveau les compétences CO1.1 « Justifier les choix des matériaux, des structures d'un système et les énergies mises en œuvre dans une approche de développement durable » et CO3.1 « Décoder le cahier des charges fonctionnel d'un système ».

Cette présentation du contexte et de la problématique globale placera les élèves dans une démarche d'investigation.

Après la présentation, un brainstorming associé à la construction d'une carte mentale avec les élèves aura pour objectif de recenser leurs connaissances propres. Les élèves ont déjà abordé ces notions en technologie collège (en 5^e avant la rentrée scolaire 2016 et maintenant dans le cycle 4) et en sciences physiques. Par la suite, la synthèse de séquence pourra s'appuyer sur le résultat du brainstorming et ainsi remobiliser les connaissances des élèves en les structurant.

Pendant les heures à effectif réduit, les élèves seront placés par groupes de quatre (3 groupes de 4). Chaque groupe travaillera sur l'amélioration du « Barrage de Vichy » en se basant sur les dossiers techniques fournis et les outils de simulation. La relecture du diagramme d'exigence permettra d'identifier les exigences spécifiques pour le travail du groupe.

Suivra une phase d'expérimentation et de simulation pour résoudre le problème technique mais également pour mobiliser les compétences CO5.1 « Expliquer des éléments d'une modélisation proposée relative au comportement de tout ou partie d'un système » et CO6.3 « Présenter et argumenter des démarches, des résultats, y compris dans une langue étrangère ».

Toujours pendant les heures à effectif réduit, un temps sera consacré à une synthèse d'activité afin de vérifier le travail des élèves, les rediriger si nécessaire. Ce temps est l'occasion de faire un point avec les différents groupes sur les conclusions de l'activité et de mettre en place une évaluation formative notamment par rapport aux compétences CO5.1 et CO6.3. Il peut être intéressant que les élèves déposent ces travaux dans un espace collaboratif tel un espace numérique de travail et ainsi mobiliser des compétences numériques et de travail collaboratif même si ces compétences ne sont pas directement ciblées.

En classe entière, la restitution sera l'occasion de confronter les différents travaux et conclusions des groupes, et de mettre en évidence la méthodologie de résolution d'un problème de statique quel que soit le système étudié : isoler le système, faire le bilan des actions mécaniques extérieures agissant sur le système isolé, analyser les conditions d'équilibre, appliquer le principe fondamental de la statique, déterminer les actions mises en jeu, utiliser ces actions afin de choisir un matériau ou dimensionner une structure.

Question 2.2

Évaluation diagnostique :

Comme il s'agit de la 6^e séquence, des compétences ont déjà été évaluées lors des séquences précédentes. Pour celles-ci il suffit de reprendre les évaluations, si possible avec les élèves. Pour les compétences nouvellement mobilisées il sera peut-être nécessaire de mettre en place une activité, un questionnaire ou tout autre dispositif permettant d'identifier leurs connaissances et compétences initiales. Les élèves ont pu acquérir des connaissances dans d'autres disciplines ou même dans d'autres lieux que le lycée.

Évaluation formative :

L'évaluation formative est un point essentiel de l'apprentissage. Il ne s'agit pas de classer les élèves mais de mettre en évidence ce qu'ils savent et les progrès qu'ils ont à faire. Visible et compréhensible des élèves dès le début de la séquence, elle leur permet de savoir pourquoi ils font telles ou telles activités. Elle n'est pas forcément associée à une note mais positionne les élèves par rapport aux compétences à acquérir.

Les compétences sont évaluées au travers d'indicateurs de performance. Il ne sera pas forcément nécessaire d'évaluer tous les indicateurs mais quelques-uns de manière continue en observant les élèves pendant les activités. Pour certains indicateurs, le positionnement peut être envisagé par l'élève lui-même.

Pour chaque indicateur, des niveaux d'appréciations seront définis pour jauger le niveau de réussite.

Voici des exemples d'indicateurs de réussite associés aux compétences de la séquence proposée :

CO1.1 : Justifier les choix des matériaux, des structures d'un système et les énergies mises en œuvre dans une approche de développement durable

i11.1 : l'élève a su argumenter sur le choix des matériaux afin de minimiser l'impact environnemental ;
i11.2 : ...

CO3.1 : Décoder le cahier des charges fonctionnel d'un système

i31.1 : l'élève a identifié la ou les contraintes dans le diagramme d'exigences
i31.2 : l'élève a su trouver les caractéristiques de la structure ou de la pièce étudiée
i31.3 : ...

CO4.4 : Identifier et caractériser des solutions techniques relatives aux matériaux, à la structure, à l'énergie et aux informations d'un système

i41.1 : l'élève a identifié et caractérisé des solutions techniques relatives aux matériaux et à la structure
i41.2 : ...

CO5.1 : Expliquer des éléments d'une modélisation proposée

i51.1 : l'élève a identifié les différents blocs du modèle numérique au regard du système réel
i51.2 : l'élève a identifié les paramètres internes et externes du modèle

CO6.3 : Présenter et argumenter des démarches, des résultats, y compris dans une langue étrangère

i63.1 : l'élève a su décrire le fonctionnement du système en anglais
i63.2 : ...

Évaluation sommative :

Cette évaluation pourra prendre plusieurs formes : écrite, orale, etc.

Quelle que soit la forme choisie, le travail demandé permettra, à l'aide d'autres indicateurs de réussite, de positionner l'élève dans l'acquisition des compétences ciblées, sans se restreindre à une évaluation de connaissances.

Par la suite, d'autres séquences mobiliseront d'autres indicateurs pour ces mêmes compétences. À la fin du trimestre, le nombre d'indicateurs sera représentatif du niveau d'acquisition de la compétence.

Vu la complexité pour gérer les indicateurs et suivre l'acquisition des compétences pour chaque élève, il est conseillé d'utiliser l'outil informatique. Ceci est envisageable à l'aide d'un tableur mais plusieurs solutions « clé en main » existent et permettent également une communication auprès des parents.

PARTIE 3

Validation de l'exigence 1.3 « Assurer la sécurité des habitants des rives amont/aval »

Question 3.1.1

L'exigence 1.3.2 stipule que la vanne doit supporter les efforts de poussée de l'eau en l'absence d'alimentation.

Pour la solution N°1 (moteur + chaîne) c'est l'électrofrein, fermé quand il n'est pas alimenté, qui doit empêcher la vanne de s'ouvrir sous l'effet de la poussée de l'eau. Une autre possibilité (redondance) est que le système roue vis ne soit pas réversible : la roue peut entraîner la vis mais pas l'inverse pour des questions de frottement.

Pour la solution N°2 (vérin) c'est le pré-actionneur hydraulique (en position neutre) qui va empêcher la vanne de s'ouvrir.

Question 3.1.2

La solution N°1 est clairement plus adaptée ici, avec redondance possible.

Question 3.2.1

La valeur du facteur de réduction de la solution historique est :

$$K_{red} = \frac{\Omega_{pignon\ Galle}}{\Omega_{MAS}} = \left(\frac{89}{16}\right)^4 \times \frac{29}{2} = 13881,9 .$$

Une analyse géométrique simple permet de déterminer la longueur de chaîne déroulée entre la position clapet relevé :

$$L_{\text{chaîne_clapet_relevé}} = \sqrt{(1000^2 + 1200^2) - 365,5^2} = 1519 \text{ mm ,}$$

et clapet abaissé :

$$L_{\text{chaîne_clapet_abaissé}} = \sqrt{(6400^2 + 5933^2) - 365,5^2} = 8719 \text{ mm .}$$

La longueur de chaîne déroulée, est donc :

$$L_{\text{chaîne_déroulée}} = 8719 - 1519 = 7,2 \text{ m}$$

Le rayon primitif pignon Galle étant de 0,3655 m, l'angle décrit par ce pignon entre ces deux positions est :

$$\theta_{\text{pignon Galle}} = \frac{L_{\text{chaîne_déroulée}}}{R} = \frac{7,2}{0,3655} = 19,7 \text{ rad}$$

La vitesse angulaire de l'axe moteur de la machine asynchrone dépend du glissement. En fonctionnement nominal cette vitesse vaut :

$$\Omega_{\text{MAS}} = 1500 \times (1 - g) \times 2\pi \frac{\text{pi}}{60} = 50 \times \text{pi} \times (1 - 0,05) \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1} = 149,15 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$$

Le temps de relevage avec l'ancien réducteur roue et vis sans fin est donc :

$$t_{\text{relevage}} = \frac{\theta_{\text{pignon Galle}}}{\Omega_{\text{MAS}}} \cdot k_{\text{red}} = \frac{L_{\text{chaîne_déroulée}} \times \frac{1}{R_{\text{pignon Galle}}}}{1500 \times (1-g) \times \frac{2\pi}{60}} k_{\text{red}} = 1832 \text{ s}$$

En modifiant le rapport de réduction de 29/2 à 60, il devient :

$$t_{\text{relevage}} = 1832 \times \frac{60}{\frac{29}{2}} = 7581 \text{ s} = 2 \text{ h } 6 \text{ min } 21 \text{ s}$$

Ce temps est donc supérieur à l'exigence 1.3.4 affinée par l'exigence 1.3.4.1 (<70 min).

Question 3.2.2

On modifie seulement la vitesse du moteur asynchrone (3000 G (1- g) tr·min⁻¹). Le temps de relevage devient donc :

$$t_{\text{relevage}} = 1832 \times \frac{60}{\frac{29}{2}} \times \frac{1500}{3000} = 3790 \text{ s} = 63 \text{ min } 10 \text{ s}$$

Ce temps est inférieur à l'exigence 1.3.4 affinée par l'exigence 1.3.4.1 (<70 min).

Question 3.2.3

Les données liées au réducteur sont :

Angle d'hélice = 4,1 deg

Rendement en fonctionnement multiplicateur est égale à 0% jusqu'à 250 tr·min⁻¹, il augmente jusqu'à 50% à 3000 tr·min⁻¹. D'après la classification nous obtenons une classe 4 ou 5. Ce qui permet de conclure qu'il y a irréversibilité statique et réversibilité dynamique, et de vérifier la nouvelle exigence (classe ≥ 4).

Question 3.2.4

L'effort maximal sur la chaîne vaut 1 000 000 N, le rayon primitif pignon Galle 0,3655 m. Les caractéristiques de la transmission de mouvement, permettent de déterminer le couple que doit développer le moteur.

$$k_{\text{red}2} = \frac{\Omega_{\text{pignon Galle}}}{\Omega_{\text{MAS}}} = \left(\frac{89}{16}\right)^4 \times 60 = 57442,2$$

$$C_{\text{MAS}} = \frac{F_{\text{chaîne_max}} \times R_{\text{pG}}}{k_{\text{red}2}} \times \frac{1}{\eta_{\text{eng}} \times \eta_{\text{rv}}} = \frac{1000000 \times 0,3655}{57442,2} \times \frac{1}{0,94 \times 0,77} = 8,79 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Puissance kW	Type moteur	Code produit	Rendement IEC 60034-2-1; 2007			Facteur puiss. cos φ	Intensité			Couple			Moment d'inertie J = 1/4 GD ² kgm ²	Masse kg	Niveau de pression sonore L _{PA} dB
			Vitesse tr/min	100 % charge	75 % charge		50 % charge	I _N A	I _s / I _N	C _N Nm	C ₁ / C _N	C ₂ / C _N			
3000 tr/min = 2 pôles			Série normalisée												
0.37	M3BP 71 MA	3GBP 071 321-••B	2660	69.2	73.5	73.7	0.80	0.96	3.9	1.41	2.2	2.3	0.00039	11	58
0.55	M3BP 71 MB	3GBP 071 322-••B	2680	73.2	77.3	79.3	0.85	1.27	4.3	1.95	2.4	2.5	0.00051	11	56
0.75	M3BP 80 MB	3GBP 081 322-••B	2895	80.6	79.9	76.2	0.74	1.81	7.7	2.4	4.2	4.2	0.001	16	57
1.1	M3BP 80 MC	3GBP 081 323-••B	2870	81.8	82.4	80.2	0.80	2.4	7.5	3.6	2.7	3.5	0.0012	18	60
1.5	M3BP 90 SLB	3GBP 091 322-••B	2900	82.2	84.1	82.7	0.86	3.0	7.5	4.9	2.5	2.6	0.00254	24	69
2.2	M3BP 90 SLC	3GBP 091 323-••B	2885	84.7	86.7	85.7	0.87	4.3	6.8	7.2	1.9	2.5	0.0028	25	64
3	M3BP 100 LB	3GBP 101 322-••B	2925	85.2	84.9	82.8	0.86	5.9	9.1	9.7	3.1	3.5	0.00528	36	68
4	M3BP 112 MB	3GBP 111 322-••B	2895	86.1	87.0	86.6	0.86	7.7	8.1	13.1	2.9	3.2	0.00575	37	70

La consultation de l'extrait de documentation, permet de choisir un moteur de type M3BP 100 LB d'une puissance de 3kW, dont le couple nominal est $C_{MASn} = 9,7N \cdot m$.

Les effets des inerties (réducteur, clapet) sur le couple nécessaire à la mise en vitesse de la MAS ne sont pas pris en compte. Ceci étant les rapports de réduction sont très importants et les temps de démarrage ne sont pas nécessairement très rapides dans ce type d'application (quelques secondes n'est pas déraisonnable), il est donc raisonnable de considérer que ces effets sont minimes.

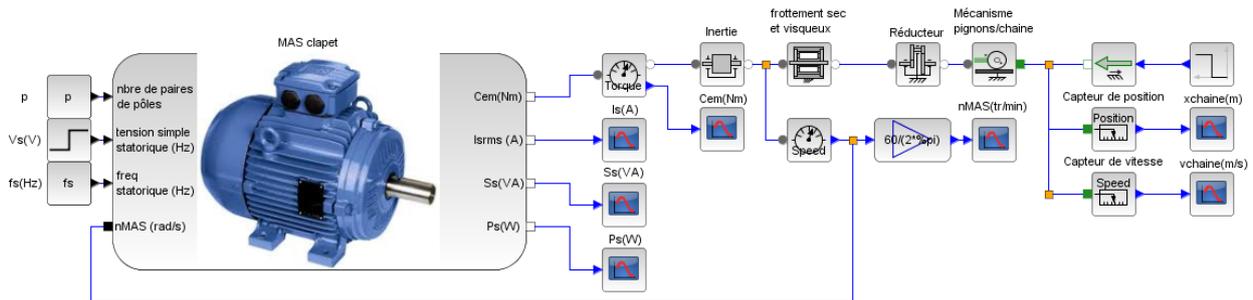
Question 3.2.5

Pour vérifier toutes les exigences il faut :

- modifier le réducteur réversible en un réducteur irréversible en modifiant l'angle d'hélice : $4,1^\circ$;
- remplacer les machines asynchrones tétra polaires par des machines asynchrones bipolaires (pour le respect du temps de démarrage) : M3BP 100 LB.

