



**MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION
NATIONALE
ET DE LA JEUNESSE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Rapport du jury

Concours : AGRÉGATION INTERNE

Section : sciences industrielles de l'ingénieur

Option : ingénierie électrique

Session 2024

Rapport de jury présenté par : Pascale COSTA, présidente du jury
Inspectrice générale de l'éducation, du sport et de la
recherche

Sommaire

Avant-propos	3
Remerciements	4
Résultats statistiques.....	5
Épreuve d'admissibilité d'analyse et exploitation pédagogique d'un système pluritechnologique	6
A. Présentation de l'épreuve	6
B. Sujet	6
C. Éléments de correction	7
D. Commentaires du jury	17
E. Résultats	20
Épreuve d'admissibilité de modélisation d'un système, d'un procédé ou d'une organisation	21
Épreuve d'admission d'exploitation pédagogique d'une activité pratique relative à l'approche globale d'un système pluritechnologique	37
A. Présentation de l'épreuve	37
B. Commentaires du jury	38
C. Résultats	40
Épreuve d'admission de soutenance d'un dossier industriel	41
A. Présentation de l'épreuve	41
B. Commentaires du jury	42
C. Résultats	45
Rapport sur la transmission des valeurs et principes de la République.....	46

Avant-propos

L'objectif du concours de l'agrégation est d'identifier les candidats capables d'enseigner les sciences industrielles de l'ingénieur (SII) et notamment l'ingénierie électrique (IE) 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 sont organisées de façon complémentaire afin de bien évaluer l'ensemble des compétences attendues d'un professeur agrégé. Les coefficients cumulés, qui sont identiques pour les épreuves d'admissibilité et les épreuves d'admission, mettent en évidence la nécessité d'une bonne préparation de toutes les épreuves du concours. La complémentarité des épreuves et leurs différentes natures nécessitent une préparation spécifique, bien en amont des phases d'admissibilité et d'admission.

Pour l'option ingénierie électrique de ce concours interne, les candidats déterminent, au moment de l'inscription, un domaine d'activité parmi deux : "systèmes d'information" ou "gestion de l'énergie".

Les épreuves contrôlent la capacité des candidats à former des élèves et de futurs professionnels du domaine de l'ingénierie électrique 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 électrique, 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.

Il est également 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.

L'agrégation interne, comme tous les concours de recrutement de fonctionnaire, impose de la part des candidats un comportement et une présentation irréprochables. Le jury y est attentif et invite les candidats à respecter et à porter les valeurs de l'École de la République dans les circonstances de leur exercice professionnel de cadres de catégorie A de la fonction publique.

Cette année, six postes étaient offerts à l'agrégation interne SII option IE pour le public et deux postes pour le privé. Le nombre d'inscrits étaient de 298 publics et 31 privés, 174 candidats du public ont composé les deux épreuves d'admissibilité et 17 candidats du privé. 18 candidats ont été déclarés admissibles pour les 6 postes offerts au concours public (une liste complémentaire de 2 postes a été proposée) et 6 candidats ont été déclarés admissibles pour les 2 postes offerts au concours privé. Ces chiffres confirment l'attractivité du concours sur un vivier de candidats important. Il s'agit là d'un élément positif.

Le jury félicite les lauréats admis et encourage l'ensemble des candidats inscrits non admis à poursuivre leur préparation avec le plus grand sérieux, gage d'une prochaine réussite.

Le présent rapport participe à la préparation des candidats pour la session 2025 du concours. Les conseils prodigués constituent une aide précieuse et le jury encourage vivement les candidats à les prendre en compte dans le cadre d'une préparation soutenue et continue.

Remerciements

Le lycée Edouard Branly de Lyon a accueilli les épreuves d'admission de cette session 2024.

Les membres du jury tiennent à remercier la proviseure du lycée, son directeur délégué aux formations professionnelles et technologiques, ses collaborateurs et l'ensemble des personnels pour la qualité de leur accueil et l'aide efficace apportée tout au long de l'organisation et du déroulement de ce concours qui a eu lieu dans d'excellentes conditions.

Résultats statistiques

Public

Session	Nombre de postes	Inscrits	Présents aux épreuves d'admissibilité	Admissibles	Présents aux épreuves d'admission	Admis
2020	6	298	166	19	-	6
2021	6	317	192	18	14	6
2022	6	311	174	20	17	6
2023	6	307	174	18	16	6
2024	6	308	174	18	15	6 + 2*

* 2 candidas ont été admis en liste complémentaire

Privé

Session	Nombre de postes	Inscrits	Présents aux épreuves d'admissibilité	Admissibles	Présents aux épreuves d'admission	Admis
2020	2	43	21	5	-	2
2021	2	35	20	6	6	2
2022	1	38	19	3	3	1
2023	2	33	22	6	5	2
2024	2	31	17	6	5	2

Statistiques des moyennes obtenues à l'admissibilité à la session 2024

	Public	Privé
Moyenne du premier candidat admissible	12,50	11,43
Moyenne du dernier candidat admissible	8,93	8,60

Statistiques des moyennes obtenues à l'admission à la session 2024

	Public	Privé
Moyenne du premier candidat admis	14,02	11,15
Moyenne du dernier candidat admis	11,07	10,15
Moyenne du dernier candidat admis en liste complémentaire	10,68	-

Épreuve d'admissibilité d'analyse et exploitation pédagogique d'un système pluritechnologique

A. Présentation de l'épreuve

Texte de référence : <https://www.devenirenseignant.gouv.fr/cid98755/les-epreuves-de-l-agregation-interne-et-du-caerpa-section-sciences-industrielles-de-l-ingenieur.html>

- Durée totale de l'épreuve : 5 heures
- Coefficient 2

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

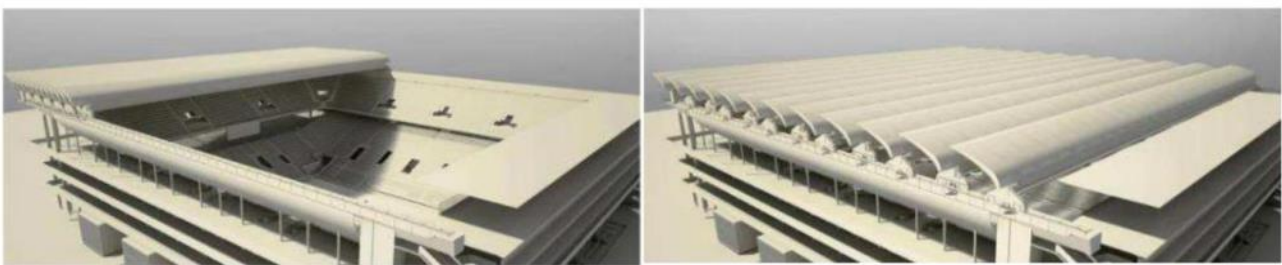
L'épreuve a pour but de vérifier que le candidat est capable de mobiliser ses connaissances scientifiques et techniques pour conduire une analyse systémique, élaborer et exploiter les modèles de comportement permettant de quantifier les performances globales et détaillées d'un système des points de vue matière, énergie et information afin de valider tout ou partie de la réponse au besoin exprimé par un cahier des charges. Elle permet de vérifier les compétences d'un candidat à synthétiser ses connaissances pour analyser et modéliser le comportement d'un système pluritechnologique.

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

B. Sujet

Le sujet est disponible en téléchargement sur le site du ministère à l'adresse : <https://www.devenirenseignant.gouv.fr/media/12096/download>

Le support de cette épreuve concerne une couverture télescopique rétractable à Roland-Garros.



L'étude est décomposée en trois parties indépendantes permettant de répondre à des problématiques techniques :

- Partie 1 : comment commander le déplacement des ailes pour l'effet de déploiement souhaité ?
- Partie 2 : quelles sont les charges à considérer pour le dimensionnement et le choix des moteurs ?
- Partie 3 : quelle motorisation choisir et comment régler la commande pour réaliser le déplacement souhaité ?

C. Éléments de correction

Question 1 :

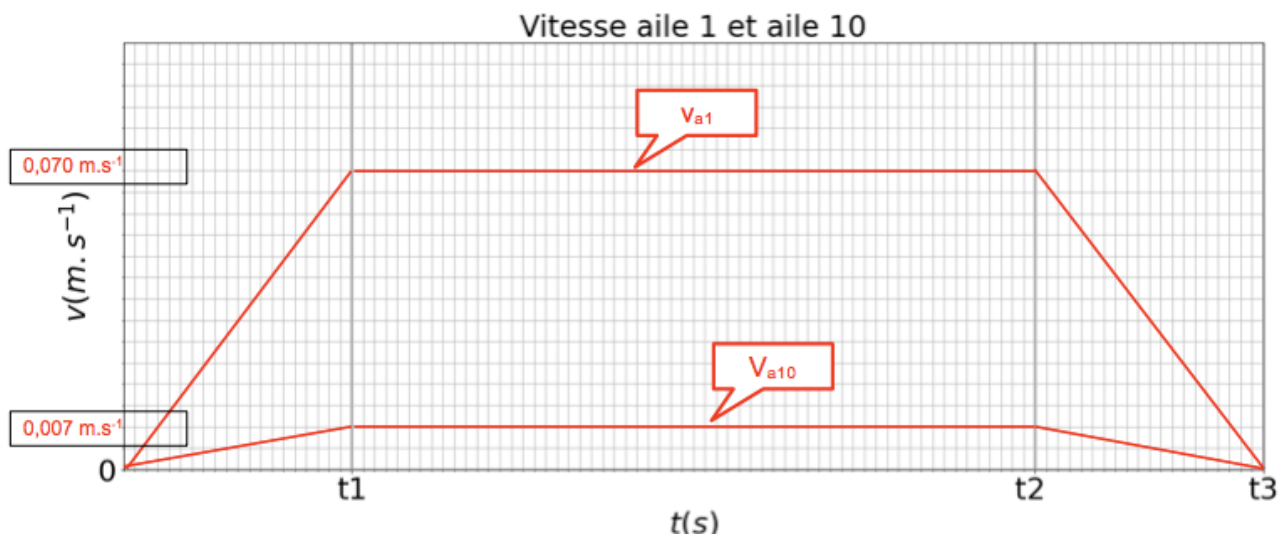
$$d_{3,a1} = 91300 - 29000 = 62300 \text{ mm}$$

$$d_{3,a10} = 9130 - 2900 = 6230 \text{ mm}$$

Question 2 : DR1

$$v_{a1(m.s^{-1})} = \frac{d_{3,a1}}{900 - 10} = \frac{62300}{890} = 70 \text{ mm.s}^{-1} = 0,070 \text{ m.s}^{-1}$$

$$v_{a10(m.s^{-1})} = \frac{d_{3,a10}}{900 - 10} = \frac{6230}{890} = 7 \text{ mm.s}^{-1} = 0,007 \text{ m.s}^{-1}$$



Question 3 :

$$v_{an(m.s^{-1})} = A \times n + B$$

$$v_{an(m.s^{-1})} = -0,007 \times n + 0,077$$

Question 4 :

$$\omega_{an(rad.s^{-1})} = \frac{2 \times v_{an}}{D_{pc}} \quad \text{avec} \quad D_{pc(m)} = 0,318 \text{ m}$$

$$\omega_{a1(rad.s^{-1})} = \frac{2 \times 0,07}{0,318} = 0,44 \text{ rad.s}^{-1}$$

$$\omega_{a10(rad.s^{-1})} = \frac{2 \times 0,007}{0,318} = 0,044 \text{ rad.s}^{-1}$$

En considérant que le déploiement des ailes nécessite un couple constant, la puissance des moteurs est optimisée en fonction des vitesses de déplacement des ailes.

Moteur 11kW / 4 pôles (1500 tr/min) avec une réduction de 283 dispose d'un couple 19820 Nm

Moteur 3kW / 6 pôles (1000 tr/min) avec une réduction de 334 dispose d'un couple 17507 Nm

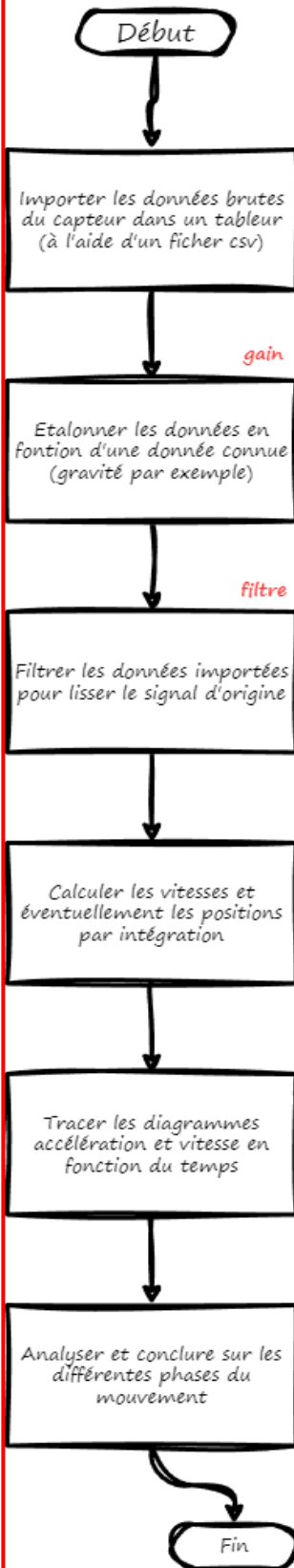
Moteur 2,2kW / 6 pôles (1000 tr/min) avec une réduction de 898 dispose d'un couple 18926 Nm

On observe que les vitesses en sortie des réducteurs sont toujours supérieures à la vitesse de rotation des pignons. Associés à des variateurs de vitesses, ces moto-réducteurs pourront fournir ce couple aux vitesses attendues.

Question 5 :

fiche méthodologique

Comment tracer les profils de position, vitesse et accélération à partir de résultats expérimentaux ?



gain

Etalonner les données en fonction d'une donnée connue (gravité par exemple)

- Utiliser par exemple la moyenne des mesures de l'accélération verticale qui doit être égale à la pesanteur ($9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) quand l'objet est immobile
- Utiliser le gain pour déterminer les accélérations des autres axes
- Exprimer les données en unité SI

$$\text{moy}_z \times \text{gain} = 9,81$$

filtre

Filtrer les données importées pour lisser le signal d'origine

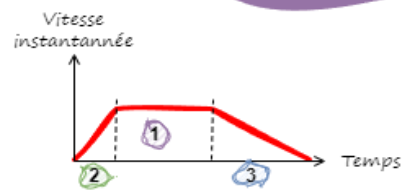
- Filtrer les données (Moyenne mobile, filtre de kalman, filtre passe-bas, ...)

Calculer les vitesses et éventuellement les positions par intégration

- En tenant compte des conditions initiales, calculer les vitesses instantanées

$$V_{t+dt} = a \cdot dt + V_t$$

Tracer les diagrammes accélération et vitesse en fonction du temps



Analyser et conclure sur les différentes phases du mouvement

- mouvement uniforme : la vitesse instantanée est constante, l'accélération instantanée est nulle (1)
- mouvement accéléré : la vitesse instantanée augmente, l'accélération instantanée est positive (2)
- mouvement retardé ou ralenti : la vitesse instantanée diminue; l'accélération instantanée est négative (3)

Mouvements

Trajectoires

rectiligne



curviligne



circulaire

Question 6 :

Zone A1 → $S_k = 0,45 \text{ kN/m}^2$

Charge de neige surfacique : $S = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0,8 \times 1 \times 1 \times 0,45 = \mathbf{0,36 \text{ kN/m}^2}$

Surface totale de neige sur l'aile $S = 1166,7 \text{ m}^2$ → Surface de neige sur une ½ aile = $583,35 \text{ m}^2$

Charge ponctuelle de la neige sur une ½ aile : $S_p = 583,35 \times 0,36 = \mathbf{210 \text{ kN}}$

Question 7 :

Charge d'accumulation de neige dans le chéneau = $2 \times 0,74 = \mathbf{1,48 \text{ kN/ml}}$

Charge d'accumulation appliquée sur le bogie = $1,48 \times \text{Longueur de la } \frac{1}{2} \text{ aile}$
 = $1,48 \times 50,8 = \mathbf{75,2 \text{ kN}}$

Question 8 :

Pour la suite, on retiendra uniquement la charge de neige ponctuelle S_p (= 210 kN) qui est supérieure à la charge de l'accumulation de neige S_a (= 75,2 kN).

