

# **AGREGATION CONCOURS INTERNE**

## **SECTION : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGENIEUR**

### **Option : sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie électrique**

**Session 2018**

# Sommaire

<b>Modalités du concours</b>	<b>p. 3</b>
Données quantitatives	p. 6
<b>EPREUVES D'ADMISSIBILITE</b>	<b>p. 8</b>
Remarques d'ordre général	p. 8
<b>Epreuve 1 : analyse et exploitation pédagogique d'un système pluri-technique</b>	<b>p. 9</b>
A - Eléments de correction	p. 9
B - Commentaires du jury	p. 17
<b>Epreuve 2 : étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation</b>	<b>p. 20</b>
A - Eléments de correction	p. 20
B - Commentaires du jury	p. 29
<b>EPREUVES D'ADMISSION</b>	<b>p. 31</b>
<b>Epreuve 1 : activité pratique et exploitation pédagogique d'un système pluri-technique</b>	<b>p. 31</b>
Remarques concernant la session 2018	p. 32
<b>Epreuve 2 : épreuve sur dossier</b>	<b>p. 34</b>
Remarques concernant la session 2018	p. 36

# MODALITÉS DU CONCOURS DE L'AGRÉGATION INTERNE

**Arrêtés du 25 novembre 2011, du 25 juin 2015 et du 19 avril 2016 modifiant l'arrêté du 28 décembre 2009 fixant les sections et les modalités d'organisation des concours de l'agrégation**

## **Section sciences industrielles de l'ingénieur**

L'agrégation interne de sciences industrielles de l'ingénieur comprend quatre options :

- option sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie mécanique ;
- option sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie électrique ;
- option sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie des constructions ;
- option sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie informatique.

Le choix est formulé au moment de l'inscription. Les candidats font l'objet d'un classement distinct selon l'option choisie. Un jury est institué pour chacune des options.

## **A – Épreuves écrites d'admissibilité**

1°- Épreuve « analyse et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique ».

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 pluritechnique.

Elle permet également de vérifier que le candidat est capable d'élaborer tout ou partie de l'organisation d'une séquence pédagogique, relative à l'enseignement de technologie du collège ou aux enseignements technologiques du cycle terminal « sciences et technologies de l'industrie et du développement durable (STI2D) » ou aux sciences de l'ingénieur de la voie scientifique du lycée, ainsi que les documents techniques et pédagogiques associés (documents professeurs, documents fournis aux élèves, éléments d'évaluation).

Durée de l'épreuve : cinq heures ; coefficient 2.

2°- Épreuve « étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation ».

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.

Durée de l'épreuve : quatre heures ; coefficient 1.

## B – Épreuves d'admission

1° - Épreuve « activité pratique et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique ».

Pour certaines options, le candidat détermine, au moment de l'inscription, un domaine d'activité parmi ceux qui lui sont proposés :

- “conception des systèmes mécaniques“ ou “industrialisation des systèmes mécaniques” pour l'option sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie mécanique ;
- “systèmes d'information” ou “gestion de l'énergie” pour l'option sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie électrique ;
- “constructions” ou “énergétique” pour l'option sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie des constructions.

Durée totale : six heures (activités pratiques : quatre heures ; préparation de l'exposé : une heure ; exposé : trente minutes maximum ; entretien : trente minutes maximum) ; 10 points sont attribués à la première partie liée aux activités pratiques et 10 points à la seconde partie liée à la leçon ; coefficient 2.

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 technologiques de spécialité du cycle terminal “sciences et technologies de l'industrie et du développement durable (STI2D)” du lycée et 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 à préciser plus particulièrement 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.

2° - Épreuve sur dossier.

Durée de la préparation : une heure ; durée totale de l'épreuve : une heure (exposé : trente minutes maximum ; entretien : trente minutes 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 (présentation n'excédant pas trente minutes ; entretien avec le jury : trente minutes au maximum).

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 collège ou en lycée. 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 en collège ou en lycée.