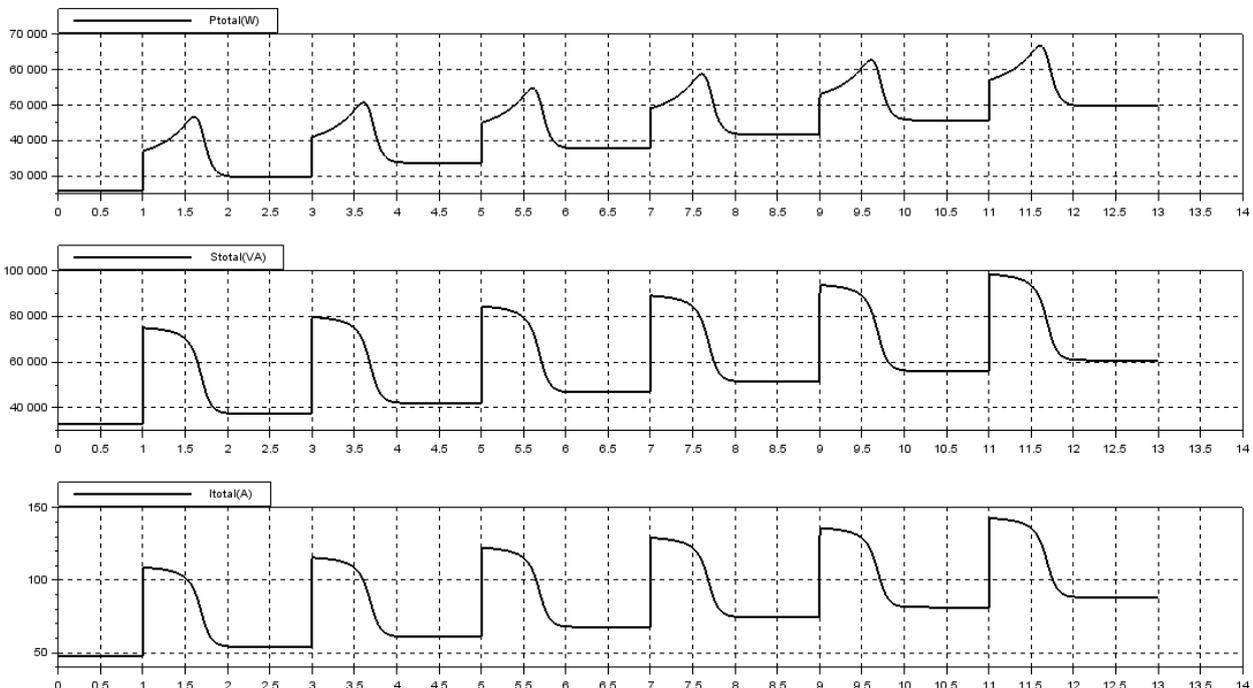
Question 3.3.1

$p = 2$ $V_s(V) = 230$ $f_s(\text{Hz}) = 50$ Effort(N) = - 1 000 000 N
Modèle cf. DR4



Question 3.3.2

mas_et_charges_corrige_causal.zcos



L'exploitation des simulations permet de relever et de comparer les grandeurs électriques à celles du groupe électrogène :

- le courant maximal qui vaut 142 A, et qui est supérieur au courant maximal 122 A du GE_ERP ;
- le courant nominal qui vaut 88 A, et qui est supérieur au courant nominal 103 A du GE_PRP ;
- la puissance apparente maximale qui vaut $S_{total_max} = 98 \text{ kV} \cdot \text{A}$, et qui est supérieure à celle $S_{GE_ERP} = 84 \text{ kV} \cdot \text{A}$ du GE_ERP ;

- la puissance active maximale qui vaut $P_{total_max} = 67$ kW, et qui est inférieure à celle $P_{GE_ERP} = 78$ kW du GE_ERP ;
- la puissance apparente suite aux démarrages qui vaut $S_{total_régime_permanent} = 61$ kV·A , et qui est inférieure à celle $S_{GE_PRP} = 77$ kV·A du GE_PRP ;
- la puissance active suite aux démarrages qui vaut $P_{total_régime_permanent} = 50$ kW , et qui est inférieure à celle $P_{GE_PRP} = 72$ kW du GE_PRP.

Il y a donc un problème pendant les phases de démarrage des moteurs asynchrones car la puissance apparente et le courant développé par le groupe sont insuffisants. On peut envisager une compensation d'énergie réactive pour limiter la puissance apparente et la valeur efficace du courant.

PARTIE 4 :

Utilisation pédagogique des modèles multi physiques en STI2D

Question 4.1

L'exploitation des modèles multi-physiques favorise la compréhension des systèmes et les liens entre les différents domaines : mécanique, hydraulique, électrique, etc.

Que cela soit pour les systèmes non présents dans le laboratoire SII, mais également pour les systèmes présents mais difficilement observables dans l'ensemble des composantes.

Le programme du baccalauréat S-SI privilégie les approches scientifique et technologique d'analyse, de modélisation et d'expérimentation de systèmes pluri techniques. Il met également l'accent sur les différents niveaux de modélisation, amenant les élèves à identifier et à mesurer des écarts entre système souhaité, système réel et système modélisé et simulé en s'appuyant essentiellement sur des modèles de connaissance.

En STI2D, l'élève peut apprendre par la technologie et comprendre les modèles par l'analyse des comportements des systèmes techniques et non l'inverse ce qui reste le fondement de la pédagogie en STI2D. Nous sommes là, dans l'utilisation non pas exclusivement mais principalement des modèles de comportement.

Sur le modèle du clapet par éléments finis :

En S.SI : Après avoir expliqué la méthode des éléments finis, les élèves pourront modifier les paramètres de calculs (définition du maillage) et modifier les paramètres externes et internes afin d'identifier les écarts entre les différents résultats.

En STI2D : La méthode de calcul et le modèle sont donnés. Les élèves modifient seulement les paramètres externes et internes du modèle afin d'observer les différents comportements.

Sur le modèle multi physique de la chaîne d'énergie :

En S.SI : À partir d'une partie du modèle, les élèves vont identifier les composants à rajouter et modifier le modèle.

En STI2D : Le modèle est donné. Les élèves modifient certaines caractéristiques.

Question 4.2

Comme précisé précédemment, un élève en STI2D, peut apprendre par la technologie et comprendre les modèles par l'analyse des comportements des systèmes techniques. La modalité pédagogique à privilégier est donc inductive. En enseignement technologique transversal, les modèles seront multi-physique. Par exemple le modèle multi-physique de la chaîne d'énergie du barrage qui peut associer énergie électrique, hydraulique et mécanique.

En enseignement technologique de spécialité, le modèle numérique pourra être plus spécifique à la spécialité. Par exemple, le modèle du clapet par éléments finis pour déterminer sa déformée.

Question 4.3

<p>O5 - Utiliser un modèle de comportement pour prédire un fonctionnement ou valider une performance</p>	<p>CO5.1. Expliquer des éléments d'une modélisation proposée relative au comportement de tout ou partie d'un système</p> <p>CO5.2. Identifier des variables internes et externes utiles à une modélisation, simuler et valider le comportement du modèle</p> <p>CO5.3. Évaluer un écart entre le comportement du réel et le comportement du modèle en fonction des paramètres proposés</p>
---	--

L'objectif de formation O5 : Utiliser un modèle de comportement pour prédire un fonctionnement ou valider une performance, est constitué de 3 compétences. La mise en place d'indicateurs de performance et de niveaux d'appréciation permet d'observer la progression des élèves dans l'acquisition de ces compétences. Dans le tableau suivant, les indicateurs de performance sont définis en prenant en compte leur progressivité.

COMPÉTENCES	INDICATEURS DE PERFORMANCE
CO5.1 Expliquer des éléments d'une modélisation proposée relative au comportement de tout ou partie d'un système.	<ul style="list-style-type: none"> - L'ouverture et le lancement d'une simulation d'un modèle au préalable paramétré, se fait de manière autonome, - À partir d'un modèle multi-physique donné, les blocs sont correctement identifiés par rapport au réel : <ul style="list-style-type: none"> • blocs liés aux composants d'un système, • blocs correspondant aux paramètres d'entrée, • blocs d'acquisition de grandeurs physiques, • blocs pour visualiser des résultats. - Des blocs « systèmes » sont choisis et reliés aux autres éléments.
CO5.2 Identifier des variables internes et externes utiles à une modélisation, simuler et valider le comportement du modèle.	<ul style="list-style-type: none"> - Les variables du modèle donné sont identifiées, - À partir d'un modèle numérique donné, les variables sont modifiées au regard du réel, - La configuration du simulateur est prise en compte en fonction des objectifs de simulation, - Les hypothèses de simulation sont explicitées, - Les résultats sont analysés afin de valider le modèle.
CO5.3 Evaluer un écart entre le comportement du réel et le comportement du modèle en fonction des paramètres proposés.	<ul style="list-style-type: none"> - Les grandeurs physiques à comparer sont identifiées, - Les écarts sont commentés, - Une analyse critique entre le comportement du réel et du modèle est réalisée.

PARTIE 5

Enseignement technologique en langue vivante (ETLV) en STI2D.

Question 5.1

Mise en situation :

L'ETLV1 prend appui en 1^{ère} sur l'enseignement transversal de technologie avec une durée de 1h par semaine de co-enseignement conjoint : un enseignant de discipline technologique et un enseignant LV1.

Le support qui servira de base pour « l'étude de dossier technologique » sera le Barrage de Vichy et le document DT5 : Loi Cadre sur l'Eau viendra en complément.

Étude centrée sur le centre d'intérêt 1 (C11) : développement durable et compétitivité des produits.

Dossier technologique utilisé :

DT5 : Loi Cadre sur l'Eau.

Notions et pôles de compétences mis en jeu :

Pôles de connaissances : Matériaux et structures.

Notions : « L'idée de progrès » (les matériaux innovants, développement durable et éco conception à ajouter).

Modalités pédagogiques et étapes de « l'étude de dossier technologique » :

6 groupes de 4 en classe entière ou 3 groupes de 4 en groupe à effectif réduit.

Étapes de « l'étude de dossier technologique » :

1. Prise de connaissance individuelle par l'élève de l'étude de dossier : première réflexion sur les démarches (investigation, résolution de problèmes) à mener pour répondre à l'étude. Analyse de la loi Cadre sur l'Eau (DT5) et des problèmes apparus au niveau du plan d'eau.

2. Mise en commun des réflexions au sein du groupe d'élèves (flots, espaces de travail spécifiques) et proposition ou explicitation à un tiers des activités à accomplir avec les démarches associées en LV1.

3. Répartition entre les élèves des activités à mener.

Mise en place d'un lexique.

Recherche des documentations techniques.

Analyse de la loi cadre sur l'Eau (DT5) et des problèmes rencontrés au niveau du plan d'eau (Ces dernières années, certains problèmes sont apparus au niveau du plan d'eau : comblement progressif et envasement partiel de la retenue, envasement de la prise d'eau d'alimentation de la ville en eau potable, affouillements sous ses murs (effet de marnage du plan d'eau) au niveau de la rive gauche donc la berge rive gauche est à stabiliser et à re-naturer, envahissement du lac d'Allier par l'Elodée de Nutall (plante aquatique monocotylédone vivace).

Analyse des matériaux utilisés au niveau du plan d'eau (Les lubrifiants huile ou graisse devront être biodégradables en accord avec la loi N°2006-11 du 05/01/2016 d'orientation agricole (LOA) et les matériels adaptés pour fonctionner et durer avec ce type d'huile ; une protection anticorrosion par peinture des clapets est à prévoir ; prévoir des bagues en matériaux autolubrifiants (bronze avec insert graphique) afin de supprimer le graissage par des plongeurs ; le matériau considéré pour la structure du clapet neuf N°2 (tôle de borde, renfort, gras...) est de type S355 : bonne résistance à la rupture et à la traction.

Mise en place d'une frise chronologique (dates importantes).

Textes réglementaires.

Objectifs à atteindre pour les Masses d'Eau Artificielles (MEA) : bon état écologique et bon état chimique.

Suite à ces problèmes, un programme de recherche pour une gestion durable de la retenue du lac d'Allier à Vichy a été mis en place en 2012 avec comme actions :

- Analyser précisément le fonctionnement physique, chimique, biologique du plan d'eau pour comprendre l'interaction des phénomènes : déterminer la qualité de l'eau de ce système aquatique, identifier les causes éventuelles de sa dégradation et proposer des méthodes de gestion durable.
- Préciser les impacts du bouage et de la retenue, pour améliorer leur gestion et évaluer les compensations apportées par les aménagements futurs.

- Définir le protocole d'observation permanente des paramètres choisis, pour anticiper les phénomènes et éclairer la gestion de l'équipement.
- Envisager une opération coordonnée de travaux, dans la perspective d'un prochain curage du plan d'eau, pour optimiser les moyens et limiter les impacts.

4. Mise en commun des résultats des activités, échanges entre les élèves sur les nouvelles connaissances acquises au sein des différentes activités et réflexions sur la proposition possible de réponse à l'étude.

5. Préparation d'un document de synthèse en LV1 explicitant l'étude, les nouvelles connaissances mises en œuvre, les démarches adoptées et les conclusions atteintes. Présentation orale du groupe (exemple : 10 minutes de présentation suivie de 10 minutes d'entretien) : 2h au total.

Chaque étape du déroulement verra des échanges entre les élèves et le groupe d'experts (binôme d'enseignants).

Suite à des séances d'enseignement conjoint, chaque professeur gagnera à exploiter les connaissances et compétences visées. Le cas échéant, il apportera des remédiations ou des compléments d'information. L'équipe de professeurs présentera les objectifs de la ou des séances postérieures à la séance d'enseignement conjoint pour avoir une vision complète de l'exploitation possible des séances (LV1 : travail sur le lexique et sur le vocabulaire technique lié au Développement durable et à la loi Cadre sur l'Eau : DT5, et sur les Notions : « L'idée de progrès », enseignement technologique : 1.2 éco conception, 4h en CE : voir DR5).

Question 5.2

Du côté enseignant, classiquement on distingue 6 modalités de co-enseignement ou de co-intervention.

1 – L'un enseigne, l'autre observe :

L'un des avantages de cette co-intervention est qu'une observation plus précise est possible. Cela permet entre autres de faciliter la mise en place d'une évaluation formative en précisant à l'avance ensemble quels observables identifier. Par la suite les enseignants ont à partager l'analyse des observations.

2 – L'un enseigne, l'autre aide :

Dans ce fonctionnement du co-enseignement, un professeur garde la responsabilité de l'enseignement tandis que l'autre circule à travers la classe, fournissant une aide discrète aux élèves en fonction des besoins. Il est intéressant d'alterner les rôles.

3 – Enseignement parallèle :

Les enseignants font en même temps la même chose : l'avantage est la réduction du nombre d'élèves. Dans un certain nombre de cas, l'apprentissage des élèves serait grandement facilité s'ils avaient juste eu plus d'attention de l'enseignant et davantage la possibilité de prendre la parole.

4 – L'enseignement en ateliers :

Dans cette approche de co-enseignement, les enseignants se divisent le contenu. Chaque professeur enseigne le contenu à un groupe et reproduit son intervention ensuite auprès de l'autre groupe. Un troisième atelier peut donner aux élèves la possibilité de travailler en autonomie.