Question 9 :

$$\left| \overrightarrow{M_{y/D}} \right| = S_p \times 1,55 = -210 \times 1,55 = -325,5 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Question 10 :

Torseur pour la charge de vent (pression)

$$\{T_{vent \rightarrow 1/2 aile}\}_{/C} = \begin{Bmatrix} F_x & 0 \\ 0 & M_y \\ F_z & 0 \end{Bmatrix}_{(C, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})} = \begin{Bmatrix} -116,7 & 0 \\ 0 & -297,7 \\ -139,4 & 0 \end{Bmatrix}_{(C, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$$

$$\vec{M}_{/D} = \begin{Bmatrix} 0 \\ M_y \\ 0 \end{Bmatrix}_{(C, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})} + \overrightarrow{DC} \wedge \begin{Bmatrix} F_x \\ 0 \\ F_z \end{Bmatrix}$$

$$\vec{M}_{/D} = \begin{Bmatrix} 0 \\ -297,7 \\ 0 \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} 0,146 \\ 0 \\ 0,72 \end{Bmatrix} \wedge \begin{Bmatrix} -116,7 \\ 0 \\ -139,4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ -297,7 \\ 0 \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} 0 \\ 0,72 \times (-116,7) - 0,146 \times (-139,4) \\ 0 \end{Bmatrix}$$

$$\vec{M}_{/D} = \begin{Bmatrix} 0 \\ -361,4 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

$$\{T_{vent \rightarrow 1/2 aile}\}_{/D} = \begin{Bmatrix} F_x & 0 \\ 0 & M_y \\ F_z & 0 \end{Bmatrix}_{(D, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})} = \begin{Bmatrix} -116,7 & 0 \\ 0 & -361,4 \\ -139,4 & 0 \end{Bmatrix}_{(D, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$$

Question 11 :

D'après le DT8, les valeurs F_x , F_z et M_y les plus défavorables sont celles avec le vent dominant en pression :

$$F_x = 1,1 \cdot 1,35 \cdot 0 + 1,1 \cdot 1,5 \cdot (-116,7) + 1,1 \cdot 0,5 \cdot 1,5 \cdot 0 + 1,1 \cdot 1,1 \cdot 0$$

$$F_x = \mathbf{-192,56 \text{ kN}}$$

$$F_z = 1,1 \cdot 1,35 \cdot (-1439 - 60 - 43) + 1,1 \cdot 1,5 \cdot (-139,4) + 1,1 \cdot 0,5 \cdot 1,5 \cdot (-210) + 1,1 \cdot 1,1 \cdot 0$$

$$F_z = \mathbf{-2693,13 \text{ kN}}$$

$$M_{y/D} = 1,1 \cdot 1,35 \cdot (-1439 - 81 + 72) + 1,1 \cdot 1,5 \cdot (-361,4) + 1,1 \cdot 0,5 \cdot 1,5 \cdot (-325,5) + 1,1 \cdot 1,1 \cdot (-200)$$

$$M_{y/D} = \mathbf{-3257,13 \text{ kNm}}$$

Question12 : DR2 – Évaluation des compétences – Exemples de réponses possibles

Compétences	Indicateurs d'évaluation	Modalités d'évaluation au sein de la séquence	Niveaux d'appréciation		
			Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
CO1.2 : justifier le choix d'une solution selon des contraintes d'ergonomie et de design	La solution choisie est justifiée du point de vue des notions de confort, d'efficacité et de sécurité dans les relations Homme - produit, Homme – système.	Lors de l'étude de dossier, au fil de l'eau : l'élève complète le diagramme d'exigences en associant une solution technique à une contrainte d'ergonomie et de design.	L'élève associe correctement quelques contraintes simples avec la solution technique correspondante.		L'élève associe correctement toutes les fonctions avec la solution technique correspondante et argumente à partir des différentes contraintes.
CO3.4 : Identifier et caractériser des solutions techniques	La solution technique pour chaque fonction est identifiée.	Lors de l'étude de dossier, au fil de l'eau : l'élève complète le diagramme d'exigences en associant une solution technique à une fonction. ET Lors d'une évaluation sommative à partir d'un cahier des charges similaire.	L'élève associe correctement quelques fonctions simples avec la solution technique correspondante.		L'élève associe correctement toutes les fonctions avec la solution technique correspondante et sait expliquer pourquoi.
CO5.5 : Proposer des solutions à un problème technique identifié en participant à des démarches de créativité, choisir et justifier la solution retenue	La démarche de créativité mise en œuvre pour rechercher des solutions est présentée. Le choix de la solution (logiciels, matériaux, constituants) retenue est argumenté au regard des performances attendues.	Lors de l'étude de dossier l'élève sous la forme d'une carte mentale proposent des solutions pour répondre au cahier des charges. Il s'appuie sur une méthode rationnelle.	L'élève propose des solutions sans lien avec le problème technique.	L'élève propose quelques idées pertinentes de manière aléatoire sans les argumenter.	L'élève fait preuve de méthodologie pour trouver des solutions pertinentes au regard du cahier des charges. L'élève argumente de manière pertinente les solutions qu'il propose.
CO6.1 : expliquer des éléments d'une modélisation multiphysique proposée relative au comportement de tout ou partie d'un produit	Le modèle multiphysique est expliqué de manière globale. Les différents éléments du modèle multiphysique sont explicités.	Lors de l'activité « partie 2 : mobilité » : l'élève structure le modèle à partir de blocs donnés, il renomme et paramètre les blocs par rapport à l'élément qu'il représente et lance la simulation. ET Lors d'une évaluation sommative à partir d'un modèle légèrement différent pour lequel il faut identifier des éléments en lien avec le système.	L'élève utilise le modèle et obtient des résultats mais les interprètes mal. L'élève confond les différents éléments.	L'élève utilise le modèle et interprète correctement les résultats obtenus sans faire le lien avec le réel. L'élève identifie quelques éléments du modèle mais il reste des confusions.	L'élève explique clairement ce que représente le modèle, les paramètres externes et interprète correctement les résultats attendus. L'élève identifie tous les éléments du modèle et sait expliquer leur rôle.
CO7.1 : Réaliser et valider un prototype ou une maquette obtenus en réponse à tout ou partie du cahier des charges initial	Les moyens mobilisés pour la réalisation du prototype sont adaptés. Le prototype réalisé permet de valider les performances attendues.	Lors de l'activité pratique, au fil de l'eau : soit dans la « partie 1 : structure » si le prototype est prévu après la recherche de solutions, soit dans la « partie 2 : mobilité ».	L'élève a su rassembler une partie des éléments nécessaires à la réalisation du prototype. L'élève a réalisé un prototype fonctionnel mais ne fait pas le lien avec les attendus du cahier des charges.	L'élève a réalisé une partie du prototype attendu.	L'élève a rassemblé de manière autonome l'ensemble des éléments nécessaires à la réalisation du prototype. L'élève a réalisé le prototype complet et valide les performances du cahier des charges.

Question 13 :

Pour le système pignon crémaillère : $v_E = \frac{D_{pc}}{2} \omega_r$

Pour le réducteur : $k = \frac{\omega_r}{\omega_m}$

Donc

$$v_E = \frac{D_{pc}}{2} k \omega_m$$

$$\Leftrightarrow \omega_m = \frac{2}{D_{pc} k} v_E$$

Question 14 :

$$E_{c E/0} = E_{c aile+2bogies /0} + 6E_{c gp/0} + 4 E_{c mot/0} = \frac{1}{2} m_{eq} v_E^2$$

$$- E_{c aile+2bogies /0} = \frac{1}{2} m_e v_E^2$$

$$- E_{c gp/0} = \frac{1}{2} m_{gp} v_E^2 + \frac{1}{2} j_{gp} \omega_{gp}^2 = \frac{1}{2} m_{gp} v_E^2 + \frac{1}{2} j_{gp} \left(\frac{v_E}{d_{gp}/2} \right)^2$$

$$- E_{c mot/0} = \frac{1}{2} m_m v_E^2 + \frac{1}{2} j_m \omega_m^2 = \frac{1}{2} m_m v_E^2 + \frac{1}{2} j_m \left(\frac{2 v_E}{D_{pc} k} \right)^2$$

Ainsi

$$E_{c E/0} = \frac{1}{2} \left(m_e + 6 m_{gp} + \frac{24 \cdot j_{gp}}{d_{gp}^2} + 4 m_m + \frac{16 \cdot j_m}{(D_{pc} \cdot k)^2} \right) v_E^2$$

Par identification on a donc :

$$m_{eq} = m_e + 6 m_{gp} + \frac{24 \cdot j_{gp}}{d_{gp}^2} + 4 m_m + \frac{16 \cdot j_m}{(D_{pc} \cdot k)^2}$$

AN :

$$m_{eq} = 739,3 T$$

Question 15 :

Puissances extérieures :

- $P_{pes \rightarrow E+gp} = 0$ car la pesanteur est orthogonale au mouvement de translation de l'ensemble
- $P_{v \rightarrow E} = -F_v \cdot v_E$
- $P_{rail \rightarrow gp} = 0$ car hypothèse de roulement sans glissement
- $P_{cremaillere \rightarrow pignon} = 0$ car hypothèse de roulement sans glissement

Donc

$$P_{ext \rightarrow E/0} = -F_v \cdot v_E$$

Puissances intérieures :

- $P_{liaisons pivot} = 0$ car hypothèse de liaisons parfaites
- $P_{mot} = 4 C_m \cdot \omega_m \cdot \eta_r \cdot \eta_{pc}$ car il y a 4 moteurs dans l'ensemble isolé

Donc

$$P_{int} = 4 C_m \cdot \omega_m \cdot \eta_r \cdot \eta_{pc}$$

$$P_{int} = 4 C_m \cdot \omega_m$$

Question 16 :

On applique le théorème de l'énergie cinétique à l'ensemble E dans son mouvement par rapport à R_0 :

$$\frac{dE_{c S/0}}{dt} = P_{int(S)} + P_{ext \rightarrow S/0} + P_{dissipée}$$

Ici $P_{dissipée} = 0$ car le rendement du système est pris égale à 1 : $\eta_{total} = \eta_r \cdot \eta_{pc} = 1$

$$\frac{d \left(\frac{1}{2} m_{eq} v_E^2 \right)}{dt} = 4 C_m \cdot \omega_m - F_v \cdot v_E$$

$$\Leftrightarrow m_{eq} v_E \dot{v}_E = 4 C_m \cdot \frac{2}{D_{pc} k} v_E - F_v \cdot v_E$$

Question 17 :

- Lors de la phase à vitesse constante, $\dot{\omega}_m = 0$:

$$\Leftrightarrow C_m = \frac{m_{eq} \cdot \dot{v}_E + F_v}{D_{pc}k} = \frac{m_{eq} \cdot \dot{\omega}_m \frac{D_{pc}k}{2} + F_v}{D_{pc}k}$$

$$C_{m, nom} = \frac{F_v D_{pc}k}{8} = \frac{386 \cdot 10^3 \cdot 0,318}{8 \times 283} = 54,2 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Or d'après la documentation du moteur fournie dans le DT12, « Rated Torque » = $72,3 \text{ N} \cdot \text{m}$ qui est supérieur au $54,2 \text{ N} \cdot \text{m}$ nécessaire.

- Lors de la phase d'accélération :

L'ensemble E passe de $v_E = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ à $0,07 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ en 10 s ,

donc ω_m de $0 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ à $\omega_m = \frac{2}{D_{pc}k} = \frac{2 \times 283}{0,318} = 124,6 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ (donné sur le graphique DR3).

Ainsi :

$$\dot{\omega}_m = \frac{124,6 - 0}{10 - 0} = 12,5 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

Donc

$$\Leftrightarrow C_{m, max} = \frac{m_{eq} \cdot \dot{\omega}_m \frac{D_{pc}k}{2} + F_v}{D_{pc}k} = \frac{740 \cdot 10^3 \cdot 12,5 \cdot \frac{0,318}{2 \times 283} + 386 \cdot 10^3}{\frac{8 \times 283}{0,318}} = 54,9 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Or d'après la documentation du moteur fournie dans le DT12, « Starting torque » = $209,67 \text{ N} \cdot \text{m}$ qui est largement supérieur au $54,9 \text{ N} \cdot \text{m}$ nécessaire.

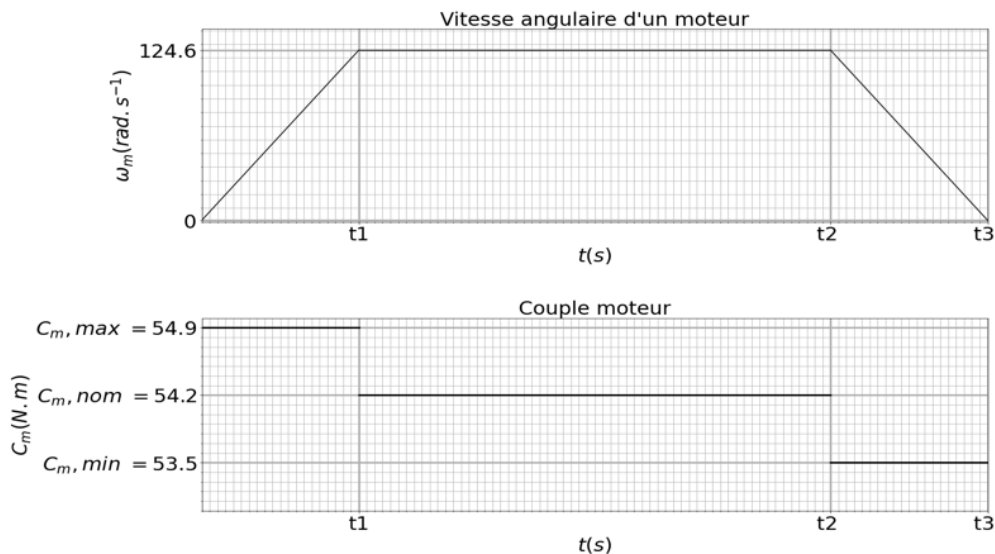
- Lors de la phase de décélération : $\dot{\omega}_m = -12,5 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$

Donc

$$\Leftrightarrow C_{m, min} = \frac{-740 \cdot 10^3 \cdot 12,5 \cdot \frac{0,318}{2 \times 283} + 386 \cdot 10^3}{\frac{8 \times 283}{0,318}} = 53,5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Le choix de ce moteur est donc validé.

DR3



Question 18 :

$$\text{Alarm} = \left[\left| \arctan \left(\frac{\text{PositionEst} - \text{PositionOuest}}{\text{Distance_rails}} \right) \times 57,2958 \right| > 1^\circ \right] \cdot \overline{\text{Stop_Max_Angle_Crab}}$$

Le coefficient 57,2958 permet de convertir l'angle de radian en degré

Question 19 :

Codeur Est : 011301₍₁₆₎ soit 0000 0000 1000 1001 1000 0000₍₂₎ (1 parité)

Codeur Ouest : 0125C4₍₁₆₎ soit 0000 0000 1001 0010 1110 0010₍₂₎ (0 parité)

Position Est = 35200 mm

Position Ouest = 37602 mm

Question 20 :

Ecart de position = 35200 – 37602 = 2402 mm = 2,4 m

$$\text{Angle_crab} = \arctan \left(\frac{2,4}{101,6} \right) \times 57,2958 = 1,35^\circ$$

L'angle étant supérieur à 1°, le bit « Alarm » est actif. D'après l'équation logique, le défaut « mise en crabe » est présent.

Question 21 :

À partir de l'équation trouvée à la question 17 :

$$C_m = \frac{m_{eq} \cdot \dot{\omega}_m \frac{D_{pc} \cdot k}{2} + F_v}{\frac{8 \cdot \eta_r \cdot \eta_{pc}}{D_{pc} \cdot k}} = \frac{m_{eq} \cdot \dot{v}_E + F_v}{\frac{8 \cdot \eta_r \cdot \eta_{pc}}{D_{pc} \cdot k}}$$

On exprime cette équation dans le domaine de Laplace sous conditions de Heaviside :

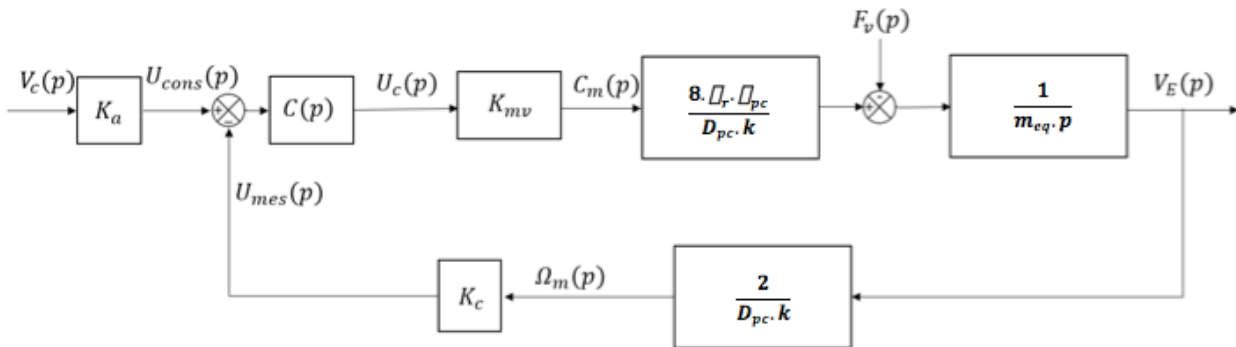
$$C_m(p) = \frac{m_{eq} \cdot D_{pc} \cdot k}{8 \cdot \eta_r \cdot \eta_{pc}} p V_E(p) + \frac{D_{pc} \cdot k}{8 \cdot \eta_r \cdot \eta_{pc}} F_v(p)$$

$$V_E(p) = \left(C_m(p) \frac{8 \cdot \eta_r \cdot \eta_{pc}}{D_{pc} \cdot k} - F_v(p) \right) \frac{1}{m_{eq} \cdot p}$$

Grace à l'équation trouvée question 14 (et rappelée ici dans l'énoncé) : $\omega_m = \frac{2}{D_{pc}k} v_E$ qui devient dans le domaine de Laplace :

$$\Omega_m(p) = \frac{2}{D_{pc}k} V_E(p)$$

Ainsi, il est possible de compléter le schéma bloc fourni DR4 :



Question 22 :

L'erreur statique est définie comme :

$$e_r = \lim_{t \rightarrow +\infty} (v_c(t) - v_e(t))$$

Graphiquement, on peut lire :

- Sans perturbation $e_r = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, la vitesse est égale à la consigne en régime permanent
- Avec perturbation $e_r = 0,07 - 0,055 = 0,015 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$\text{Soit une erreur relative } e_{r\%} = \frac{0,015}{0,07} \cdot 100 = 21,4 \%$$

Conclusion :

D'après le cahier des charges, l'exigence 8 spécifie que l'erreur en régime permanent pour une perturbation constante doit être nulle. Cette exigence n'est donc pas vérifiée pour le système sans correction car l'erreur statique n'est pas nulle pour une entrée en échelon.

