



**MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION
NATIONALE,
DE LA JEUNESSE
ET DES SPORTS**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Rapport du jury

Concours : AGRÉGATION INTERNE

Section : sciences industrielles de l'ingénieur

Option : sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie électrique

Session 2023

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	19
E. Résultats	22
Épreuve d'admissibilité de modélisation d'un système, d'un procédé ou d'une organisation	23
Épreuve d'admission d'exploitation pédagogique d'une activité pratique relative à l'approche globale d'un système pluritechnologique	41
A. Présentation de l'épreuve	41
B. Commentaires du jury	42
C. Résultats	44
Épreuve d'admission de soutenance d'un dossier industriel	45
A. Présentation de l'épreuve	45
B. Commentaires du jury	46
C. Résultats	49

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 340 candidats (307 publics et 33 privés), 174 candidats du public ont composé les deux épreuves d'admissibilité et 22 candidats du privé. 18 candidats ont été déclarés admissibles pour les 6 postes offerts au concours public 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 2024 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 2023.

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

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

Statistiques des moyennes obtenues à l'admissibilité à la session 2023

	Public	Privé
Moyenne du premier candidat admissible	12,63	13,13
Moyenne du dernier candidat admissible	8,83	8,69

Statistiques des moyennes obtenues à l'admission à la session 2023

	Public	Privé
Moyenne du premier candidat admis	13,58	12,52
Moyenne du dernier candidat admis	10,93	10,65

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.

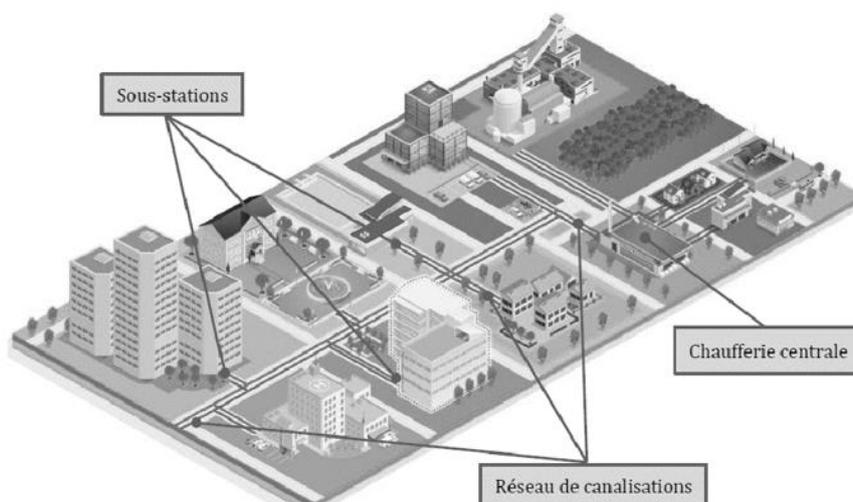
Elle permet également de vérifier que le candidat est capable d'élaborer tout ou partie de l'organisation d'une séquence pédagogique, relative aux enseignements non spécifiques de la spécialité ingénierie, innovation et développement durable du cycle terminal " sciences et technologies de l'industrie 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://media.devenirenseignant.gouv.fr/file/Agreg_interne/41/2/s2023_agreg_interne_sii_1_1429412.pdf

Le support de cette étude est un réseau de chaleur urbain.



C. Éléments de correction

PARTIE 1

Question 1 :

Temps d'amortissement

Gaz : 12,45 ans

Bois : 15,58 ans

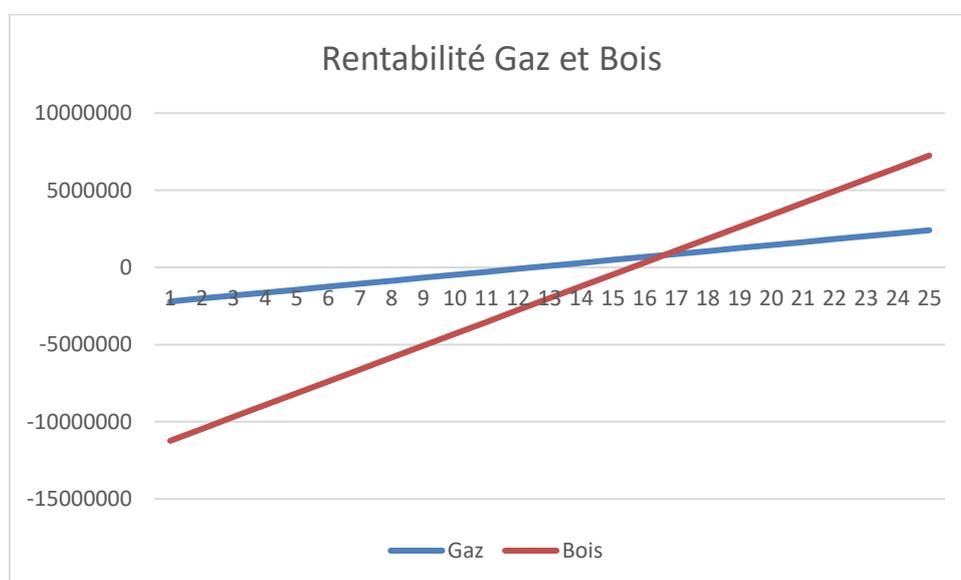
12 MW Gaz : 2 400 000 €

12 MW Bois : 12 000 000 €

38 500 000 GWh vendu : 1 925 000 €

38 500 000 GWh gaz : 1 732 500 € soit 192 500 € d'amortissement

38 500 000 GWh bois : 1 155 000 € soit 770 000 € d'amortissement



La rentabilité bois est bien meilleure pour l'entreprise mais demande un investissement supérieur. La chaufferie Biomasse est plus rentable après 17 ans de fonctionnement.

La durée du contrat est fixée à 25 ans pour plusieurs raisons :

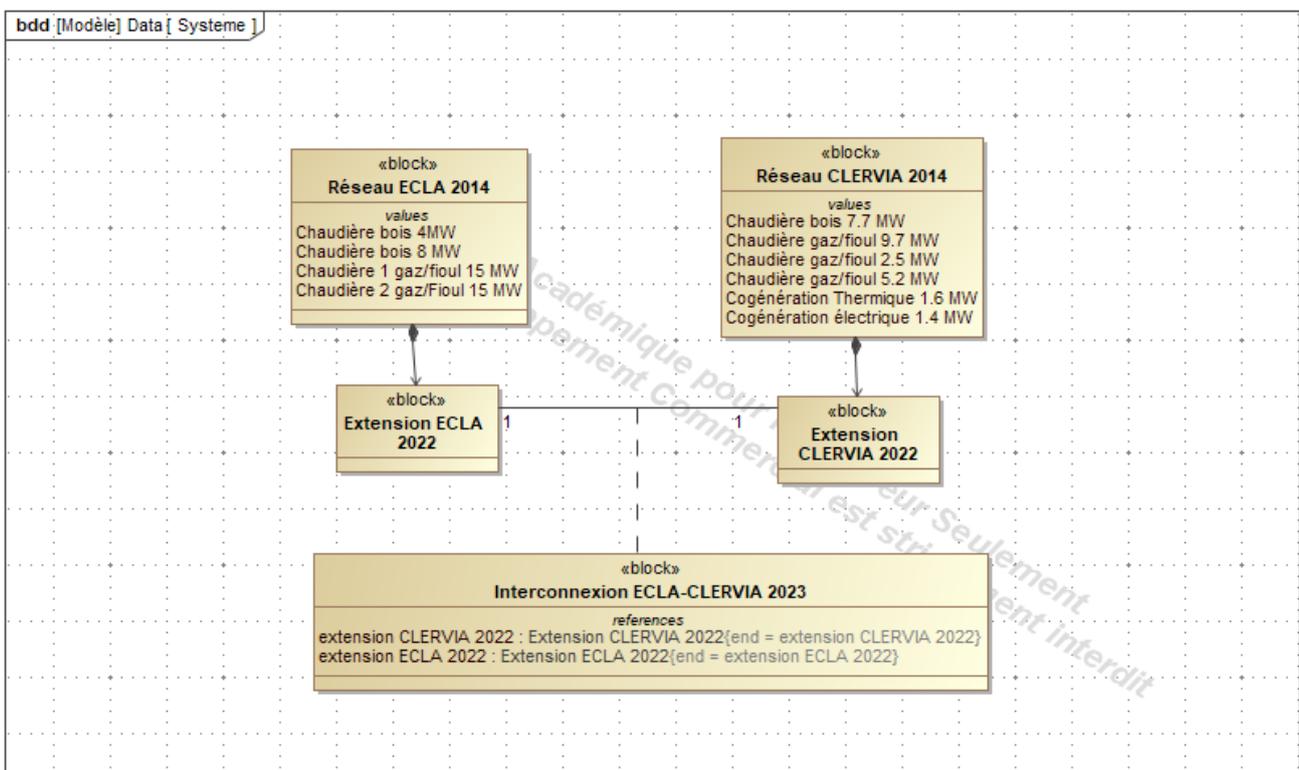
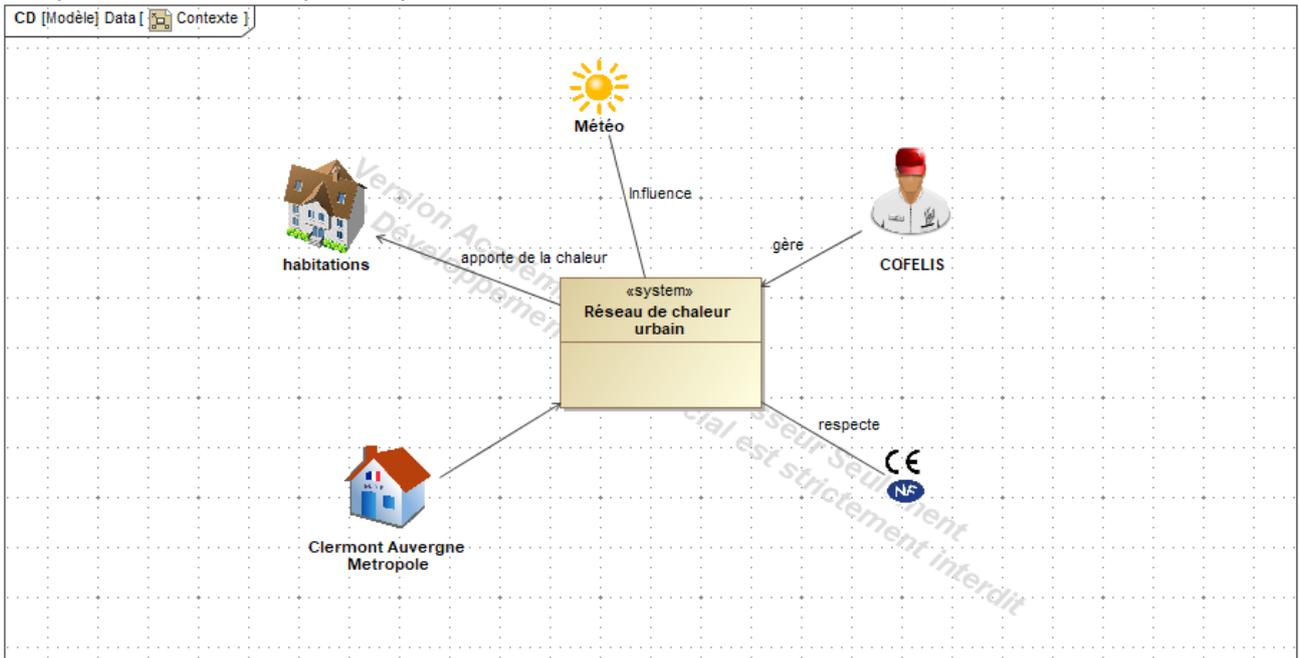
- cela permet à l'entreprise « prestataire » de réaliser une marge dans ses investissements,
- la durée de vie des équipements est proche de cette durée.

Choix de Clermont Métropole :

- énergie locale,
- énergie renouvelable,
- énergie « décarbonée » si forêts gérées durablement,
- énergie plus économique.

Question 2 :

Remplacer « COFELIS » par « exploitant »



Question 3 :

	Puissance thermique en MW		
	ECLA	CLERVIA	ECLA et CLERVIA interconnectés
Cas 1 : toutes les chaudières fonctionnent à pleine puissance	42	26,7 (ne pas prendre en compte la cogénération)	68,7
Cas 2 : seules les chaudières biomasse fonctionnent à pleine puissance	12	7,7	19,7
Cas 3 : la plus petite chaudière biomasse fonctionne à puissance minimale	1	1,9	1

Réseaux connectés : la petite chaudière biomasse d'ECLA est adaptée l'été.

Au minimum l'été, on a besoin sur les deux réseaux de 554 kW et 469 kW. Au minimum la chaudière bois d'ECLA fournit 1 MW, ce qui peut permettre de la faire fonctionner l'été.

Question 4 :

Décalage lié à l'inertie du système (masse d'eau chaude en circulation importante stockant une grande quantité d'Energie)

3 éléments qui expliquent les fortes fluctuations

Le comportement des usagers, résultant de la combinaison de rythmes sociaux (périodes de présence au domicile, au lieu de travail, école-vacances, nuit ...)