5 – Enseignement avec groupe différencié :

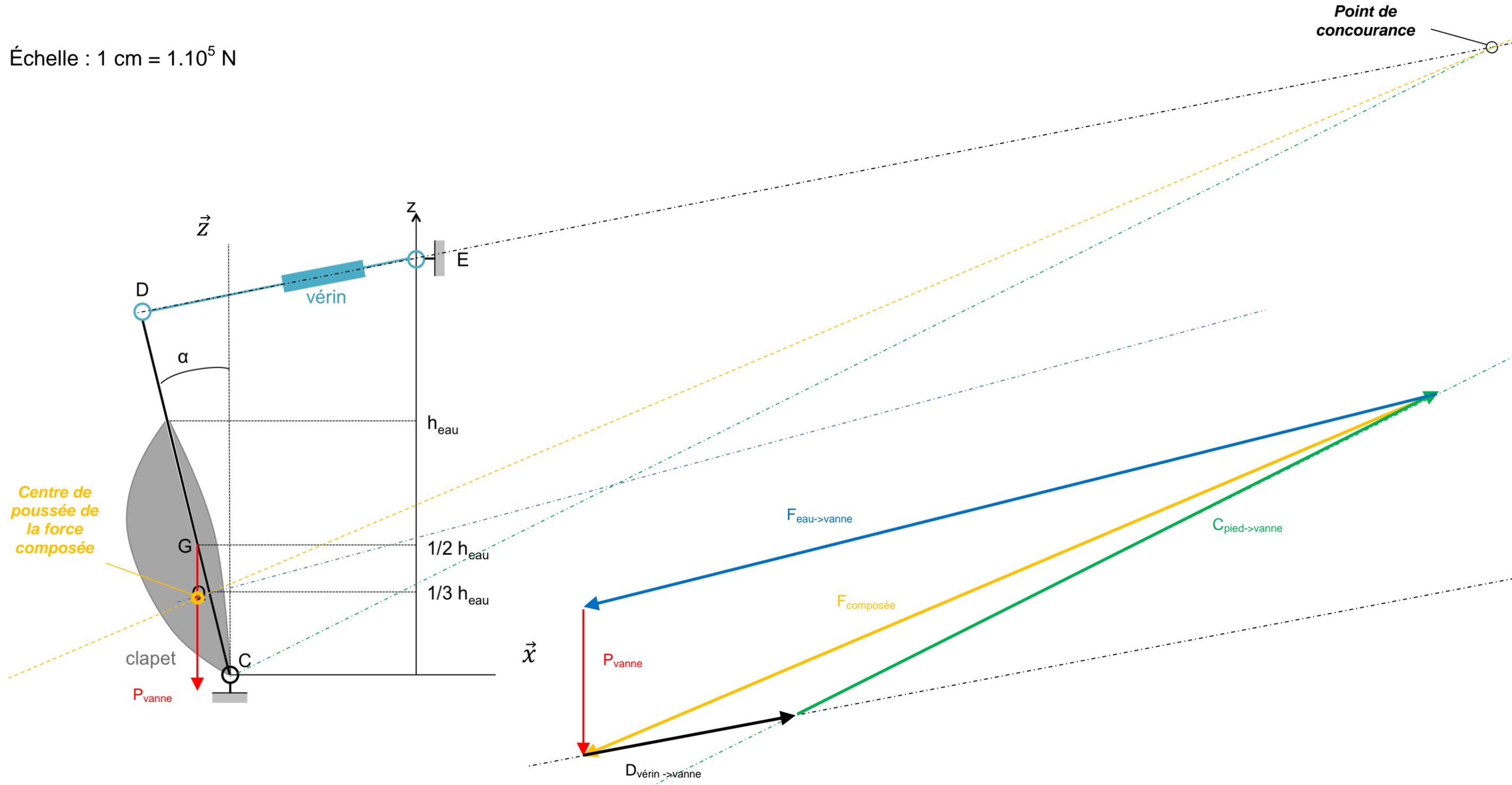
Dans toute classe, il y a des moments pendant lesquelles les élèves ont besoin d'une attention particulière. Dans cette formule, un enseignant prend la responsabilité de l'ensemble du groupe, tandis que l'autre œuvre avec un petit groupe. Cette organisation peut être choisie à des moments différents, au début ou à la fin de la séance et peut être brève. Elle peut concerner les élèves ayant des difficultés ou tout au contraire des élèves à l'aise qui vont être stimulés de manière approfondie.

6 – En tandem :

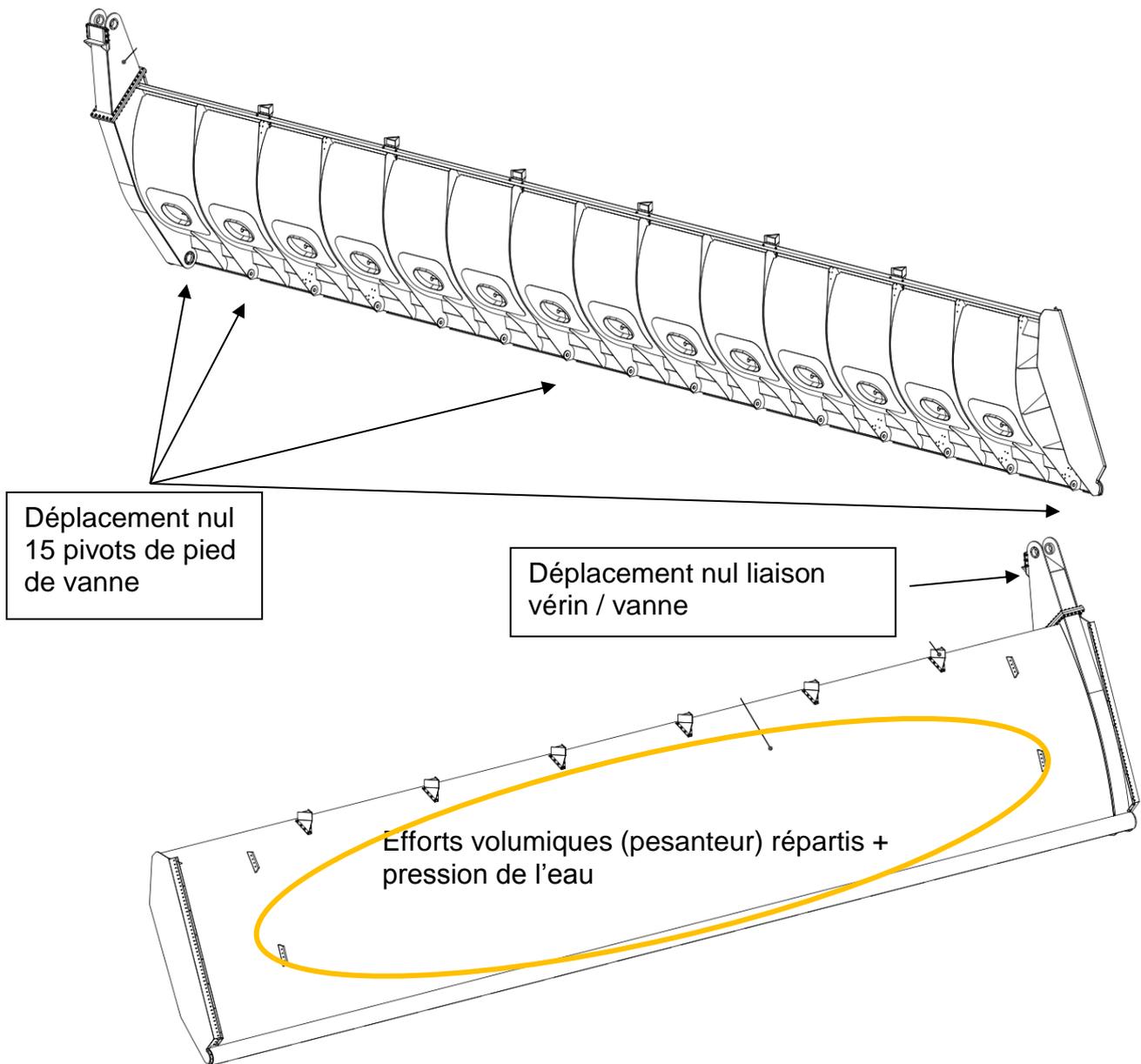
Dans l'enseignement en tandem, les enseignants sont acteurs avec toute la classe en même temps. Cette organisation peut être très utile lorsque l'un parle, mène un dialogue avec le groupe classe, tandis que l'autre agit, manipule, écrit.

DR1 – Trame pour question 1.2.2 (format A3)

Échelle : 1 cm = 1.10⁵ N

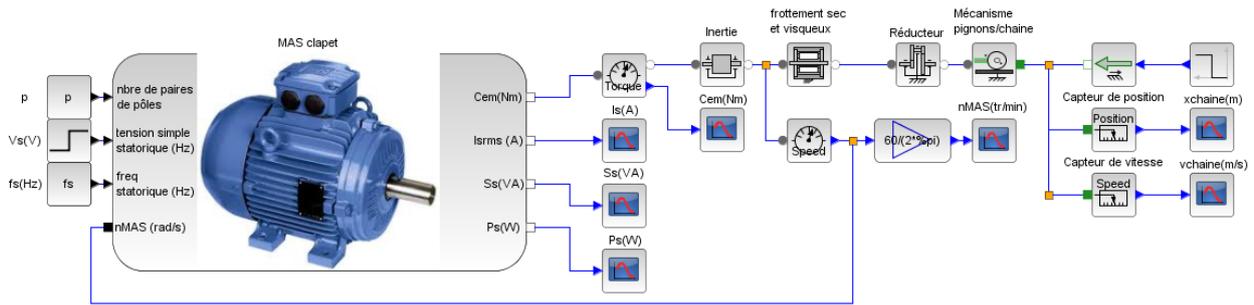


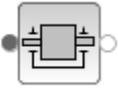
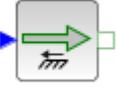
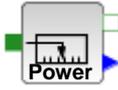
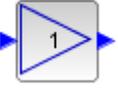
DR2 – Conditions aux limites du calcul éléments finis



DR3 – Modélisation de la chaîne de transmission

$p = 2$	$V_s(V) = 230$	$f_s(Hz) = 50$	$Effort(N) = 1\ 000\ 000$
---------	----------------	----------------	---------------------------



 Inertie	 Combiné ressort-amortisseur en rotation	 Frottement visqueux et sec en rotation
 Réducteur	 Conversion d'une variable en couple	 Conversion rotation ↔ translation
 Conversion d'une variable effort	 Frottement visqueux et sec en translation	 Masse
 Capteur de vitesse en translation	 Capteur de position en translation	 Mesure de puissance en translation
 Capteur de vitesse en rotation	 Capteur de position en rotation	 Mesure de puissance en rotation
 Gain	 Scope	 Échelon

DR4 – Déroulé pédagogique de la séquence

STI2D – ETT (Enseignement Technologique Transversal) Déroulé pédagogique de la séquence									
Fiche pédagogique séquence N°6				TITRE : Choix structure et matériaux					
Centres d'intérêt abordés dans la séquence : CI1 (Développement durable et compétitivité des produits). CI4 (Dimensionnement et choix des matériaux et structures). Nombre élèves : 24 Effectif réduit : 12				Volume horaire prévu : Total horaire élève : 14h Total horaire CE (classe entière) : 6h Total horaire groupe à effectif réduit : 8h					
Description des activités pédagogiques et savoirs associés				Cocher la démarche retenue			Cocher le dossier et/ou support retenu		
Horaires	CE ou groupe à effectif réduit	Cours et savoirs associés	Organisation	Investigation	Résolution de problème technique	Projet	Dossier et/ou support N°1	Dossier et/ou support N°2	Dossier et/ou support N°3
4h	CE	1.2 écoconception, 1.2.1 Étapes de la démarche de conception (expression du besoin, spécifications fonctionnelles d'un système : cahier des charges fonctionnel).	<u>Question possible</u> : comment le développement durable est-il pris en compte dans la démarche d'éco conception tout en assurant la compétitivité des produits ? Appui sur des études de dossiers technologiques permettant d'identifier les éléments principaux d'une démarche de conception de tous types de systèmes : Brainstorming, proposition d'hypothèses, validation des hypothèses, phase de restitution, structuration des connaissances (synthèse) avec un travail collaboratif professeur et élèves.	x			x		

**STI2D – ETT (Enseignement Technologique Transversal)
Déroulé pédagogique de la séquence**

Fiche pédagogique séquence N°6				TITRE : Choix structure et matériaux					
Description des activités pédagogiques et savoirs associés				Cocher la démarche retenue			Cocher le dossier et/ou support retenu		
Horaires	CE ou groupe à effectif réduit	Cours et savoirs associés	Organisation	Investigation	Résolution de problème technique	Projet	Dossier et/ou support N°1	Dossier et/ou support N°2	Dossier et/ou support N°3
8h	Groupe	2.3 Approche comportementale (modèles de comportement : proposer une approche simple permettant de justifier l'utilisation d'un modèle de comportement pouvant s'appuyer sur une simulation, permettant de justifier le paramétrage ; comportement des matériaux mécaniques : privilégier une approche qualitative par comparaison à partir d'expérimentations permettant de retenir des ordres de grandeur).	<p><u>Question possible</u> : comment caractériser des matériaux et structures ?</p> <p>Travail par groupe sur un support différent : chaque groupe travaillera sur l'amélioration du « Barrage de Vichy » en se basant sur les dossiers techniques fournis et les outils de simulation. La relecture du diagramme d'exigence permettra d'identifier les exigences spécifiques pour le travail du groupe.</p> <p>Suivra une phase d'expérimentation et de simulation pour résoudre le problème technique.</p> <p>Démarche de résolution de problème technique : problème technique à résoudre, phase d'activités pratiques et de recherche interactive ; résultats, vérification et interprétation ; phase de restitution ; structuration des connaissances (synthèse) avec un travail collaboratif professeur et élèves.</p> <p>Synthèse du travail de groupe avec document de synthèse fourni sur les éléments essentiels à retenir.</p> <p>TP possible (support pédagogique) : GUNT TM110 et GUNT WP950</p>		x		x	x	x
2h	CE	<p>Vecteur force, moment d'une force, principe fondamental de la statique (PFS) ; analyse des liaisons, schéma cinématique ; relation contraintes/déformations.</p>					x		

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

Présentation du sujet

Le sujet porte sur la conception et la mise en œuvre d'un double-pont, un pont routier (constitué de 6 voies et 1 trottoir) et un pont ferroviaire à 2 voies, à Douala, capitale économique du Cameroun.

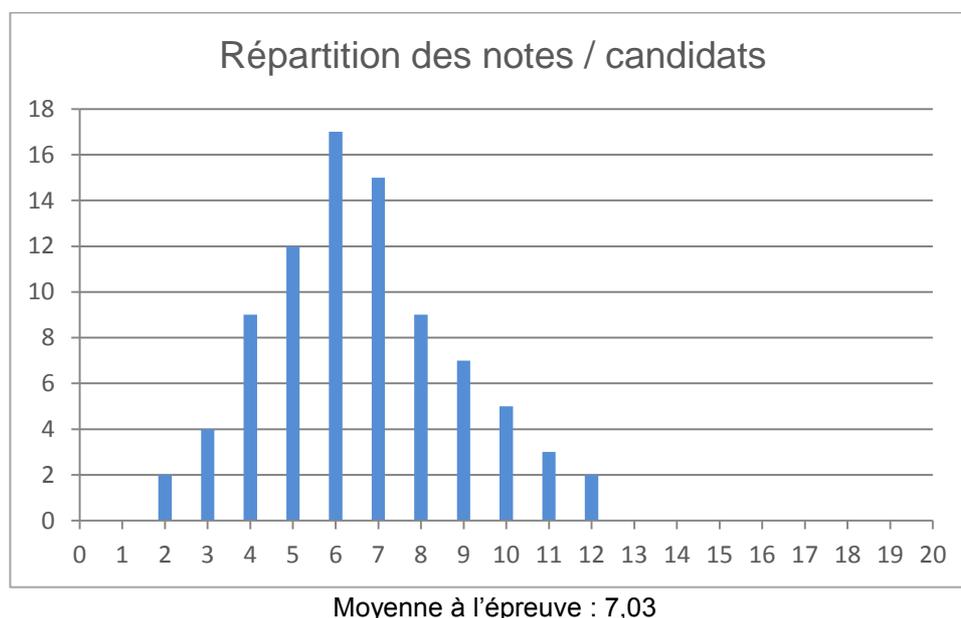
Le sujet se décompose en quatre parties permettant d'évaluer des compétences dans les domaines de la structure et de l'énergie. :

- la partie I, porte sur la technologie de construction et la méthodologie de chantier appliquée à la construction du pont ;
- la partie II, concerne la formulation et la mise en œuvre du béton des chevêtres ;
- la partie III, détaille la simulation d'échauffement thermique dans une des pièces massives du pont;
- la partie IV, s'intéresse au calcul d'une structure provisoire (l'estacade).