Question 23 :

Dans ces conditions, en régime permanent, durant la phase à vitesse constante, on a une différence de vitesse de $0,015 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ entre le côté EST et le côté OUEST de l'aile. L'exigence Id 9 impose un écart maximum entre les 2 côtés de l'aile de $1,77 \text{ m}$.

$$t = \frac{d}{v} = \frac{1,77}{0,015} = 118 \text{ s} = 1 \text{ min } 58 \text{ s}$$

Cet écart maximum est atteint en seulement 118 s de phase à vitesse constante, or cette phase dure 880 s , le critère ne sera donc pas respecté sur toute la durée du mouvement. L'exigence Id9 n'est donc pas respectée pour un système non corrigé.

Question 24 :

- Grâce au correcteur proportionnel intégral, l'erreur statique dans le cas d'un système avec perturbation s'annule. Cela se justifie par le fait qu'on ajoute une intégration en amont d'une perturbation constante. Donc, le système n'est plus sensible aux perturbations, l'exigence 8 est validée.
- On voit néanmoins apparaître un dépassement. Cependant, celui-ci n'est que sur une courte durée, ainsi, le côté de l'aile n'excède pas $1,77 \text{ m}$ de l'autre. Pour une valeur maximale de dépassement de $0,008 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, pendant une durée d'environ 4 s :

$$d = v \cdot t = 0,008 \times 4 = 0,032 \text{ m}$$

L'exigence Id9 est donc respectée.

Question 25 :

A la fin des 15 min de déplacement, l'écart entre les 2 bogies EST et OUEST, pour le modèle enrichi est de $62,4 - 59,3 = 3,1 \text{ m} > 1,77 \text{ m}$.

L'exigence Id9 n'est donc pas respectée, il est donc nécessaire de mettre en place un système de synchronisation pour le déplacement des 2 côtés de l'aile.

Question 26 :

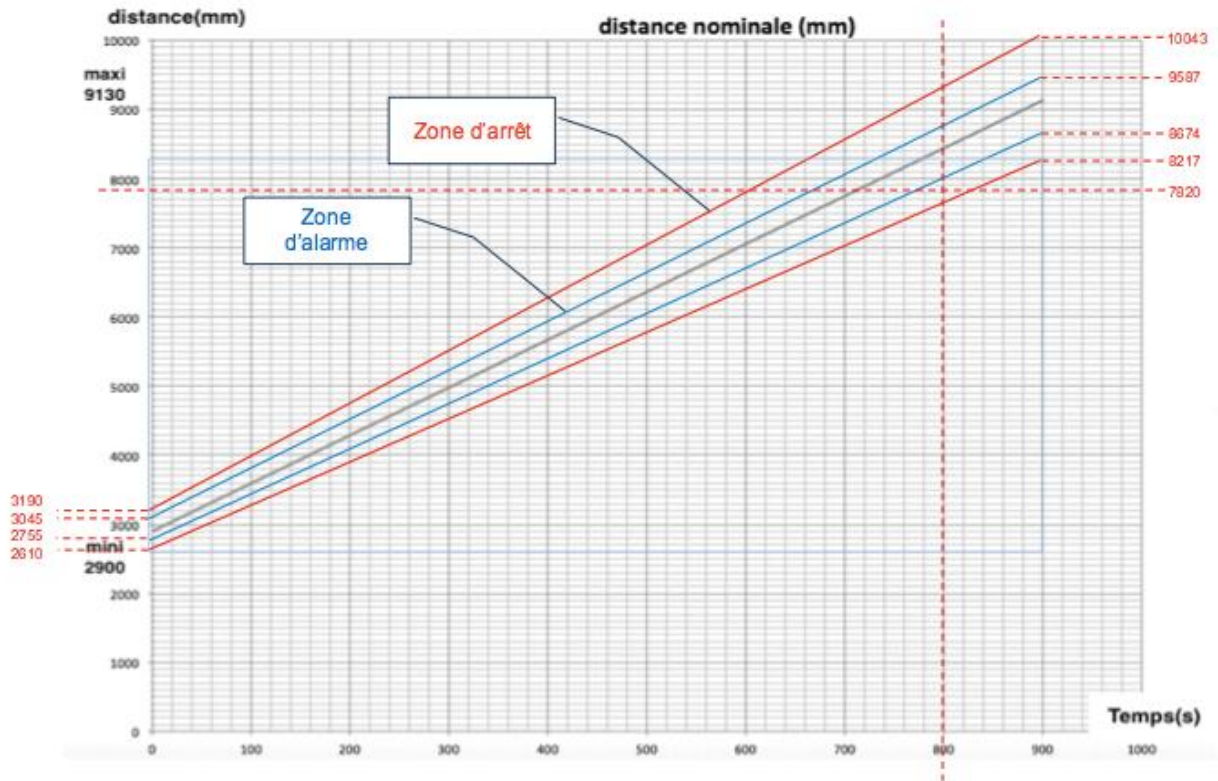
L'aile côté EST est asservi comme étudié précédemment à partir de l'écart entre la consigne $v_c(t)$ et la vitesse réelle $v_{e1}(t)$.

L'aile côté OUEST est asservie de la même manière, on ajoute à l'écart ($\varepsilon_2 = v_c(t) - v_{e2}(t)$) la différence de vitesse réelle entre les 2 côtés de l'aile ($v_{e1}(t) - v_{e2}(t)$).

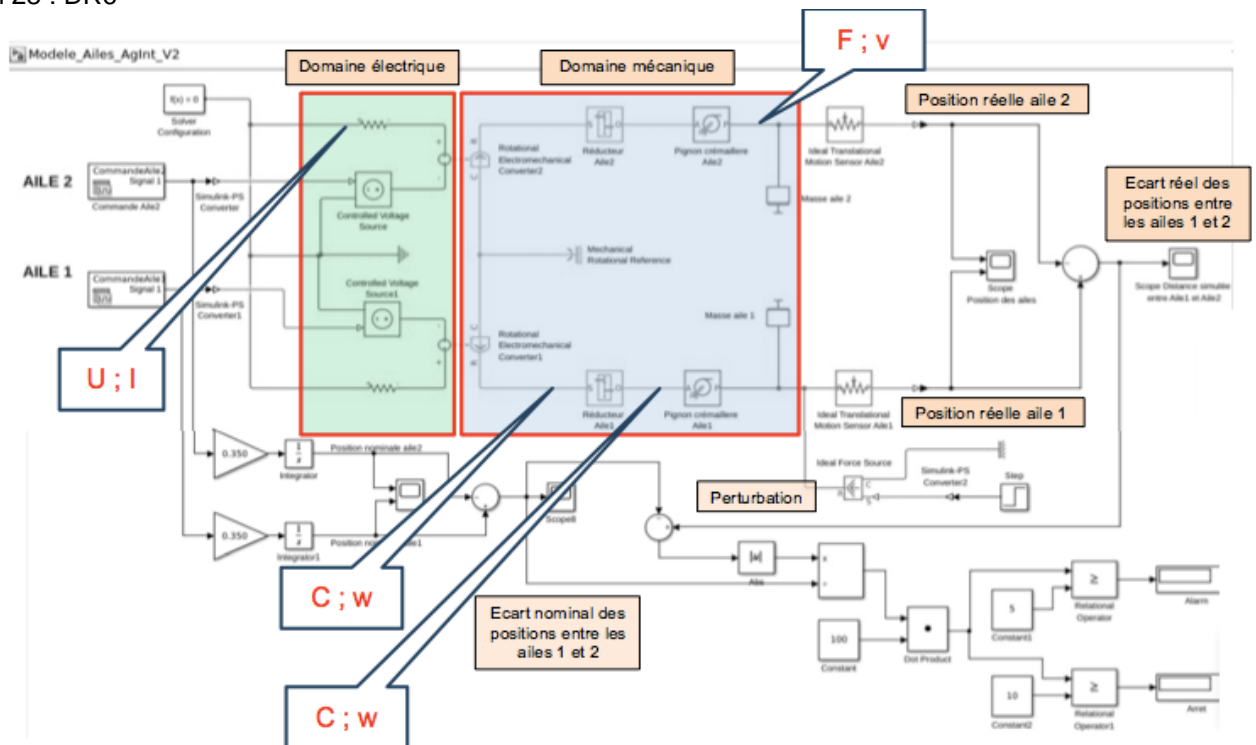
Dans le second comparateur sur l'aile OUEST :

- Si ($v_{e1}(t) = v_{e2}(t)$), alors on n'ajoute rien à ε_2 .
- Si ($v_{e1}(t) > v_{e2}(t)$) (côté EST en avance), alors on ajoute la différence de vitesse ($v_{e1}(t) - v_{e2}(t) > 0$) à $v_{e2}(t)$ pour que le côté OUEST accélère.
- Si ($v_{e1}(t) < v_{e2}(t)$), (côté OUEST en avance) alors on ajoute la différence de vitesse ($v_{e1}(t) - v_{e2}(t) < 0$) à $v_{e2}(t)$ pour que le côté OUEST ralentisse.

Question 27 : DR5



Question 28 : DR6



Question 29 :

La position de référence « 0 » sur le graphique correspond à la position repliée de l'aile 2. En effet, la position finale de l'aile 1 au bout de 900 s (15 minutes) semble correspondre à 65200 mm (= 91300 – 29000 + 2900) en référence à la position repliée de l'aile 2.

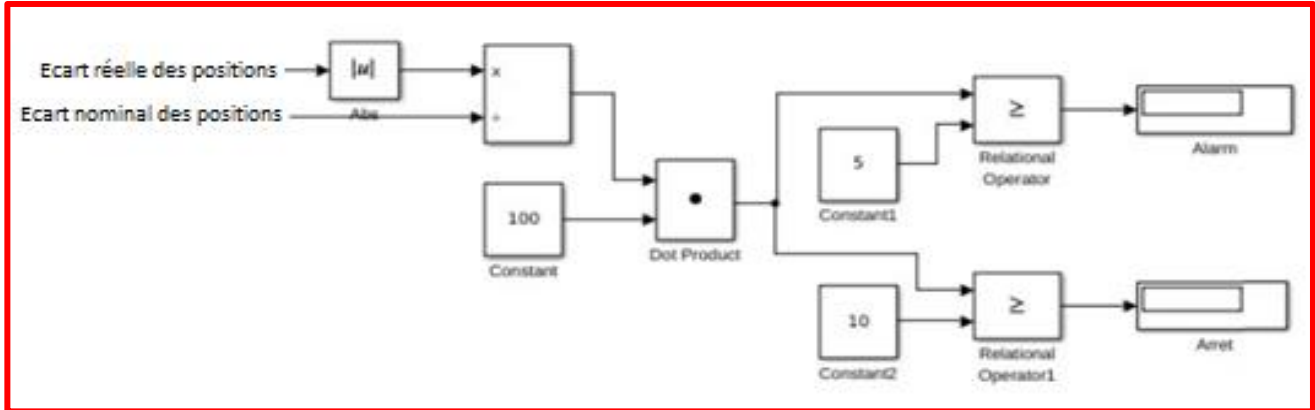
Il s'agit donc bien d'une position relative par rapport à la position repliée de l'aile 2 et non la position par rapport à la position de l'aile 11 qui est fixe.

D'après le modèle multiphysique, le déplacement de l'aile 1 est le déplacement nominal et celui de l'aile 2 le déplacement perturbé.

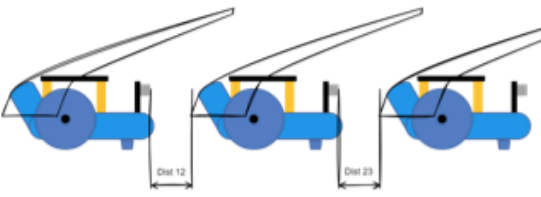
Ainsi, l'écart réel entre les deux ailes à l'instant 800s est de 7820 mm (= 57820 – 50000).

Graphiquement sur le DR5, le système se trouve en situation d'alarme.

Question 30 :



Question 31 : DR7

<p>Identification du protocole Gestion de la distance entre 2 ailes</p>	<p>Schéma du dispositif expérimental</p> 	<p>Protocole expérimental</p> <ol style="list-style-type: none"> Étape 1 Implémenter les 3 programmes dans chaque robots (vitesses de déplacement différentes, temps de déplacement identique, mesure des distances, ...) contenant l'algorithme de l'alerte Étape 2 Lancer l'expérimentation sans perturbation, exporter les distances mesurées en fonction du temps Étape 3 Lancer l'expérimentation avec une perturbation sur le robot central, vérifier le bon déclenchement de l'alerte, exporter les distances mesurée en fonction du temps
<p>Problématique, Question scientifique Comment déclencher une alerte lorsque l'écart entre la distance nominale et la distance réelle mesurée entre les deux ailes dépasse les valeurs limites ?</p>		
<p>Hypothèse Le modèle ou algorithme proposé permettra de comparer la distance réelle et la distance nominale afin de déclencher l'alerte.</p>	<p>Traitement des résultats L'analyse des résultats et l'observation de l'expérimentation ont mis en évidence le bon déclenchement de l'alerte lorsque l'écart entre la distance nominale et la distance réelle mesurée entre les deux ailes dépasse les valeurs limites</p>	
<p>Paramètres variables Vitesse de l'aile 2</p>		
<p>Paramètres contrôlés Vitesse de l'aile 1 Vitesse de l'aile 3</p>		
<p>Paramètres observés Distance entre aile 1 et aile 2 Distance entre aile 2 et aile 3</p>		
<p>Matériels 3 robots programmables</p>		

D. Commentaires du jury

L'étude est décomposée en trois parties permettant de répondre à des problématiques techniques des sciences industrielles de l'ingénieur :

Partie 1 : Analyse fonctionnelle et cinématique de la couverture mobile.

→ *Problématiques transverses*

Partie 2 : Détermination des charges appliquées sur un bogie afin de déterminer et choisir la motorisation des ailes.

→ *Problématiques d'ingénierie des constructions*

Partie 3 : Détermination de la puissance motrice, asservissement en vitesse, commande et choix des motoréducteurs, validation du modèle multiphysique.

→ *Problématiques d'ingénieries mécanique et électrique*

Partie 1

Cette partie a pour objectif l'étude du déplacement des ailes afin d'obtenir un mouvement de dilation de la toiture.

Les différents points à traiter par les candidats sont :

- le tracé des profils de vitesse pour les ailes 1 et 10 ;
- la détermination de la loi en vitesse de déplacement des ailes ;
- la justification de l'utilisation de 3 motoréducteurs différents.

La partie pédagogique consiste à proposer une fiche méthodologique à destination d'élèves de terminale en enseignement de spécialité sciences de l'ingénieur permettant de tracer les profils de position, vitesse, et accélération à partir de résultats expérimentaux et d'identifier un type de mouvement.

Remarques sur la partie 1

Cette partie 1 a été abordée par la majorité des candidats.

Les profils de vitesse ont été correctement dessinés dans leur forme par la majorité des candidats, mais les valeurs numériques sont souvent fausses ou trop arrondies.

Une mauvaise lecture du sujet a induit de nombreux candidats à faire les calculs pour les 11 ailes alors qu'ils n'étaient demandés que pour les ailes 1 et 10, impliquant une perte de temps non négligeable.

La loi en vitesse a été correctement traitée, mais les unités sont souvent manquantes.

Le choix des motoréducteurs n'a été que très peu justifié, l'argumentation étant parfois trop succincte.

L'exploitation pédagogique sous forme de fiche méthodologique a souvent été incomplète ou imprécise.

Partie 2

Cette partie a pour objectif de calculer toutes les charges qui s'appliquent sur un bogie en vue du choix du moteur.

Les différents points à traiter par les candidats sont :

- le calcul des charges de neige appliquées au système ;
- la descente de charge sur le bogie ;
- l'exploitation pédagogique consistait à compléter le tableau d'évaluation des compétences à partir d'une séquence pédagogique proposée.