Pendant l'entretien, le jury conduit des investigations destinées à préciser certains points du dossier et à vérifier que celui-ci résulte bien d'un travail personnel du candidat. 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.

# Agrégation interne de sciences industrielles de l'ingénieur option sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie électrique

## DONNÉES QUANTITATIVES – SESSION 2018

Nombre de postes :	6
Nombre de candidats inscrits :	366
Nombre de candidats présents à l'épreuve N°1 d'admissibilité :	193
Nombre de candidats présents à l'épreuve N°2 d'admissibilité :	191
Nombre de candidats admissibles :	20
Nombre de candidats admis :	6
Moyenne des candidats admissibles :	10,75
Moyenne du dernier admis :	11,63
Nombre d'admis option GE :	5
Nombre d'admis option SI :	1

# Concours d'accès à l'échelle de rémunération des professeurs agrégés.

## DONNÉES QUANTITATIVES – SESSION 2018

Nombre de postes :	2
Nombre de candidats inscrits :	66
Nombre de candidats présents à l'épreuve N°1 d'admissibilité :	31
Nombre de candidats présents à l'épreuve N°2 d'admissibilité :	30
Nombre de candidats admissibles :	4
Nombre de candidats admissibles présents aux deux épreuves d'admission :	4
Nombre de candidats admis :	2
Moyenne des candidats admissibles :	9,46
Moyenne du dernier candidat admis :	9,88
Nombre d'admis option GE :	2
Nombre d'admis option SI :	0

# Épreuves d'admissibilité

## Remarques d'ordre général concernant les deux épreuves d'admissibilité :

- les questions doivent être lues attentivement afin de n'oublier aucune des réponses attendues ;
- les copies doivent être soignées (écriture lisible, orthographe, présentation claire des résultats) ;
- les notations de l'énoncé doivent être impérativement respectées ;
- les réponses doivent être données sous formes littérales, puis chaque grandeur doit être remplacée par sa valeur numérique en respect de sa position dans la relation de départ avant de donner le résultat numérique avec unité.

# Épreuves écrites d'admissibilité

## Epreuve 1 : analyse et exploitation pédagogique d'un système pluri-technique

*Durée : 5 heures ; coefficient 2.*

### A) Éléments de correction

#### Partie 1 : Étude du besoin et du contexte

##### Question 1 :

Le procédé consiste à mouler des formes en béton dans un coffrage.

Le coffrage doit être positionné à l'endroit où l'ouvrage en béton sera construit, fermé, éventuellement soutenu mécaniquement (contreventement, fermeture du coffrage).

##### Question 2 :

	Solutions traditionnelles	Procédé XtreeE
Volumes simples et pleins (cylindres, plans...)	Facilement réalisable	Réalisable en deux étapes : impression du coffrage en béton puis coulage du volume
Volumes complexes	Difficile voire impossible à réaliser	Réalisable
Volumes creux	Impossible sur des pièces de formes complexes	Réalisable
Rapidité d'exécution	Dépend de la forme	Elevée
Résistance mécanique de l'ouvrage	Bonne	Elevée
Performance thermique de l'ouvrage	Réduite	Bonne
Coût estimé de l'ouvrage produit	Elevé car main d'œuvre importante et qualifiée	Réduit car peu de main d'œuvre

**Tableau 1 – Comparatif des solutions de réalisation d'ouvrage en béton**

##### Question 3 :

F12 : énergie ;

F15 : informations

F16 : matière ;

F17 : matière.

##### Question 4 :

Les exigences 1.2.2. et 1.1.1. semblent contradictoires car le matériau doit être suffisamment « mou » pour être pompé, mais il doit également être très rapidement rigide pour ne pas s'affaisser sous son propre poids.