Progressif dans le questionnement, ce sujet donne l'occasion aux candidats de démontrer leurs capacités d'analyse et d'argumentations dans un contexte scientifique et technologique du niveau de l'agrégation.

Analyse globale des résultats

Peu de candidats obtiennent la moyenne à cette épreuve. De trop nombreux candidats montrent de réelles difficultés à appréhender les questionnements évaluant des compétences scientifiques. La moyenne obtenue à l'épreuve reste faible alors que cette épreuve aborde des notions en lien direct avec la spécialité choisie par le candidat. Le jury rappelle que le concours de l'agrégation nécessite une préparation soutenue aux épreuves.



Commentaires sur chaque partie du sujet

Partie 1 :

Cette partie visait dans un premier à identifier les grandes familles de données et caractéristiques à prendre en compte pour la conception de cet ouvrage dans son environnement, à expliciter la fonction de différents éléments du pont et à analyser les facteurs de risques associés à la mise en œuvre d'un ouvrage provisoire.

Cette section, uniquement rédactionnelle, devait permettre aux candidats de valoriser leurs connaissances sur la conception et la technologie des ponts et les méthodes de chantier.

Un certain nombre de candidats a su tirer profit de cette partie. Néanmoins, environ 40 % des candidats n'ont pas du tout abordé cette partie ou ont obtenu une note très faible, révélant une méconnaissance de notions de base sur la technologie de construction de ponts.

Partie 2 :

Cette partie visait à formuler le béton d'un chevet du pont, pièce massive soumise au risque de réaction sulfatique interne (RSI) en cas d'élévation de température importante dans les premiers jours de l'hydratation du ciment (réactions exothermiques). Le risque de température élevée au cours de l'hydratation est accru dans le cas de cet ouvrage par la mise en œuvre du béton par temps chaud. Les informations utiles relatives à la RSI étaient fournies en annexes, de même que les textes réglementaires pour la formulation des bétons. Les candidats étaient amenés à appréhender dans un premier temps les spécificités de l'environnement de l'ouvrage, de sa géométrie, et des conditions climatiques puis à formuler le béton par une série de questions progressives. Le sujet explorait enfin les différentes évaluations réalisées sur une gâchée d'essai.

En dehors des connaissances générales sur la formulation des bétons, la plupart des notions utiles étaient fournies dans le sujet et ses annexes. Cette partie a été plutôt bien réussie par les candidats, qui ont su exploiter les éléments fournis (27 % des candidats ont obtenu plus de la moitié des points).

Partie 3 :

Cette partie s'intéressait au problème thermique associé à l'élévation de température lors de l'hydratation du béton des chevêtres. Il visait notamment à valider la conception du dispositif de refroidissement effectivement mis en œuvre dans les pièces massives de cet ouvrage et qui consistait en un réseau de tubes noyés dans le béton au sein duquel circulait de l'eau à température ambiante.

Les questions étaient très progressives et un certain nombre de réponses intermédiaires étaient fournies afin de guider les candidats. Malgré cela, le taux de réussite sur cette partie a été très faible.

Les trois quarts des candidats n'ont pas du tout abordé cette partie ou ont obtenu une note très faible, suggérant que ceux-ci n'y consacraient que très peu de temps, parce que potentiellement ne correspondant pas à leur compétence centrale. Il est cependant rappelé que l'agrégation sanctionne les compétences transversales des candidats dans les différents domaines de l'ingénierie de la construction. Les candidats sont donc invités à renforcer leurs compétences dans ces différents domaines.

Partie 4 :

Cette partie avait pour objet la vérification des éléments de structure d'un ouvrage provisoire en construction métallique : l'estacade. L'estacade était constituée principalement d'un plancher (platelage bois) reposant sur un réseau de poutres transversales et longitudinales en profilés commerciaux, elles-mêmes reposant sur des têtes de pieux. Le sujet comportait (i) une partie de calcul/descente de charges (à partir des données de l'énoncé), (ii) une partie de calcul des sollicitations dans les poutres, (iii) une partie de vérification des éléments en flexion simple à l'Eurocode 3 aux différents états-limites. Une dernière partie s'intéressait au dimensionnement (traction et compression simples) d'un système simple de contreventement.

Malgré sa relative simplicité, le taux de réussite sur cette partie est faible. Cette partie arrivait en fin de sujet, elle a donc été abordée par un nombre réduit de candidats. Le jury souhaite rappeler à ce titre que les candidats doivent prendre intégralement connaissance du sujet avant de composer pour ainsi identifier dès le début de l'épreuve toutes les possibilités qui leurs sont offertes de valoriser leurs connaissances et compétences. La correction a par ailleurs mis en évidence qu'une proportion significative des candidats n'était pas à l'aise avec des compétences de base, telles que le calcul des descentes de charges ou des sollicitations simples dans les éléments de structure. Le jury encourage les candidats à renforcer leurs compétences.

Partie I : Technologie de Construction et la méthodologie de chantier appliquée à la construction de ce pont

Question 1.1

a) Implantation et caractéristiques d'ensemble de l'ouvrage

L'implantation d'un ouvrage est conditionnée au projet routier qui l'englobe. Une collaboration doit exister entre spécialistes Route et OA.

L'ouvrage sera forcément un compromis entre plusieurs exigences éventuellement contradictoires.

Les caractéristiques géométriques sont conditionnées à la nature de la voie portée et par le projet. Le projeteur devra aussi connaître les ouvrages voisins et avoir une idée du type d'ouvrage a priori à la phase étude préliminaire.

Biais du pont ou pas ? Qu'est-ce qu'un biais ? C'est l'angle en grade entre l'axe de la voie portée et la direction des lignes d'appui du pont. En règle générale, on préfère nettement les ponts droits (100 gr) pour une simplification de l'exécution et des calculs du fonctionnement mécanique et pour des problèmes de coût.

Courbure du pont ? Là encore dans la majorité des cas, il est plus simple de faire droit. Toutefois, certaines fois, la courbure ne peut être évitée. Il conviendra alors de choisir des rayons de courbure les plus grands possible afin de réduire les efforts de torsion dans les travées. La courbure a un impact sur le mode de construction. Toutes les géométries ne sont pas compatibles avec tous les modes de construction !

Longueur du pont : elle dépend du projet mais c'est une donnée à connaître

b) Données naturelles et données environnementales

Le recueil des données naturelles est indispensable.

La topographie : connaissance parfaite des terrains de part et d'autre de l'OA = relevé topo précis + possibilités d'accès + aires disponibles pour les installations de chantier...

L'hydrologie : connaissance parfaite du cours d'eau = fréquence et importance des crues, débit, étiage, charriage éventuel de corps flottants. 2 dangers pour les piles du pont = affouillement et choc

L'étude des sols : reconnaissance géologique générale du tracé routier incluant l'OA (carte + sondages avec carottages, essais pressiométriques et essais au pénétromètre + éventuellement autres méthodes type sismique-réfraction pour connaître plans de glissement potentiels, ou type gravimétrie pour connaître les karsts...). Le géotechnicien pourra préconiser un mode de fondation, un niveau à atteindre et un niveau de sol à ne pas dépasser.

Il est à noter que parfois les variantes présentées posent un problème si changement de la localisation des appuis donc nécessite des études de sol complémentaires.

Les actions naturelles : vent, neige, séismes, houle, atmosphère marine.

L'environnement de l'ouvrage est fondamental dans le projet (espèces à protéger ...).

c) Données fonctionnelles

Liste des données indispensables au projeteur :

- Tracé en plan
- Profil en travers
- Profil en long
- Charges d'exploitation normales et exceptionnelles
- Hauteurs libres et ouvertures à réserver
- Qualité architecturale
- Contraintes de construction : délais, coût (main d'œuvre, matériaux), disponibilité des matériaux, du matériel...

d) Quels sont les choix possibles d'ouvrage ?

Type d'ouvrage : choix a priori à la phase étude préliminaire. Il n'existe pas de solution unique à un problème donné !

Choix pour un pont routier neuf en franchissement d'un cours d'eau en milieu rural :

Choix selon la structure (ordre croissant de portée possible) :

- Ponts voûtés (maçonnerie ou béton)
- Ponts à poutres : matériau = BA, BP, mixte, métallique ou en bois ; 4 formes de poutres = poutres à âmes pleines, poutres caissons, poutres treillis et poutres bow-string mais attention ces dernières sont classées dans les ponts en arc car organe porteur principal = arc)
 - Exemples de ponts à poutres : Portiques ; Pont-dalle en BA ou BP ; VIPP (Viaduc à travées indépendantes à poutres préfabriquées précontraintes par post-tension) ; Poutres caissons en BP ; pont à béquilles ; Poutrelles enrobées ; Pont à poutres sous chaussée en BA ou BP ; PRAD (Viaduc à travées indépendantes ou continues, à poutres préfabriquées précontraintes par fils (ou torons) adhérents) ...
- Ponts en arc : cas particulier = pont bow-string
- Ponts haubanés
- Ponts suspendus

Choix selon les matériaux : béton, BA, BP, acier, (bois et pierres)

e) Quel est le processus du choix ?

Il n'existe pas de solution unique et souvent le choix se fait sur le critère financier.

Un ouvrage comprend 3 parties :

- Les tabliers (coût augmente avec la portée)
- Les fûts de piles (coût faible)
- Les fondations (estimation du coût délicate malgré les sondages)

Le choix du type d'ouvrage se fait de manière itérative et doit reposer sur :

- De nombreuses études techniques faites par des experts du domaine
- Une étude de coût la plus fiable possible
- Une faisabilité technique maîtrisée par les intervenants choisis
- Une disponibilité des matériaux choisis
- Une parfaite connaissance de l'environnement
- Un respect d'un processus qualité sur les matériaux, sur les procédés de construction, sur l'aspect général et l'insertion de l'ouvrage dans le site...
- Le respect de l'environnement
- Le respect de l'esthétisme du site

Question 1.2

Ouvrage du projet à expliciter	Justification de la fonction
Culée	La culée d'un pont est la partie située sur la rive supportant le poids du tablier ou la poussée du pont
Pile	Appui intermédiaire d'un pont.
Chevêtre	Le chevêtre d'un pont est la partie supérieure d'une pile, lorsque le tablier repose sur celle-ci par l'intermédiaire d'un ou plusieurs appareils d'appui.
VSP	VSP = Voussoir Sur Pile Un Voussoir est un élément préfabriqué ou coulé en place constituant soit la paroi d'un tunnel soit formant le tablier d'un pont construit en encorbellements successifs. Le Voussoir Sur Pile : voussoir situé au droit d'une pile et qui fait l'objet d'une conception et d'une réalisation différentes.
Clavage	Action qui consiste à relier 2 parties d'ouvrages construites séparément : 2 parties indépendantes deviennent une.
Clothoïde	Il s'agit de la courbe « idéale » permettant de raccorder une partie droite et un arc de cercle d'une route.
Profil en long	Les profils sont construits à partir du plan topographique. Ce sont des coupes de terrain selon une trajectoire déterminée. Le profil en long est lorsque la trajectoire correspond à l'axe de la route.
Profil en travers	Le profil en travers est lorsque la trajectoire correspond à une perpendiculaire à cet axe.

Question 1.3

Il s'agit de construire le tablier de pont par tronçons à partir des piles.

Après construction d'un tronçon ou voussoir, les câbles de précontrainte sont mis en tension.

Le voussoir peut alors supporter les charges nécessaires à la construction du voussoir suivant...

- Schéma précontrainte provisoire
- Schéma de principe
- Clavage
- Principe de la précontrainte et du câblage
- Équipage mobile
- Stabilité des fléaux

Question 1.4

Risques dus à l'environnement du chantier :

- Risques dus à l'eau
- Risques liés aux conditions climatiques

Risques dus au chantier

- Risques de chute et de glissades
- Risques de chute d'objet
- Risques liés aux manutentions et aux postures contraignantes
- Risques liés à la conduite d'engin
- Risques sensoriels (bruit ...)
- Risques chimiques
- Risques électriques
- Risques biologiques : coupures...
- Risques liés à la co-activité et à la coordination

Question 1.5

5 phases :

1. Études préliminaires (conception générale de plusieurs solutions -> esquisses de plusieurs solutions possibles pour l'ouvrage) et évaluation des solutions
2. Avant-projets (conception et pré-dimensionnement de plusieurs variantes). Évaluation et choix d'une variante
3. Projet définitif (analyse structurale ; dimensionnement des éléments principaux -> plans d'ensemble et de détails ; quantités de matériaux)
4. Appel d'offres (établissement des documents ; avant-métrés ; listes...) et évaluation adjudication
5. Projet d'exécution (vérifications détaillées ; élaboration des plans de détails -> plans d'exécution)

Partie II – Formulation de béton

Question 2.1

Pièces les plus susceptibles au développement de la RSI : 1) massives et/ou développant une forte chaleur d'hydratation, 2) en contact fréquent ou permanent avec l'eau

- Coques préfabriquées des chevêtres : en contact durable avec l'eau : immersion permanente, stagnation d'eau à la surface, zone de marnage (situation la plus critique) mais épaisseur < 25 cm => pas de risque
- Béton de remplissage des chevêtres : alternance d'humidité et de séchage, humidité élevée (protection par les coques préfabriquées, situation moins critique, mais épaisseur de la pièce > 2 m (voir plan de coffrage) => risque élevé
- Béton des voussoirs : alternance d'humidité et de séchage, humidité élevée (protection par les coques préfabriquées, situation moins critique, mais épaisseurs élevées => risque élevé

Les candidats familiers avec la classification LCPC du niveau de prévention RSI pourront s'y appuyer.

Les autres pourront se baser sur des considérations de bon sens.

Question 2.2

En vue de la prévention de la RSI le guide LCPC 2007 recommande :

- Éviter les contacts prolongés de la pièce avec l'eau

- De limiter la température maximale atteinte dans le béton
- De maîtriser les traitements thermiques des éléments préfabriqués.