- l'influence de variables climatiques, la température extérieure en premier lieu, déterminant important des besoins de chauffage,
- les écarts systématiques sont dus aux pertes dans le réseau de chaleur urbain,
- du fait de l'inertie thermique du réseau et de l'effet retard lié au temps de transit du débit fluide, l'équilibre entre l'offre et la demande ne s'évalue pas instantanément.

Tranche horaire	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22	23-24
Puissance moyenne injectée en MW le 16 janvier 2019	12	10.88	12.75	15.26	13.25	9.56	5.25	5.21	10.37	14.68	12.35	11.68
Puissance moyenne demandée en MW le 16 janvier 2019	11.35	10.15	11.41	13.87	12.75	8.81	4.68	5	10.06	14.06	11.94	10.93
Chaudière bois 8MW	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Chaudière bois 4MW	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Chaudière 15MW			X	X	X					X	X	
Chaudière 15MW												

NB : Mettre une croix lorsque la chaudière indiquée est en marche

Il y a une réserve de puissance importante car une seule chaudière au gaz est utilisée lors des pics de consommation. L'augmentation du nombre d'abonnés ne devrait pas poser de soucis mais cela devrait engendrer une consommation de gaz supplémentaire et donc une augmentation des consommations d'énergie fossile.

Question 5 :

Les paramètres qui influent sont :

- la température du fluide (varie peu),
- la température du sol (varie peu sur l'année),
- les rayons (ne varient pas),
- la conductivité thermique de l'isolant (ne varie pas),
- la convection dans le tube (varie en fonction du débit mais peu d'incidence sur les pertes)

$18,84 \times 824 \times 2 \times 365,25 \times 24 / 1000 = 272\,170$ kWh, soit 4 624 kg CO₂ soit 4 t CO₂ soit 0,1% de l'économie en CO₂ générée.

Question 6 :

- la fabrication,
- le transport,
- l'entretien,
- le démantèlement,

demandent des ressources variées qui génèrent des gaz à effets de serre. On amortit donc ces gaz au prorata de la durée d'utilisation de l'équipement

Question 7 :

Rendement horaire : $2 \times 1,25 \times 1 \times 60 \times 0,640 = 96$ m³/h

Terres foisonnées à extraire : $824 \times 1,08 \times 0,86 \times 1,25 = 956$ m³

Durée du chantier : $956 / 96 = 10$ h

Consommation de gasoil : 125 l

Production de CO₂ : 332 kg

Les hypothèses choisies considèrent que la machine n'a aucun temps mort, qu'il n'y a pas d'aléas, pas d'interaction avec les riverains, ... c'est un temps théorique qui sera sans doute en décalage avec la réalité.

Question 8 :

$72,1$ kg [CO₂] · m⁻²

$824 \times 0,86 = 708,64$ m²

$51\,092$ kg de CO₂

Impacts importants de la route en France, 2 critères ressortent :

- utilisation d'énergie fossile,
- pollution de l'air.

Cette durée paraît particulièrement longue pour ce type d'ouvrage, en effet les voies sont continuellement en mutation face aux changements d'usage (réseaux, voiries, ...)

Si cette durée est réduite, les indicateurs deviennent encore plus défavorables.

Question 9 :

A : 7h

B : $52 \times 2 / 5 = 20,8$ h

C : $52 \times 0,86 / 120 = 0,373$ h

D : $52 \times 0,86 \times 1 / 96 = 0,466$ h

E : $52 / 5 = 10,4$ h

F : 52 h – non pris en compte

G : $52 \times 0,86 \times 1 / 28 = 1,59$ h

H : $52 \times 0,86 / 42 = 1,06$ h

Diagramme de potentiel

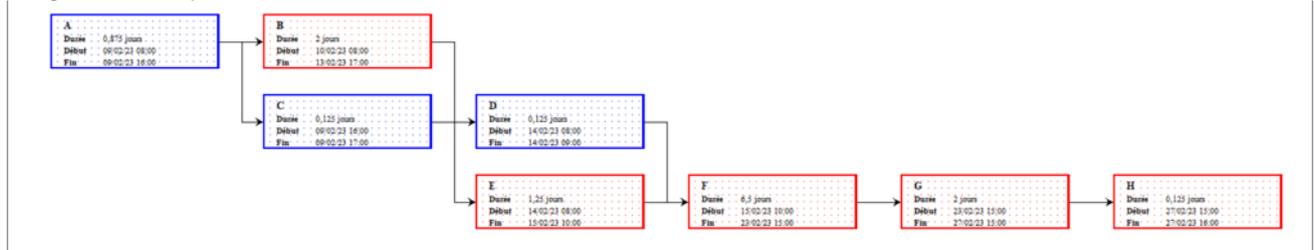
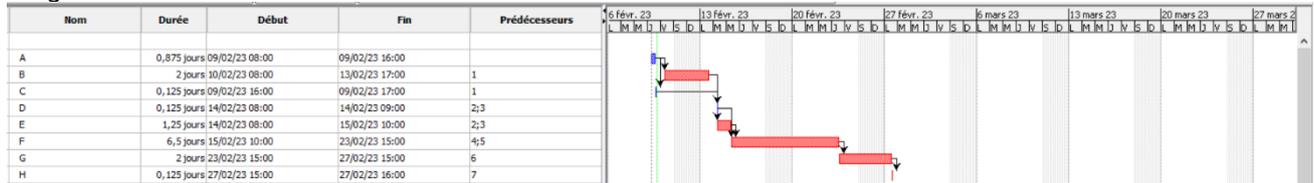


Diagramme de GANTT



Durée totale (hors pose des tuyauteries, l'équipe n'est pas présente sur le site) : $7 + 20,8 + 10,4 + 1,59 + 1,06 = 41,16$ h avec $41,16 / 7 = 5,9$ j

Production CO2 amortissement matériel pour 52 ml : $(12\ 642 \cdot 5,9) / 204 = 365$ kg CO2

Production CO2 amortissement matériel pour 824 ml : 5 793 kg CO2

Question 10 :

3830 t de CO2 par an économisés

71,637 t CO2 par unité fonctionnelle

Le chantier est rentable en 15 ans

Chantier faible nuisance, gestion de l'énergie, gestion de l'eau, gestion des déchets, qualité sanitaire de l'air.

Question 11 :

- critères environnementaux : Production de CO2 compensée par la reforestation dans le cas de la chaleur biomasse,
- critères économiques : Chaleur bois moins cher que la chaleur gaz,
- critères sociaux : développement de filières locales pour le matériel et le combustible.

Question 12 :

Exemple de réponse possible

Thématique : Confort et habitat

Formulation du besoin initial :

En France, le chauffage dans le secteur résidentiel et tertiaire représente un tiers des émissions de gaz à effet de serre ! Les réseaux de chaleur et de froid urbains alimentés en énergies renouvelables représentent des

solutions durables pour les territoires. Ils permettent de mobiliser d'importants gisements d'énergies avec des niveaux d'émission de CO₂ très faibles.

De plus avec la hausse des prix de l'énergie, ces réseaux de chaleur contribuent à lutter contre la précarité énergétique, en proposant des tarifs compétitifs et stables sur le long terme.

La communauté d'agglomération, Clermont Auvergne Métropole souhaite faire profiter de cette solution à davantage d'habitants en s'appuyant sur des réseaux déjà existants.

Finalité du produit en lien avec la thématique :

Le produit doit permettre à d'autres habitants de profiter d'un réseau de chaleur existant.

Problématique technique :

Comment étendre un réseau existant afin que d'autres habitants puissent en profiter tout en diminuant le bilan carbone ?

PARTIE 2

Question 13 :

Le débit nominal d'une pompe est de 180 m³·h⁻¹, 4 pompes sont montées en parallèle ce qui autorise un débit nominal max de 720 m³·h⁻¹.

La puissance P se déduit par

$$P = Q_{v \text{ eau}} \cdot \rho_{v \text{ eau}} \cdot C_{p \text{ eau}} \cdot \Delta T$$

De cette formule, nous pouvons en déduire si le débit de l'installation est suffisant pour 24 000 kW.

$$Q_{v \text{ eau}} = \frac{P}{\rho_{v \text{ eau}} \cdot C_{p \text{ eau}} \cdot \Delta T} = \frac{24000}{971,6 \cdot 4,195 \cdot 30} = 0,196 [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$$

Soit, 706,6 m³·h⁻¹

L'installation étant dimensionnée pour un débit nominal max de 720 m³·h⁻¹, les 24 000 kW sont envisageables.

Question 14 :

$$P = \frac{\text{HMT} \cdot Q_{v \text{ eau}} \cdot \rho_{v \text{ eau}} \cdot g}{\eta_{\text{pompe}}}$$

Du graphique on déduit le rendement de la pompe proche de 81%

On en déduit une puissance utile minimale de moteur de 79,4 kW

Question 15 :

Puissance électrique absorbée

$$P_a = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos(\varphi) = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 187 \cdot 0,9 = 116,6 \text{ kW}$$

Couple moteur et le rendement pour le point de fonctionnement nominal.

$$P_{un} = C_n \cdot \omega_n$$

On en déduit le couple nominal C_n = 352 N·m

Le rendement pour le point de fonctionnement nominal vaut :

$$\eta = \frac{P_u}{P_a}$$

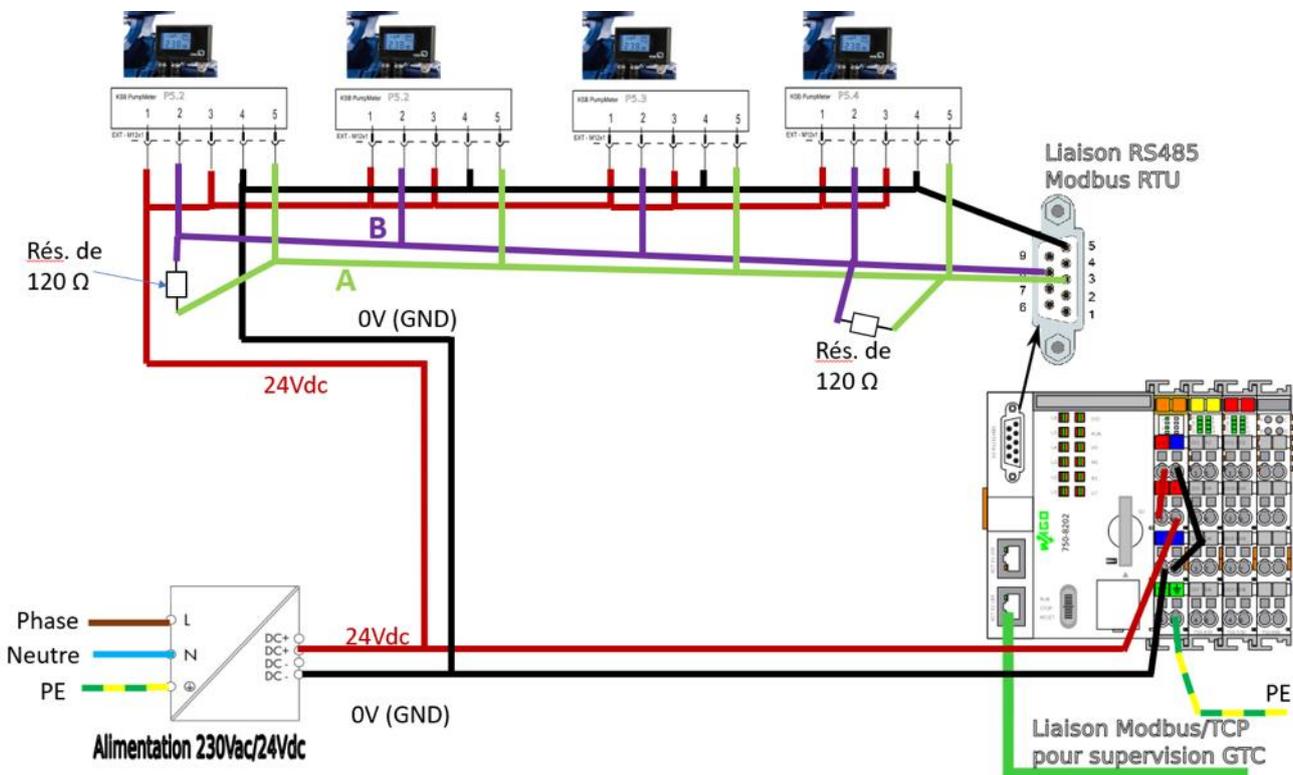
On en déduit le rendement : η = 94,3%

Question 16 :

	Débit 80 m³·h⁻¹	Débit 180 m³·h⁻¹
Mode 1 : Pilotage du variateur en fréquence f fixe de 45 Hz	$\eta_{pompe} = 0,65$ HMT = 135 m Pu = ~44 kW Pelec = 46,8 kW	$\eta_{pompe} = 0,81$ HMT = 110 m Pu = 64,7 kW Pelec = 68,8 kW
Mode 2 : Pilotage du variateur en HMT constant et fréquence f variant de 40 Hz à 45 Hz	$\eta_{pompe} = 0,65$ HMT = 110 m Pu = 35,9 kW Pelec = 38,1 kW	$\eta_{pompe} = 0,81$ HMT = 110 m Pu = 64,7 kW Pelec = 68,8 kW

La régulation à HMT constant permet une réduction de la consommation énergétique sur les débits inférieurs au débit nominal de la pompe. Dans cet exemple, on passe de 46,8 kW à 38,1 kW pour un débit à 80 m³·h⁻¹.