Remarques sur la partie 2

Cette partie 2 a été abordée par la majorité des candidats.

Le calcul de la charge de neige était demandé pour une 1/2 aile, les candidats ont été nombreux à travailler sur une aile complète sans tenir compte des consignes du sujet.

Le moment engendré par la charge de neige ponctuelle au point D a été correctement traité dans l'ensemble.

En revanche, peu de candidats sont parvenus à la détermination, pour la combinaison de charges à l'ELU en vent dominant-pression, des valeurs numériques des efforts F_x , F_z , et moment M_y appliqués au point D.

Certains candidats n'ont pas su exploiter le tableau du formulaire Eurocode 0.

Par ailleurs, les calculs un peu longs sont souvent fastidieux et rarement menés à leur terme correctement.

Le tableau d'évaluation des compétences de la question pédagogique permettait de mettre en œuvre les modalités d'évaluation et les niveaux d'appréciation associés aux compétences proposées.

Les difficultés rencontrées par les candidats portaient sur la faisabilité des modalités d'évaluation et de la cohérence de celles-ci par rapport aux compétences demandées, certaines réponses n'étant pas en adéquation avec les attendus de la question.

Les niveaux d'appréciation n'ont pas été compris par certains candidats.

Partie 3

Il s'agit dans cette partie de déterminer le motoréducteur adapté au déplacement de chaque aile et d'en définir la logique de commande.

Les différents points à traiter par les candidats sont :

- la vérification de la puissance motrice,
- l'asservissement des moteurs comprenant :
 - o la gestion d'un défaut de mise en crabe,
 - o la mise en place du modèle d'asservissement,
 - o l'étude des performances de la boucle de vitesse non corrigée puis corrigée,
 - o la gestion et le contrôle de la distance entre les ailes,
- définir un protocole d'essais permettant de valider le modèle multiphysique

Remarques sur la partie 3

Cette partie 3 a été abordée par la majorité des candidats.

Les premières questions portant sur des calculs de vitesse, d'énergie cinétique, de puissance, puis de couple en expression littérale et en application numérique ont été assez laborieuses dans l'ensemble.

Le manque de rigueur dans les développements et le nombre de paramètres à manipuler dans les expressions ont induit de nombreuses erreurs amenant parfois le résultat final à des incohérences.

La partie "gestion de l'angle de mise en crabe" avec l'étude d'une trame a été plutôt bien traitée mais montre quand même que certains candidats ne maîtrisent pas les conversions de codage de base 16 à base 10.

La détermination de l'expression de la variable "Alarm" à partir du modèle multiphysique a été correctement traitée dans l'ensemble des copies.

Le schéma bloc d'asservissement proposé en document réponse n'a été que peu souvent complété entièrement.

L'étude des courbes de réponse et des résultats de simulation sur le modèle corrigé ont amené des explications parfois empiriques ou sommaires, manquant de précision dans l'argumentation.

Le tracé des cônes délimitant les zones d'alarme et d'arrêt a été compris par la plupart des candidats, même si les valeurs numériques n'étaient pas forcément justes.

En revanche, les blocs "Alarm" et "Arrêt" du modèle multiphysique ont rarement été complétés.

La question pédagogique consistait à définir un protocole d'essais permettant de valider le modèle multiphysique à partir d'un document à compléter.

Il n'a été proposé que très rarement une réelle expérimentation avec un protocole permettant de faire varier des paramètres et de mesurer des grandeurs physiques.

Les candidats sont restés généralement sur les outils numériques et des résultats de simulation, le matériel se limitant à un ordinateur et un logiciel.

Remarques générales

D'une manière générale, l'ensemble du sujet a été parcouru jusqu'à la fin par la majorité des candidats.

De nombreuses copies présentaient un niveau scientifique faible dans les questions relevant de leur spécialité d'origine.

Les candidats ont du mal pour mener à terme des développements littéraux et aboutir aux résultats numériques. Une mauvaise lecture du sujet les a amenés à calculer des valeurs qui n'étaient pas demandées et donc perdre un temps important pour la suite.

Le jury encourage fortement les candidats à lire correctement les questions avant de se lancer dans les calculs, à traiter toutes les parties du sujet et à montrer qu'ils maîtrisent l'ensemble des domaines des sciences industrielles de l'ingénieur. Il est important que les candidats élargissent leurs compétences pour réussir correctement cette épreuve transversale.

Remarques sur les questions relevant du développement d'activités pédagogiques

Une question pédagogique était à traiter en fin de chaque partie du sujet.

Elles ont été abordées par la plupart des candidats, avec de grandes disparités toutefois.

Les propositions d'expérimentation sont restées assez succinctes, sans schéma ni protocole clairement défini.

Qualité des copies

Il est demandé au candidat de soigner ses réponses manuscrites de manière à les rendre lisibles et exploitables en vue d'une correction.

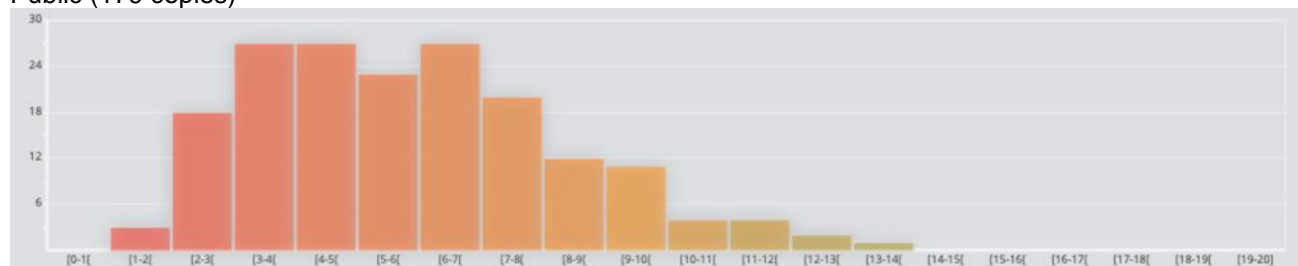
La présentation doit être irréprochable, les notations imposées dans le sujet doivent être scrupuleusement respectées et il n'est pas inutile de rappeler qu'il est attendu d'un fonctionnaire de l'État qu'il maîtrise convenablement la langue française et veille à construire ses phrases dans le respect de la sémantique. Il doit aussi respecter dans une mesure raisonnable les règles de l'orthographe et de la grammaire française afin de s'assurer que ce qu'il souhaite exprimer sera compréhensible et lisible.

Au vu de certaines copies, il apparaît nécessaire de rappeler que « calculer » implique une application numérique avec l'unité appropriée.

E. Résultats

Les statistiques générales pour cette épreuve sont données ci-dessous.

Public (179 copies)



Nombre de copies

179 / 308

Note minimum

1,80 / 20

Moyenne

5,86 / 20

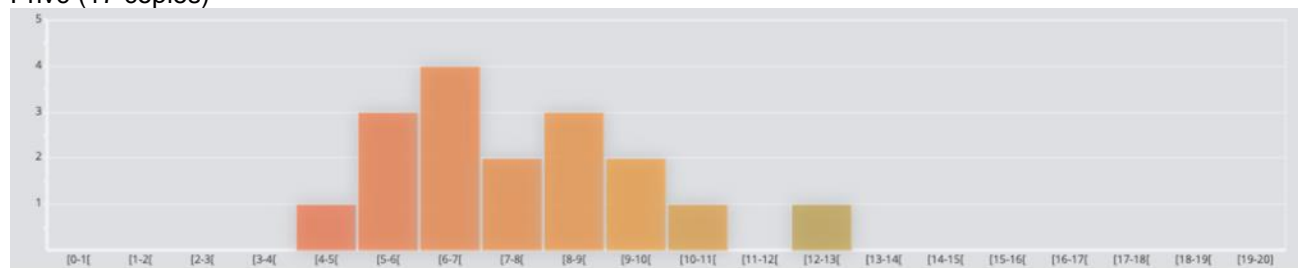
Note maximum

13,10 / 20

Ecart type

2,50

Privé (17 copies)



Nombre de copies

17 / 31

Note minimum

4,30 / 20

Moyenne

7,47 / 20

Note maximum

12,10 / 20

Ecart type

2,07

Épreuve d'admissibilité de modélisation d'un système, d'un procédé ou d'une organisation

A. Présentation de l'épreuve

Texte de référence : <https://www.devenirenseignant.gouv.fr/cid98755/les-epreuves-de-l-agregation-interne-et-du-caerpa-section-sciences-industrielles-de-l-ingenieur.html>

- Durée totale de l'épreuve : 4 heures
- Coefficient 1

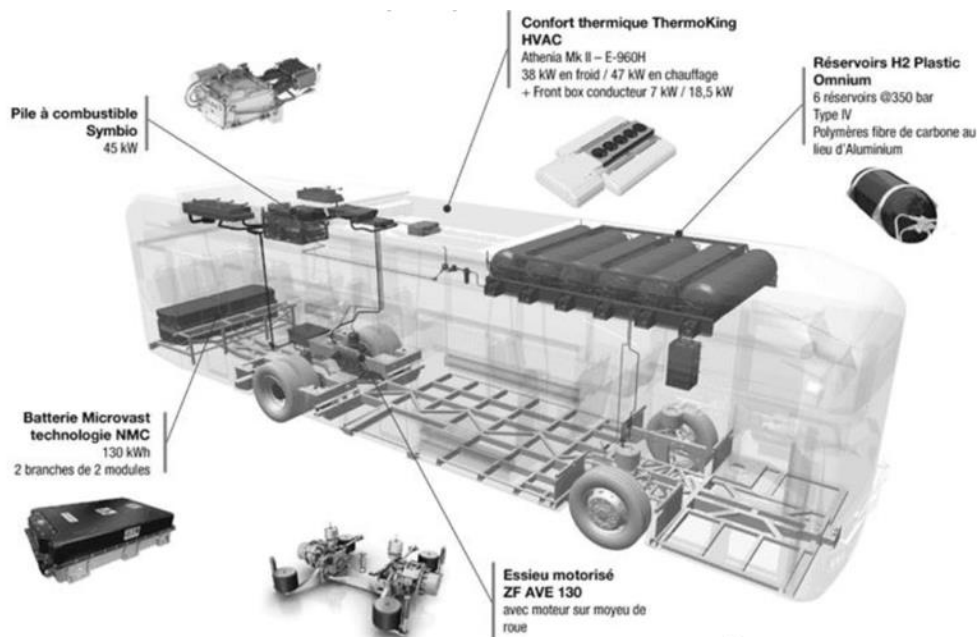
L'épreuve est spécifique à l'option choisie.

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

B. Sujet

Le sujet est disponible en téléchargement sur le site du ministère à l'adresse : <https://www.devenirenseignant.gouv.fr/media/12102/download>

Le support d'étude s'inspire du bus Hycity®, de la société Safra.



L'étude est décomposée en quatre parties indépendantes :

- Partie A : Comment répondre aux besoins énergétiques du bus ?
- Partie B : Comment permettre les différentes mobilités du bus ?
- Partie C : Comment assurer une température de fonctionnement idéale pour la pile à combustible ?
- Partie D : Comment faciliter l'accès des bus aux usagers occasionnels ?

C. Éléments de correction

PARTIE A.

A.1 – L'hydrogène comme vecteur de mobilité urbaine

Question 1

Tableaux $P_{pac}[N]$, $t[N]$

Réel $W \leftarrow 0$

Début

Pour i variant de 0 à $N-2$

$$W \leftarrow P_{pac}[i] * (t[i+1]-t[i]) + W$$

Fin

Question 2

On relève un rendement de 50 % pour la PAC lorsque celle-ci est utilisée à 80 % de sa capacité nominale.

On en déduit la quantité d'hydrogène : $M_H = 852 / (0,5 * 141) = 12,09$ kg.

Question 3

La figure 3 permet d'évaluer la densité massique de l'hydrogène à 293 K et 350 bars : environ 25 kg/m³.

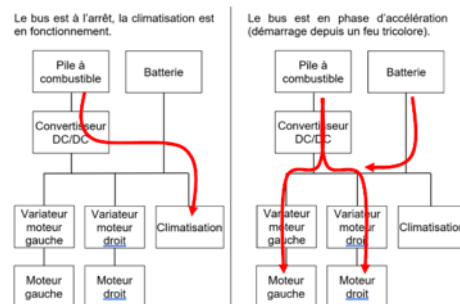
On déduit donc le volume d'hydrogène à stocker pour le parcours étudié :

$$V_H = 12,09/25 = 0,4836 \text{ m}^3 = 483,6 \text{ L}$$

La capacité du stockage du bus étant de $6 * 232 \text{ L} = 1392 \text{ L}$, il est possible d'effectuer 2,88 cycles soit environ 575 km. Cette valeur est largement supérieure à l'autonomie minimale annoncée par le constructeur.

A.2 – Étude des différents modes d'échange de l'énergie électrique

Question 4



Question 5

Ce mode correspond à une phase de récupération d'énergie (freinage avec récupération d'énergie) correspondant à un déplacement du bus en descente.

A.3 – Constitution de la batterie

Question 6

On observe une évolution de l'état de charge de la batterie entre 66 % et 71,5 % de sa capacité nominale. Lors de cette simulation, la batterie est utilisée ponctuellement lors des phases d'accélération ou lors d'un déplacement à forte pente => la batterie vient compléter la puissance délivrée par la PAC qui ne peut pas répondre seule aux besoins de mobilité du bus.

Question 7

La batterie est constituée de deux modules en série qui doivent fournir la moitié de la tension nominale de la batterie : 300 V soit 86 cellules en série.

La capacité de la batterie en Ah est donnée par : $130 \text{ kWh} / (86 * 2 * 3,5) = 215,9$ Ah, l'équivalent d'environ 4 cellules mises en parallèles.

Un module est donc constitué de 2 branches de 86 cellules en série. La batterie est constituée de 2 branches de 2 modules en série.

Question 8

Compte tenu de la capacité de la batterie (130 kWh), il sera possible de maintenir un fonctionnement du bus à vitesse constante pour une durée de $0,5 * 130 \text{ kWh} / 22 \text{ kW} = 2,95$ h, soit une distance de 118,2 km. La batterie peut donc permettre un déplacement du bus pour permettre à celui-ci de rentrer au dépôt en cas de défaillance de la pile à combustible.

PARTIE B.

B.1 – Choix de l'actionneur électrique

Question 9

On détermine les efforts à partir de la relation donnée : $F_v = 2751 \text{ N}$ et $F_p = 33018 \text{ N}$.

On en déduit la valeur de la puissance mécanique maximale :

- Pente nulle (vitesse de 70 km/h) : $P_{max} = F_v \times v_{max} = 53,49 \text{ kW}$;
- Pente maximale (vitesse de 20 km/h) : $P_{max} = F_p \times v = 183,4 \text{ kW}$.

Dans le cas le plus défavorable le besoin est inférieur à la puissance maximale développée par le moteur : $P_{max} = 183,4 \text{ kW} < 250 \text{ kW}$ (documentation).

Les exigences « Id 1.1 » et « Id 1.2 » sont donc satisfaites.

Question 10

La vitesse de rotation du moteur est donnée par : $\Omega_m = \frac{k \cdot v}{R}$ ($v = \Omega_{roue} \cdot R$).

En régime établi (vitesse constante) le couple moteur est égal au couple résistant.

D'autre part le rendement du réducteur nous permet d'obtenir l'expression du couple résistant imposé à la

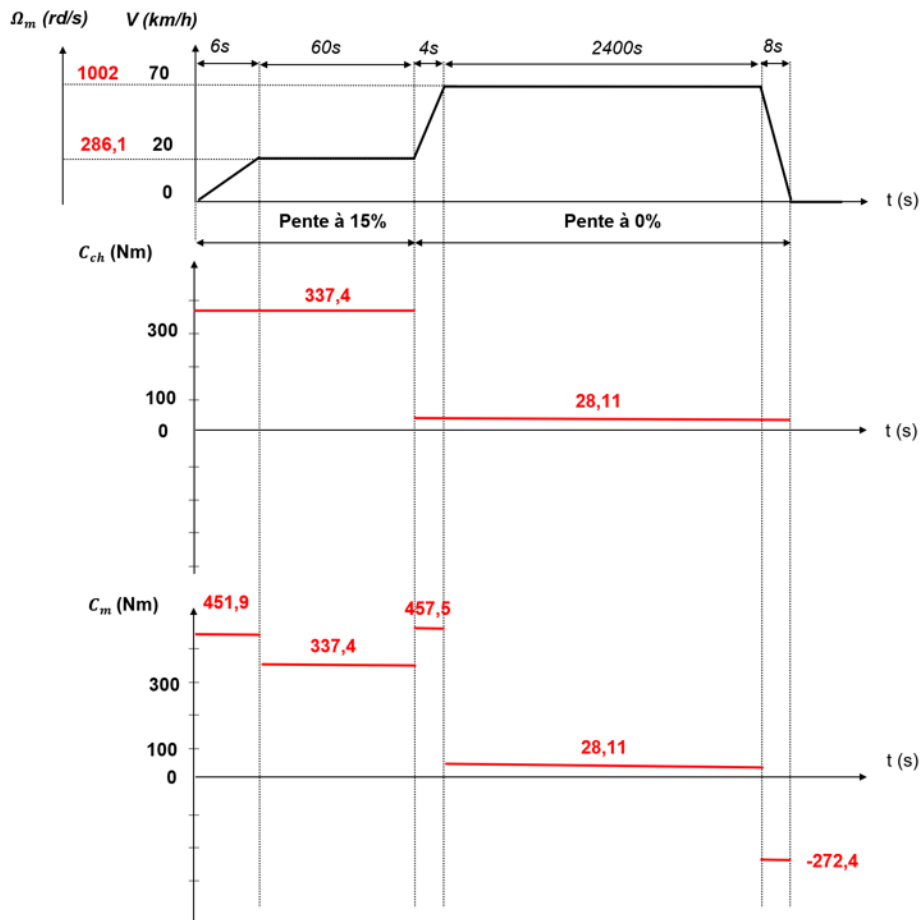
MAS : $\eta_r = \frac{P_{max}}{2 \cdot C_{chmax} \cdot \Omega_m}$ d'où $C_{chmax} = \frac{P_{max}}{2 \cdot \eta_r \cdot \Omega_m} = \frac{P_{max} \cdot R}{2 \cdot \eta_r \cdot v \cdot k}$ (attention présence de deux moteurs).