**Question 5 :**

On observe que ce matériau se comporte au repos comme un solide, puisqu'il faut dépasser un seuil de contrainte appelé seuil de viscosité pour que ce matériau se mette en mouvement. Passé ce seuil le béton aura un comportement fluide induisant, lors de sa mise en mouvement, des frottements fluide/fluide et fluide/solide. La conséquence de ce comportement est que le béton pourra garder une forme et rester au repos si la contrainte de cisaillement ne dépasse pas le seuil de viscosité ; au-delà de cette valeur, le béton s'écoulera comme un fluide de manière à libérer les contraintes qui lui sont imposées.

**Question 6 :**

A la limite :

$$\tau_0 = \rho_b \cdot g \cdot H \cdot \cos\alpha \cdot \sin\alpha \cdot \left( \cos\theta + 6 \cdot \frac{H}{w} \cdot \sin\theta \right)$$

Dans le cas particulier que l'on étudie ;  $\cos\theta = \sin\theta = \frac{\sqrt{2}}{2}$

$$\tau_0 = \rho_b \cdot g \cdot H \cdot \cos\alpha \cdot \sin\alpha \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \left( 1 + 6 \cdot \frac{H}{w} \right)$$

La valeur maximale de la fonction en sin et cos $\alpha$ , est atteinte pour :  $\alpha = 45^\circ$  modulo  $\pi$  ;

Soit :

$$\tau_0 = 2380 \times 9,81 \times H \times \left( \frac{\sqrt{2}}{2} \right)^3 \times \left( 1 + 6 \times \frac{H}{0,02} \right)$$

$$H = \frac{\sqrt{1 + 4 \times \frac{\tau_0}{8254,7} \times \frac{6}{0,02}} - 1}{2 \times \frac{6}{0,02}} = 0,0063 \text{ m}$$

**Question 7 :**

Les caractéristiques du béton sans additif ne permettent pas d'imprimer plus de 6 mm de cordon avec un angle de  $45^\circ$ .

Par ailleurs une succession de couches ne pourrait se maintenir sans accélérateur de prise.

Sans additif modifiant la rhéologie du béton au moment de sa dépose et sans accélérateur de prise, l'exigence 1.4.1. n'est pas vérifiée.

**Partie 2 : Étude d'un ouvrage imprimé par le procédé****Question 8 :**

La simulation du poteau d'Aix donne pour un effort normal de 0,7 MN, un béton de module de Young de 11 000 MPa, une contrainte maximale de Von Mises de 24 MPa et un déplacement vertical maximal estimé à 7,5 mm. Le calcul réglementaire classique sur un poteau cylindrique donne avec les données du sujet :

$$\text{Section du poteau : } S = \pi \times \left( \frac{200}{2} \right)^2 = 31415 \text{ mm}^2$$

$$\text{Hauteur du poteau : } H = 3,00 \text{ m}$$

$$\text{Contrainte maximale de compression : } \sigma = \frac{N}{S} = \frac{0,7 \cdot 10^6}{31415} = 22,28 \text{ MPa}$$

$$\text{Après 60 jours, Module de Young instantané : } E_{ij} = 11000 \times (1,1 \times 25)^{1/3} = 33\,202 \text{ MPa}$$

$$\text{Après 60 jours, Module de Young différé : } E_{vj} = 3700 \times (1,1 \times 25)^{1/3} = 11\,168 \text{ MPa}$$

$$\text{Déformation instantanée du poteau : } dHi \quad \text{avec (loi de Hooke) : } \varepsilon_i = \frac{dHi}{H} = \frac{\sigma}{E_{ij}} \quad \text{soit : } dHi = \frac{\sigma}{E_{ij}} \times H$$

Ce qui donne :  $dHi = \frac{22.28}{33202} \cdot 3,00 = 2mm$

Et déformation différée dHd :  $dHd = 6 mm$

La déformation totale du poteau cylindrique est de 8 mm alors qu'elle est de 7,6 mm sur la simulation. Ceci dit, le paramétrage de la simulation avec un module d'élasticité de 11 000 MPa est trop faible (3 fois plus faible que les 32 000 MPa d'un béton courant de 25 MPa de résistance).