Question 17 :



Question 18 :

- Slave Address par défaut = 247 ou 0xF7
- Baud=38400 c'est le Data Rate de la doc
- Parity=Even
- Data = 8 bits
- Stop = 1
- Start Address = 0x4525 (ou 0x4515) (pour lire le Flow Rate)
- Number of register = 0x02 car un type UINT32 est composé de deux registres de 16 bits

Question 19 :

Le décodage de la trame indique que c'est le paramètre 0x4506 dont on fait une requête d'évaluation, la documentation indique qu'il s'agit de la valeur de pression différentielle calculée.

La trame de retour rapporte la valeur 0x00 0B E6 E0 en hexa, soit 780 000 en décimal.

La documentation précise qu'il s'agit d'une mesure en Pascal, soit 7,8 Bar.

Question 20 :

Sorti d'usine, le PumpMeter est configuré avec une adresse Modbus à 247, si les quatre PumpMeter conservent cette même adresse, la mise en réseau ne fonctionnera pas. Il est alors nécessaire de modifier l'adresse de chaque PumpMeter.

Proposition : configurer les adresses de la manière suivante :

PumpMeter de la pompe P5.1 : @Modus=51

PumpMeter de la pompe P5.2 : @Modus=52

PumpMeter de la pompe P5.3 : @Modus=53

PumpMeter de la pompe P5.4 : @Modus=54

D'autres propositions sont possibles tant que les valeurs d'adresses sont différentes et comprises entre 1 et 247.

Question 21 :

Puissance électrique : Puissance hydraulique, rendement pompe, rendement moteur, rendement variateur.

Puissance hydraulique : DeltaP, débit

Energies calorifiques distribuées : température, débit, et temps

Question 22 :

- protocole rendement instantané pompe (Pthermique → Débit → Hydraulique → Puissance électrique,
- protocole rendement mensuel pompe (Pthermique mensuelle → Débit mensuel moyen → Hydraulique moyenne → Puissance électrique moyenne,
- la distinction puissance instantanée et moyenne est mise en avant, de même pour le ratio entre l'énergie électrique nécessaire pour transporter l'énergie thermique.

Question 23 :

Le contexte pédagogique précise qu'il s'agit de définir les tâches que doivent accomplir trois élèves (1 AC, 1 EE, 1 SIN) dans la phase, tests et validation d'une démarche de projet.

Pour les élèves, cette succession de tâches doit leur permettre de valider l'exigence, « la consommation électrique de l'ensemble du réseau doit être maîtrisée ». Pour l'enseignant, l'objectif est de mobiliser les compétences CO7.1 et CO7.2.

Une maquette pourrait représenter un modèle réduit d'un réseau d'eau chaude. Cette maquette serait constituée d'un élément de production de chaleur, d'échangeurs et d'une pompe de circulation d'eau. Équipée de capteurs, elle permettrait l'exécution du protocole d'essais fourni.

Les élèves travaillent en commun pour répondre à l'exigence 1.3.1, mais chacun apporte une certaine expertise dans un domaine spécifique :

AC/EE : production de chaleur, échangeur ;

EE : pompe de circulation ;

SIN : récupération et traitement des informations.

Phase - Tests et validation				CO7.1. Réaliser et valider un prototype ou une maquette obtenue en réponse à tout ou partie du cahier des charges initial.		CO7.2. Mettre en œuvre un scénario de validation devant intégrer un protocole d'essais, de mesures et/ou d'observations sur le prototype ou la maquette, interpréter les résultats et qualifier le produit			
	Élève 1 EE	Élève 2 SIN	Élève 3 AC						
Taches Élèves	Tp (h)	Tp (h)	Tp (h)	Les moyens mobilisés pour la réalisation du prototype sont adaptés.	Le prototype réalisé permet de valider les performances attendues.	Les conditions de l'essai sont identifiées et justifiées	Le protocole est adapté à l'objectif	Les incertitudes sont estimées.	L'expérimentation est correctement mise en œuvre
Effectuer et mettre en forme les mesures	6	6	6				permet de vérifier si les élèves prennent bien connaissance du protocole fourni et vérifient sa cohérence		permet de vérifier si le protocole est correctement suivi et les mesures correctes
Analyser et confronter les résultats notamment avec ceux du modèle	3	3	3			permet de vérifier si les élèves remettent en cause les essais au regard de la comparaison avec le modèle		permet de vérifier si les élèves font une analyse critique des résultats obtenus et s'ils identifient les incertitudes	
Modifier si nécessaire le prototype et/ou le modèle et le valider	4	4	4	permet de vérifier si les élèves proposent des modifications adaptées du prototype afin de réduire les écarts				permet de vérifier si les élèves identifient correctement les paramètres à faire évoluer pour réduire les écarts	permet de vérifier si le protocole est correctement suivi et les mesures correctes
Proposer des hypothèses d'amélioration du rendement énergétique	4	4	4		Permet de vérifier si les élèves font le lien entre le prototype et la problématique				
Prédire les performances et valider l'exigence	3	3	3		permet de vérifier si les élèves sont capables d'utiliser le modèle dans un contexte particulier et valider l'exigence				

Question 24 :

Exemple :

Comment étendre un réseau de chaleur à davantage d'habitants en optimisant les performances énergétiques d'une chaufferie ?

Argumentaires :

- vérifier si la chaufferie existante permet l'extension du réseau sans modification,
- longueur des conduites, pertes de charges, paramètres débit, delta T, delta p, rdt des moteurs, pompes, etc,
- recherche du point de fonctionnement des composants,
- choix du nombre de pompes,
- coût (€ et CO₂) d'une perte de charge.

PARTIE 3**Question 25 :**

Pivot glissant (O,Y),

Linéaire rectiligne (A y) de normale Z,.(ou de normale AZ, et de direction Y).

Appui plan normale Y

Question 26 :

La Pivot glissant selon Y permet une rotation et une translation selon Y mais la rotation est bloquée par la linéaire rectiligne et la translation par l'appui plan.

Les 6 degrés de mobilité sont bloqués, cela correspond à une liaison encastrement.

Question 27 :

Il n'y aura pas de mouvement possible du barreau par rapport au tube et cette modélisation est fortement hyperstatique (d'ordre 3) car il suffirait de 2 appuis ponctuels de normale Z et Y pour une Mise en position isostatique.

Question 28 :

A partir du diamètre du vérin et du débit, on détermine la vitesse de déplacement de la tige du vérin :

$$V = q / (\pi \cdot D_v^2 / 4)$$

$$V = 0,104 \text{ m/s}$$

La liaison qui permet un degré de mobilité en translation est **une liaison glissière de direction x.**

Question 29 :

masse = $\rho \cdot H \cdot S$ en kg

$$\text{donc } P_c = m \cdot g = 9,81 \cdot 700 \cdot 0,5 \cdot 0,4 \cdot 0,1 = 137 \text{ Newtons}$$

Question 30 :

Principe fondamental de la statique :

$$\text{Résultante : } F_a + F_o - F_c = 0$$

$$\text{Eq. Des moments en O : } P_c \cdot L_1 + F_a \cdot L = 0$$

$$F_a = -(P_c \cdot L_1) / L$$

$$F_a = -137 \cdot 0,7 = 96,11 \text{ N}$$

Question 31 :

$$p = Fa/Sab$$

$$p = 96,11/(5 \cdot 100) = 0,19 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$$

Question 32 :

On a $z = k \cdot p \cdot L$. On sait que $L = V \cdot T$ donc $T = z/(k \cdot p \cdot V) = 5 / (1,7 \cdot 10^{-5} \cdot 0,2 \cdot 0,1)$

$$T = 14\,700\,000 \text{ s} = 5,6 \text{ mois.}$$

On retrouve bien le même ordre de grandeur de 6 mois d'utilisation pour une usure z_{max} de 5 mm.

Avec les données du sujet, l'intervention de maintenance à 6 mois est tardive.

Question 33 :

La famille de matériau qui respecte le mieux les exigences de dureté et de température est les céramiques techniques.

Question 34 :

$$I_p = HV \cdot T^2 \text{ donc } \log(T) = -1/2 \cdot \log(HV) + 1/2 \cdot \log(I_p) \quad a = -1/2, b = 1/2.$$

Pour maximiser I_p , il faut rechercher le matériau passant par une droite de pente $-1/2$ et d'ordonnée à l'origine le plus grand possible.

On en déduit que le matériau le plus intéressant est l'acier faiblement allié pour ce critère.

Question 35 :

La céramique technique est performante sur la carte 1 mais pas sur la carte 2.

L'acier faiblement allié respecte bien les trois critères techniques représentés sur les deux cartes : dureté, ténacité et température et pourrait être envisagé en remplacement de la fonte.

Question 36 :

L'acier faiblement allié ne permet pas de réduire le temps de maintenance (HV) et reste moins performant que la fonte sur les contraintes de prix et d'empreinte CO_2 .

La fonte semble donc être le meilleur compromis.

Au vu de cette étude, il n'est pas possible d'améliorer la durée de vie à cout raisonnable en changeant de matériau. Cependant, il serait envisageable de décaler les moments de maintenance printemps /automne.

Question 37 :

Les méthodes de choix sont basés sur l'utilisation de bases de données qui associent les matériaux et les procédés. Pour réaliser le choix de ces milliers de références, on utilise les critères définis en conception ou identifiés dans le cahier des charges. Plusieurs méthodes sont alors possibles suivant les informations dont on dispose et le degré d'optimisation souhaitée :

- sélection basée sur les propriétés : possibilité de choix direct, de poser des limites ou d'effectuer des comparaisons.
- sélection par comparaison des indices de performance.
- sélection multi-contrainte et multi-objectif.

Ces méthodes peuvent être utilisées simultanément dans un même choix de matériau.

Sélection à partir des diagrammes de propriétés

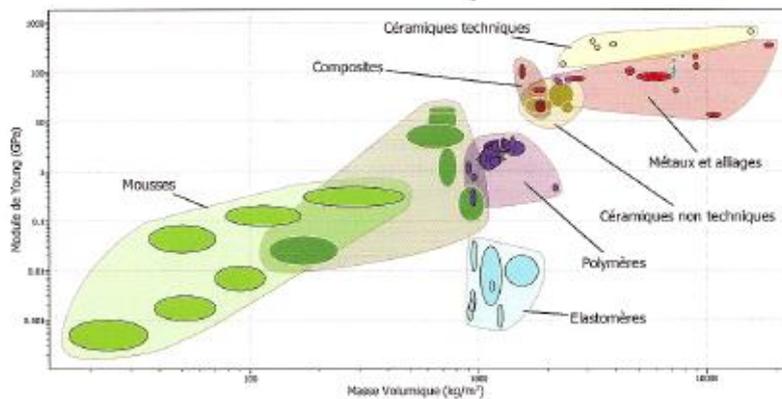
Cette méthode consiste à rechercher les matériaux répondant aux critères choisis suivant trois types de sélection :



- par choix direct : on sélectionne par exemple uniquement les matériaux usinables ou uniquement les matériaux ferreux.
- En posant des limites : on sélectionne les matériaux dont une propriété, par exemple la dureté, est supérieure à une valeur spécifiée.
- Par comparaison : on génère un diagramme d'une propriété en fonction d'une autre. On peut ensuite sélectionner graphiquement les meilleurs compromis.



Ce type de diagramme, basé uniquement sur les propriétés intrinsèques des matériaux, ne permet pas un choix pertinent car la fonction et les objectifs ne sont pas pris en compte.



Sélection avec indice de performance

Pour optimiser le choix du matériau, il est nécessaire de déterminer les performances recherchées, qui se traduiront par une combinaison des propriétés du matériau.

Par exemple, il est possible d'exprimer la performance d'un matériau par le rapport entre sa limite de résistance élastique et sa masse (R_e/M).

Pour établir un indice de performance, il est nécessaire de définir la fonction du composant, l'objectif et les contraintes de conception. Ces dernières peuvent se traduire par les propriétés des matériaux selon les sollicitations du composant. L'indice de performance sera une relation fonction de ces paramètres.

Cet indice de performance apparaît sur les diagrammes de propriétés sous la forme d'une droite. Les matériaux situés sur cette droite ont la même performance, les matériaux au dessus sont les meilleurs et ceux situés en dessous sont les moins bons.

Sélection multi-contrainte et multi-objectif

L'exemple précédent permet d'optimiser le choix du matériau avec un objectif et une contrainte, mais la sélection peut être beaucoup moins complexe.

En effet, généralement pour un même objectif de conception (minimiser les coûts, la masse, les impacts environnementaux), il est nécessaire de considérer plusieurs contraintes. Ce type d'étude, multi-contrainte, peut être mené en effectuant autant d'études qu'il y a de contraintes et en conservant les matériaux communs.

Il est possible également d'avoir à traiter plusieurs objectifs de conception simultanément.

Question 38 :

Exemple :

Forme : titre en police 48, 4 mots clés en anglais, au moins 2 photos, le texte ne représente pas plus d'1/3 du poster, très illustrés, etc.

Fond : la problématique est donnée, le vocabulaire technique en Anglais est précis, le thème 6 (innovation scientifique et responsabilité)

Le support n'est pas évalué.