Question 11

Le calcul des vitesses de rotation d'un des moteurs est obtenue à partir de l'expression précédente. Il en est de même pour la détermination des valeurs du couple résistant.

On utilise le PFD pour évaluer le couple moteur suivant les différentes phases :

- de 0 à 6 s : $C_m = C_{ch} + J_{eq} \frac{d\Omega_m}{dt} = 337,4 + 2,4 \times \frac{286,1}{6} \approx 451,9 \text{ Nm}$;
- de 6 à 66 s : $C_m = C_{ch} + J_{eq} \frac{d\Omega_m}{dt} = 337,4 \text{ Nm}$;
- de 66 à 70 s : $C_m = C_{ch} + J_{eq} \frac{d\Omega_m}{dt} = 28,11 + 2,4 \times \frac{1001,7 - 286,1}{4} \approx 457,5 \text{ Nm}$;
- de 70 à 2470 s : $C_m = C_{ch} + J_{eq} \frac{d\Omega_m}{dt} = 28,11 \text{ Nm}$;
- de 2470 à 2478 s : $C_m = C_{ch} + J_{eq} \frac{d\Omega_m}{dt} = 28,11 - 2,4 \times \frac{1001,7}{8} \approx -272,4 \text{ Nm}$.



Question 12

On relève un couple moteur maximal de 457,9 Nm qui est inférieur au couple maximal donné par le constructeur de 468 Nm.

En utilisant la documentation technique, on peut évaluer le couple thermique équivalent :

$$C_{th} = \sqrt{\frac{\sum t_i \cdot C_i^2}{\sum t_i}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 451,9^2 + 60 \cdot 337,4^2 + 4 \cdot 457,4^2 + 2400 \cdot 28,11^2 + 8 \cdot 272,4^2}{2400 + 4 + 8 + 6 + 60}} = 67,77 \text{ Nm}$$

Ce couple thermique est inférieur au couple nominal (85 Nm). On peut donc valider le choix du moteur vis-à-vis de ce cycle de fonctionnement (exigence « Id 1.3 »).

B.2 – Modélisation de l’actionneur électrique

Question 13

La vitesse de synchronisme est légèrement supérieure à la vitesse nominale du moteur. Pour $f = 700 \text{ Hz}$, elle correspond à l’une des valeurs suivantes : 42000 tr/min ($p=1$) ; 21000 tr/min ($p=2$) ; 10500 tr/min ($p=4$) ; ...

Pour l’application envisagée, on a : $N_s = 10500 \text{ tr/min} > 10300 \text{ tr/min} \Rightarrow p_m=4$

Question 14

Dans l’essai sous charge nominale, on a :

- Pour le glissement nominal : $g_n = \frac{N_s - N_n}{N_s} = \frac{10500 - 10300}{10500} = 1,9 \%$
 - Pour la puissance absorbée nominale : $P_{an} = \sqrt{3} U I_n \cos \phi_n = 101,6 \text{ kW}$
 - Pour la puissance réactive absorbée : $Q_n = P_n \cdot \tan \phi_n = 36,87 \text{ kvar}$
 - Pour la puissance électromagnétique : $P_{em} = P_{fn} + P_{un} = g_n \cdot P_{em} + P_{un}$
- D'où : $P_{em} = \frac{P_{un}}{1 - g_n} = 93,78 \text{ kW}$
- Pour les pertes joules rotoriques : $P_{fn} = g_n \cdot P_{em} = 1,782 \text{ kW}$
 - Pour les pertes fer statoriques : $P_{fs} = P_{an} - P_{em} = 7,82 \text{ kW}$

Question 15

R_s est négligée (pertes joules statorique) et X_s négligée (pas de fuite magnétique au stator).

Question 16

Exploitation de l’essai à vide

A vide, $C_u = 0 \Rightarrow g \rightarrow 0$ ($\Omega \approx \Omega_s$) $\Rightarrow R/g \rightarrow \infty$. \Rightarrow le modèle se réduit à la branche X_m et R_f .

Dans l’essai à vide, on a : $Q_0 = \sqrt{S_0^2 - P_{fs}^2} = 28,39 \text{ kVAR}$

On a : $\frac{P_{fs}}{3} = \frac{V^2}{R_f} \Rightarrow R_f = 20,29 \Omega$

De même : $\frac{Q_0}{3} = \frac{V^2}{X_m} \Rightarrow X_m = 5,59 \Omega$

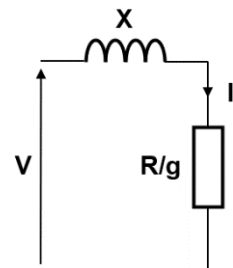
Exploitation de l’essai à charge nominale

On appelle **P'**, **Q'** et **S'** les puissances active, réactive et apparente consommées par le dipôle ci-contre.

D’après le théorème de Boucherot :

$$P' = \frac{P_{an} - P_{fs}}{3} = 31,26 \text{ kW}$$

$$Q' = \frac{Q_n - Q_0}{3} = 2,83 \text{ kVAR}$$



On en déduit : $S' = \sqrt{P'^2 + Q'^2} = 31,38 \text{ kVA}$ et $I' = \frac{S'}{V} = 136,5 \text{ A}$

Finalement, il vient : $P' = \frac{R}{g_n} \cdot I'^2 \Rightarrow R = \frac{g_n P'}{I'^2} = 0,032 \Omega$
 $Q' = X \cdot I'^2 \Rightarrow X = \frac{Q'}{I'^2} = 0,152 \Omega$

Question 17

La puissance "dissipée" dans R/g représente la puissance P_{TR} transmise du stator au rotor (divisée par 3) :

$$\frac{P_{TR}}{3 \frac{R^2}{g}} \Rightarrow C_{em} = \frac{P_{TR}}{3 \frac{R}{g} I'^2} = \frac{P_{TR}}{\Omega_S \frac{R}{g} \Omega_S}$$

Comme $I' = \frac{V_{eff}}{\sqrt{\left(\frac{R}{g}\right)^2 + (X)^2}}$ et $\Omega_S = \frac{\omega}{p}$

il vient : $C_{em} = \frac{3 p V_{eff}^2}{\omega} \cdot \frac{R/g}{(R/g)^2 + (X)^2}$ soit $C_{em}(g) = \frac{3 p V_{eff}^2}{\omega} \cdot \frac{R}{\frac{R^2}{g} + g (X)^2}$

De plus les pertes mécaniques étant négligées on a $C_{em} = C_U = \frac{3 p V_{eff}^2}{\omega} \cdot \frac{R}{\frac{R^2}{g} + g (X)^2}$

Question 18

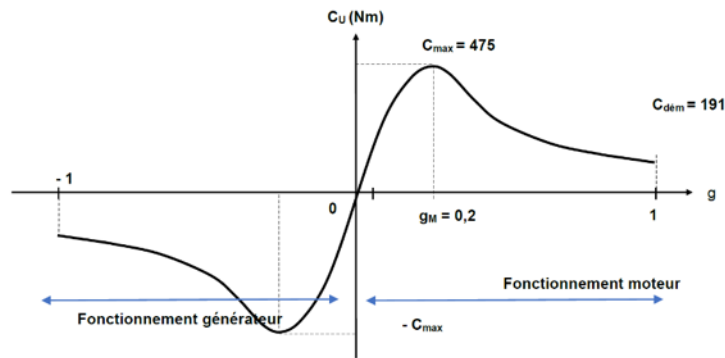
Le maximum* est obtenu pour : $\frac{R^2}{g} = g (X)^2 \Rightarrow g = \frac{R}{X} = 0,21$

* A tension constante, le numérateur de $C_{em}(g)$ est constant. Le couple est donc maximal pour la valeur de g qui rend minimale la somme $R^2/g + (X)^2g$. Or, le produit de ces deux termes est constant et vaut $r^2(\ell_{r\omega})^2$. Par conséquent, cette somme est minimale quand les deux termes sont égaux.

C'est à dire une vitesse de rotation du rotor : $N = N_S \cdot (1 - g) = 8295 \text{ tr/min}$

Et un couple électromagnétique : $C_{max} = \frac{3 p V_{eff}^2}{2 \cdot \omega} \cdot \frac{1}{X} = 475 \text{ Nm}$

Au démarrage, g vaut 1 soit : $C_{dém} = \frac{3 p V_{eff}^2}{\omega} \cdot \frac{R}{R^2 + (X)^2} = 191,4 \text{ Nm}$



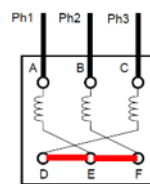
Question 19

Cette machine ne dispose pas au nominal d'un couple de démarrage suffisant (191,4 Nm) pour démarrer en condition extrême (451 Nm).

Pour répondre à ce besoin, il est nécessaire de mettre en œuvre un variateur de vitesse (onduleur en commande scalaire par exemple).

B.3 – Variation de vitesse

Question 20 Couplage étoile : création d'un neutre artificiel

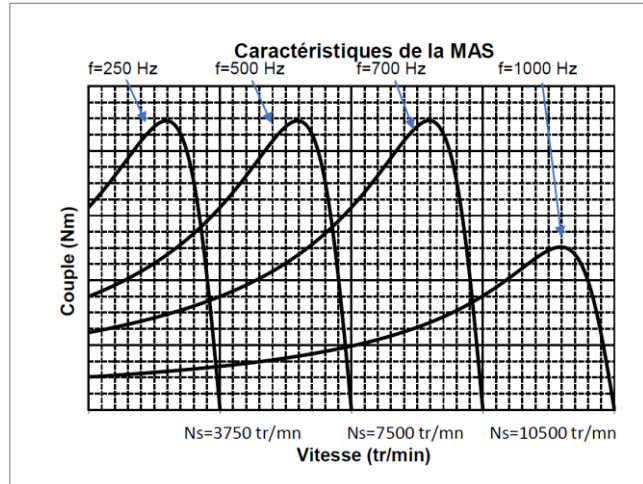


Question 21

En agissant sur la fréquence f, on peut régler la vitesse de rotation du moteur et donc du bus.

En conservant le rapport V/f constant, on travaille à couple maximal constant sur toute la gamme de vitesses.

Question 22 On retrouve les allures classiques



Question 23

Lorsque $f > 700$ Hz, pour maintenir le couple maximal égal, il faudrait que $V > 230$ V. Ceci n'est pas envisageable car on dépasserait alors la tension nominale aux bornes d'un enroulement statorique. Le couple C_{max} diminue puisque K_0 diminue. Le moteur risque alors de décrocher si C_{max} devient inférieur au couple résistant.

Question 24

Dans la zone identifiée sur le document réponse, on observe de fortes oscillations de couple lorsque le moteur tourne à de faible vitesse de rotation.

Cela est dû à un mauvais contrôle du flux magnétique. La commande scalaire, et la modélisation du moteur asynchrone qui lui est associée, ne permet pas d'obtenir de maîtriser pleinement le moteur pour de faible vitesse.

Il est alors nécessaire de mettre en œuvre une commande à contrôle de flux : commande vectorielle.

B.4 – Étude de l'onduleur

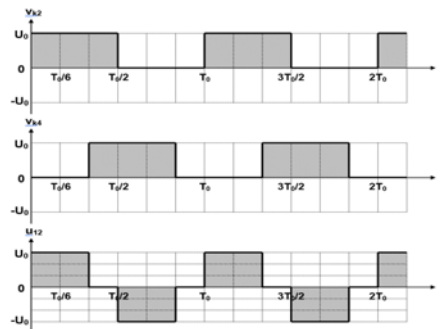
Question 25

Technologies possibles : transistors IGBT, MOSFET, etc...

Compte tenu des niveaux de tension et de courant, le choix le plus pertinent est l'IGBT (voir le MOSFET).

Question 26

Voir document réponse ci-contre.



Question 27

On a : $v_1 = u_{12} + v_2 = u_{12} - (v_1 + v_3)$ car $v_1 + v_2 + v_3 = 0$
 Donc : $2v_1 = u_{12} - v_3 = u_{12} - (u_{31} + v_1)$ car $u_{31} = v_3 - v_1$
 Soit : $v_1 = \frac{u_{12} - u_{31}}{3}$

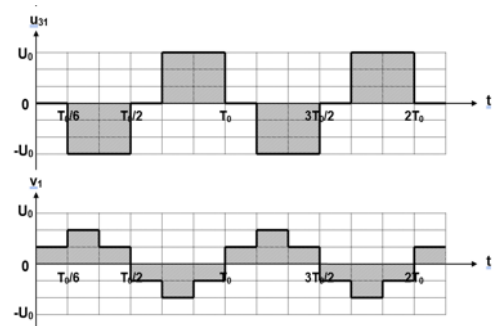
Tracé : voir document réponse ci-contre.

Valeur efficace de $v_1(t)$:

$$v_{1\text{eff}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \left(\frac{U_0}{3}\right)^2 + \left(\frac{2U_0}{3}\right)^2}{3}} = \sqrt{2} \frac{U_0}{3}$$

On cherche U_0 tel que $v_{1\text{eff}} = 230V$:

$$v_{1\text{eff}} = \sqrt{2} \frac{U_0}{3} \text{ d'où } U_0 = 3 \frac{v_{1\text{eff}}}{\sqrt{2}} = 487V$$



Question 28

Pour annuler l'harmonique de rang $n = 3$, il faut que : $\sin \frac{3\pi}{2} \cdot \cos \frac{3\alpha}{2} = 0$

On en déduit : $\cos \frac{3\alpha}{2} = 0 \Rightarrow \frac{3\alpha}{2} = \frac{\pi}{2} + k\pi$

C'est à dire : $\alpha = \frac{\pi}{3} + \frac{2k\pi}{3} \Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{3}$ car $0 < \alpha < \pi/2$

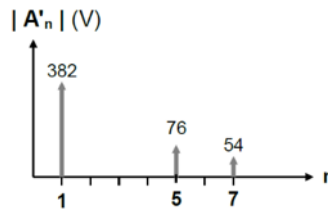
Les autres harmoniques impaires nulles seront celles pour lesquelles :

$\cos \frac{n\pi}{6} = 0 \Rightarrow \frac{n\pi}{6} = \frac{\pi}{2} + k\pi \Rightarrow n = 3 + 6k$ avec $k \in \mathbb{Z}^*$

Si n pair alors $n = 2p$ ($p \in \mathbb{Z}^*$) : $A'_{2p} = \frac{2U_0}{\pi p} \underbrace{\sin p\pi}_{=0} \cos p\alpha = 0$

Question 29

On a $A'_2 = A'_3 = A'_4 = A'_6 = A'_8 = A'_9 = A'_{10} = 0$.
Il reste donc à calculer A'_1, A'_5 et A'_7 .



Question 30

On a $Z = R' + jL\omega$ Soit : $Z = |Z| = |R + jL\omega| = \sqrt{R^2 + X^2} = 1,687 \Omega$

Question 31

On a : $Z_n = |Z_n| = |R' + jnX| = \sqrt{R'^2 + n^2X^2}$ Il faut calculer Z_1, Z_5 et Z_7 . On trouve :

$Z_1 = Z = 1,687 \Omega$ et $Z_5 = 1,844 \Omega$ et $Z_7 = 1,989 \Omega$

On a $I_n = \frac{V_{eff n}}{Z_n}$ d'où

$I_1 = 226,43 A$ et $I_5 = 41,21 A$ et $I_7 = 27,14 A$

Question 32

D'après la relation de Parseval et en tenant compte des hypothèses proposées, on peut écrire que :

$I = \sqrt{I_1^2 + I_5^2 + I_7^2 + \dots} = 231,7 A$

Cette valeur reste très proche de I_1 ... (2,5%)

Les harmoniques de courant de rangs 5 et 7 ne sont donc négligeables... Pour améliorer encore les performances du variateur en terme de THD, une stratégie de commande plus évoluée (commande MLI) peut être mise en œuvre.