### Question 9 :

Le problème dispose de nombreuses symétries et périodicités :

- symétrie par rapport aux plans xoz et yoz ;
- symétrie par rapport aux plans verticaux passant par les droites  $y = x$  et  $y = -x$  ;
- période d'une longueur d'onde  $L$ , selon les directions  $[Ox]$  et  $[Oy]$ .

La détermination de la résistance thermique de conduction au travers d'un huitième de « dôme » doit nous permettre de déterminer la résistance globale de l'âme.

### Question 10 :

Cela veut dire que le flux échangé en surface du dôme est nul : pas d'échange convectif, ou radiatif en surface. Ce flux est donc intégralement transmis du haut du dôme vers sa base.

### Question 11 :

La conduction est régie par la loi de Fourier et en régime permanent établi, on a :

$$\overrightarrow{\varphi}(r, \theta) = -\lambda \cdot \overrightarrow{\text{grad}}(T(r, \theta))$$

Les isothermes étant perpendiculaires à la courbe  $C$  :

- Le flux de chaleur est porté par le vecteur  $\vec{t}$  tangent à la courbe  $C$  ;
- Le gradient est lui aussi porté par le vecteur  $\vec{t}$  .

En basculant en coordonnées curvilignes, on peut donc écrire la loi de Fourier :

$$\varphi(s) \cdot \vec{t} = -\lambda \cdot \frac{d}{ds} T(s) \cdot \vec{t}$$

Et par projection dans le repère local de Frenet on a :

$$\varphi(s) = -\lambda \cdot \frac{d}{ds} T(s)$$

La géométrie étudiée ne dépendant que de  $r$ , ou de  $s$ , et par symétrie axiale, on a donc :

$$\frac{\emptyset}{2 \cdot \pi \cdot w \cdot r} = -\lambda \cdot \frac{d}{ds} T(s)$$

Par ailleurs on peut noter que pour tout  $s$  :

$$ds^2 = dr^2 + dz^2$$

Et pour tout  $r$  :

$$\frac{dz}{dr} = \frac{A \cdot \pi}{L} \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot r}{L}\right)$$

Il vient donc :

$$ds = dr \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{A \cdot \pi}{L} \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot r}{L}\right)\right)^2}$$

On en déduit alors :

$$dT(r) = - \frac{\phi}{2 \cdot \pi \cdot w \cdot \lambda} \cdot \frac{\sqrt{1 + \left( \frac{A \cdot \pi}{L} \cdot \sin \left( \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{L} \right) \right)^2}}{r} \cdot dr$$

Et l'expression recherchée :

$$\Delta T = T(r=\rho) - T \left( r = \frac{L}{4} \right) = \frac{\phi}{2 \cdot \pi \cdot w \cdot \lambda} \cdot \int_{r=\rho}^{\frac{L}{4}} \frac{\sqrt{1 + \left( \frac{\pi \cdot A}{L} \cdot \sin \left( \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{L} \right) \right)^2}}{r} \cdot dr$$

### Question 12 :

La résistance globale d'un dôme est :

$$R_{th} = \frac{\Delta T}{\phi} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot w \cdot \lambda} \cdot I$$

$$R_{th} = \frac{1}{2 \cdot \pi \times 0,02 \times 1} \times 2,21 = 17,58 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$$

Pour une surface carrée de murs de côté :

$$c = \frac{L}{\sqrt{2}}$$

La résistance thermique correspondant à celle de deux dômes montés en série apparaît. On en déduit donc la résistance thermique surfacique de conduction de l'âme du mur :

$$R_{s_{\text{âme}}} = \frac{L^2}{2} \cdot 2 \cdot R_{th}$$

$$R_{s_{\text{âme}}} = 0,272^2 \cdot 17,58 = 1,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$$

### Question 13 :

On observe ici que la résistance de la forme « boîte à œuf » est 35 % plus grande que la forme traditionnelle pour la même quantité de matière mise en œuvre. Dans le cadre des hypothèses réalisées, on peut en conclure que la forme complexe « boîte à œuf » apporte une amélioration de la construction d'un point de vue thermique par rapport à une solution « traditionnelle ».