Des critères d'évaluation orales sont proposés : le contexte ou cahier des charges fonctionnels est décrit, la démarche est structurée, argumentée, la réponse aux questions est pertinente.
Des modalités d'évaluation sont proposées (diagnostique, formative, sommative) l'évaluations par les pairs, par le prof, auto-évaluation.

D. Commentaires du jury

L'étude est décomposée en 3 parties permettant de répondre à des problématiques techniques des sciences industrielles de l'ingénieur :

Partie 1 : L'analyse énergétique, financière et environnementale des réseaux de chaleur existants et de leur interconnexion.

→ *Problématiques transverses et d'ingénierie des constructions*

Partie 2 : Vérification du dimensionnement de la distribution de l'énergie thermique de la chaufferie ECLA au regard de l'extension.

→ *Problématiques d'ingénierie électrique*

Partie 3 : Recherche de solutions pour améliorer la disponibilité de la production de chaleur à partir de biomasse.

→ *Problématiques d'ingénierie mécanique*

Partie 1 :

Cette partie a pour objectif d'analyser l'intérêt d'une interconnexion de 2 RCU pour optimiser l'utilisation de la biomasse.

Les différents points à traiter par les candidats sont :

- l'analyse financière sur l'amortissement et la rentabilité d'une chaufferie biomasse comparée à celle d'une chaufferie gaz,
- l'analyse de la production de chaleur par le réseau ECLA et le respect du pourcentage d'énergie renouvelable,
- l'analyse de l'interconnexion des réseaux :
 - o l'étude de la fourniture de chaleur aux réseaux,
 - o les bilans carbone dans le domaine des travaux publics.

La partie pédagogique consiste à adapter la thématique dans le cadre d'un projet STI2D.

Remarques sur la partie 1 :

Les questions sur l'analyse financière des chaudières biomasse et gaz ainsi que l'analyse sur la production de chaleur ont été correctement traitées par la majorité des candidats.

Les diagrammes de contexte et structurels posent des difficultés aux candidats qui confondent les systèmes ou ignorent les objectifs d'une description structurelle. Le diagramme des potentiels a été correctement traité par de nombreux candidats tout comme le diagramme de Gantt, cependant, rare ont été les copies avec les temps associés aux tâches calculées correctement (erreurs de longueurs, de volumes, ...).

Les questions associées aux bilans carbone sur un chantier de travaux public furent traitées de manières inégales avec des erreurs sur les calculs des volumes et des confusions sur les notions de puissance et d'énergie pour les pertes thermiques.

L'exploitation pédagogique sous forme de projet a été rarement traitée ou alors, de manière succincte.

Partie 2 :

Cette partie a pour objectif de vérifier le dimensionnement des pompes du « réseau primaire » ainsi qu'une stratégie de pilotage du groupe surpresseur.

Les différents points à traiter par les candidats sont :

- le dimensionnement des pompes du réseau ECLA,
 - o la vérification de la puissance thermique possible pour le RCU et la vérification du dimensionnement de la motorisation électrique associée à la pompe,
- l'étude de l'optimisation du pilotage des pompes par variation de fréquence,
- l'analyse de la communication Modbus RTU des transmetteurs de pression PumpMeter,
- l'exploitation pédagogique dans le cadre du projet de terminale STI2D sera associée à :
 - o l'identification des grandeurs physiques nécessaires pour déterminer les puissances (thermique, hydraulique, électrique) et les énergies,
 - o le développement d'un protocole d'essais,
 - o la définition de tâches aux élèves pour développer les compétences demandées,
 - o la proposition d'une question pour le grand oral avec l'argumentaire associé.

Remarques pour la partie 2 :

La puissance thermique possible pour le RCU a été correctement traitée par de nombreux candidats. Des erreurs associées à la conversion du débit de $m^3 \cdot h^{-1}$ vers $m^3 \cdot s^{-1}$ auraient pu être évitées par l'analyse des ordres de grandeurs.

Le calcul des caractéristiques de la motorisation électrique associée à la pompe a donné lieu à de nombreuses réponses qui démontrent un manque de connaissances des formules de base en électrotechnique.

L'optimisation du pilotage des pompes par variateurs de fréquences a été rarement traitée. Peu de candidats ont su exploiter la courbe (HMT, débit) et déterminer les rendements des pompes associées et conclure sur l'intérêt de la variation de fréquence pour la consommation électrique des pompes.

Le câblage du module KSB en Modbus RTU vers un API Wago a été correctement traité par de nombreux candidats.

Les paramètres de configuration de la liaison RS485 ont généré de nombreuses confusions alors que ceux-ci étaient précisés dans la documentation technique, de même pour l'analyse des trames Modbus.

Les nombreuses erreurs sur ces questions indiquent une difficulté des candidats à s'approprier rapidement d'une documentation constructeur par manque de culture technique.

L'exploitation pédagogique a été rarement abordée par les candidats. Les réponses des quelques candidats ayant abordé la définition de tâches permettant de développer les compétences CO7.1 et CO7.2 et de valider l'exigence 1.3.1 ont été trop superficielles, quelques questions pour le grand oral ont été proposées en omettant de s'appuyer sur le contexte du dossier. L'argumentaire associé à la question du grand oral est souvent incomplet ou manquant.

Points à travailler pour les candidats :

- être attentif aux ordres de grandeurs,
- développer une culture technologique par la mise en œuvre de projets avec les élèves,
- maîtriser les formules de base de l'électrotechnique,
- gérer le temps d'épreuve pour développer les parties pédagogiques.

Partie 3 :

Dans cette partie, il s'agit de quantifier la durée de vie de la pièce d'usure et d'envisager des solutions alternatives pour réduire le temps de maintenance.

Les différents points à traiter par les candidats sont :

- la détermination de la vitesse relative V entre les barreaux fixes et mobiles,
- la détermination de la pression surfacique entre les barreaux fixes et mobiles,
- la quantification de l'usure par la loi de Preston-Archard,
- la recherche d'un matériau alternatif par la méthode « Fonction-Objectif-Contraintes »,
- la réalisation d'une synthèse des investigations liées à la problématique.

Les candidats devront réaliser une exploitation pédagogique de l'étude en enseignement de spécialité IT de Première STI2D.

Remarques pour la partie 3 :

La partie 3 a été traitée par peu de candidats. Des questions élémentaires comme les noms et modèles des liaisons (mécaniques) ne sont pas maîtrisés et le principe fondamental de la statique ou l'équation des moments ne sont pas connus. On retrouve les difficultés des candidats à réaliser les conversions dans les unités adaptées. A l'image de la partie 2, on retrouve chez les candidats un manque de culture technologique sur les matériaux. La partie pédagogique sur la réalisation d'un poster et la définition des modalités d'évaluations associées n'ont été que très rarement traitées.

Remarques générales :

De trop nombreuses copies présentaient un niveau scientifique trop faible dans les questions relevant de leur spécialité d'origine. Les candidats ont consacré un temps important à la résolution de la partie 1, relevant de l'ingénierie des constructions en oubliant les questions de la partie abordant leur spécialité. Une lecture globale du sujet est à effectuer afin d'identifier les questions de spécialité et d'adapter la gestion du temps.

Le jury encourage fortement les candidats 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 :

Les questions relevant du développement d'activités pédagogiques n'ont été traitées que rarement par les candidats alors qu'elles constituent une part importante du barème de l'épreuve. L'organisation pédagogique proposée par la majorité des candidats ne tient pas compte du contexte proposé dans le sujet (nombre d'élèves, répartition horaire, l'enseignement technique en langue vivante, ...).

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.

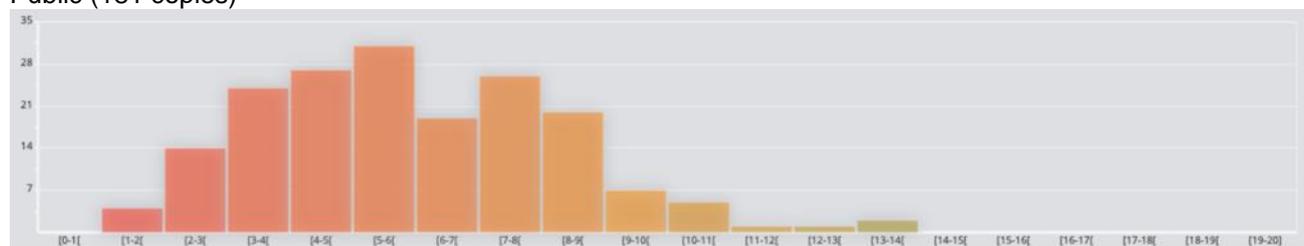
La présentation doit être irréprochable, les notations imposées dans le sujet doivent être scrupuleusement respectées et il n'est pas inutile de rappeler qu'il est attendu d'un fonctionnaire de l'État qu'il maîtrise convenablement la langue française et veille à construire ses phrases dans le respect 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 (181 copies)



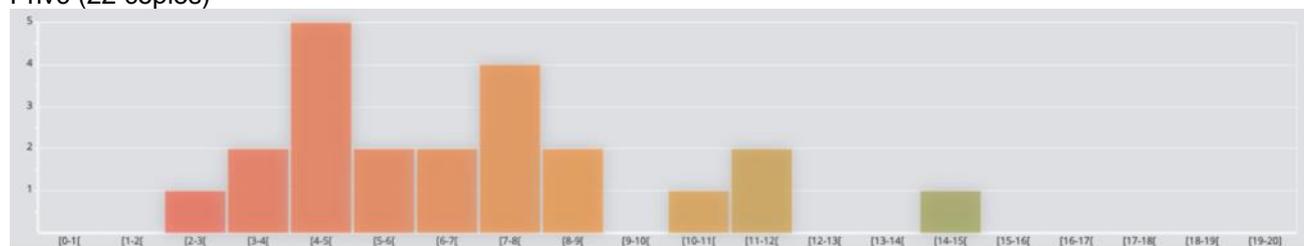
Nombre de copies

181 / 307

Note minimum
Moyenne
Note maximum
Ecart type

1,70 / 20
5,89 / 20
13,80 / 20
2,40

Privé (22 copies)



Nombre de copies

22 / 33

Note minimum
Moyenne
Note maximum
Ecart type

2,30 / 20
6,92 / 20
14,80 / 20
3,09

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://media.devenirenseignant.gouv.fr/file/Agreg_interne/41/4/s2023_agreg_interne_sii_electrique_2_14294_14.pdf

Le support de cette étude est une station d'épuration adaptée aux petites collectivités.



C. Éléments de correction

Partie A :

Question 1

$$Q_{hn} = \frac{Q_{jn}}{24} \qquad Q_{hn_{LS^{-1}}} = \frac{Q_{jn}}{86,4}$$

Question 2

$$Q_{hn_{LS^{-1}}} = \frac{285}{86,4} = 3,3 \frac{l}{s} \qquad C_p = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{3,3}} = 2,88$$

$$Q_{po} = C_p \cdot Q_{hn} = 34,16 \frac{m^3}{h}$$

Question 3

$$n = 6 \text{ et } N = 2$$

$V_u = \frac{34,16 \times \frac{1}{6}}{4} = 1,42 m^3$. Si $D_i = 1,9 m$ alors $H_u = \frac{4V_u}{\pi D_i^2} = 0,5 m$ donc le poste est capable de recevoir les eaux usées.

Question 4

$$V_{ba} = \frac{DBO}{C_m \times MVS} = \frac{\left[\frac{kg}{j} \right]}{\left[\frac{kg}{kg \cdot j} \right] \left[\frac{g}{l} \right]} = \left[\frac{kg}{g} \right] [l] = [1000][l] = [m^3]$$

Question 5

$$\text{Bassin prévu par le génie civil : } V_{ba} = \frac{\pi D^2 h}{4} = \frac{\pi \times 81 \times 6}{4} = 381,7 m^3$$

Bassin prévu par la méthode des charges massiques :

$$V_{ba} = \frac{DBO}{C_m \times MVS} = \frac{115,8}{0,1 \times 3,04} = 380,9 m^3$$

Le bassin crée sera suffisant pour maintenir une charge massique correcte permettant une bonne épuration de l'eau.