La première mesure peut se traduire au niveau de la conception de l'ouvrage par l'utilisation d'un dispositif d'étanchéité à appliquer sur le parement des bétons (rien n'est prévu en ce sens, d'un point de vue architectural), et/ou sur les parties exposées à l'eau des intempéries (partie supérieure des tabliers)

La seconde mesure concernant la limitation de la température atteinte dans le béton (particulièrement critique pour un ouvrage situé dans une zone chaude), peut se décliner ainsi :

- Conception de l'ouvrage : éviter les pièces massives (éviter/amincir les pièces structurales),
- Formulation du béton : utiliser des ciments avec faible chaleur d'hydratation (ciments avec additions),
- Fabrication : refroidir les matières premières (protéger de la chaleur les granulats dont la capacité calorifique a un impact fort sur l'élévation de température, utiliser de l'eau de gâchage refroidie)
- Transport : limiter les temps de transport du béton et éviter le stationnement des toupies en plein soleil,
- Mise en œuvre : protéger les coffrages et ferrailage de la chaleur avant coulage, utiliser des systèmes de refroidissement du béton en cours de prise (circuit de refroidissement), utiliser des coffrages favorisant les échanges thermiques, fractionner le bétonnage des pièces (pour limiter l'épaisseur de béton, dans la limite de conservation d'un comportement monolithique), bétonner de nuit, curer les bétons.

II.À Étape 1 : formulation du béton

Question 2.3

Le béton des coques préfabriquées est soumis à :

- l'alternance de cycles d'humidité et de séchage, risque de corrosion par carbonatation => classe XC4
- des chlorures provenant de l'eau de mer : zones de marnage (risque de corrosion par les chlorures de l'eau de mer) => classe XS3

Pas d'information sur la composition de l'eau du Wouri, pas de classification d'agressivité chimique.

La classe d'environnement des bétons des coques est donc **XC4** et **XS3**.

Question 2.4

Les dispositions les plus contraignantes vis-à-vis de la formulation des bétons sont données par la classe XS3, à savoir :

- teneur en liant mini = 350 kg/m³
- E/Cmax = 0,45
- Classe C35/45

Bilan du cahier des charges :

- Résistance : C35/45
- Durabilité : béton XS3, E/Cmax = 0.45 et Cmini = 350 kg/m³
- Maniabilité : béton très plastique, slump 15 cm

Question 2.5

$f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ MPa} \Rightarrow f_{cm} = 35 + 8 = 43 \text{ MPa}$

Question 2.6

$$f_{cj} = k_b f_{mj} \left(\frac{C}{E + V} - 0,5 \right) \quad \text{Équation 2}$$

Où :

- - $f_{cj} = 43 \text{ MPa}$
- - $k_b = 0,61$.
- - $f_{mj} = 42 \text{ MPa}$.
- - $V = 0,07 * E$ (bétons très plastique).

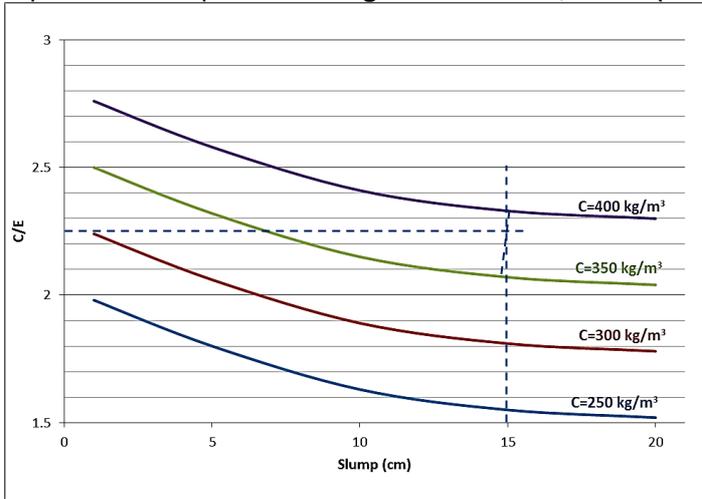
$\Rightarrow C/E = 2,33$

Question 2.7

$C/E = 2,33 \Rightarrow E/C = 0,429 < E/C_{max} = 0,45$ OK

Question 2.8

À partir de l'abaque $C = 400 \text{ kg/m}^3 \Rightarrow E = 171,6 \text{ L/m}^3$ (il s'agit de l'eau efficace)



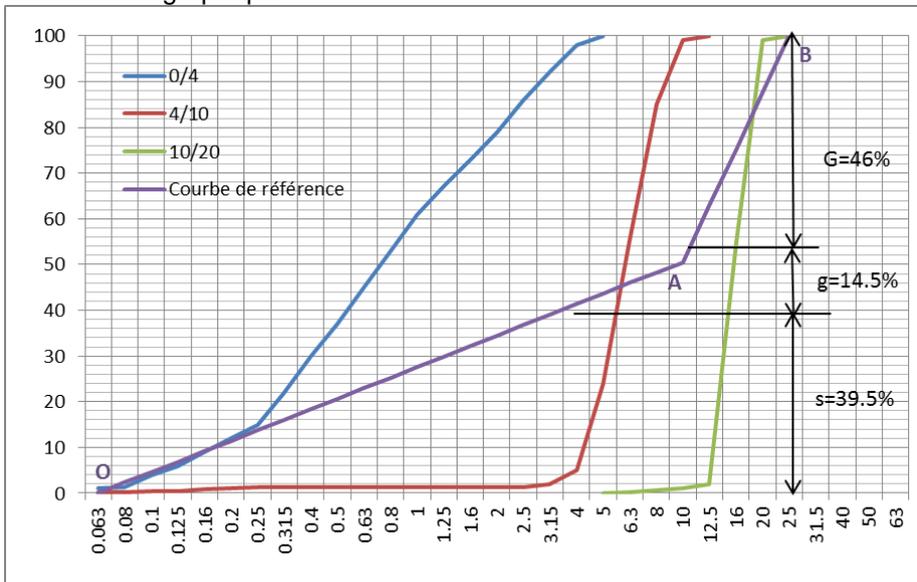
Question 2.9

Réponse sur graphe ci-dessous

Question 2.10

O (0,063 mm ; 0 %), B ($D_{max} = 20 \text{ mm}$; 100 %), A ($X_A ; Y_A$) où : $X_A = D_{max}/2 = 10 \text{ mm}$, $Y_A (\text{en } \%) = 50 - \sqrt{D_{max}} + K$ avec $K=5$, $Y_A = 50,5\%$

Construction graphique



Question 2.11

Avec $C/E = 2,33$, on lit $G=47\%$, $g=12\%$, $s=41\%$

Question 2.12

Bilan volumique du béton :

$$1 \text{ m}^3 = V_{\text{Gtot}} + V_C + V_E + V_A$$

Équation 3

- V_G est le volume total des granulats

- V_c est le volume de ciment = $C/\rho_c = 385/3,06 = 124,2L$
- V_E est le volume d'eau = $171,3L$
- V_A est le volume d'air = $V_E/h = 171,3/15=11,4L$

$$V_{Gtot} = 693,1 L = 686,23 L$$

$$\Rightarrow V_G = 0.46 \cdot 693,1 L = 322,53 L$$

$$\Rightarrow V_g = 0.145 \cdot 693,1 L = 82,34 L$$

$$\Rightarrow V_s = 0.395 \cdot 693,1 L = 281,35 L$$

Question 2.13

Formule du béton granulats secs et eau efficace :

$$\text{Masse ciment } C = 400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Masse eau } E = 171,3 \text{ L/m}^3$$

Masse Granulats :

$$G = V_G \cdot \rho_g = 0,3188 \cdot 2900 = 935,33 \text{ kg/m}^3$$

$$g = V_g \cdot \rho_g = 0,1005 \cdot 2900 = 238,81 \text{ kg/m}^3$$

$$s = V_s \cdot \rho_g = 0,2738 \cdot 2900 = 815,93 \text{ kg/m}^3$$

Question 2.14

Absorption d'eau des trois coupes : 1,1%

Absorption d'eau par les granulats : $(935,33+238,81+815,93) \cdot 0,011=21,89 L$

Pour compenser l'absorption d'eau par les granulats, inefficace pour l'hydratation et la maniabilité, il faudra introduire dans le malaxeur : $171,3+22,11=193,5L$

Formule du béton granulats secs et eau efficace + eau absorbée :

$$\text{Masse ciment } C = 400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Masse eau } E = 193,5 \text{ L/m}^3$$

Masse Granulats

$$G = 935,33 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 238,81 \text{ kg/m}^3$$

$$s = 815,93 \text{ kg/m}^3$$

Question 2.15

Mesure de la teneur en eau : prélèvement d'un échantillon représentatif de granulats, pesée humide (M_h), séchage jusqu'à masse constante, pesée sèche (M_s), calcul de la teneur en eau $\omega = (M_h - M_s)/M_s$. Les granulats sont humides. Le jour du coulage, la teneur en eau totale du sable est de $w_s=4,1\%$, celle du gravillon est de $w_g=2,2\%$ et celle du gravier est de $w_G=1,5\%$.

Pour avoir 794,0 kg de sable sec dans le malaxeur, il faut peser $s \times w_s = 1,041 = 794,0 \cdot 1,041 = 826,6$ kg de sable humide (qui contient donc $826,6 - 794,0 = 32,6 L$ d'eau).

Pour 291,5 kg de gravillon sec, il faut peser $291,5 \times 1,022 = 297,9$ kg de gravillon humide (qui contiennent donc 6,4 L d'eau).

Pour 291,5 kg de gravier sec, il faut peser $924,5 \times 1,015 = 938,4$ kg de gravier humide (qui contiennent donc 13,9 L d'eau).

Pour garantir l'eau efficace nécessaire, il suffira donc de mettre $193,4 - 32,6 - 6,4 - 13,9 = 140,5 L$ d'eau.

D'où la formulation granulats humides et eau à ajouter dans le malaxeur :

$$\text{Masse ciment } C = 400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Masse eau } E = 140,76 \text{ L/m}^3$$

Masse Granulats

$$G = 949,36 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 244,06 \text{ kg/m}^3$$

$$s = 849,38 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Masse volumique théorique du béton : } \rho_b = C+E+G+g+s = 2583,57 \text{ kg/m}^3$$

Béton un peu lourd du fait des granulats à densité élevée

II.B. Étape 2 : réalisation d'une gâchée d'essai

Question 2.16

Si la masse volumique réelle du béton est plus faible, cela signifie que le volume des constituants mélangés est supérieur au volume théorique de 1m³. Pour obtenir 1 m³ de béton fabriqué, il faudra donc réduire la quantité de composants ajoutés. La teneur en ciment étant imposée, il faut réduire la quantité des granulats de 2588,4-2510 kg/m³ soit 78,4 kg au total. Les quantités de chaque granulats seront réduites au prorata de leur proportion et l'eau ajoutée sera également corrigée.

Question 2.17

Le béton formulé est un béton ordinaire, la maniabilité peut être mesurée avec un cône d'Abrams. Cône rempli en trois couches successives piquées. On retire le cône, on mesure l'affaissement. Leviers sur la formulation : ne pas ajouter d'eau ! Utiliser un adjuvant plastifiant ou superplastifiant. Vérifier au préalable la compatibilité de l'adjuvant avec le ciment utilisé. Toujours faire une gâchée de convenance.

Question 2.18

Faciès de rupture : 2 cônes en opposition, appelés cônes de frettage. Ils correspondent au phénomène de confinement dans le béton dans la zone proche des plateaux de la presse (soumis aux contraintes de compression et au frottement transversal). Les lignes de ruptures (traction) sont (i) inclinées à la périphérie de ces cônes, leur direction correspond à la direction des contraintes principales (résultantes des contraintes de compression et cisaillement) et (ii) parallèles à l'axe de compression, en partie centrale de l'éprouvette, là où les contraintes de cisaillement ont un effet négligeable.

Résistance moyenne du béton $f_{cm} = \frac{\sum_i N_i * f_{ci}}{\sum_i N_i} = 46,4 \text{ MPa} \Rightarrow f_{ck} = 38,4 \text{ MPa} > f_{c28} = 35 \text{ MPa}$ du cahier des charges, OK

Partie III : calcul d'un circuit de refroidissement de béton coulé en place

III. À – Calorimétrie : de la chaleur d'hydratation à la densité de puissance interne.

Question 3.1

Calorimétrie adiabatique : Il n'y a aucun échange de chaleur entre le béton et son environnement. Le procédé consiste à asservir la température du milieu extérieur à celle de l'éprouvette.

Calorimétrie isotherme : l'échantillon s'hydrate à température constante. Le procédé consiste à immerger l'éprouvette dans un bain thermostaté.

Question 3.2

$Q_{\infty} \sim Q^{+20} = 200 \text{ J/g}$

En utilisant le point (42h, 150J /g) , il vient :

$$150 = 200 \left(1 - e^{-\frac{42}{t_{ref}}}\right) \text{ soit } t_{ref} = -\frac{42}{\ln\left(\frac{200-150}{200}\right)} = 30,3 \text{ h}$$

Question 3.3

$$P(t) = \frac{dQ(t)}{dt} = \frac{Q^{30}}{t_{ref}} e^{-\frac{t}{t_{ref}}}$$

Question 3.4

$$\bar{P} = \frac{1}{t_{obs} - 0} \int_0^{t_{obs}} P(t) dt$$

$$\bar{P} = \frac{Q^{\infty}}{t_{obs}} \left(1 - E^{-\frac{t_{obs}}{t_{ref}}}\right)$$

AN : avec $t_{obs} = 120 \text{ h}$

$$\bar{P} = \frac{200}{120} \left(1 - e^{-\frac{120}{30,3}}\right) = 1,63 \frac{J}{g/h}$$

Question 3.5

$p = \bar{P}$ en W/m^3

$$p = \bar{P} \times \frac{\text{dosage en } g/m^3}{3\,600 \text{ sec}} = 1,63 \times \frac{375\,000}{3\,600} = 170 \text{ W/m}^3$$

III. B – Calculs thermiques dans un chevêtre

Question 3.6

$$V = 15 \times 11 \times 2 = 330 \text{ m}^3$$

$$P = p \times V = 6,1 \text{ kW}$$

Question 3.7

$T(x, y, z, t) \rightarrow T(z)$ par hypothèse

D'où $\varphi = -\lambda \frac{dT}{dz}$ pour $0 \leq z \leq \frac{h}{2}$

$$\frac{d^2T}{dz^2} + \frac{p}{\lambda} = 0$$

Question 3.8

$$\frac{d^2T}{dz^2} = -\frac{p}{\lambda} \quad \text{et} \quad T = -\frac{p}{2\lambda} z^2 + C_1 z + C_2$$

Après résolution (en $z=0$, $\varphi = 0$; en $z=h/2$, $\varphi = p \frac{h}{2}$)

Soit $T(z) = \frac{p}{2\lambda} \left(\frac{h^2}{4} - z^2\right) + p \frac{h}{2 h_s} + T_{amb}$

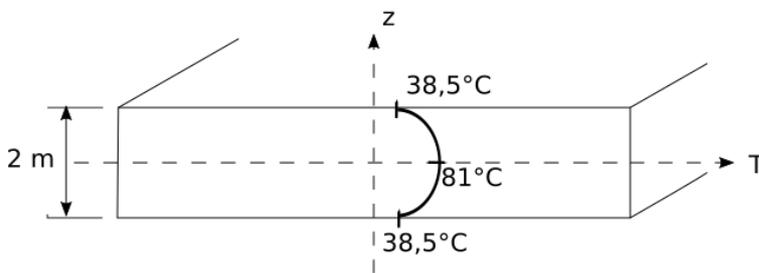
Question 3.9

Valeur max de T en $z=0$:

$$T_{max} = p \frac{h^2}{8\lambda} + p \frac{h}{2 h_s} + T_{amb}$$

$$T_{max} = 81^\circ\text{C}$$

Valeur de T à la surface ($z=h/2$) : $T_s = p \frac{h}{2 h_s} + T_{amb}$ soit $T_s = 38,5^\circ\text{C}$

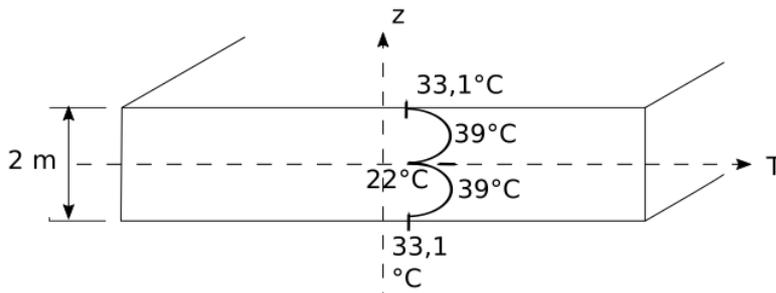


La température interne dépasse la limite tolérable (65°C). Il y a un risque de RSI. Il faut donc refroidir lors du bétonnage.