PARTIE C.

C.1 – Acquisition de la température de la pile à combustible

Question 33

PT100 2 fils car ref 1003

Comparativement aux thermocouples, il présente les avantages suivants :

- grande plage de températures de -200 °C à 850 °C ;
- courbe caractéristique quasi linéaire ;
- précision élevée.

Question 34

$R(T) = R(0) \cdot (1 + A \cdot T + B \cdot T^2 + C \cdot (T - 100)T^3)$ avec C pris en compte seulement entre -5°C et 0°C dans notre cas

Question 35

Comportement linéaire eu égard aux variations de température mesurées : de 0 à -5°C pour le coeff $C \Rightarrow$ négligeable, et de 0 à 100°C pour B , soit un écart de 0,005°C.

$R_0 = 100 \text{ ohms}$ et $a = 3,9083e-3/^\circ\text{C}$

Question 36

$$U_{T1} = R_0 I (1 + aT)$$

$$U_0 = R_0 I$$

A1: adaptation d'impédance

Question 37

Millmann $\Rightarrow U_{T2} = \frac{R_2}{R_1} (U_0 - U_{T1})$, soit $U_{T2} = -aU_0 \frac{R_2}{R_1} T$, d'où $b = aU_0 \frac{R_2}{R_1}$

Question 38

$$S = -9,95e-3 \text{ V/}^\circ\text{C} \approx -0,01 \text{ V/}^\circ\text{C}$$

Pour $T = -5^\circ\text{C}$, on aura $U_{T2} = 49,742 \text{ mV}$, et pour $T = +90^\circ\text{C}$, $U_{T2} = -895,356 \text{ mV}$ soit $U_{T2} \in [-0.90 \text{ V} ; 0.05 \text{ V}]$

Question 39

Amplificateur inverseur d'amplification -3,174, soit 2 résistances de 47 k Ω et 15 k Ω (par exemple)

On aura alors : $c = 31,17 \text{ mV/}^\circ\text{C}$

Question 40

VPE = 3 V - CAN 8 bits $\Rightarrow q = 3/2^8 = 0,011 \text{ V}$, soit un $\Delta T = q/c \approx 0,35^\circ\text{C}$

Question 41 $\varepsilon_0 = \mp \frac{1}{2} \text{ LSB} \Rightarrow$ erreur de $\pm 0.18^\circ\text{C} \Rightarrow$ OK

C.2 – Transmission des informations de température

Question 42

CAN 2.0 ou CAN FD.

CAN 2.0 jusqu'à 1 Mbit/s

FD = Flexible Data-Rate \Rightarrow vitesse de transmission jusqu'à 8 Mbit/s après arbitrage et possiblement plus élevée qu'en CAN 2.0.

Question 43

Bus de terrain utilisé dans l'industrie automobile \Rightarrow déjà présent sur le véhicule

Bus \Rightarrow diminution de la longueur totale de câbles / Liaison différentielle / Gestion des arbitrages

La transmission différentielle du signal sur le bus CAN assure l'immunité électromagnétique car les deux lignes du bus sont affectées de la même manière par un signal perturbateur.

Question 44

Complément à 2 pour pouvoir coder nombres négatifs. $T = -5^\circ\text{C} \Rightarrow$ FBh

Question 45

Un seul bit stuffé : juste à la fin du second octet de données, Data2

Débit : 250 kbit/s

CAN_L est le symétrique de CAN_H en sortie de transceiver. Le bruit s'ajoute de façon identique sur CAN_L et CAN_H. Pour le tracé, ne pas oublier les zones de "perturbations", pour prouver l'intérêt du différentiel.

Question 46

CAN 2.0A car identifiant 11 bits

$$T_{\text{pile}} = 84^\circ\text{C} ; T_{\text{gaz}} = 95^\circ\text{C} ; T_{\text{eau}} = 90^\circ\text{C}$$

D0h \Rightarrow pompe en marche ; consigne pompe validée ; alerte temp pile non-activée (NA – logique car $< 85^\circ\text{C}$) ;

alerte écart temp pile et gaz activée (A – logique car écart $> 10^\circ\text{C}$) ; alerte écart temp pile eau NA car écart $\leq 5^\circ\text{C}$

Question 47

char Alert_Temp_Pile (long int DataField)

```
{ return ((DataField & (0x01<<5) ==1) ;
}
```

Question 48

Il faut diviser le polynôme $f(x)$ correspondant à la trame reçue par $g(x)$. Si le reste vaut 0, alors pas d'erreur de transmission.

$f(x) = 1000111001100101000101010001011111010110101101010000$ (NB : penser à enlever le bit de stuffing)

$f'(x) = 10001110011001010001010100010111110101101011010000$ *10101111000111* (NB : les bit en italique sont les bits ajoutés à $f(x)$ pour obtenir $f'(x)$)

Question 49

Poser le calcul sous forme de division en faisant apparaître l'opération XOR entre dividende et quotient puis le reste qui en découle.
Pas d'erreur de CRC.

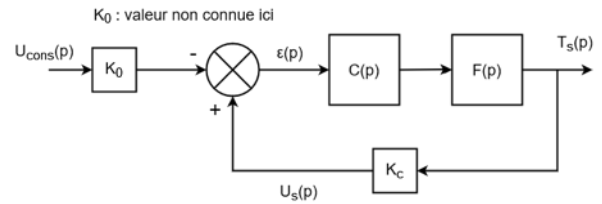
C.3 – Asservissement de la température de fonctionnement de la pile

Question 50

Le signe doit être positif car l'augmentation de la commande du ventilateur provoque une baisse de la température.

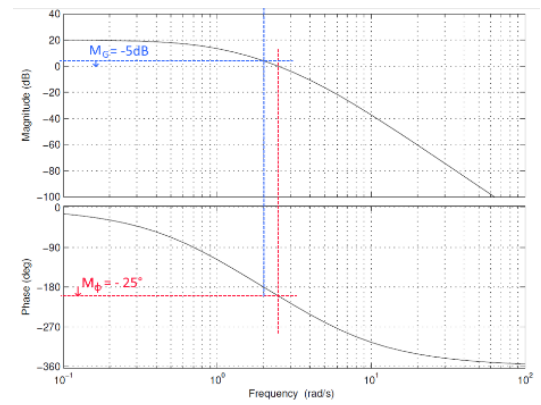
Question 51

L'augmentation de la commande du ventilateur provoque une baisse de la sortie (commande du ventilateur) qui provoque une augmentation de la température => le signe - en entrée "directe" du comparateur.
La température réelle (entrée "retour" du comparateur) doit alors s'ajouter afin de générer une consigne négative si $T^{\circ}\text{consigne} > T^{\circ}\text{réelle}$.
Par superposition de la commande directe, puis de la boucle de retour, on montre que le signe de chacune d'elle est équivalent sur les deux schémas (DR et figure 16).



Question 52

$M_G = -5 \text{ dB}$ et $M_\varphi = -25^\circ$ => système instable car on doit avoir $M_G > 0$ et $M_\varphi > 0$



Question 53

Bode représente $20\log|K.F(j\omega)|$ => Klim tel que $20\log(Klim) + 20\log|F(j\omega)| = 0 \text{ dB}$ à $\varphi = 180^\circ$ => translation de la courbe de 5 dB => $Klim \approx 5,62$

Question 54

classe 0 car tracé du gain commence par une constante (de 0,1 Hz à 0,5 Hz environ).
Signifie que l'erreur statique sera non nulle mais erreur de traînage et d'accélération infinies
En utilisant le théorème de la valeur finale, on trouve : $\varepsilon(t \rightarrow +\infty) = \frac{T_0^{cons}}{1+K}$

Question 55

$K = 1$ car $\varepsilon(t \rightarrow +\infty) = 0,5$ et $T_0^{cons} = 1$ dans ce cas
 $K < Klim$, ce qui n'est pas étonnant car le système est stable.

Question 56

PI, annule l'erreur statique

Question 57

fig.18a : C1(p) car système oscillant
fig.18b : C3(p) car système stable et erreur statique nulle
fig.18c : C2(p) car système stable et erreur statique non-nulle, égale à $1/(1+Klim/4)$

Question 58

PI car combine temps de réponse et absence d'erreur statique

PARTIE D.

D.1 – Génération des tickets de bus hors abonnement

Question 59

$\wedge[A-Za-z0-9._\%+-\{1,\}@(\?:[A-Za-z0-9-\{1,\}+\.)(1,)[A-Za-z]{2,})\$\$$

Question 60

```
public class MailUtilsTest {
    @Test
    public void isValid() {
        assertEquals(true,MailUtils.isValid("dupont.robert@hycity.fr"));
        assertEquals(true,MailUtils.isValid("hycity@univfrance.fr"));
        assertEquals(false,MailUtils.isValid("ne-pasrépondre@hycity.fr"));
        assertEquals(true,MailUtils.isValid("Celia.Mayeur@prod.hycity.com"));
        assertEquals(true,MailUtils.isValid("autobus45217854@54000.hycity"));
        assertEquals(false,MailUtils.isValid("ibus@hycity..fr"));
    }
}
```

Question 61

16 +32 + 8 + 64 +8 = 128 bits de données, soit un total de 128 bits à écrire. Avec une correction d'erreur de niveau Q, la version 2 (de 25x25) permet de saisir toutes les données (v1 limitée à 104 bits).

D.2 – Conception du webservice REST

Question 62

Ajouter une instruction "Réinitialiser le nombre de tentatives" après avoir donné le jeton d'accès

Question 63

```
SELECT nom, prenom
FROM client
WHERE mail = durand.sylvie@monmail.fr
```

Question 64

```
SELECT ticket.tarif
FROM ticket
INNER JOIN client ON ticket.client_id = client.id WHERE client.mail = durand.sylvie@monmail.fr'
GROUP BY ticket.tarif
ORDER BY COUNT(ticket.tarif) DESC
LIMIT 5
```

D.3 – Infrastructure réseau de la société de transport urbain.

Question 65

Affectation automatique des adresses IP lors de la connexion. La réponse du serveur comprend une adresse IP disponible, un masque de sous-réseau, un bail une passerelle et le plus souvent aussi un serveur DNS.

Question 66

La configuration en DHCP des équipements fixes évite les adresses attribuées 2 fois et permet à l'administrateur réseau de centraliser l'attribution de ces adresses sur un de ses équipements. Pour les équipements mobiles, elle facilite les modifications (inutile de se connecter sur chaque machine et de connaître la procédure de modification d'IP de chaque machine).

Question 67

VLAN = Virtual Local Area Network (réseau local virtuel). C'est un sous-réseau logique de périphériques dans un domaine de diffusion. Il est partitionné par des commutateurs réseau et/ou un logiciel de gestion de réseau. Sa fonction est d'agir en propre, comme un réseau local LAN distinct

Question 68

The image shows two side-by-side screenshots of a DHCP configuration interface. The left screenshot shows the configuration for IP 10.16.10.20, and the right screenshot shows the configuration for IP 10.16.1.2. Both screenshots have numbered callouts (1-10) pointing to various fields and buttons.

Left Screenshot (IP 10.16.10.20):

- 1: Addressing mode (Manual/DHCP)
- 2: Starting IP (10.16.10.10) and End IP (10.16.10.200)
- 3: Netmask (255.255.255.0)
- 4: Lease Time (3600)
- 5: Match Criteria (b0:7d:47:10:11:12)

Right Screenshot (IP 10.16.1.2):

- 6: Addressing mode (Manual/DHCP)
- 7: Starting IP (10.16.1.100) and End IP (10.16.1.254)
- 8: Netmask (255.255.255.0)
- 9: Lease Time (3600)
- 10: Match Criteria (00:40:0b:6a:2c:e2)

Question 69

Le mode **access** est utilisé pour la connexion terminale d'un périphérique (pc, imprimante, serveur, ...) appartenant à un seul vlan. Le mode **trunk** est utilisé dans le cas ou plusieurs vlans doivent circuler sur un même lien.

Question 70

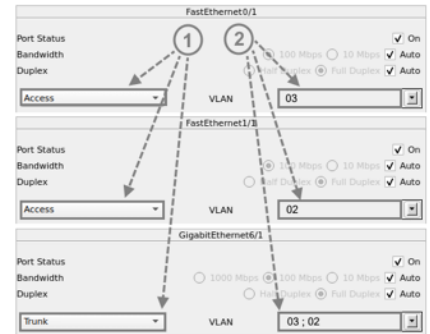
Ce système permet l'accès à l'impression depuis l'extérieur.
Il évite de gérer les ressources matérielles et leur mise à jour logicielle.

Question 71

Le routeur configuré par défaut laisse sortir les requêtes.
L'imprimante envoie une requête périodiquement au serveur pour savoir si elle a des éléments à imprimer.

Question 72

Pannes non maîtrisées
Sécurité des données / Confidentialité des données
Enfermement propriétaire
Coûts cachés



D. Commentaires du jury

Le sujet proposait une approche classique de l'ingénierie au travers d'études analytiques, de modélisations, de simulations et d'interprétations de résultats afin de permettre aux candidats de démontrer leurs compétences. Les domaines des sciences industrielles étudiés étant variés (énergétique, électrotechnique, électronique analogique, asservissement linéaire et continu, acquisition d'information physique, transmission numérique et réseaux), assez peu de candidats ont été en mesure de traiter les quatre parties proposées de façon conséquente, malgré la présence de questions abordables et indépendantes dans chaque partie.

D'une manière générale, le jury conseille aux candidats de veiller à la qualité de présentation des résultats. Les points essentiels sont :

- la lisibilité de l'écriture ;
- l'identification des parties et des questions ;
- lorsque le document réponse est utilisé, l'indication claire de la question traitée, les justifications et le renvoi au document réponse ;
- dans le cas où le sujet n'aurait pas été traité de manière linéaire, le respect de l'enchaînement des questions et le découpage par partie proposé en laissant si nécessaire des pages vierges.

Il convient également :

- de porter une attention aux ordres de grandeur, aux unités et d'une manière générale à la cohérence des réponses et de ne pas encadrer des résultats manifestement faux ;
- d'expliciter les principales étapes du développement d'un calcul et de justifier toute réponse analytique ;
- de réaliser des analyses critiques pour proposer des conclusions aux problématiques abordées.

Le jury conseille aux candidats d'analyser la globalité du sujet et ses différentes parties qui sont généralement indépendantes. Il est également recommandé de bien lire chaque question, ainsi que les figures ou les documents ressources qui lui sont liées. Trop d'erreurs pourraient être évitées par cette simple vigilance, enseignée à nos élèves.

Une minorité de candidats ont proposé une prestation très faible mais le jury a constaté tout de même la présence d'un certain nombre de candidats présentant des aptitudes certaines pour l'analyse et la modélisation du système étudié.

Partie A

L'objectif de cette partie consistait à valider les choix du constructeur concernant le dimensionnement de la batterie ainsi que des réservoirs de stockage. La première étude propose d'exploiter une simulation numérique d'un parcours type du bus afin d'évaluer la masse d'hydrogène nécessaire, puis de valider le cahier des charges à propos de l'autonomie du bus (partie A1). Une deuxième partie s'intéressait aux modes de fonctionnement du bus (partie A2) et l'étude de la structure interne de la batterie ainsi que son rôle font l'objet d'une dernière section (partie A3).

L'étude proposait 8 questions avec un total de points représentant 10 % des points de l'épreuve.

Plus de 90% des candidats l'ont abordée de façon conséquente (au moins 4 questions traitées).

Cette partie reste la plus réussie du sujet pour la plupart des candidats et permet d'évaluer la compétence de base des candidats : interprétation des données, lectures de courbes, analyses de résultats, calculs d'énergie, de rendement.

Q1 : La détermination de l'énergie à partir de l'évolution de la puissance au cours du temps n'est pas maîtrisée par la majorité des candidats. Certains ont su expliciter la démarche et proposer un algorithme cohérent.

Q2, Q3 : Ces questions ont été globalement bien traitées par la majorité des candidats qui a correctement exploité les documents proposés et interprété les données du sujet.

Q4, Q5, Q6 : Les réponses proposées par les candidats sont, dans l'ensemble, cohérentes mais manquent de précision. Il est essentiel de bien interpréter les données du sujet et de répondre avec précision au questionnement notamment pour les questions Q5 et Q6.

Q7, Q8 : Une majorité des candidats maîtrise les principes de mise en série et en parallèle des cellules pour réaliser la batterie étudiée. Par contre, le rôle de la batterie n'a pas été suffisamment explicite pour beaucoup de candidat.

Partie B

Cette partie est constituée de quatre sous parties indépendantes :

- Partie B.1 : L'objectif est d'évaluer les besoins énergétiques lors d'un cycle de fonctionnement du bus ;
- Partie B.2 : L'obtention du modèle de l'actionneur électrique est la finalité de cette partie ;
- Partie B.3 : L'étude porte sur la variation de vitesse de la machine asynchrone ;
- Partie B.4 : La commande de l'onduleur de tension est l'objet de cette dernière partie.

L'étude comportait 24 questions représentant globalement 33 % des points de l'épreuve près de 92 % des candidats ont abordé cette partie de façon conséquente (au moins 4 questions traitées).