Partie B :

DR1 calcul de la demande en oxygène

Question 6

Tableau d'aide au calcul de la demande en oxygène (source Cemagref et FNDAE)

PARAMETRE S	VALEURS
Azote NTK entrant	A1 : 24,65 kg N/j
A2 : Azote assimilé dans les boues (5% de la DBO)	A2 : 5,79 kg N/j
Azote à nitrifier/dénitrifier A= A1-A2	A : 18,86 kg N/j
Poids de MVS en aération = DBO/0,1	P _{MVS} : 1158 kg MVS
PARAMETRE S	VALEURS

Oxydation de la matière organique (0,65 kg O ₂ /kg DBO)	O1 : 75,3 kg O ₂ /j
Respiration endogène des boues (0,07 kg O ₂ /kg P _{MVS})	O2 : 81 kg O ₂ /j
Nitrification (4,3 kg O ₂ /kg Azote A)	O3 : 81,1 kg O ₂ /j
Besoins journaliers en oxygène	O1+O2+O3 : 237,4 kg O ₂ /j
Durée d'aération retenue	14 h
Besoins horaires en oxygène en conditions réelles	16,95 kg O₂/h

Question 7

Une turbine doit apporter au 70% de la demande journalière. Soit 11,87 kg O₂/h.

$$P_{mt} = \frac{11,87}{1,7} = 6,98 \approx 7 \text{ kW}$$

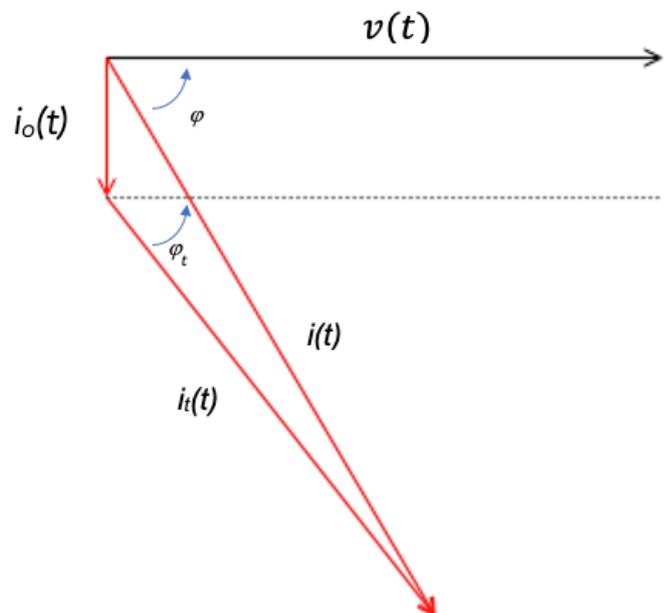
Question 8

En négligeant les pertes joules au stator :

- R/g représente les pertes joules du rotor ramenées au stator ;
- L₀ est l'inductance magnétisante ;
- L représente l'inductance de fuite.

Diagramme de Fresnel :

$$I^2 = (I_t \cdot \sin(\varphi_t) + I_0)^2 + (I_t \cdot \cos(\varphi_t))^2$$



Question 9

De la même façon il vient :

$$I_t^2 = (I \cdot \sin(\varphi) - I_0)^2 + (I \cdot \cos(\varphi))^2$$

Soit

$$I_t = \sqrt{(I \cdot \sin(\varphi) - I_0)^2 + (I \cdot \cos(\varphi))^2}$$

On relève : $I_0 = 6,7 \text{ A}$ $\cos(\varphi) = 0,78$ $\sin(\varphi) = 0,625$ $I = 15,2 \text{ A}$ (d'après DT3)

$$\text{A.N. : } I_t = 12,2 \text{ A}$$

Question 10

On a $P_a = \frac{P_u}{\eta}$ avec $P_u = 7,5 \text{ kW}$ $\eta = 90,4\%$ et $P_a = 3 \left(\frac{R}{g}\right) I_t^2$ d'où il vient :

$$R = \frac{g \cdot P_a}{3 \cdot I_t^2}$$

$$\text{A.N. : } R = \frac{\frac{8}{375} \times 8,3 \times 10^3}{3 \times 12,2^2} = 0,36 \Omega$$

$$L = \frac{1}{\omega} \sqrt{\left(\frac{V}{I_t}\right)^2 - \left(\frac{R}{g}\right)^2}$$

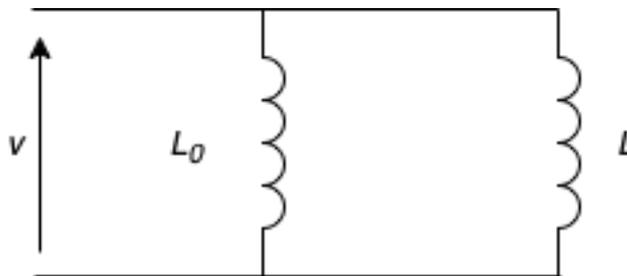
$$\text{A.N. : } L = 10,5 \text{ mH}$$

$$L_0 = \frac{V}{\omega \cdot I_0}$$

$$\text{A.N. : } L_0 = 109 \text{ mH}$$

Question 11

Au démarrage $g=1$ et $\varphi_t = \tan^{-1}\left(\frac{L\omega}{R}\right)$ soit $\varphi_t = 83^\circ$ valeur proche de 90° . On peut considérer alors le schéma équivalent pour une phase du moteur :



$$L_{eq} = \left(\frac{L_0 \times L}{L_0 + L}\right) \text{ soit } L_{eq} = 9,57 \text{ mH}$$

Question 12

$$I_D = \frac{V}{L_{eq} \cdot \omega} = \frac{230}{9,57 \cdot 10^{-3} \times 100\pi} = 76,5 \text{ A}$$

Question 13

Un démarrage brusque va provoquer un phénomène d'aspersion ; à éviter compte tenu des effluents traités et des matières en suspension.

Question 14

Quand T est passant :

$$L_{eq} \frac{di}{dt} = v(t) = V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

La solution est de la forme :

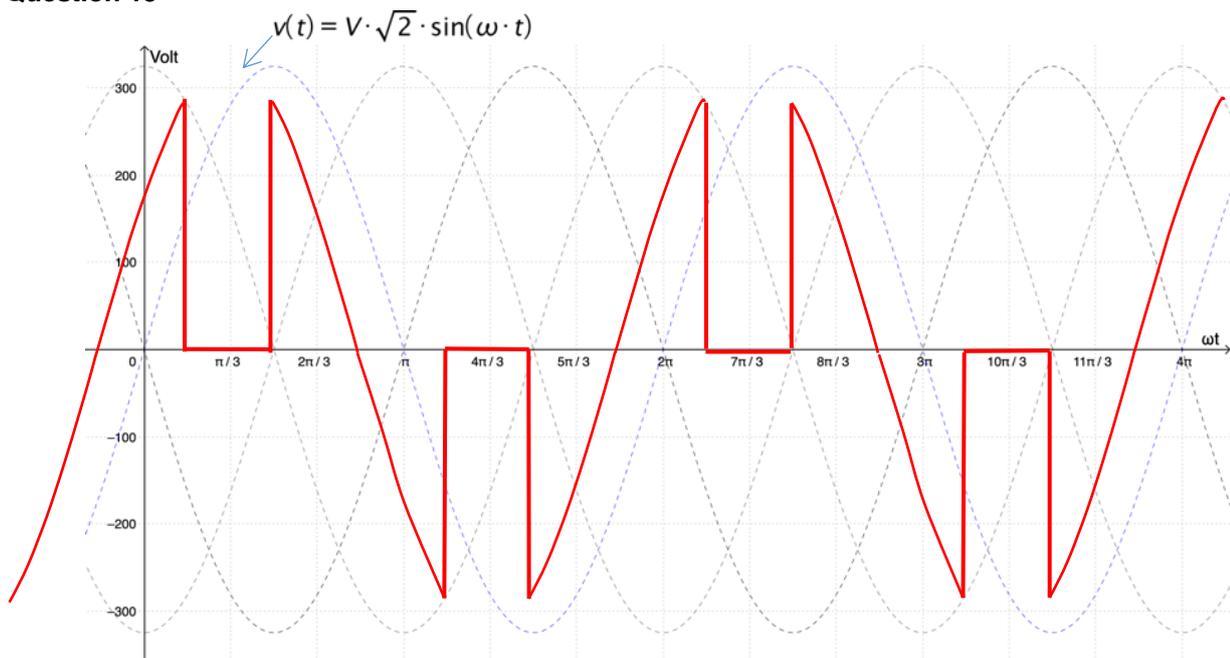
$$i(t) = -\frac{V \cdot \sqrt{2}}{L_{eq} \cdot \omega} \cos(\omega \cdot t) + cste$$

A l'instant $t = \frac{\alpha}{\omega}$ $i\left(\frac{\alpha}{\omega}\right) = 0$ donc $cste = \frac{V \cdot \sqrt{2}}{L_{eq} \cdot \omega} \cos(\alpha)$

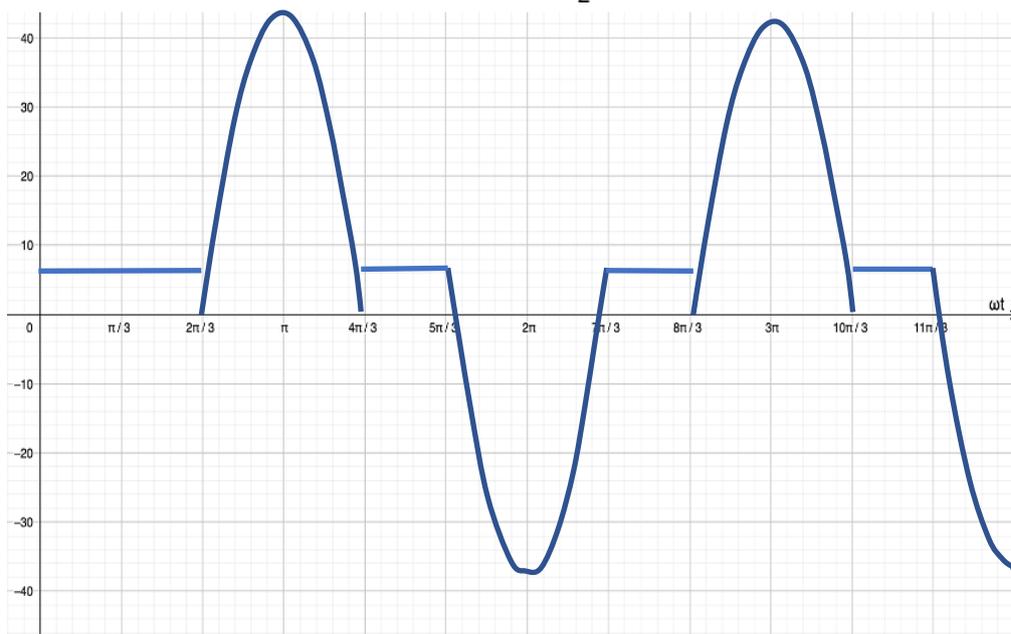
Il vient donc la solution :

$$i(t) = \frac{V \cdot \sqrt{2}}{L_{eq} \cdot \omega} [\cos(\alpha) - \cos(\omega t)]$$

Question 15



$v_L(\theta)$



$i(\theta)$

Le fonctionnement est en gradateur pour $\alpha > \frac{\pi}{2}$

Question 16

Si nous posons $I_{max} = \frac{V}{L_{eq} \cdot \omega}$ alors $i(t) = I_{max} \sqrt{2} [\cos(\alpha) - \cos(\omega t)]$

Nous pouvons écrire que :

$$I_{eff}^2 = \frac{2}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} [I_{max} \sqrt{2} [\cos(\alpha) - \cos(\theta)]]^2 d\theta$$

Ce qui donne :

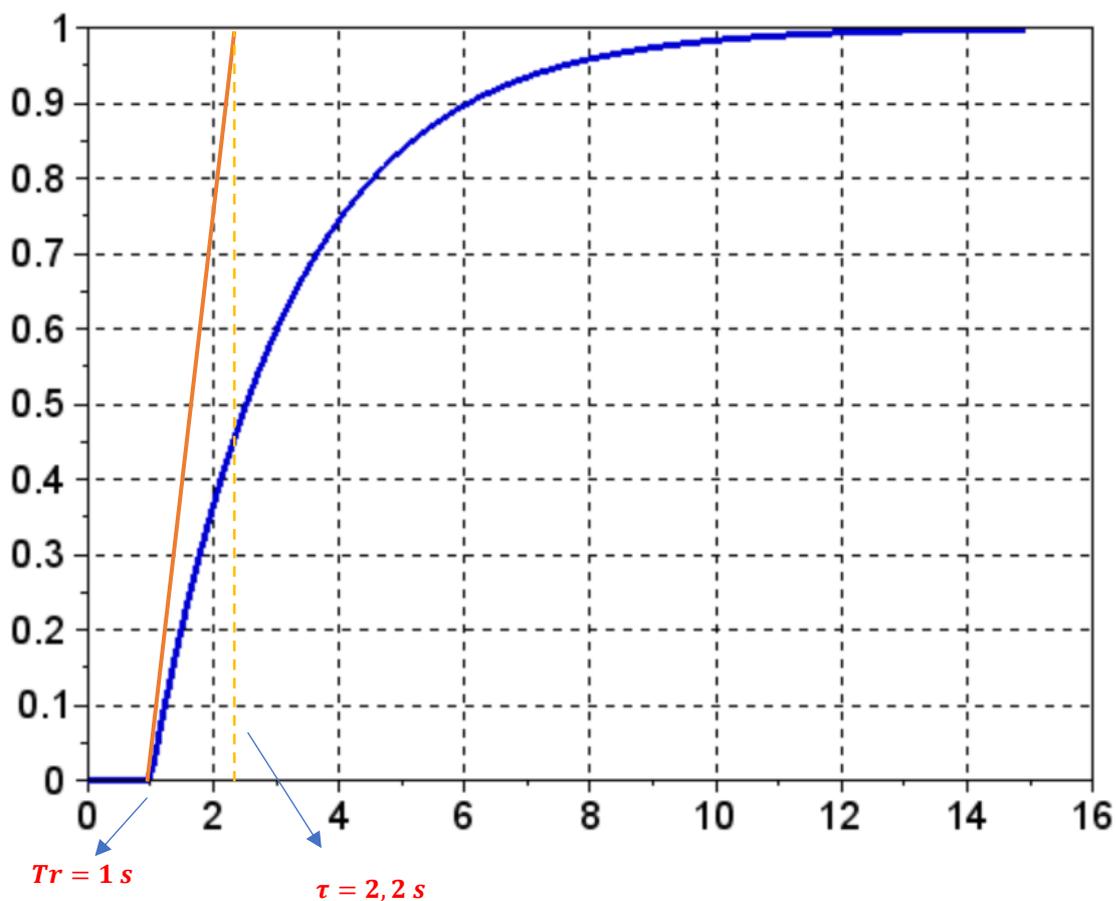
$$I_{eff} = I_{max} \sqrt{2} \sqrt{\left(1 - \frac{\alpha}{\pi}\right) (2 \cos^2 \alpha + 1) + \frac{3}{\pi} (\sin \alpha) \cdot (\cos \alpha)}$$

Pour $\alpha = \frac{3\pi}{4}$ $I_{eff} = 41,2 A$ soit une limitation à $2,7 \cdot I_n$

N.B. : Si on limite le courant à $1,5 I_n = 15,2 \times 1,5 = 22,8 A$ et $I_{max} \sqrt{2} = 108,2 A$ alors en résolvant l'équation il vient $\alpha \approx 170^\circ$.