Question 3.10

Tmax pour $\frac{dT}{dz} = 0$ soit $-2 p \frac{z}{2\lambda} + A = 0$ soit $z_{max} = \frac{\lambda A}{p}$

AN : $T_{max} = 39^\circ\text{C}$ en $z = \pm 0,63 \text{ m}$ (symétrie)



Valeur de T à la surface ($z=h/2$) : $T_s = 33,1^\circ\text{C}$

Question 3.11

Deux méthodes sont possibles.

Première méthode, calculer φ_0 (i.e. en $z=0$)

$$\varphi_0 = -\frac{\lambda dT}{dz} = -\lambda A = -107,2 \frac{W}{m^2} \text{ (dans le sens de } z < 0 \text{)}$$

$$P_{eau} = 2 (\varphi \cdot s) = 2 \times 107,2 \times 11 \times 15 = 35,4 \text{ kW}$$

Seconde méthode, calculer $\varphi_{\frac{h}{2}}$. On obtient $\varphi_{\frac{h}{2}} = 62 \text{ W/m}^2$

La puissance dissipée par les 2 surfaces vaut donc $P_s = \varphi_{\frac{h}{2}} \times S \times 2$

$$P_s = 20,5 \text{ kW}$$

$$P_{eau} = 56,1 - 20,5 = 35,6 \text{ kW}$$

III. C – Circuit de refroidissement

Question 3.12

Quelles que soient les pertes de charge dans la nourrice et le collecteur, la répartition du débit sera égale dans les tubes moyés, car aucun « chemin » n'est privilégié hydrauliquement entre A et B.

Ainsi le chevêtre sera refroidi de manière uniforme sur toute la largeur. (Pour le refroidissement, uniforme sur la longueur : inversion régulière du sens de circulation)

Question 3.13

$$q_m = \frac{P}{C \times \Delta T} = \frac{35}{4,185 \times 4} = 2,09 \text{ kg/s} \text{ ce qui donne } q_m = 75 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$D_{int} = 13,5 - 2 \times 2,3 = 8,9 \text{ mm} = 8,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$S = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = 6,22 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$v_{tube} = \frac{Q v_{tube}}{S} = \frac{2,09 \cdot 10^{-3}}{6,22 \cdot 10^{-5}} = 3,05 \text{ m/s}$$

Question 3.14

$$E_A = E_B + J_{AB}$$

$$p_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 + \rho g z_A = p_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2 + \rho g z_B + J_{AB}$$

Et $v_A = v_B$: même diamètre

$$z_A = z_B$$

$p_B = 0$: air libre en pression relative

Question 3.15

J_{AB} : perte de charge d'un seul tube noyé

$J_{AB} = j \times L$ où L est la longueur d'un tube (16 m)
 $J_{AB} = 301\ 000\ Pa$ d'où $p_a \approx 3\ bar$

Question 3.16

Si la pression motrice est insuffisante, le débit global sera inférieur au débit souhaité
 En effet, les pertes de charge dans les tubes, ne se cumulent pas avec le nombre de tubes, sont équivalentes à cette pression et sont proportionnelles à v^2 . La vitesse de circulation va donc baisser et le débit par tube diminue d'autant. Par conséquent, pour conserver le débit global, il sera nécessaire d'augmenter le nombre de tubes noyés.
 Si la pression amont est réduite d'un facteur k, le nombre de tubes devra être augmenté d'un facteur \sqrt{k} .

Partie IV : dimensionnement d'un ouvrage provisoire, l'estacade

4.1. Justification des poutres transversales
4.1.1. Vérification des poutres transversales IPE 400 et HEB 240

Question 4.1

Sollicitations dues à g	Sollicitations dues à F :
<p>Platelage bois : 212 daN/m², entraxe poutres 1.5m Poids propre profilé : 83 daN/m (max pour HEB240) ⇒ $g = 212 \times 1.5 + 83 = 401\ da\ N/m$ ⇒ $g_{ELU} = 401 \times 1.35 = 541.4\ da\ N/m$ ⇒ $V_{ELU} = 541.4 \times 2.65 = 1434.6\ daN = 14.35\ kN$</p> <p>$M_{ELU} = 541.4 \times 3.15 = 1705.3\ daN.m = 17.05\ kN.m$</p>	<p>$F = 126\ kN \Rightarrow F_{ELU} = 1.5 \times 126 = 189\ kN$ ⇒ $V_{ELU} = 189\ kN$ ⇒ $M_{ELU} = 1.43 \times 189 = 269\ kN.m$</p>
<p>Sollicitations totales : $V_{Ed} = 14.35 + 189 = 203.4\ kN$ $M_{Ed} = 17.05 + 269 = 286\ kN.m$</p>	

Vérifications : $f_y = 323\ MPa$ ($= 355/1.1$)

Pour HEB240, $A_{vz} = 33.23\ cm^2$, $W_{ply} = 1053\ cm^3$

- $V_{pIRd} = A_{vz} \times f_y / \sqrt{3} = 620\ kN > 2V_{Ed} = 2 \times 203 = 406\ kN \Rightarrow$ pas d'interactions V-M
- $M_{pIRd} = W_{ply} \times f_y / \gamma_{M0} = 1053 \times 323 = 340\ kN.m > M_{Ed}$

Vérif ELU OK, donc passe aussi avec IPE 400 car géométrie plus forte

Question 4.2

Flèche due à g – simplification, on ne considère que la charge de la partie centrale (cela place en sécurité), pas de prise en compte de la contre flèche exercée du fait des débords chargés

Pour HEB240, $I_y=11260\text{cm}^4$

$$f_g=5 \text{ gL}^4/(384EI)=5*4010*5.3^4/(384*2.1*10^{11}*11260*10^{-8})=1.74\text{mm}$$

Flèche due à F (abaque annexe) $\frac{Pa(3L^2-4a^2)}{24EI}$

$$f_F=1.43*126000(3*5.3^2-4*1.43^2)/(24*2.1*10^{11}*11260*10^{-8})=2.41\text{cm}$$

Flèche totale $f_{\text{tot}}=f_g+f_F=2.58\text{ mm} < L/200=5.3/200=2.65\text{cm}$ **Vérif ELS OK**

Question 4.3

Vérification au déversement à réaliser pour IPE 400 (si risque, prendre précautions type entretoise). Pour HEB240, vérification inutile car les poutres en bois sont fichées entre les semelles des profilés et empêchent le déversement

4.1.2. Vérification des poutres longitudinales HEB 900

Question 4.4

Sollicitations dues à g	Sollicitations dues à F :
<p>-Descente de charges des poutres transversales (répartie sur poutre long) : $4010(\text{g_poutres_transv}) * 3.5$ $(1/2 \text{longueur_poutres_transv}) * 10 / 14.8$ $= 9.36 \text{ kN/m}$</p> <p>-Poids propre HEB900=2.91kN/m -Superstructures=100daN/m=1kN/m $\Rightarrow g=9.36+2.91+1=13.27 \text{ kN/m}$ $\Rightarrow g_{\text{ELU}}=13.27*1.35=17.91 \text{ kN/m}$ $\Rightarrow V_{\text{ELU}}=7.4*17.91=132.6 \text{ kN}$ $\Rightarrow M_{\text{ELU}}=27.4*17.91=490.7 \text{ kN.m}$</p>	<p>$f=109 \text{ kN/m} \Rightarrow f_{\text{ELU}}=1.5*109=163.5 \text{ kN}$ $\Rightarrow V_{\text{ELU}}=3.2*163.5=523.2 \text{ kN}$ $\Rightarrow M_{\text{ELU}}=18.6*163.5=3041 \text{ kN.m}$</p>
<p>Sollicitations totales :</p> <p>$V_{\text{Ed}}=132.6+523.2=655.8 \text{ kN}$ $M_{\text{Ed}}=490.7+3041=3521.7 \text{ kN.m}$</p>	

Vérifications : $f_y=323 \text{ MPa} (=355/1.1)$

Pour HEB900, $A_{vz}=188.8 \text{ cm}^2$, $W_{ply}=12580 \text{ cm}^3$

- $V_{\text{plRd}}=A_{vz} * f_y / \sqrt{3} = 3502 \text{ kN} > 2V_{\text{Ed}} = 2*655.8 = 1311.6 \text{ kN} \Rightarrow$ pas d'interactions V-M

• $M_{plRd} = W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 4063 \text{ kN.m} > M_{Ed} = 3521.7 \text{ kN.m}$
 Vérif ELU OK

Question 4.5

Cette simplification va générer une erreur d'évaluation de la flèche, qu'on va calculer ci-dessous.

Pour HEB 900, $I_y = 494\,000 \text{ cm}^4$, $L = 14,8 \text{ m}$ et $b = 6,4 \text{ m}$

Flèche f_{F1} due à f , sans simplification :

On considère une charge centrée répartie sur une longueur $b = 6,4 \text{ m}$, d'intensité la charge totale transmise par la grue ($f = 109 \text{ kN/m}$)

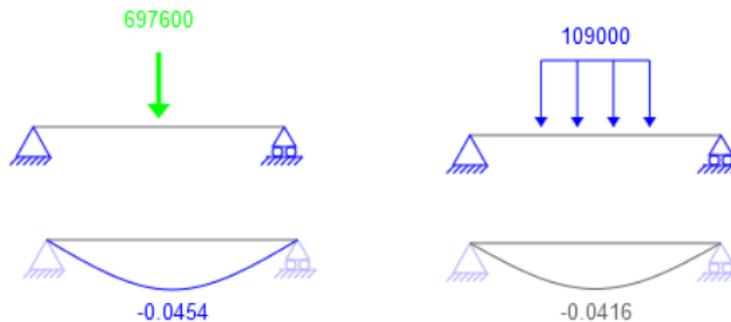
$$f_{F1} = \frac{f \times b}{384EI} (8L^3 - 4b^2L + b^3)$$

$$f_{F1} = \frac{109 \times 10^3 \times 6,4}{384 \times 2,1 \times 10^{11} \times 494\,000 \times 10^{-8}} (8 \times 14,8^3 - 4 \times 6,4^2 \times 14,8 + 6,4^3) = 0,0416 \text{ m} = 4,16 \text{ cm}$$

Flèche f_{F2} , due à f avec simplification :

On considère une charge centrée d'intensité la charge totale transmise par la grue ($f \cdot 6,4$)

$$f_{F2} = (f \cdot 6,4) \cdot L^3 / 48EI = 6,4 \cdot 109 \cdot 10^3 \cdot 14,8^3 / (48 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 494\,000 \cdot 10^{-8}) = 4,54 \text{ cm}$$



Erreur due à la simplification : $Erreur = \frac{4,16 - 4,54}{4,16} = 0,091 = 9\%$

Différence de flèche due à la simplification : $\frac{flèche_{Force\ ponctuelle}}{flèche_{Force\ répartie}} = \frac{1}{1 - \frac{b^2}{2L^2} + \frac{b^3}{8L^3}} > 1$

Elle est maximale si $b=L$ (charge était répartie sur toute la longueur). Dans ce cas, le calcul amène à une erreur maximale de 60%.

Question 4.6

Flèche due à g

Pour HEB 900, $I_y = 494\,000 \text{ cm}^4$

$$f_g = 5 \cdot g L^4 / (384EI) = 5 \cdot 13,27 \cdot 10^3 \cdot 14,8^4 / (384 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 49\,400 \cdot 10^{-8}) = 7,24 \text{ mm}$$

$$f_{F2} = (f \cdot 6,4) \cdot L^3 / 48EI = 6,4 \cdot 109 \cdot 10^3 \cdot 14,8^3 / (48 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 494\,000 \cdot 10^{-8}) = 4,54 \text{ cm}$$

Avec simplification :

$$f_{tot} = f_g + f_{f2} = 5,26 \text{ cm}$$

Flèche maximale autorisée = $L/200 = 14,8/200 = 7,4 \text{ cm}$ **Vérif ELS OK**

Les deux dimensionnements ELS et ELU des poutres longitudinales HEB 900 sont corrects.

Question 4.7

Il faudrait contrôler la résistance au déversement des profilés.

4.2 Vérification du système de contreventement longitudinal de l'estacade.

Question 4.8

Calcul des réactions aux appuis :

$$Y_E = 6H/15, X_E=H, Y_D=V-6H/15$$

Calcul des efforts dans les barres (plusieurs méthodes possibles : coupures de Ritter, isolement des nœuds) : $N_{AB}=N_{ED}=-H$, $N_{DB}=-V$, $N_{AE}=-6H/15$, $N_{AD}=H/\sqrt{(15^2+6^2)}/15$

$$N_{Ed}=N_{AD}=H/\sqrt{(15^2+6^2)}/15=323,11\text{ kN}$$

Poids propre tube négligé

Question 4.9

UPN240 $A=42.3\text{ cm}^2$

$N_{tRd}=A \cdot f_y / \gamma_{MO} = 42.3 \cdot 323 = 1370\text{ kN} > N_{Ed}$ OK pour cette vérification mais vérifications à faire au niveau de l'assemblage

Question 4.10

Tube carré $260 \times 260 \times 5$ $A=50.4\text{ cm}^2$, $i_z=i_y=10.4\text{ cm}$

Vérification en compression $N_{Ed} = N_{AB} = N_{ED} = H = 300\text{ kN}$

Poids propre tube négligé

Longueur de flambement $L_f = L_{AB}$ (barre bi-articulée) = 15m

Élancement $\lambda = L_f / i = 15 / 0.104 = 144.2$

Élancement réduit $\bar{\lambda} = \lambda / \lambda_1$ avec $\lambda_1 = 93.9 \cdot \sqrt{(235/355)} = 76.4$ donc $\bar{\lambda} = 144,2 / 76,4 = 1,89$ vérification en flambement nécessaire

Tube carré formé à froid courbe de flambement c => facteur d'imperfection $\alpha = 0.49$

$$\phi = 0,5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 2.70$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = 0.22$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0.22 \cdot 50.4 \cdot 10^{-4} \cdot 323 \cdot 10^6 = 353\text{ kN} > N_{Ed}$$

Vérification flambement OK

Question 4.11

Dimensionnement OK. Hypothèse sur appuis fixes apportés par les pieux très simplificatrice. Interaction sol-structure à calculer par logiciel.