Les relations cinématiques de base ainsi que l'exploitation d'équations données dans le sujet ne sont pas toujours bien maîtrisées par les candidats. Une majorité des candidats a abordé les questions relatives à la modélisation de la machine asynchrone mais l'interprétation de ce modèle semble assez confuse.

Trop peu de candidats ont abordés les questions relatives à l'étude de l'onduleur de tension et de sa commande. Le jury déplore le manque de connaissance des candidats en électronique de puissance qui est une partie importante de l'enseignement en ingénierie électrique.

Q9 à Q12 : Assez peu de candidats ont su déterminer les valeurs des efforts à partir de la relation donnée ou proposer un profil de vitesse cohérent.

Q13 à Q19 : La majorité des candidats a été capable d'évaluer le nombre de paires de pôles ainsi que les puissances absorbées par la MAS. Cependant, le jury regrette l'absence d'explication et de justification pour certaines questions (Q13 et Q15). Il est regrettable que plus de 80% des candidats ne maîtrisent pas les notions liées à la caractéristique mécanique de la MAS (expression du couple, démarrage, synchronisme, etc...).

Q20 : Très bonne réussite. Très peu de candidat ayant abordé cette question n'ont pas su proposer un couplage correct.

Q21 à Q24 : Le principe de la commande scalaire (rôle de f et de V) demeure trop flou pour la majorité des candidats qui ont abordés ces questions. Cependant, certains ont su démontrer leur maîtrise de la commande vectorielle.

Q25 à Q27 : La technologie des composants de l'électronique de puissance est très mal maîtrisée. Les premiers chronogrammes relatifs aux tensions simples ont été globalement tracés correctement.

Q28 à Q32 : Trop peu de candidat ont abordés ces questions. Les notions liées à l'analyse harmonique sont mal maîtrisées par l'ensemble des candidats.

Partie C

Cette partie est constituée de trois sous-parties indépendantes :

- Partie C.1 : Acquisition de la température de la pile à combustible (Pt100 et ALI) ;
- Partie C.2 : Transmission des informations de température (bus CAN) ;
- Partie C.3 : Asservissement de la température de fonctionnement de la pile.

L'étude comportait 26 questions représentant globalement 37 % des points de l'épreuve mais seulement 80 % des candidats ont abordé cette partie de façon conséquente (au moins 4 questions traitées).

Les lois et théorèmes usuels de l'électricité ne sont pas suffisamment maîtrisés par une majorité de candidats (théorème de Millman, principe de superposition, etc...). Le jury note l'absence d'explication de la part des candidats des démarches pour répondre au questionnement proposé.

Trop peu de candidats ont abordés les questions relatives à l'étude du bus de communication et à la régulation en température de la pile à combustible.

Il est indispensable de renforcer ces connaissances en vue d'une agrégation en ingénierie électrique.

Q33 à Q35 : Les connaissances technologiques et l'exploitation des données constructeur à partir des annexes sont insuffisantes. Trop peu de candidats ont été capables de justifier clairement les hypothèses simplificatrices à la question Q35.

Q36 à Q39 : Les démonstrations et explications sont trop limitées. Le jury déplore l'absence d'une démarche explicite. Trop peu de candidat ont su proposer une solution de type montage amplificateur inverseur à la question Q39.

Q40 et Q41 : Les notions liées à la sensibilité et aux erreurs de quantifications ne sont pas maîtrisées par la majorité des candidats.

Q42 à Q43 : Pour les candidats ayant abordés cette partie, le principe de base d'un bus de type CAN semble maîtrisé mais les explications sur l'intérêt de ce type de transmission restent superficielles.

Q44 : Au grand étonnement du jury, trop peu de candidat semble maîtriser le complément à 2.

Q45 et Q46 : Très peu de candidat ont su aborder les notions certes plus complexes mais guidées (documentation) sur le stuffing. La majorité des candidats ayant abordé ces questions ont su calculer le débit de la transmission.

Q47 à Q49 : Le questionnement lié au CRC n'a été abordé, avec difficulté, que par une faible minorité des candidats.

Q50 et Q51 : La justification des signes de la commande de l'asservissement a posé des difficultés à de nombreux candidats. Ces questions demandent essentiellement de la réflexion et du bon sens.

Q52 et Q53 : Le jury est très surpris par la quasi-absence de candidat ayant une maîtrise des notions de marges de gain et de phase, les outils d'analyses de base pour l'étude des systèmes asservis.

Q54 et Q55 : La majorité des candidats ne sait pas ce que représente la classe d'un système asservi et est incapable d'évaluer une erreur statique correctement.

Q56 à Q58 : Trop peu de candidat sont capables d'interpréter les courbes afin d'identifier le type de correcteur mis en œuvre. Le jury insiste sur la nécessité pour un candidat à l'agrégation d'ingénierie électrique de maîtriser les notions de base sur les systèmes asservis.

Partie D

Cette partie est constituée de trois sous parties indépendantes ayant pour thématiques :

- Partie D.1 : L'étude de l'application générant les titres de transport occasionnels ;
- Partie D.2 : La sécurisation des données clients ;
- Partie D.3 : L'étude de l'infrastructure réseau.

L'étude comportait 14 questions représentant globalement 20 % des points de l'épreuve mais seulement 40 % des candidats ont abordé cette partie de façon conséquente (au moins 4 questions traitées).

Trop peu de candidats ont abordés les questions relatives à l'étude du bus de communication et à la régulation en température de la pile à combustible. Trop peu de candidats ont abordés les questions relatives à l'étude de l'onduleur de tension et de sa commande.

Le jury s'interroge sur ce faible taux de réponses. S'il est lié à un manque de connaissances dans le domaine, il est nécessaire de se former à cette thématique. S'il est lié à la position de cette partie dans l'épreuve, il est l'occasion de rappeler que la lecture rapide du sujet en début d'épreuve est indispensable, et doit permettre de gérer son temps.

Les remarques qui suivent ne concernent que les candidats ayant abordé ces questions.

Q59 : Bien que les éléments de réponses aient figuré dans le DT, les candidats n'ayant qu'une vague idée de la notion d'expression régulière ont échoué. Les autres ont bien réussi.

Q60 : Cette question demandait uniquement de la rigueur et de la précision. Il est surprenant de voir que seulement 20% des candidats la traitent de façon complètement juste.

Q61 : Les éléments de réponses étaient intégralement fournis dans le DT fourni et le taux de réussite à cette question a été excellent.

Q62 : Cette question ne demandait que de la réflexion et du bon sens. Le jury ne s'explique pas son taux de réussite extrêmement bas.

Q63 et Q64 : La gradualité de ces deux questions a montré une bonne maîtrise des instructions SQL de base, mais des difficultés à passer à une requête plus complexe.

Q65 à Q66 : Il s'agissait ici de rappeler la spécificité du protocole DHCP puis d'en préciser l'intérêt pour différents types d'équipements. La très grande majorité des candidats n'a pas compris que la liste « téléphones, imprimantes et serveur » n'était pas une liste quelconque, mais appelait des réponses adaptées aux spécificités des appareils fixes dans l'entreprise ou mobiles.

Q67 : Seule la moitié des candidats fournissent une réponse complète à cette question de cours. Le jury rappelle que la seule explicitation de l'acronyme VLAN n'est pas suffisante (relire la question).

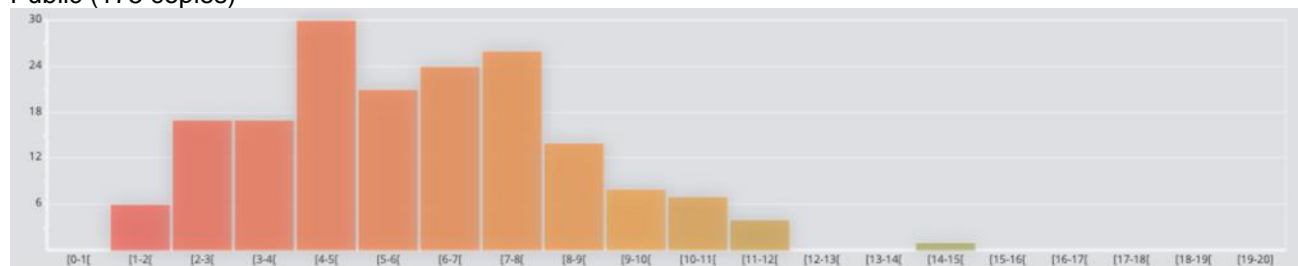
Q68 : Il s'agissait ici de faire une proposition de configuration du routeur, en tenant compte de l'architecture réseau fournie en DT12 et de la configuration du switch proposée figure 23. La majorité des candidats n'a pas tenu compte de ces informations et a fait des propositions incohérentes. De plus, un nombre non négligeable de candidats semble ne pas avoir vu qu'il y avait 2 pages au document réponse alors que : c'était indiqué dans le sujet ET sur le DR lui-même.

Q69 à Q72 : Cette dernière série de questions portait sur des connaissances générales d'infrastructure réseau. Le jury attendait des réponses précises et techniques, pas des généralités. Seul 10% des candidats ont abordé ces questions, souvent dans l'urgence.

E. Résultats

Les statistiques générales pour cette épreuve sont données ci-dessous.

Public (175 copies)



Nombre de copies

175 / 308

Note minimum

1,00 / 20

Moyenne

5,91 / 20

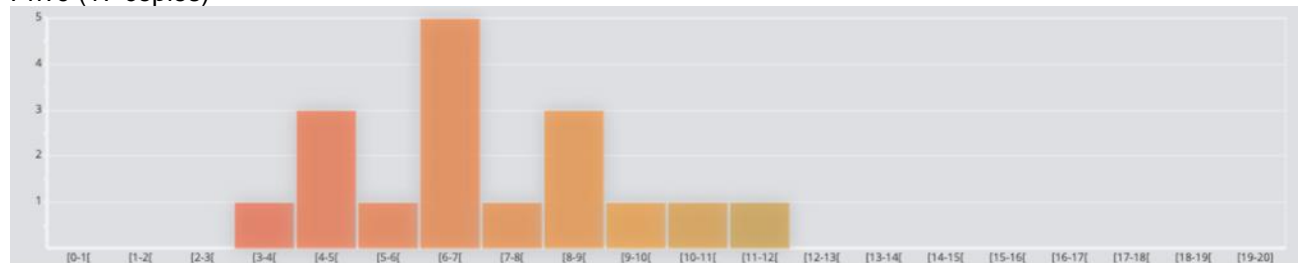
Note maximum

14,10 / 20

Ecart type

2,52

Privé (17 copies)



Nombre de copies

17 / 31

Note minimum

3,70 / 20

Moyenne

6,89 / 20

Note maximum

11,30 / 20

Ecart type

2,21

Épreuve d'admission d'exploitation pédagogique d'une activité pratique relative à l'approche globale d'un système pluritechnologique

A. Présentation de l'épreuve

Texte de référence : <https://www.devenirenseignant.gouv.fr/cid98755/les-epreuves-de-l-agregation-interne-et-du-caerpa-section-sciences-industrielles-de-l-ingenieur.html>

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

Coefficient 2

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

Le candidat détermine, au moment de l'inscription, un domaine d'activité parmi deux qui lui sont proposés : pour l'option sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie électrique : "systèmes d'information" ou "gestion de l'énergie".

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

La proposition pédagogique attendue, directement liée aux activités pratiques réalisées, est relative aux enseignements spécifiques liés à la spécialité du cycle terminal ingénierie, innovation et développement durable du cycle terminal " sciences et technologies de l'industrie et du développement durable (STI2D) " du lycée et à l'enseignement de spécialité sciences de l'ingénieur, des programmes de CPGE ou des programmes de BTS et DUT relatifs aux champs couverts par l'option choisie.

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

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

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

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

B. Commentaires du jury

• Déroulement de l'épreuve

Cette épreuve d'admission a pour objectif de vérifier la capacité du candidat à prendre en charge un système technique imposé et à développer des expérimentations ayant pour objectif la construction d'activités pédagogiques en STI2D, en STS, en CPGE ou en BUT.

Pour préparer cette épreuve, le jury recommande aux candidats qui n'exercent pas dans ces sections de se rapprocher des équipes qui y enseignent pour en maîtriser l'organisation (horaires, systèmes techniques utilisés, construction des séquences pédagogiques).

Cette épreuve se décompose en trois phases distinctes et complémentaires.

Expérimentation (4h)

Après avoir tiré au sort un sujet traitant d'une problématique liée à la spécialité choisie (gestion de l'énergie, GE ou systèmes d'information, SI), le candidat doit mener des investigations sur un objet technique imposé.

Le candidat est d'abord guidé, avec un sujet, pendant deux heures, afin de s'approprier le fonctionnement et la structure du système.

Il est ensuite invité pendant les deux heures suivantes à poursuivre sa démarche d'investigation en explorant, s'il le souhaite, d'autres pistes d'exploitation. Afin d'anticiper l'élaboration d'une application pédagogique, il doit sauvegarder les résultats expérimentaux qui illustreront ses propositions.

Durant les deux premières heures, le candidat est suivi par les membres du jury qui le questionnent sur les protocoles expérimentaux qu'il met en œuvre, sur l'analyse des résultats obtenus et qui vérifient ses connaissances sur le thème abordé. Durant les deux heures suivantes, alors que le candidat doit commencer à construire ses activités pédagogiques au niveau imposé dans le sujet, les membres du jury lui apportent le soutien technique nécessaire à la mise en place des investigations qu'il souhaite réaliser.

Préparation de la production pédagogique (1h)

Le candidat dispose d'une heure en loge afin de préparer sa soutenance. Il peut emporter les documents qui lui étaient fournis lors des quatre heures d'activités pratiques et une clé USB où il a sauvegardé ses relevés expérimentaux. Il dispose d'un ordinateur équipé d'une suite bureautique classique.

Soutenance (1h)

Le candidat doit présenter durant trente minutes et devant une commission de jury la production pédagogique qu'il a élaborée. Trente minutes sont ensuite dédiées à l'entretien avec les membres du jury. Le candidat dispose d'un PC, d'un vidéoprojecteur et des supports numériques préparés lors des précédentes phases de cette épreuve.

• Remarques concernant la session 2024

Domaine d'activité « gestion de l'énergie »

Les supports proposés ont pour fil conducteur la performance énergétique. La modélisation ainsi que la simulation numérique tiennent une place importante dans tous les sujets proposés.

Les thématiques abordées portent sur les thématiques suivantes :

- le domaine tertiaire qui est traité par la gestion des flux de ventilation ;
- la production d'énergie hydroélectrique ;
- la réversibilité de la chaîne d'énergie ;
- la qualité de l'énergie électrique ;
- les systèmes asservis et les modèles associés.

L'ensemble de ces thèmes et supports permettent d'évaluer un spectre étendu de compétences de l'ingénierie électrique.

Le jury a apprécié :

- la connaissance préalable des solutions d'optimisation énergétique, des problématiques liées aux harmoniques et au réglage des correcteurs ;
- de la part de plusieurs candidats, la mise en œuvre de protocoles expérimentaux pertinents et adaptés au problème posé ;
- l'autonomie de certains candidats dans l'utilisation des outils de simulation numérique et de modélisation multi-physique ;
- la maîtrise d'appareils de mesurage tels qu'un analyseur de réseau d'énergie ;
- la capacité des candidats à rebondir suite aux aides ponctuelles apportées par le jury ;
- une exploitation pertinente des mesures obtenues.

Il faut remarquer toutefois que les bases scientifiques associées à l'électrotechnique ne sont pas toujours bien maîtrisées : décomposition en série de Fourier, notions autour des puissances entre autres. Trop de candidats ont rencontré des difficultés à s'approprier les modèles numériques proposés.

Le jury attend de la part des candidats une culture technologique solide.

Les meilleurs candidats ont été ceux qui ont su proposer un scénario pédagogique cohérent, réfléchi dès le début de la phase d'expérimentation et qui ont respecté un cahier des charges réaliste.

Domaine d'activité « systèmes d'information »

Les supports choisis dans le champ des systèmes de l'information mettaient en œuvre des platines de prototypage rapide, des matériels, des systèmes et des logiciels permettant l'étude :

- des réseaux informatiques ;
- de la transmission de données ;
- de la programmation en langage évolué des microcontrôleurs ;
- du câblage de fonctions analogiques.

Le jury a apprécié :

- la bonne volonté et l'intérêt des candidats pour les systèmes ;
- pour la plupart des candidats, une capacité d'analyse satisfaisante permettant l'appropriation des concepts ;
- pour la plupart des candidats, la bonne maîtrise des matériels de laboratoire (oscilloscope numérique, GBF, analyseur de spectre).

Une préparation préalable est indispensable dans les domaines suivants :

- les langages de programmation (Python, C) : définition des variables, définition et appel des fonctions,...) et les outils de débogage ;
- les réseaux informatiques et des bus de communication (I2C, UART, SPI, CAN) ;
- les fonctions analogiques et numériques de la chaîne d'information : amplification, filtrage, modulation, correction numérique, traitement du signal entre autres.

Le jury regrette fortement que certains candidats ne sachent pas utiliser des fonctions usuelles de l'oscilloscope (synchronisation, mode AC/DC, déclenchement mono-coup...).