Partie C :

Question 17 DR3 (1/2) réponse indicielle y (t)



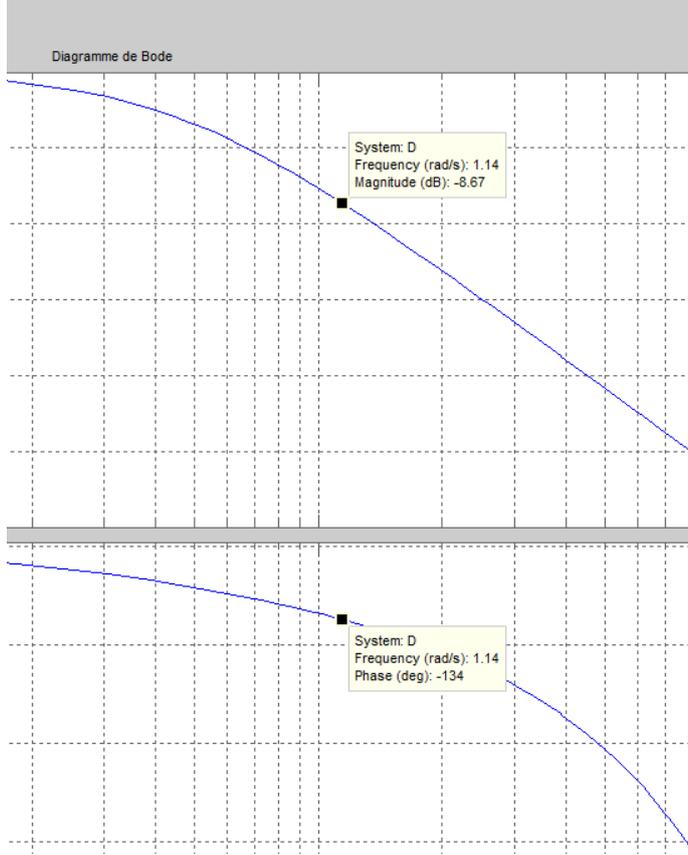
$K_{BO} = 1$

Question 18

Tr est dû au temps de réponse de la vanne.

Question 19

On impose une marge de phase de 45°, on relève un gain d'environ -8,6 dB ce qui permet de déterminer la valeur du gain : $K_p = 10^{\frac{8,6}{20}} \approx 2,69$.



Question 20

L'erreur statique est de l'ordre de 25% et le temps de réponse supérieur à 9s : le cahier des charges n'est donc pas respecté.

Question 21

Action intégrale dans la chaîne directe, augmentation de la classe donc erreur statique nulle.

$$F_2(p) = K_I \cdot \frac{1 + T_I \cdot p}{T_I \cdot p} \cdot \frac{K_{BO}}{1 + \tau \cdot p} \cdot e^{-Tr \cdot p}$$

Compensation

de

pôle ($T_I = \tau$)

:

$$F_2(p) = K_I \cdot \frac{K_{BO}}{T_I \cdot p} \cdot e^{-Tr \cdot p}$$

Question 22

L'erreur statique est nulle et le temps de réponse à 4,5s > 2,5 s donc le cahier des charges n'est donc pas respecté.

Question 23

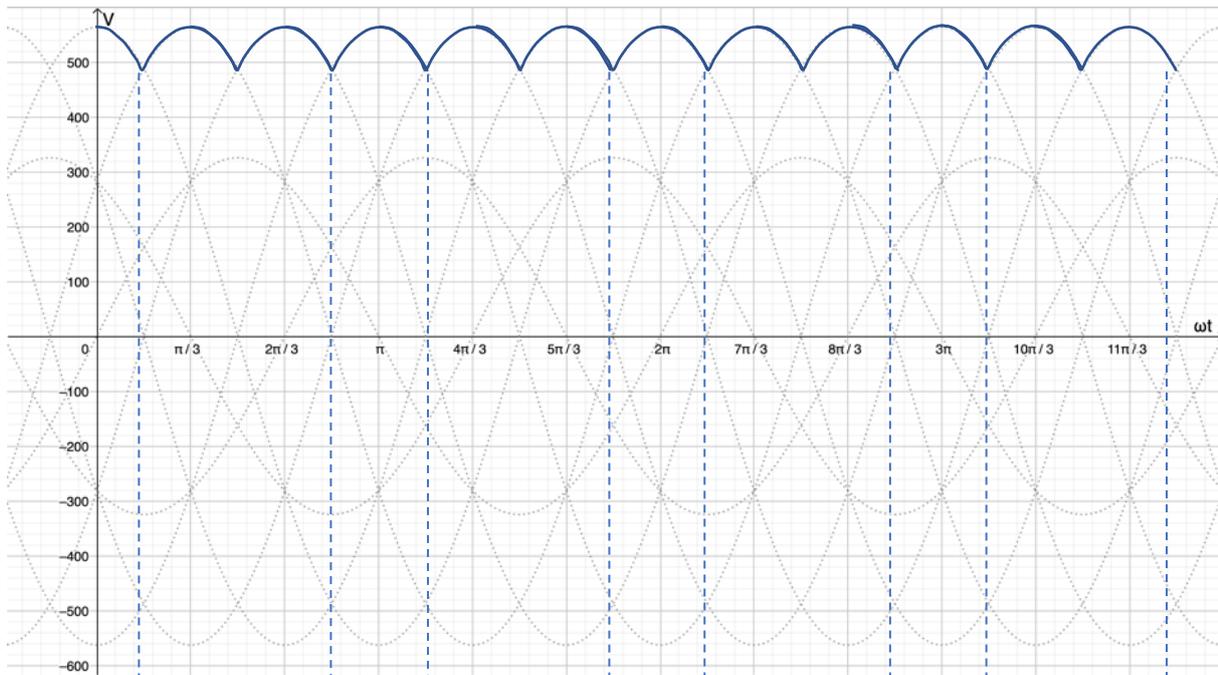
$$h_{MT} = \frac{\Delta p}{\rho_{b_l} \cdot g}$$

A.N. : $h_{MT} = \frac{0,4 \times 10^5}{1005 \times 9,81} = 4,05 \text{ m}$

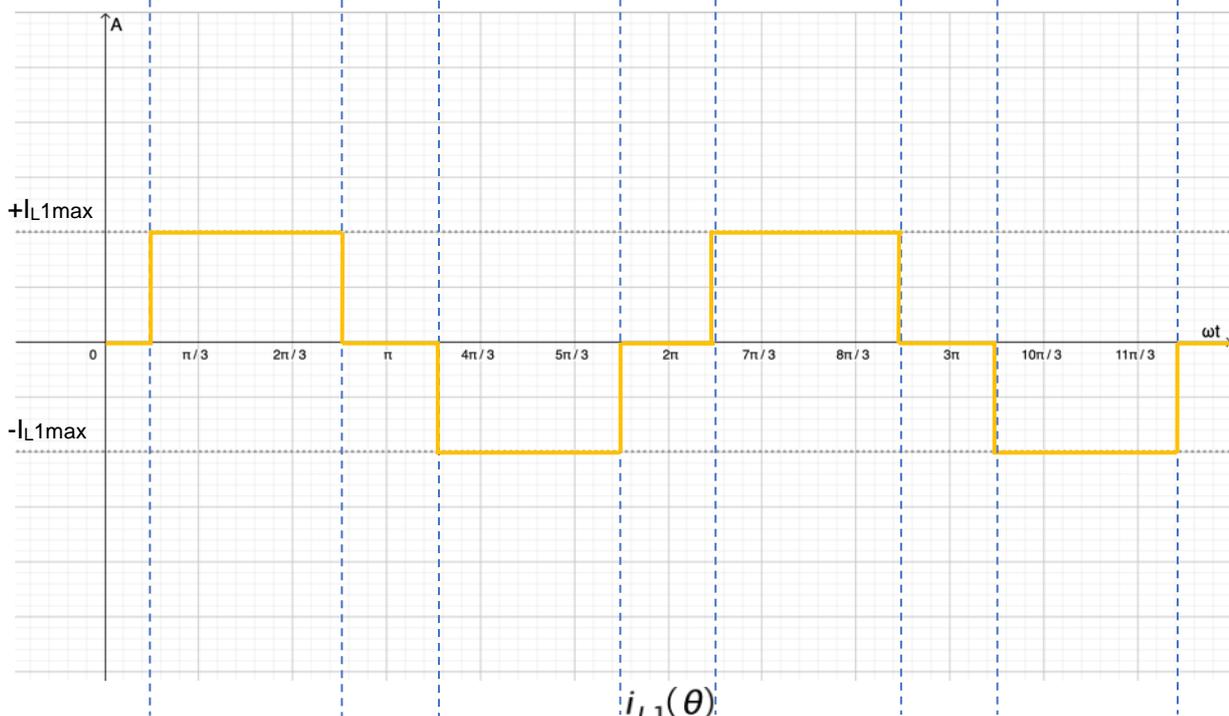
Pour un débit de $34 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} = 9,44 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ et $h_{MT} = 4,05 \text{ m}$ la pompe Xylem courbe 463 convient : $P_n = 1,3 \text{ kW}$, $I_n = 3,6 \text{ A}$, $\cos \varphi = 0,68$

Question 24

DR4 allures de $u_{red}(\theta)$ et $i_{L1}(\theta)$ avec $\theta = \omega \cdot t$



$u_{red}(\theta)$



$i_{L1}(\theta)$

$$U_{red} = \frac{6}{\pi} \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{2}} u_{12} dt = \frac{6}{\pi} \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{2}} 400\sqrt{2} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right) dt = \frac{3 \times 400\sqrt{2}}{\pi} = 540 \text{ V}$$

$$i_{L1max} = \frac{1500}{540} = 2,8 \text{ A}$$

Question 25

DR5 (1/2) harmoniques du courant i_{L1}

Valeur de k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
I_n	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8	I_9	I_{10}	I_{11}	I_{12}	I_{13}	I_{14}
Valeur en A	3,08	0	0,617	0,441	0	0,28	0,237	0	0,182	0,162	0	0,134	0,123	0

Question 26

$$IL1_{RMS} = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_n^2}$$

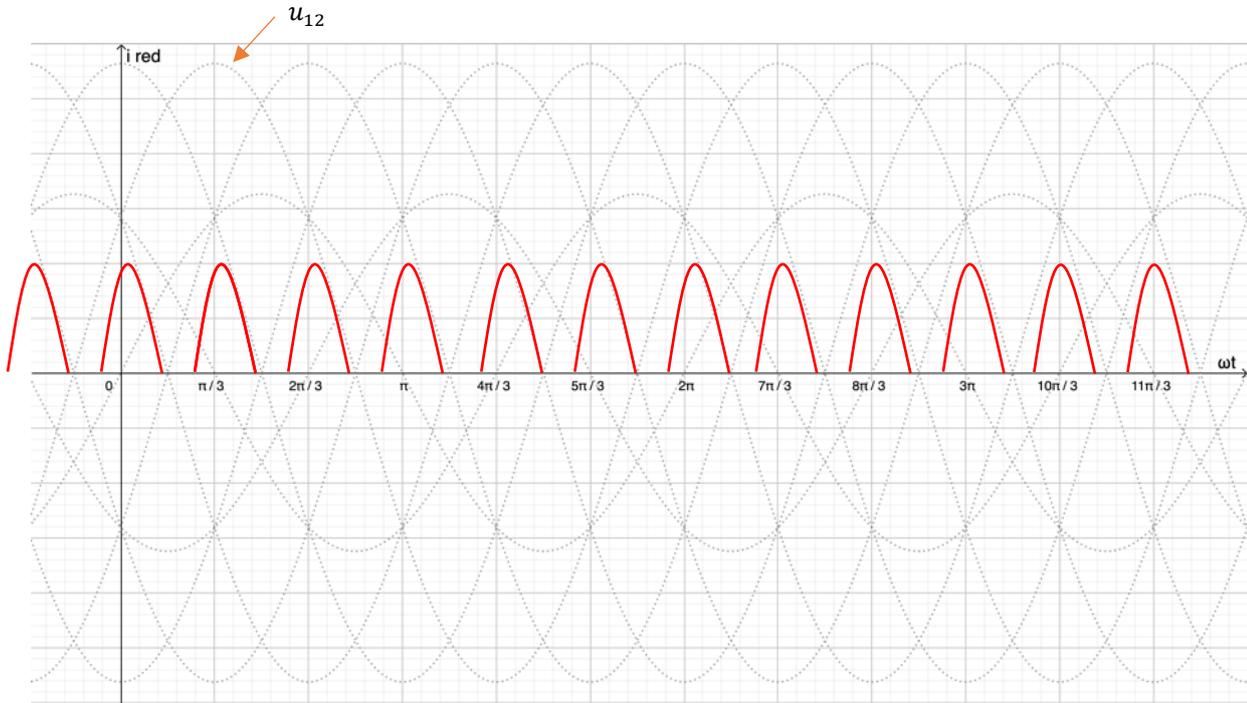
$$THD_i = \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} \left(\frac{I_n}{I_1}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{I_1}\right)^2 [I_2^2 + I_3^2 \dots + I_n^2]} = \sqrt{\left(\frac{1}{I_1}\right)^2 [I_1^2 + I_2^2 \dots + I_n^2]} - 1$$

soit :