5. Épreuve de dossier technique et pédagogique

Présentation de l'épreuve

- Durée de la préparation : 1 heure
- Durée totale de l'épreuve : 1 heure (présentation n'excédant pas 30 minutes ; entretien avec le jury : 30 minutes au maximum)

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

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

En utilisant les moyens courants de présentation (vidéoprojecteur et informatique associée), le candidat présente le support technique qu'il a choisi pour l'épreuve ainsi que les investigations et développements qu'il a conduits pour s'en approprier le fonctionnement et les évolutions potentielles.

L'exposé et l'entretien permettent au jury d'apprécier la capacité du candidat :

- à faire une présentation construite et claire,
- à mettre en évidence les points remarquables et caractéristiques du dossier au travers d'une étude scientifique et technique,
- à mettre en valeur l'exploitation pédagogique faite à partir du dossier, dans le cadre d'un enseignement en lycée, en BTS ou en IUT.

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

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

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

Commentaires et conseils aux futurs candidats

La présentation des dossiers était très variable. Le jury est conscient qu'il n'y a pas de modèle unique tant les préoccupations peuvent être différentes. Cependant, le jury attend une présentation claire et concise du support et des problématiques développées. Le jury regrette la pauvreté et l'absence de justesse des développements scientifiques et technologiques. Les hypothèses d'études et de modélisation ne sont pas clairement définies, ce qui conduit parfois à des incohérences d'analyse. Il est rappelé que l'aspect modélisation et calcul n'a de sens que pour aboutir à la validation puis à la définition d'une solution technologique cohérente vis-à-vis de l'agrégation présentée.

Les candidats doivent veiller à proposer des dossiers dont les ressources et informations obtenues en entreprise sont suffisamment riches pour justifier les calculs et les solutions technologiques choisies.

Le jury pourra 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 le choix de certains dossiers qui commencent à dater. Une réalisation récente est encouragée pour permettre de proposer des problématiques sociétales et des solutions techniques actuelles.

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 pieds de page ;
- les plans de l'ouvrage support du dossier (propres et cotés) sont placés en annexe ;

- le plan du dossier peut avantageusement dégager **3 parties** :
 - la **première partie** contextualise et justifie **l'intérêt du dossier** support choisi ;
 - la **seconde partie** développe les **aspects techniques et scientifiques**. En plus d'une description, des justificatifs sont produits (sur une variante par exemple) et montrent des connaissances calculatoires, réglementaires, techniques, environnementales applicables au dossier. Les hypothèses posées sont claires et les calculs sont pertinents au regard de la problématique à résoudre. Le modèle retenu doit être présenté au jury pour justifier les calculs menés. Des outils numériques peuvent avantageusement être utilisés, mais ne peuvent se substituer totalement à une véritable analyse présentée oralement ;
 - une **troisième partie** explique les **potentialités pédagogiques du dossier tant au niveau STI2D que BTS et IUT** voire CPGE, en veillant à ce que la spécialité soit une de celles potentiellement enseignées par un agrégé SII en ingénierie des constructions. Les candidats veilleront à présenter 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 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 candidat n'oubliera pas de préciser les contacts professionnels qu'il a développés grâce à ce travail.

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

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

Les exploitations pédagogiques ainsi que les thèmes développés doivent montrer l'intérêt du dossier technique support choisi.

L'aspect technologique et scientifique.

Le jury conseille au candidat :

- de rechercher un support très récent 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

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

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

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

La partie pédagogique doit être corrélée à la problématique proposée dans la partie étude scientifique et technique.

Le jury conseille au candidat :

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

L'expression et la communication dans le dossier

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

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

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

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

Les candidats doivent :

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

Pour conclure, le jury conseille aux candidats :

- de s'assurer de l'existence d'une problématique technique réelle dans le cadre d'un partenariat avec une entreprise ;

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

Enfin, l'épreuve sur dossier ne doit pas consister à présenter seulement un système industriel ou constructif. Le jury attend des candidats la présentation d'une démarche de projet consistant à résoudre une problématique technique réelle : construction d'un ouvrage, équipement technique à installer ou installé dans un contexte précis... 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 ;
- adopter une posture professionnelle : capacité à prendre en compte un point de vue différent, qualité d'écoute...

Notes obtenues à l'épreuve

15 candidats ont participé à cette épreuve. La moyenne des notes obtenues est de 7,4/20 avec :

- 18 comme meilleure note ;
- 01 comme note la plus basse ;
- 27% des notes sont supérieures à 10/20.

6. Épreuve Activité pratique et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique

Présentation de l'épreuve

L'épreuve d'activité pratique et d'exploitation pédagogique relative à l'approche spécialisée d'un système technique prend appui sur une situation professionnelle d'enseignement proposée au candidat dans le cadre de l'exercice de sa mission future de professeur.

Dans ce cadre, des ressources pédagogiques sont données au candidat afin de préparer une trame de séquence pédagogique dans laquelle une séance expérimentale sera détaillée. Cette séance devra permettre de montrer comment le candidat exploite avec pertinence les potentialités :

- de ressources documentaires ;
- de ressources expérimentales (échantillons, matériels, bancs d'essais, maquettes, éléments de structures ...) ;
- de ressources informatiques (logiciels modeleurs, simulateurs ...).

Cette épreuve permet au candidat d'élaborer une stratégie pédagogique, de réaliser des essais et mesures sur tout ou partie d'un système didactique ou professionnel, et d'en produire une analyse critique sur la pertinence et l'efficacité de la séquence envisagée.

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

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

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

Cette épreuve d'activité pratique demande aux candidats de mobiliser les compétences (nécessitant les savoirs, savoir-faire et savoir-être associés) nécessaires à l'enseignement pouvant être confié à un professeur agrégé SII d'ingénierie de la construction. Pour répondre à cet objectif, les supports utilisés lors de cette épreuve sont relatifs à ce même champ de l'ingénierie.

Déroulement de l'épreuve

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

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

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

La phase 1 – Manipulation expérimentale au laboratoire. Cette première phase d'une durée totale de 4 h 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.**

Première partie – Contexte et potentiels pédagogiques (durée ≈ 0h30)

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.

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.

Troisième partie - Expérimentation (durée ≈ 2h30)

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, fiabilité... Il conclut enfin sur les forces et faiblesses des expérimentations menées et formule des conclusions.

La phase 1 se déroule dans le laboratoire dans lequel figurent des supports¹. Les candidats disposent de l'ensemble des moyens nécessaires à l'expérimentation et d'un poste informatique doté des logiciels courants de bureautique et des logiciels plus spécifiques liés au sujet qui leur est proposé. 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.

La phase 2 – Mise en loge (durée 1 h).

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

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

informatique relié à l'internet doté des logiciels courants de bureautique. Il dispose des résultats obtenus lors de la phase 1 qu'il aura stockés dans un espace qui lui est dédié.

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 veillera à identifier des possibilités de différenciation de l'enseignement visant à s'adapter aux différents niveaux des élèves. Il conclura sur la proposition et sur les améliorations possibles.

La phase 3 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.

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

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

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

Travail demandé pour l'épreuve

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 (30 min)	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 potentiels pédagogiques des ressources disponibles (équipements, logiciels, documentation...) <i>Point avec l'examinateur sur le contexte et les potentiels pédagogiques</i>
		Partie 2 (1h)	III. CONSTRUCTION PÉDAGOGIQUE
	Définir et justifier le positionnement temporel de la séquence dans le cycle de formation		
	Définir une trame de séquence pédagogique (ébauche)		
	Proposer des activités pratiques à réaliser pendant une séance et s'appuyant sur les ressources proposées		
	<i>Point avec l'examinateur sur les propositions pédagogiques du candidat. Le jury fournit ensuite des possibilités d'expérimentation.</i>		
	Prendre connaissance des possibilités d'expérimentation complémentaires fournies par le jury. Analyser leur intérêt pédagogique. <i>Valider avec l'examinateur les expérimentations et applications numériques à mettre en œuvre ensuite.</i>		
	Partie 3 (2h30)	IV. EXPÉRIMENTATIONS	Préparer le scénario expérimental à mettre en œuvre : 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 et les valider (ordre de grandeur, fiabilité ...)
			Valider l'intérêt pédagogique de l'expérimentation conduite. Identifier les forces et faiblesses. <i>Présenter les expérimentations et les conclusions</i>
	PHASE 2 (1h)	Mise en loge	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 la réflexion, la stratégie pédagogique et les choix effectués			
Décrire et analyser les expérimentations effectuées			
Présenter la trame de séquence envisagée			
Présenter la séance, son positionnement dans la formation, 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 :

- Proposer une pédagogie efficace et innovante
- Produire un discours clair, précis et rigoureux
- Être pertinent et réactif aux questions posées
- Dégager l'essentiel et donner du sens
- Captiver l'auditoire

Séquences pédagogiques demandées pendant l'épreuve

Les séquences pédagogiques demandées étaient imposées pour les formations suivantes :

- Baccalauréats STI2D et SSI
- Sciences Industrielles de l'Ingénieur en classes préparatoires aux écoles d'ingénieurs
- DUT :
 - o Génie Civil Construction durable
 - o Génie Thermique et Énergie
- BTS :
 - o Travaux Publics
 - o Bâtiment
 - o Systèmes Constructifs Bois et Habitat
 - o Constructions métalliques
 - o Enveloppe du bâtiment : conception et réalisation
 - o Fluides Énergies Domotique, options A, B et C
 - o Métiers du Géomètre Topographe et de la Modélisation Numérique
 - o Étude et Réalisation des Agencements
 - o Aménagement et Finitions
 - o Étude et économie de la Construction

Pour la session 2019, 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 de bâtiment ou de travaux publics, simulation thermique dynamique ;
- banc d'essai en mécanique des sols et géotechnique ;
- matériel de qualification des ambiances (acoustique, éclairage, ventilation etc ...) ;
- banc d'essai de structures ;
- banc d'essai du matériau béton, du matériau bois, du matériau acier ;
- pompe à chaleur, chaudière bois, système de production d'eau chaude sanitaire, système de VMC double flux ;
- système domotique de gestion technique de bâtiment ou centralisée (GTB/GTC) ;
- matériels de topographie (niveaux, théodolites, tachéomètres, GPS, scanner 3D ...).

Observations et commentaires sur la session 2019

Le jury a constaté cette année que plusieurs recommandations 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

En revanche, de nombreux candidats se sont encore écartés cette année des attentes de l'épreuve et n'ont pas présenté une partie des analyses pourtant imposées par les sujets.

Nombre de propositions pédagogiques simplifient la réalité des situations d'enseignement et éludent le fait que plusieurs compétences sont généralement monopolisées dans une même séquence ou séance, certaines prioritairement aux autres. En fonction des objectifs visés et des pré-requis envisagés, certaines compétences sont entretenues ou approfondies, alors que de nouvelles compétences peuvent être abordées, découvertes et mises en œuvre.

La manipulation de matériels ou de logiciels est encore parfois réalisée sans suffisamment comprendre l'objet de cette manipulation. Des résultats de mesure ou de simulation sont encore présentés sans que certains candidats comprennent réellement l'objet mesuré ou simulé.

Conseils aux futurs candidats

À l'issue de la session 2019, le jury attire particulièrement l'attention des futurs candidats sur les points suivants :

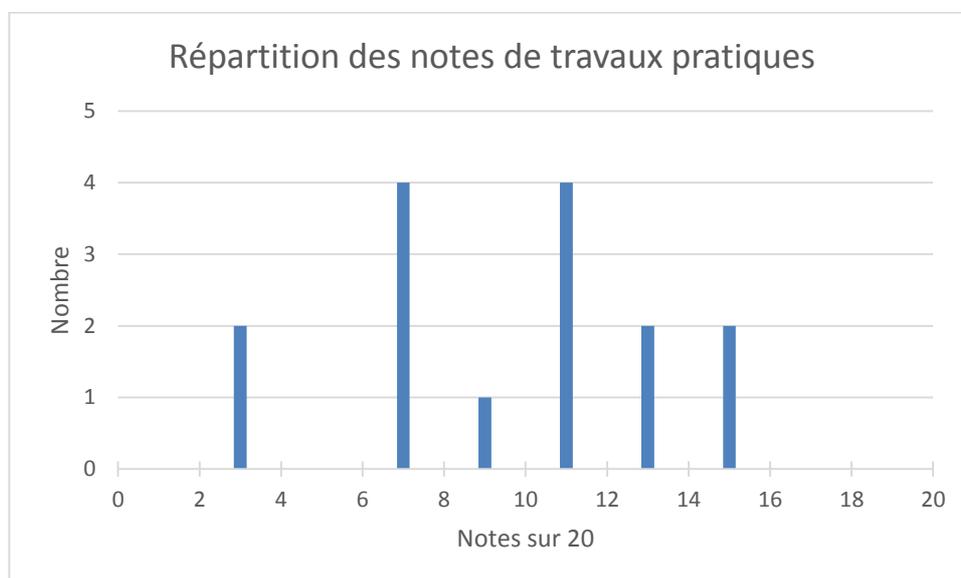
- le jury rappelle que cette épreuve n'est pas un compte-rendu de laboratoire ; Elle met une problématique pédagogique d'enseignement donnée, représentative de l'activité professionnelle quotidienne des professeurs, basée sur la préparation d'une séquence et séance de cours mettant en œuvre des manipulations 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 et à détailler la construction de leur séquence pédagogique (combinaison d'activités diverses, études de cas, projets ...) en détaillant notamment l'organisation pratique en présence d'élèves ou d'étudiants ;
 - à situer l'intégration de cette séquence pédagogique dans le contexte proposé, à préciser ses objectifs et son intérêt en situation réelle ;
 - à préciser et à justifier les modalités d'évaluation et/ou de remédiation.
- 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 ;

- 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 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 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.

Résultats

13 candidats ont participé à cette épreuve pour le concours public, 2 candidats pour le concours privé. La moyenne globale des notes obtenues est de 09,4 / 20 avec :

- 15,4 comme meilleure note ;
- 02,9 comme note la plus basse.
- 42 % des notes sont au-dessus de 10



SESSION 2019

EXEMPLE DE SUJET
(pour un candidat inscrit en spécialité
structure. même principe en éneraie)

AGRÉGATION CONCOURS INTERNE

Section : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR

Option : INGÉNIERIE DES CONSTRUCTIONS

ACTIVITÉ PRATIQUE ET EXPLOITATION PÉDAGOGIQUE D'UN SYSTÈME PLURITECHNIQUE EN INGÉNIERIE DES CONSTRUCTIONS

Durée : 6 heures

Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale, informe le jury, fait la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

NB : Il est demandé aux candidats de rendre à l'issue de l'épreuve tous les documents qui lui ont été donnés mais aussi tous les brouillons et copies qui lui ont servis durant l'épreuve.

A – DÉROULEMENT DE L'ÉPREUVE

Cette épreuve se déroule en trois phases :

1. PHASE 1 – Préparation pédagogique en laboratoire (durée 4 h 00)

1.1. Première partie (durée 0 h 30) : découverte de l'objectif et des ressources

L'objectif de cette phase est de découvrir l'objectif pédagogique imposé et les ressources pédagogiques fournies. Ces ressources peuvent comprendre des systèmes expérimentaux, des documents, des dossiers techniques, des logiciels.