Présentation de la production pédagogique (pour les deux domaines d'activités)

Le jury regrette qu'en majorité, les candidats n'utilisent pas les trente minutes mises à disposition pour la présentation de l'exploitation pédagogique.

Certains candidats se limitent à une description sommaire des activités expérimentales conduites en amont totalement décorrélées de l'exploitation pédagogique, alors qu'il est attendu qu'ils transfèrent ces différentes activités vers une séquence pédagogique au niveau imposé dans le sujet.

Les séquences pédagogiques sont présentées de façon superficielle.

Les modalités d'évaluation et de remédiation sont oubliées par la plupart des candidats.

Certains candidats n'ont pas fait l'effort de consulter les différents référentiels ou programmes avant les épreuves.

Le jury a apprécié les prestations des candidats qui ont réellement exploité la phase expérimentale pour développer un projet pédagogique structuré comportant :

- un réinvestissement des résultats de mesures ou d'investigation spécifiques pour étayer la proposition pédagogique ;
- une description des intentions pédagogiques qui fasse apparaître les objectifs de formation en termes de compétences et de connaissances visées en lien avec les textes officiels ;
- la structure de la séquence pédagogique avec une estimation des volumes horaires des différentes séances ;
- un positionnement de la séance pédagogique dans la séquence et les prérequis attendus chez les élèves ;
- un choix justifié des stratégies pédagogiques mises en œuvre ;
- une description détaillée de la séance et de son pilotage ;
- une description des moyens mis en œuvre dans la classe pour conduire l'activité pratique proposée (organisation du groupe classe, mise en activité des élèves, matériel mis en œuvre, consignes données et résultats attendus, ...) ;
- des précisions sur les évaluations et les remédiations envisagées ;
- une réflexion sur la prise en compte des différents besoins des élèves au sein de la classe ;
- une conclusion.

Certains candidats ont judicieusement intégré à leur présentation pédagogique des relevés de mesures effectuées pendant les quatre heures d'activités pratiques.

Dans la phase de questionnement, le jury a particulièrement apprécié que les candidats justifient :

- les fondements scientifiques et technologiques en relation avec l'exploitation pédagogique proposée ;
- leurs choix et stratégies pédagogiques de manière claire et synthétique.

C. Résultats

	Public	Privé
Nb candidats présents	15	5
Note maximale	17	12
Note minimale	5,5	5
Moyenne	11,4	7,8
Écart-type	3,9	2,8

Épreuve d'admission de soutenance d'un dossier industriel

A. Présentation de l'épreuve

Texte de référence : <https://www.devenirenseignant.gouv.fr/cid98755/les-epreuves-de-l-agregation-interne-et-du-caerpa-section-sciences-industrielles-de-l-ingenieur.html>

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)

Coefficient 1

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

L'épreuve a pour but de vérifier que le candidat est capable de rechercher les supports de son enseignement dans le milieu économique et d'en extraire des exploitations pertinentes pour son enseignement en cycle terminal du lycée, en sections de techniciens supérieurs et instituts universitaires de technologie. L'authenticité et l'actualité du support sont des éléments importants.

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

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

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 jury¹ cinq jours francs avant le début des épreuves d'admission.

¹ Les dossiers ne sont plus déposés au secrétariat du jury mais transmis numériquement par l'application Cyclades.

B. Commentaires du jury

Le dossier doit mettre en évidence les compétences du candidat à transférer des données scientifiques et technologiques du milieu économique et industriel vers l'éducation nationale.

Le jury expertise ce dossier avant la soutenance du candidat.

La salle de l'épreuve est mise à disposition du candidat une heure avant le début de l'épreuve afin de préparer l'environnement de présentation. Les équipements mis à disposition sont : un poste informatique, un vidéoprojecteur, un tableau. Le candidat peut aussi utiliser son ordinateur portable personnel.

• Constitution du dossier

Le dossier présenté par le candidat est relatif à un système technique de la spécialité choisie. Son authenticité et son actualité sont des éléments incontournables qui devront s'appuyer sur des documents techniques de l'industriel/bureau d'études/concepteur/intégrateur. Le dossier préparé par le candidat ne doit pas dépasser quarante pages (hors annexes) et doit contenir l'ensemble des éléments mis à disposition du jury sans liens externes à consulter. Il est constitué des éléments définis ci-dessous.

Une partie dossier technique comprenant :

- Les représentations (graphiques, synoptiques) et documents techniques nécessaires à la compréhension du système technique, du contexte, des enjeux et des problématiques du client. Le cahier des charges comportant les performances attendues doit être présent.
Si ces documents sont trop volumineux et nombreux, le candidat doit faire des choix pour son dossier et sa présentation.
- Une réflexion sur le choix du support et les études conduites, mobilisant les connaissances disciplinaires attendues d'un professeur dans la spécialité choisie pour le concours, qui peut être articulée autour :
 - du traitement d'une ou plusieurs problématiques pertinentes au regard du support utilisé ;
 - de simulations (de fonctionnement et de comportement), lorsqu'elles sont utiles ;
 - de mesures effectuées sur le support industriel ;
 - de toutes les informations permettant de justifier les solutions et/ou les évolutions projetées du système.

Une étude scientifique et technique menée au plus haut niveau d'expertise du candidat devra permettre de valider les choix et/ou les performances des principaux constituants du système. Dans le cas d'utilisation de modèles liés à des simulations, les hypothèses devront être précisées. Les écarts observés entre le réel et le modèle devront être commentés. Pour cela, le candidat pourra exploiter des résultats expérimentaux effectués sur le système étudié.

Le candidat doit mettre en évidence sa capacité à s'approprier la structure, le fonctionnement et les problématiques du support d'étude.

Une partie dossier pédagogique comprenant les investigations menées qui pourraient donner lieu à des exploitations pédagogiques pertinentes au cycle terminal du lycée, en STS, en IUT ou en CPGE. Le cadre des exploitations pédagogiques doit être proposé de manière détaillée. Toute production pédagogique doit être structurée à partir des compétences à faire acquérir aux élèves.

Le candidat doit donc :

- présenter les objectifs, le principe de déroulement et les moyens didactiques à mobiliser pour une séquence de formation correspondant à un objectif pédagogique d'un programme ou d'un référentiel et d'un niveau de classe précisé ;
- préciser les attendus pour les élèves et détailler les modalités d'évaluation ;
- indiquer, selon son point de vue, les points clefs, les difficultés prévisibles et les scénarios alternatifs pouvant permettre de les surmonter.

- **Exposé et entretien**

En utilisant les moyens courants de présentation (vidéoprojecteur et informatique associée, etc.), 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.

La gestion du temps doit être respectée et judicieusement gérée pour présenter de façon équilibrée les aspects techniques et pédagogiques du support choisi.

Le jury conduit l'entretien dans l'objectif de vérifier que le dossier présenté résulte bien d'un travail personnel du candidat et se fait préciser certains points.

- **Critères d'évaluation**

Le jury évalue :

- l'authenticité et l'actualité du système choisi ;
- la justesse et le niveau des développements scientifiques et technologiques ;
- la mise en évidence de problématiques pertinentes ;
- la capacité du candidat à en faire une présentation construite, claire et objective ;
- l'identification, dans le système présenté, des points remarquables et transférables dans un enseignement ;
- la qualité des investigations conduites et la pertinence des exploitations pédagogiques retenues par rapport aux niveaux de formation choisis ;
- la description détaillée de certaines exploitations pédagogiques ;

Concernant la forme du dossier, une présentation correcte est un gage de sérieux et montre que le candidat a réfléchi à la teneur du message qu'il souhaite communiquer aux membres du jury :

- le dossier doit comporter un sommaire et être paginé ;
- les tableaux et graphiques présentés doivent être correctement référencés en lien avec la bibliographie et lisibles.

- **Remarques concernant la session 2024**

Les points décrits ci-dessous ont été valorisés par le jury.

- Partie dossier technique :
 - le dossier fait référence à un support industriel ou du domaine du grand public parfaitement maîtrisé et analysé. La complexité est suffisante pour envisager l'analyse scientifique et technologique au niveau du concours de l'agrégation ;
 - le candidat a rencontré les concepteurs ou les responsables techniques et a su identifier les problématiques technologiques réelles du support industriel ;
 - l'analyse du support a été conduite avec précision sans élément inutile. Elle est étayée de développements scientifiques et de modélisations et simulations numériques. Les choix technologiques sont analysés et discutés.
- Partie dossier pédagogique :
 - les problématiques étudiées et exploitées au niveau pédagogique sont en relation avec les éléments essentiels de l'analyse du support retenu ;
 - les objectifs pédagogiques sont explicités, organisés et font clairement apparaître les compétences visées ;
 - le dossier comporte une ou des séquences pédagogiques complètement développées (avec les documents à transmettre aux élèves, la préparation du professeur, les dossiers annexes) ;
 - la ou les séquences développées sont contextualisées au sein d'une progression annuelle ;
 - les objectifs, les contenus et les modalités des évaluations sont précisés ;
 - les stratégies pédagogiques sont clairement explicitées ;

- le travail attendu des élèves est clairement présenté ;
- le candidat qui a expérimenté les propositions pédagogique présentées, ou qui a rencontré des professeurs qui enseignent dans les classes retenues pour ces propositions ;
- la présentation est organisée, le candidat expose clairement son propos en s'adressant au jury de façon détachée vis-à-vis du texte ou du support de présentation ;
- le niveau de langage et la présentation du candidat sont irréprochables.

Pour les candidats n'ayant pas correctement réussi cette épreuve, le jury a constaté les insuffisances détaillées ci-dessous :

- Partie dossier technique :
 - l'absence du cahier des charges industriel original ;
 - l'absence de données scientifiques et techniques liées au système ;
 - le choix d'un système déjà didactisé par une entreprise spécialisée alors qu'il est attendu du candidat qu'il effectue lui-même ce transfert du produit industrialisé vers une application pédagogique ;
 - la reprise d'une tâche développée par des lycéens en projet ou par des étudiants dans le cadre des épreuves professionnelles de synthèse ;
 - une étude technique réduite à une compilation de documents, ne proposant que peu d'analyses scientifiques et technologiques des solutions retenues par le concepteur ;
 - l'obsolescence des systèmes choisis, ou des supports insuffisamment riches sur les plans scientifiques et technologiques ;
 - une présentation du système se limitant à une représentation SysML ;
 - l'absence de description fonctionnelle et/ou structurelle du support;
 - une lisibilité insuffisante des documents fournis ;
 - un manque d'initiative et de curiosité scientifique ;
 - un manque de maîtrise des différents champs scientifiques et technologiques abordés ;
 - un niveau scientifique et technologique correspondant davantage à celui d'un CAPET que d'une agrégation ;
 - des études qui ne concernent que le champ technologique lié à l'option du concours alors que d'autres problématiques davantage transversales seraient intéressantes à développer ;
 - un manque d'analyse critique des performances du support au regard des problématiques étudiées, notamment en s'appuyant sur les valeurs de grandeurs mesurées ou obtenues à l'aide de simulations numériques.
- Partie dossier pédagogique :
 - une partie pédagogique réduite à quelques intentions « génériques » ne permettant pas d'explicitier de réels choix pédagogiques ;
 - une réflexion pédagogique succincte sur différentes applications pédagogiques possibles plutôt qu'une réflexion aboutie sur une seule séquence ;
 - les démarches d'élaboration des modèles de simulation largement décrits dans le dossier mais exploitées lors des développements pédagogiques ;
 - l'éloignement de l'exploitation pédagogique par rapport aux problématiques abordées avec le support industriel choisi.

Les candidats doivent apporter une attention particulière à la préparation de cette épreuve. L'élaboration d'un dossier répondant aux attentes du jury demande plusieurs mois. Elle doit donc être largement anticipée et ne peut pas être raisonnablement prévue entre les épreuves d'admissibilité et les épreuves d'admission. Les candidats ayant échoué au concours les années précédentes peuvent reprendre leur dossier, mais il convient de l'améliorer pour répondre aux attentes de l'épreuve.

C. Résultats

	Public	Privé
Nb candidats présents	15	5
Note maximale	19,5	16
Note minimale	0,5	7,5
Moyenne	9,6	12,3
Écart-type	4,5	3,5

Rapport sur la transmission des valeurs et principes de la République

Lors des épreuves d'admission, le jury évalue la capacité du candidat à agir en agent du service public d'éducation, en vérifiant qu'il intègre dans l'organisation de son enseignement :

- la conception des apprentissages des élèves en fonction de leurs besoins personnels ;
- la prise en compte de la diversité des conditions d'exercice du métier et la connaissance réfléchie des contextes associés ;
- le fonctionnement des différentes entités éducatives existant au sein de la société et d'un EPLE (institution scolaire, établissement, classe, équipe éducative...);
- les valeurs portées par l'Éducation nationale, dont celles de la République.

Le candidat doit prendre en compte ces exigences dans la conception des séquences pédagogiques présentées au jury. Il s'agit de faire acquérir, à l'élève, des compétences alliant des connaissances scientifiques et technologiques et des savoir-faire associés, mais également d'installer des comportements responsables et respectueux des valeurs républicaines.

Cet objectif exigeant induit une posture réflexive du candidat lors de la préparation et de la présentation d'une séquence pédagogique. En particulier, les stratégies pédagogiques proposées devront permettre d'atteindre l'objectif de formation visé dans le cadre de « l'école inclusive ». Il est indispensable de donner du sens aux enseignements en ne les déconnectant pas d'un contexte sociétal identifiable. Cela doit contribuer à convaincre les élèves du bien-fondé des valeurs républicaines et à se les approprier. L'éducation aux valeurs républicaines doit conduire à adopter des démarches pédagogiques spécifiques, variées et adaptées. Il s'agit en particulier de doter chaque futur citoyen d'une culture faisant de lui un acteur éclairé et responsable de l'usage des technologies et des enjeux éthiques associés. À dessein, il est nécessaire de lui faire acquérir des comportements fondateurs de sa réussite personnelle et le conduire à penser et construire son rapport au monde. Les modalités pédagogiques, déployées en sciences industrielles de l'ingénieur, sont nombreuses et sont autant d'opportunités offertes à l'enseignant pour apprendre aux élèves :

- à travailler en équipe et coopérer à la réussite d'un projet ;
- à assumer une responsabilité individuelle et collective ;
- à travailler en groupe à l'émergence et à la sélection d'idées issues d'un débat et donc favoriser le respect de l'altérité ;
- à développer des compétences relationnelles en lui permettant de savoir communiquer une idée personnelle ou porter la parole d'un groupe ;
- à comprendre les références et besoins divers qui ont conduit à la création d'objets ou de systèmes à partir de l'analyse des « modes », des normes, des lois... ;
- à différencier, par le déploiement de démarches rigoureuses, ce qui relève des sciences et de la connaissance de ce qui relève des opinions et des croyances. L'observation de systèmes réels, l'analyse de leur comportement, de la construction ou de l'utilisation de modèles multi physiques participent à cet objectif ;
- à observer les faits et situations divers suivant une approche systémique et rationnelle ;
- à adopter un positionnement citoyen assumé au sein de la société en ayant une connaissance approfondie de ses enjeux au sens du développement durable. L'impact environnemental, les coûts énergétiques, de transformation et de transport, la durée de vie des produits et leur recyclage, sont des marqueurs associés à privilégier ;
- à réfléchir collectivement à son environnement, aux usages sociaux des objets et aux conséquences induites ;
- à comprendre les enjeux sociétaux liés au respect de l'égalité républicaine entre hommes et femmes ;
- ...

Ces différentes approches permettent d'évaluer la posture du candidat par rapport au besoin de transmettre les valeurs et les principes de la République à l'école. La dimension civique de l'enseignement doit être explicite.

Cette déontologie professionnelle suppose au moins l'appropriation par le candidat des ressources et textes suivants :

- les droits et obligations du fonctionnaire présentés sur le portail de la fonction publique : <https://www.fonction-publique.gouv.fr/droits-et-obligations>
- les articles L 111-1 à L 111-4 et l'article L 442-1 du [code de l'Education](#).
- le vade-mecum "la laïcité à l'École" : <https://eduscol.education.fr/1618/la-laicite-l-ecole>
- le vade-mecum "agir contre le racisme et l'antisémitisme" : <https://eduscol.education.fr/1720/agir-contre-le-racisme-et-l-antisemitisme>
- "Qu'est-ce que la laïcité ?" Une introduction par le Conseil des Sages de la laïcité - Janvier 2021. Téléchargeable sur <https://www.education.gouv.fr/le-conseil-des-sages-de-la-laicite-41537>
- le parcours magistère "faire vivre les valeurs de la République" : <https://magistere.education.fr/f959>
- "Que sont les principes républicains ?" Une contribution du Conseil des sages de la laïcité - Juin 2021. Téléchargeable sur <https://www.education.gouv.fr/le-conseil-des-sages-de-la-laicite-41537>
- "La République à l'École", Inspection générale de l'éducation, du sport et de la recherche »
- le site IH2EF : <https://www.ih2ef.gouv.fr/laicite-et-services-publics>