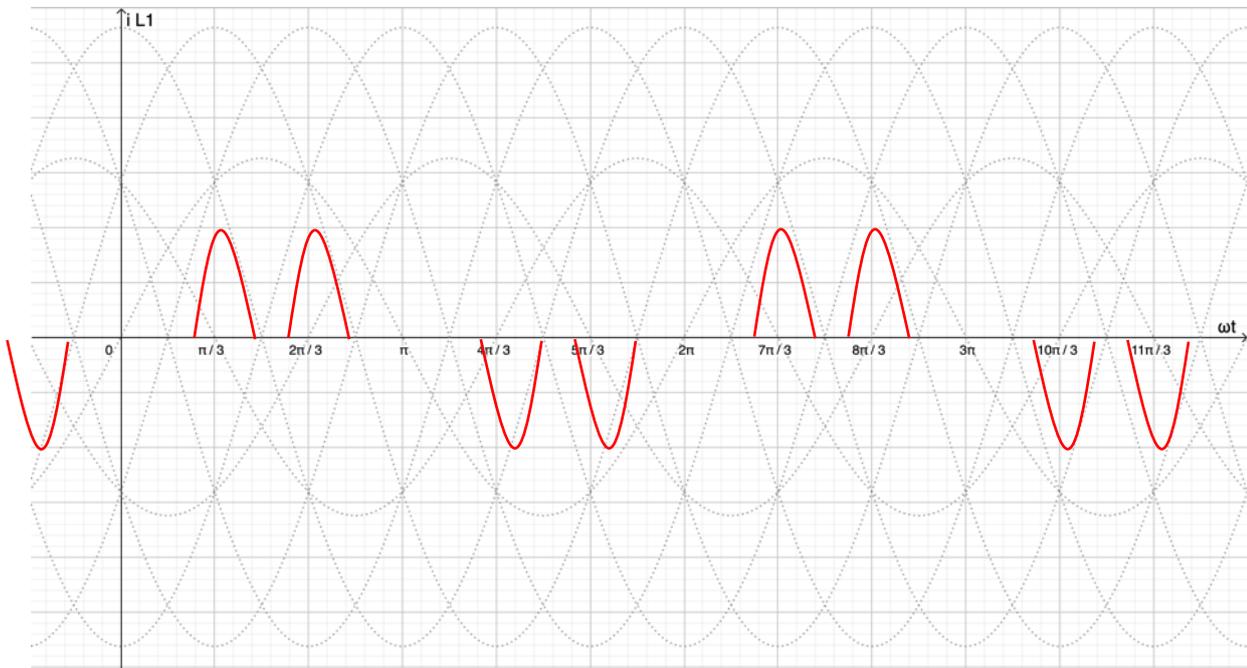
$$THD_i = \sqrt{\left(\frac{IL1_{RMS}}{I_1}\right)^2 - 1}$$

Question 26

DR5 (2/2) forme des courants $i_{red}(\theta)$ et $i_{L1}(\theta)$



$i_{red}(\theta)$



$i_{L1}(\theta)$

Question 27

- ATV 212

$$IL1_{RMS} = 2,88 \text{ A}$$

$$THD_i = 27\%$$

Conforme à la norme CEI/IEC 61000-3-2

- **FC301**

$$IL1_{RMS} = 2,71 A$$

$$THD_i = 51,4\%$$

Également conforme à la norme CEI/IEC 61000-3-2 mais avec un THD_i bien plus élevé.

Le choix se porte sur le variateur ATV212

THD_i trop élevé :

- Perturbation des autres charges connectées aux bornes de la même source de tension ;
- Échauffement du câble de neutre ;
- Disjonctions principales intempestives, dues aux surintensités ;
- Suréchauffement des installations ((transformateur, câbles...)).

Partie D :

Question 28

C'est le même sous réseau pour tous les éléments : 192.168.1.0/24

Le poste peut être inséré dans une plage comprise entre 192.168.1.2/24 et 192.168.1.254 en excluant les adresses déjà prises.

Question 29

Une adresse MAC désigne l'adresse physique d'un élément réseau.

Sur la trame de la figure 24 il est indiqué :

- Adresse MAC Émetteur : 80:c5:f2:05:de:f9
- Adresse MAC Destinataire : 00:0B:48:16:33:77

D'après le DT7 le code MAC soferl est 00:0B:48, qui représente les 3 premiers octets du destinataire. D'après la figure 24 la communication est possible puisque le ping effectué par le PC reçoit une réponse.

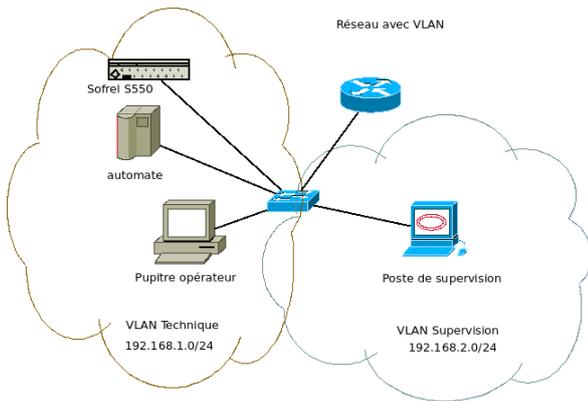
Question 30

Ils ne seront plus dans le même réseau donc il faut changer d'adresse IP.

Un masque en /28 suffit pour avoir 10 postes (14 postes possibles), et le PC de supervision peut par exemple avoir comme adresse 192.168.2.1/28.

Question 31

Il faudra un routeur (ou un switch de niveau 3) pour transmettre les informations d'un sous-réseau à l'autre. Les adresses IP des postes des 2 sous-réseaux ne doivent pas être sur la même adresse réseau.



Remarque : Une seule liaison est possible entre le commutateur et le routeur avec un trunk.

Question 32

L'utilisation d'un numéro de port permet une translation vers une adresse IP du réseau local (PAT).

Le réseau à partir duquel le technicien opère est distant, donc différent de celui où se trouve le PC de supervision et ce ne sera pas la même adresse IP.

Question 33

Le VPN permet d'utiliser un réseau existant en chiffrant les données entre l'émetteur et le destinataire. S'il y a une interception d'une communication vers la station, les mots de passes et données ne seront pas connus.

Question 34

Le mode tunnel car il encapsule aussi la couche IP avec ESP et AH :

- le protocole ° 51, Authentication Header, fournit l'intégrité et l'authentification. AH authentifie les paquets en les signant, ce qui assure l'intégrité de l'information. Une signature unique est créée pour chaque paquet envoyé et empêche que l'information soit modifiée.
- le protocole ° 50, Encapsulating Security Payload, en plus de l'authentification et l'intégrité, fournit également la confidentialité par l'entremise de la cryptographie.

Question 35

L'infrastructure globalement sécurisée et opérationnelle à distance, mais les failles sont toujours possibles en cas d'intrusion physique, de mauvaise opération des techniciens habilités ou d'une infiltration sur le réseau GPRS.

Question 36

Selon l'exigence REQ02, la tension U_{AB} évolue entre 18 mV et 22 mV.

Sachant que G est donné :

$$G = 5 + \frac{200 \times 10^3}{R_G}$$

Avec $R_G = 2,2k\Omega$

$$G = 5 + \frac{200 \times 10^3}{2,2 \times 10^3} = 96$$

Il était demandé une amplification de 100 donc le choix est cohérent.

Après avoir amplifié de 100, V_o évolue entre 1800 mV et 2200 mV.

Question 37

D'après la figure 29 :

$$V_S = \frac{R_0}{R_1}(V_0 - V_1)$$

Pour obtenir une tension minimale de V_0 à 0 :

$$V_1 = 1,8V$$

$$R_0 = R_2 = 1k\Omega$$

Et après application numérique, V_s évolue entre 0V et 0,4V

Question 38

D'après la figure 30 :

$$U_S = \frac{R_0 + R_1}{R_1} V_E$$

Soit

$$\frac{U_S}{V_E} = \frac{R_0 + R_1}{R_1}$$

Avec $R_0 = 24k\Omega$ et $R_1 = 1k\Omega$, l'amplification est de 25 et U_s évoluera entre 0 et 10V.

La plage de valeurs souhaitée (de 0 à 10V) est donc respectée avec ces valeurs de résistances.

Note du jury : Cette question comporte deux erreurs dans le sujet, R_0 et R_1 ayant été inversées sur la figure 30, puis il est noté une résistance R_2 au lieu de R_1 . Le jury en a tenu compte lors de la correction des copies pour ne pénaliser aucun candidat.

Question 39

L'exigence REQ02 indique les valeurs doivent être comprises entre 0 et 16 mg/l avec une précision de $4 \cdot 10^{-3}$.

2 octets représentent 2^{16} valeurs possibles. Pour aller de 0 à 16 mg/l il y a une précision d'environ $2 \cdot 10^{-4}$ mg/l, ce qui est satisfaisant vis-à-vis des $4 \cdot 10^{-3}$ demandés.

Question 40

Le code fonction est FC06 (Write Single Register). D'après la figure 32 la donnée 0000 est envoyée à l'adresse 40004 (la figure 31 indique qu'il s'agit du potentiel redox).

Il y a 66 octets envoyés pour 2 octets utiles. Cela fait un rendement d'environ 3% pour la transmission de cette donnée.

Question 41

Si plusieurs sondes sont mises à jour en même temps, le code fonction FC16 (Write Multiple Registers) est plus adapté car l'encapsulation des 15 données envoyés ne sera faite qu'une seule fois (au lieu de 15 fois dans le cas du code fonction FC06).

La trame de 97 octets dans ce nouveau mode de transmission est justifiée car il est ajouté 14×2 octets pour les données utiles et un compteur de données de 1 octet. Soit 29 octets de plus que la trame présentée en figure 32 qui faisait 66 octets.

Avec 97 octets envoyés pour 28 octets de données utiles, le rendement de la transmission est désormais d'environ 29%, soit un facteur 10 vis-à-vis du code fonction FC06.

Question 42

La figure 33 montre que la classe Supervisor est composée de la classe ModbusTCP. Une composition implique que les durées de vie des instances de ces classes sont liées.

Question 43

Comme le typage est dynamique avec la présence d'un pointeur, il faut instancier un objet modbus dans le constructeur de Supervisor:

```
Supervisor::Supervisor(string IPHote, uint16_t port)
{
    modbus = new ModbusTCP(IPHote, port);
}
```

Question 44

Le diagramme de classe de la figure 33 apprend que la méthode permettant d'écrire (et d'initialiser) des valeurs avec le code fonction FC16 (0x10) est *modbus_write_registers()*.

```
// write multiple regs fonction 0x10

uint16_t write_regs[15] = {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0};
modbus->modbus_write_registers(0, 15, write_regs);
```

Question 45 :

Identifiant Transaction		Identifiant Protocole		Longueur Trame		Num Esclave	Code fonction	Adresse début		Nombre de mot	
0x00	0x0A	0x00	0x00	0x00	0x06	0x01	0x03	0x00	0x04	0x00	0x01

Identifiant transaction : 0x000A (identifiant 10)
 Identifiant protocole : 0x0000 (Modbus TCP)
 Longueur trame : 0x0006 (octets suivants)
 N° esclave : 0x01 (fixé pour un esclave en Modbus TCP)
 Code fonction : 0x03 (lecture de N mots)
 Adresse début : 0x0004 (adresse 2 de la table : redox)
 Nombre de mots : 0x0001 (paramètre codé sur 2 octets, soit 1 mot)

Question 46 :

```
Début
T1 = 0, T2 = 0, T3 = 0, T4 = 0
redox = -100
etat = Marche
Tant que (1) :
    redox = RecupererValeurRedox()
    Selon etat Faire
        Marche :
            T2 ++
            Si redox ≥ SeuilHaut
                etat = Arrêt
                T2 = 0
```

```

    fin si
    Si T2 ≥ SeuilT2
        etat = ArretForce
        T2 = 0
    fin si
    MarcheForcee :
    T1 ++
    Si T1 ≥ SeuilT1
        etat = Arret
        T1 = 0
    finsi
    Arret :
    T4 ++
    Si redox ≤ seuilBas
        etat = Marche
        T4 = 0
    finsi
    Si T4 ≥ SeuilT4
        etat = MarcheForcee
        T4 = 0
    finsi

    ArretForce :
    T3 ++
    Si T3 ≥ SeuilT3
        etat = Marche
        T3 = 0
    finsi

    Fin de selon
    Fin de tant que
    Fin

```

Question 47 :

REQ01 – Assurer un fonctionnement de la station en 2040	Elle est dimensionnée pour répondre aux prévisions de débits et d'équipements, les calculs de la partie A montrent que l'étude effectuée est conforme.
REQ02 – Assurer l'oxygénation	La précision de la valeur est respectée (Q39).
REQ03 – Assurer la circulation des boues	Le variateur choisi est bien dimensionné et respecte les normes en vigueur. Le temps de réponse (REQ03.3) n'est en revanche pas encore assuré car supérieur à 2,5s.
REQ04 – Informer le technicien	Des pupitres et un PC de supervision sont présents en local, ainsi qu'une connexion distante opérationnelle.
REQ05 – Assurer la sécurité informatique	Le système n'est pas infallible, mais avec les VLANs et le VPN les éléments sont en places pour offrir une sécurité convenable.
REQ06 – Assurer le potentiel Redox	La récupération des données capteurs est assurée, ainsi que la régulation en oxygène avec le programme de la machine à état.