À la fin de cette partie, l'examineur s'assure que le candidat s'est bien approprié la problématique pédagogique, les ressources à disposition, et en a identifié les principaux potentiels pédagogiques.

1.2. Deuxième partie (durée 1 h 00) : analyse et préparation pédagogique

Dans cette partie, le candidat élabore une stratégie pédagogique permettant de construire une séquence répondant aux objectifs fixés, et l'amenant à utiliser les ressources disponibles. Il est demandé d'exploiter les potentialités des ressources expérimentales et numériques.

1.3. Troisième partie (durée 2 h 30) : préparation pédagogique avec expérimentation

Le candidat met en œuvre les expérimentations et applications numériques préparées afin de les tester, valider leur intérêt pédagogique et leur faisabilité en séance de cours. Il exploite les résultats et conclut.

2. PHASE 2 – Mise en loge et préparation de l'exposé (durée 1 h 00)

Le candidat ne manipule plus et prépare son exposé à présenter au jury.

3. PHASE 3 – Exposé oral et entretien avec le jury en salle (durée 1 h 00)

L'exposé oral d'une durée maximale de 30 minutes doit comporter :

- La présentation des objectifs pédagogiques et des ressources mises à disposition (5 mn environ)
- La présentation de la réflexion sur les potentialités et la stratégie pédagogique (5 mn environ)
- La présentation de la séquence & séance pédagogique proposée (15 minutes environ) ;
- Le compte-rendu des expérimentations effectuées et des résultats obtenus (5 minutes) ;

Un entretien avec le jury d'une durée maximale de 30 minutes suit l'exposé oral du candidat.

B - TRAVAIL DEMANDE POUR L'ÉPREUVE

Le travail demandé dans les différentes phases de l'épreuve est précisé ci-dessous.

Phase	Durée	Objet	Travail demandé et évalué par les jurys de l'épreuve
PHASE 1 (4h)	Partie 1 (30 min)	I. CONTEXTE IMPOSE	S'approprier les objectifs pédagogiques et les présenter au jury
		II. POTENTIELS PÉDAGOGIQUES	S'approprier les ressources pédagogiques disponibles
			Analyser et présenter les potentiels pédagogiques des ressources disponibles (équipements, logiciels, documentation...)
	<i>Point avec l'examinateur sur le contexte et les potentiels pédagogiques</i>		
	Partie 2 (1h)	III. CONSTRUCTION PÉDAGOGIQUE	Preciser les compétences qui seront développées dans la séquence
			Définir et justifier le positionnement temporel de la séquence dans le cycle de formation
			Définir une trame de séquence pédagogique (ébauche)
			Proposer des activités pratiques à réaliser pendant une séance et s'appuyant sur les ressources proposées
			<i>Point avec l'examinateur sur les propositions pédagogiques du candidat. Le jury fournit ensuite des possibilités d'expérimentation.</i>
			Prendre connaissance des possibilités d'expérimentation complémentaires fournies par le jury. Analyser leur intérêt pédagogique.
	<i>Valider avec l'examinateur les expérimentations et applications numériques à mettre en œuvre ensuite.</i>		
	Partie 3 (2h30)	IV. EXPÉRIMENTATIONS	Préparer le scénario expérimental à mettre en œuvre : 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 et les valider (ordre de grandeur, fiabilité ...)
Valider l'intérêt pédagogique de l'expérimentation conduite. Identifier les forces et faiblesses.			
<i>Présenter les expérimentations et les conclusions</i>			
PHASE 2 (1h)	Mise en loge	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 la réflexion, la stratégie pédagogique et les choix effectués	
		Décrire et analyser les expérimentations effectuées	
		Présenter la trame de séquence envisagée	
		Présenter la séance, son positionnement dans la formation, 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 ...)	

Autres critères d'évaluation également pris en compte par le jury :

- Proposer une pédagogie efficace et innovante
- Produire un discours clair, précis et rigoureux
- Être pertinent et réactif aux questions posées
- Dégager l'essentiel et donner du sens
- Captiver l'auditoire

C - OBJECTIF PÉDAGOGIQUE IMPOSE POUR L'ÉPREUVE

Sujet : Concevoir et présenter une séquence de formation sur le sujet du matériau béton, ses caractéristiques physiques et mécaniques et l'influence de ces caractéristiques dans le dimensionnement d'un ouvrage en béton armé.

On abordera tout ou partie des notions suivantes :

- Comportement mécanique du béton.
- Caractéristiques réglementaires et caractéristiques réelles du béton.
- Influence des caractéristiques du béton sur le dimensionnement d'un élément d'ouvrage en béton armé.

La proposition pédagogique sera envisagée pour une formation de BTS Bâtiment.

D - RESSOURCES PÉDAGOGIQUES DISPONIBLES

R1 : RÉFÉRENTIELS DE FORMATION <ul style="list-style-type: none">• BTS Bâtiment	R2 : INFORMATIQUE <ul style="list-style-type: none">• Un PC équipé des logiciels REVIT et Robot Structural Analysis.• Une suite bureautique• Un fichier REVIT et un fichier ROBOT de la structure du bâtiment « Fuji ».
R3 : DOSSIER SUPPORT <ul style="list-style-type: none">• Projet de construction du bâtiment « Fuji »• Cahier des Clauses Techniques Particulières du bâtiment « Fuji »	R4 : RESSOURCES DOCUMENTAIRES <ul style="list-style-type: none">• Normes d'essai sur les bétons• Techniques de l'Ingénieur – Du béton frais au béton durci, éléments de comportement• Mode opératoire des machines d'essai• Mode opératoire logiciels REVIT et Robot Structural Analysis• Données relatives à l'étude
R5 : ÉQUIPEMENTS EXPÉRIMENTAUX <p>Matériaux :</p> <ul style="list-style-type: none">• 4 éprouvettes de béton cylindrique 15 x 30 cm.• Une éprouvette de béton cylindrique 15 x 30 cm équipé d'un dispositif de mesures extensométriques. <p>Matériel :</p> <ul style="list-style-type: none">• Une presse et un dispositif d'acquisition des déformations sur éprouvette équipée• Un bâti pour essai de traction par fendage• Un scléromètre• Petit matériel de laboratoire	

R3 – DOSSIER SUPPORT

L'ouvrage support est un bâtiment d'habitation de type R+3 avec un niveau de sous-sol.

Il fait partie du projet nommé « Fuji » qui se compose d'un ensemble de trois bâtiments qui réuniront 85 logements sociaux. Le bâtiment étudié est le bâtiment numéro 2.

La structure porteuse de ce bâtiment est classique : voiles, poteaux, poutres et dalles B.A. coulés en place et fondés sur des semelles filantes et isolées.

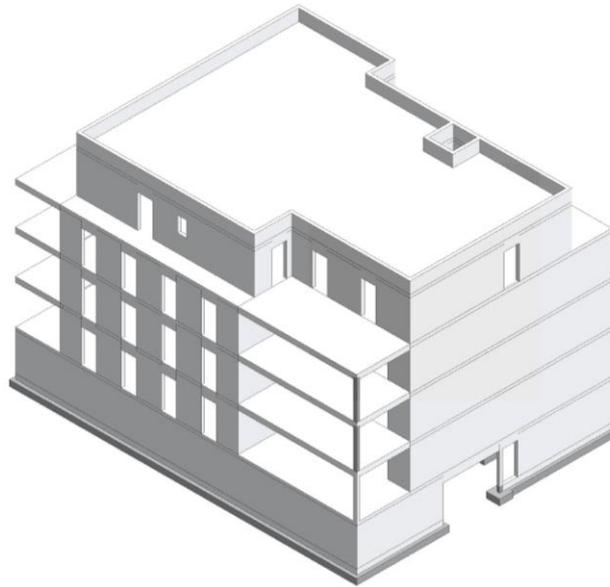


Fig. 1 : Vue en perspective de la structure du bâtiment

Afin de valider et d'optimiser une poutre se situant au niveau de la dalle de transfert entre le rez-de-chaussée et le sous-sol, un bureau d'études structure fait appel à un laboratoire pour préciser par des mesures, les caractéristiques physiques et mécaniques du béton utilisé pour la construction de ce bâtiment.

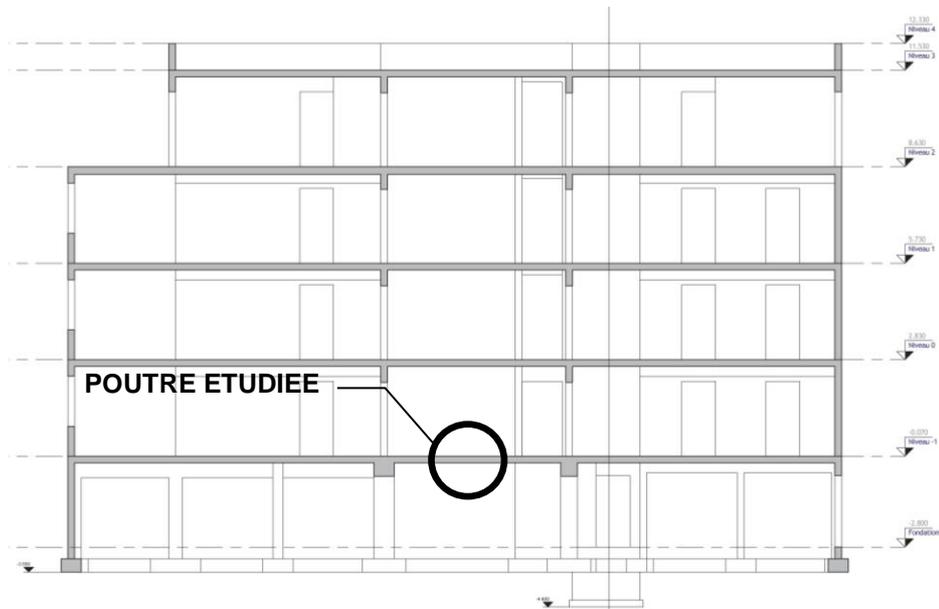


Fig. 2 : Coupe verticale de la structure du bâtiment

L'objectif du bureau d'étude est ensuite d'utiliser les résultats obtenus par le laboratoire pour affiner le dimensionnement de la poutre en comparaison avec la classe du béton qui était définie dans le CCTP du lot Gros-Œuvre de ce chantier.

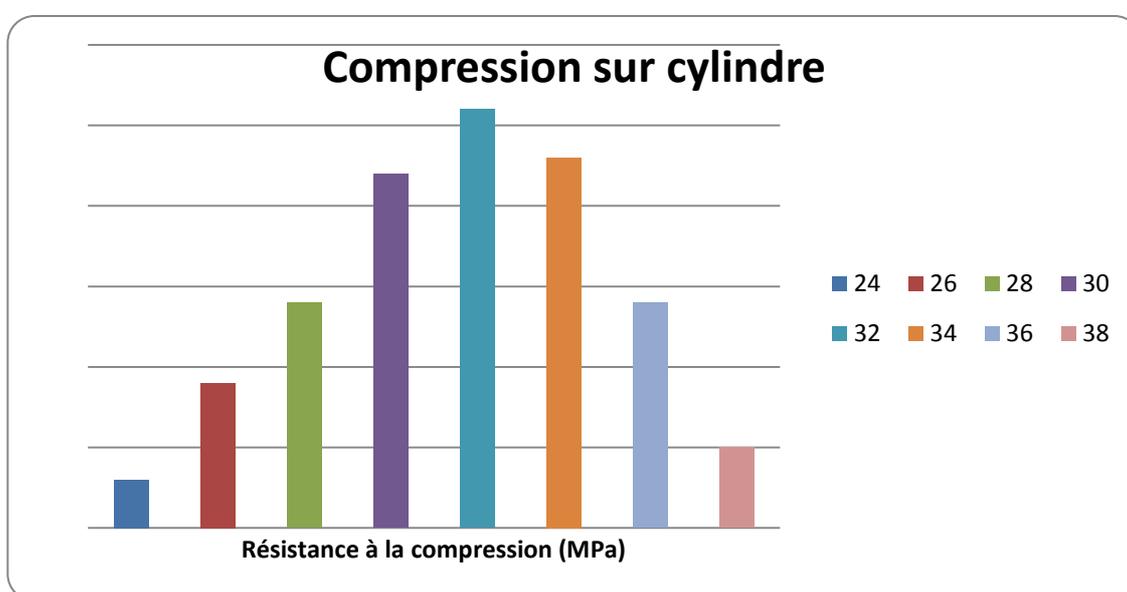
R4 - DONNÉES RELATIVES À L'ÉTUDE

Résistance à la compression du béton :

On vous donne dans le tableau ci-après des résultats d'essais de compression réalisés sur des éprouvettes cylindriques de béton. Ces essais ont été réalisés par la centrale de production de béton sur des éprouvettes de béton à propriétés spécifiées dont la composition est identique à celle qui sera utilisée pour le béton du chantier qui nous concerne. Ces essais (232) ont été effectués sur cylindre 15x30 à 28 jours en suivant le protocole de la norme en vigueur.

Nombre d'essais	6	18	28	44	52	46	28	6
f_c en [MPa]	24	26	28	30	32	34	36	38

Ces résultats sont présentés sous la forme d'un histogramme (voir ci-dessous) dont la courbe enveloppe peut être modélisée par une loi normale.



La résistance caractéristique à la compression du béton (f_{ck}) est définie, conformément à l'approche statistique de la norme NF EN 206-1, comme le fractile 5% de la distribution des résistances.

Si la distribution des résistances suit une loi normale alors le fractile 5% f_{ck} est égal à :

$$f_{ck} = f_{cm} - 1,645 u \quad (1)$$

avec f_{cm} la moyenne de la distribution et u l'écart type.

L'Eurocode 2 Béton adopte, pour simplifier, la relation suivante :

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ MPa} \quad (2)$$

avec f_{cm} la résistance moyenne en compression à 28 j.

Résistance à la traction du béton :

La valeur de la résistance en traction moyenne du béton (f_{ctm}) est obtenue à partir de la résistance caractéristique à la compression du béton :

$$f_{ctm} = 0,30.f_{ck}^{(2/3)} \quad (3)$$

La résistance caractéristique à la traction minimale du béton (f_{ctk}) est définie, conformément à l'approche statistique de la norme NF EN 206-1, comme le fractile 5% inférieur de la distribution des résistances.

L'Eurocode 2 Béton adopte la relation suivante :

$$f_{ctk} = 0,7.f_{ctm}$$

avec f_{ctm} la résistance moyenne en traction à 28 j. (4)

Module d'élasticité longitudinal du béton :

Le module de déformation longitudinal du béton ou module sécant décrit le comportement élastique quasi linéaire de la relation contraintes-déformation du béton soumis à la compression.

Ce comportement élastique quasi-linéaire reste totalement réversible si la contrainte de compression est limitée à un certain pourcentage de la résistance à la compression du béton. Ce pourcentage est défini à la page 7 du document Technique de l'ingénieur. Pour qu'un essai de mesure du module d'élasticité n'endommage pas l'éprouvette utilisée, il faut donc que les déformations de l'éprouvette restent inférieures à ce pourcentage.

La valeur du module d'élasticité du béton étudié peut aussi être estimée théoriquement par la relation suivante :

$$E_{cm} \text{ (GPa)} = 22.[(f_{cm})/10]^{0,3} \text{ avec } f_{cm} \text{ en Mpa} \quad (5)$$