D. Commentaires du jury

Le jury rappelle qu'il attend des candidats des compétences transversales permettant de traiter les problèmes dans les domaines assez larges allant de l'énergie aux systèmes d'information. De nombreux candidats ne traitent que partiellement le sujet, se concentrant uniquement sur la ou les parties correspondant à un champ étroit de spécialité. Les parties B et C traitants plus particulièrement de l'électronique de puissance ont été négligées par un grand nombre de candidats.

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 parties 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 ;
- de réaliser des analyses critiques pour les questions de synthèse. Le jury attend que les candidats s'appuient sur les questionnements du sujet, les documents techniques et sur leurs connaissances/expériences personnelles pour les synthétiser et les mettre en perspective.

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 leur sont liées.

PARTIE A :

Objectifs :

- vérifier le dimensionnement du poste de relèvement permettant d'acheminer les eaux usées vers la station d'épuration ;
- valider les dimensions du bassin d'aération, cœur du système à boues activées.

Q1, Q2, Q3, Q5 : Ces questions ont été globalement bien traitées par la majorité des candidats mais il est dommage que des candidats fassent des erreurs sur le calcul du volume du cylindre.

Q4 : L'homogénéité des unités permet de vérifier que la formule donnée est juste. Si de nombreux candidats ont correctement traité cette question, il est regrettable qu'une autre partie l'ai ignorée ou traitée partiellement.

PARTIE B :

Objectif : déterminer l'apport nécessaire en oxygène permettant une épuration biologique répondant aux normes de rejets et s'assurer que le procédé d'aération choisi est correctement dimensionné.

Q8 à Q13 : Trop peu de candidats connaissent le modèle équivalent du moteur asynchrone triphasé. Le diagramme de Fresnel n'est pas maîtrisé par beaucoup ce qui engendre des erreurs sur le calcul des courants demandés.

Q14 : Très peu de candidats savent résoudre une équation différentielle de premier ordre quand l'équation est correctement posée ce qui fut rare.

Q15 et Q16 : La forme de signaux issus d'un gradateur ainsi que les limites de fonctionnement sont ignorés par la majorité des candidats.

Cette partie a été trop peu traitée par l'ensemble des candidats. Cela montre un appauvrissement des connaissances des candidats en électronique de puissance qui est une partie importante de l'enseignement en ingénierie électrique.

PARTIE C :

Objectif : étudier deux solutions technologiques permettant de faire varier le débit de recirculation des boues (par commande de vanne ou pompe à débit variable).

Q18 à Q23 : La partie asservissement a été traitée par l'ensemble des candidats avec des grandes disparités ; des candidats ignorent encore les effets et les rôles des différents correcteurs, ou ne savent pas déterminer un gain.

Q24 à Q27 : Tout comme la partie B la partie électronique de puissance a été très largement ignorée ; il s'agissait pourtant de signaux issus d'un redresseur (partie d'un variateur de vitesse pour MAS) ; les calculs d'harmoniques sont très mal maîtrisés par les candidats.

Même remarque générale que la partie B sur les connaissances en électronique de puissance des candidats. Il est indispensable de renforcer ces compétences en vue d'une agrégation en ingénierie électrique.

PARTIE D :

Objectifs :

- vérifier que la communication des données soit assurée pour récupérer les valeurs des capteurs et les traiter et assurer une supervision du système, y compris à distance ;
- valider les choix faits pour assurer la sécurité du réseau informatique et des données qui vont y circuler.

Q28 à Q33 : Il fallait valider le réseau existant et se projeter sur des solutions permettant à la fois de le sécuriser et de permettre un accès à distance.

Ces questions ont été globalement bien traitées, mais manquaient parfois d'éléments pour justifier complètement certaines réponses. Par exemple, lorsqu'une adresse IP d'un constituant du réseau est choisie, préciser une plage d'adresse possible ainsi que les exclusions éventuelles est nécessaire.

Q34 à Q39 : Cette partie, concernant le domaine de l'électronique analogique, consistait à étudier une solution technique permettant d'adapter une plage de tension pour assurer la communication entre le capteur et l'automate. La majorité des candidats ont traité ces questions, parfois partiellement. Le jury regrette que certains candidats, dont les résultats initiaux sont justes, oublient de conclure en omettant par exemple de redonner la plage de tension en sortie du montage électronique qu'ils viennent de traiter.

Q40, Q41 : Ces questions portaient sur la communication Modbus TCP avec une analyse de trame. Elles ont été traitées de façon très partielle, si le code fonction FC06 a été identifié par une majorité de candidat, le calcul du rendement a souvent été laissé de côté. De même en question 41 où si les raisons d'un nouveau code fonction sont bien identifiées, le gain effectif entre les deux solutions n'a pas été souvent donné.

Q42 à Q44 : Ces questions portaient sur le codage de la partie communication Modbus TCP en s'appuyant sur du C++. La composition entre deux classes est méconnue de la majorité des candidats, tout comme les éléments permettant d'instancier un objet.

Q45 : Très peu de candidats ont complété la trame Modbus TCP permettant la lecture les informations sur le potentiel redox alors qu'une partie de la question pouvait se faire en analysant la documentation fournie.

Q46 : Une machine à état était proposée pour réguler l'oxygénation. Très peu de candidats ont abordé cette question.

PARTIE E :

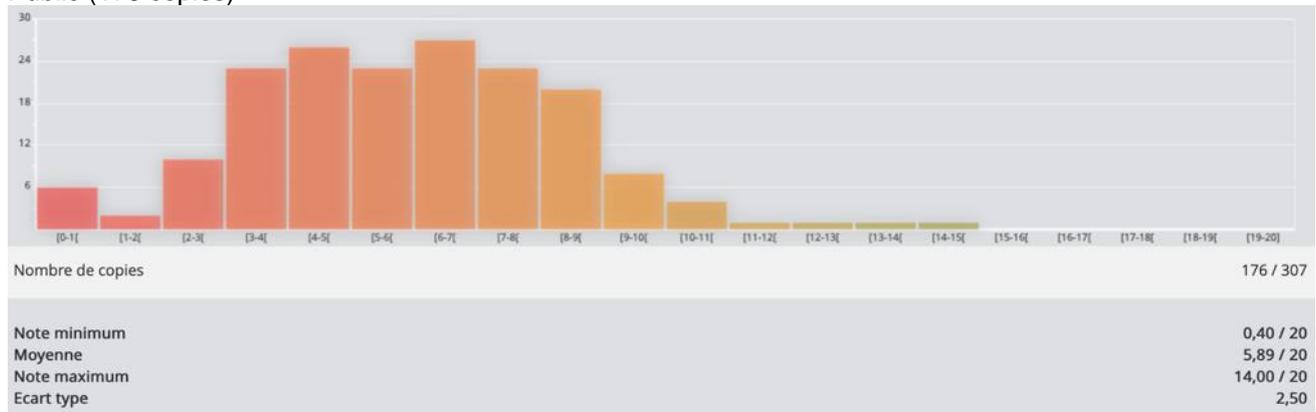
L'objectif de cette partie est de vérifier que l'ensemble des choix technologiques permet une bonne gestion de la station d'épuration.

Q47 : Cette question de synthèse est restée non traitée par de nombreux candidats. Il est dommage de ne pas conclure en faisant le bilan des problématiques dressées lors des différentes parties. En revanche le jury a apprécié lorsque les candidats ont prouvé avec des résultats que les exigences étaient validées ou non, ne se contentant pas d'une énumération superficielle.

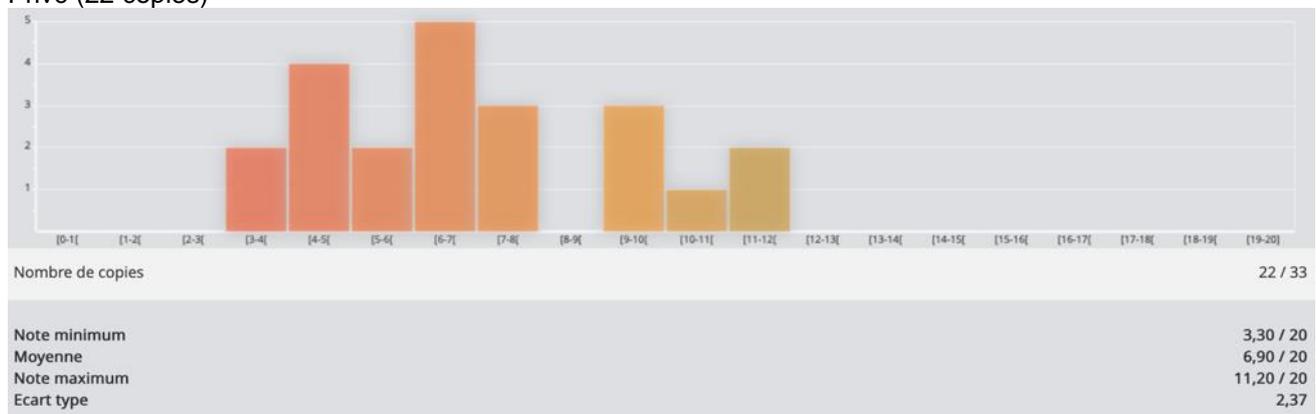
E. Résultats

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

Public (176 copies)



Privé (22 copies)



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 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 2023

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 acquises : 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 de terrain ;
- 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.

Une préparation préalable est indispensable dans les domaines suivants :

- connaissance des langages de programmation (Python, C) ;
- utilisation des matériels de laboratoire (oscilloscope numérique, GBF, analyseur de spectre) ;
- connaissance des réseaux informatiques et des bus de communication (I2C, UART, SPI, CAN) ;
- compétences techniques générales dans le domaine du numérique (développement logiciel...).

Le jury regrette fortement que certains candidats ne sachent pas utiliser des fonctions usuelles de l'oscilloscope (synchronisation, mode AC/DC, déclenchement mono-coup...). De plus passer cette agrégation nécessite la maîtrise d'un langage de programmation (définition des variables, définition et appel des fonctions,...) et des outils de débogage.

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 se limitent à une description sommaire des activités

expérimentales conduites en amont alors qu'il est attendu qu'ils transfèrent ces différentes activités vers une application pédagogique au niveau imposé dans le sujet.

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	16	5
Note maximale	18	15
Note minimale	4	4
Moyenne	10,31	9,8
Écart-type	3,76	3,96

Épreuve d'admission de soutenance d'un dossier industriel

A. Présentation de l'épreuve

Texte de référence : <https://www.devenirensignant.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 jury cinq jours francs avant le début des épreuves d'admission.

B. Commentaires du jury

L'épreuve a pour objectif de vérifier que le candidat est capable de rechercher les supports de son enseignement dans le milieu économique et industriel et d'en extraire des exploitations pédagogiques pertinentes pour son enseignement. 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. 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, mais il peut transmettre la totalité des documents en annexe sous format numérique. Une arborescence cohérente et explicite des différents fichiers rendus est appréciée par le jury.
- 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 ; les fichiers de simulation sont également à transmettre sur le support numérique inclus dans le dossier ;
 - 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.

L'exposé et l'entretien permettent d'apprécier l'authenticité et l'actualité des problématiques choisies par le candidat, la capacité de ce dernier à en faire une présentation construite et claire, à mettre en évidence les questionnements qu'elles suscitent et à en dégager les points remarquables et caractéristiques de l'option choisie. Ils permettent également au candidat de mettre en valeur l'analyse scientifique et technologique développée ainsi que l'exploitation pédagogique envisagée.

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 ;
- la qualité du dossier élaboré par le candidat.

• **Remarques concernant la session 2023**

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.

C. Résultats

	Public	Privé
Nb candidats présents	16	5
Note maximale	17	14,5
Note minimale	2,5	2,5
Moyenne	9,94	8,1
Écart-type	4,79	5,04