## Partie 3 : Étude du procédé d'impression XtreeE

### Question 14 :

L'exigence 1.4.1. nous permet de déduire la vitesse maximale de déplacement que doit observer la tête d'injection. En effet, pour réaliser un cordon de 500 m de longueur et faire en sorte que le temps de recouvrement soit inférieur à 5 minutes, la vitesse doit être de 100 m·min<sup>-1</sup>.

### Question 15 :

L'exigence 1.4.2. explicite que le cordon peut avoir une épaisseur allant jusqu'à 10 mm, la largeur allant jusqu'à 40 mm on en déduit le débit maximum :

$$Q_v = 100 \times 0,01 \times 0,04 = 40 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}.$$

### Question 16 : (erreur sur le sujet : rayon exprimé en mm et non en m)

Le débit volume qu'il est prévu d'injecter se calcule comme suit :

$$Q_v = \frac{0,02 \times 0,005 \times 40}{60} = 6,67 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

La perte de charge de la conduite sera donc :

$$J = 2 \times \left( \frac{8 \times 10}{\pi \cdot 0,02^4} \times 6,67 \cdot 10^{-5} + \frac{8}{3} \cdot \frac{160}{0,02} \right) \times 20 = 12,78 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

L'application du théorème de Bernoulli généralisé à la conduite étudiée donne :

$$P_{\text{tête}} + J + \rho_b \cdot g \cdot H = P_{\text{pompe}}$$

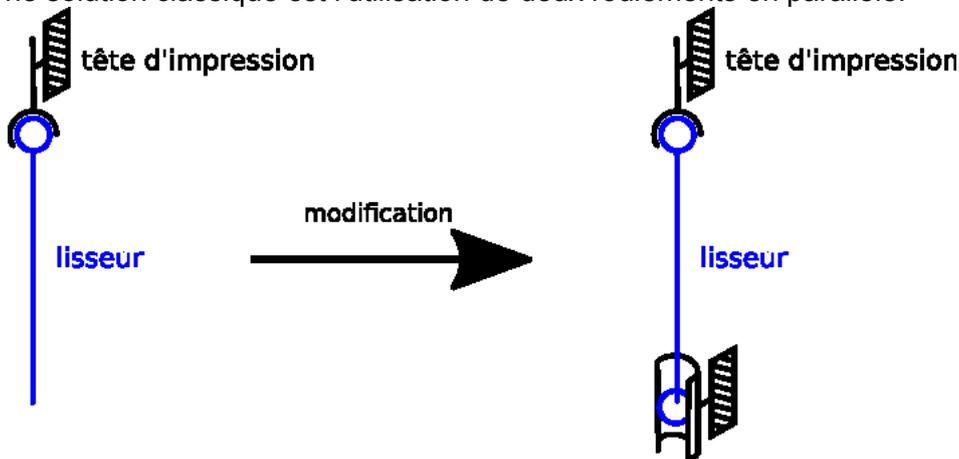
Soit :

$$P_{\text{pompe}} = 20\,000 + 12,78 \cdot 10^5 + 2310 \times 9,81 \times 4 = 13,88 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 13,88 \text{ bars}$$

La pompe proposée sera donc capable de transporter le béton puisque la pression apportée par la pompe est supérieure aux 13,88 bars nécessaires.

**Question 17 :**

Les défauts en dent de scie apparaissent en raison du rotulage dû à la présence d'un seul roulement. Une solution classique est l'utilisation de deux roulements en parallèle.



(remarque : les engrenages ne sont pas représentés sur cette figure)

**Question 18 :**

$$N = \frac{2^{16}}{360} \simeq 182 \text{ tours}$$

**Question 19 :**

182 < 10000 donc le critère limitant est le nombre de bits de codage de la baie de contrôle. Cela peut provoquer un surplus de matière qui peut nuire à l'esthétique de la pièce imprimée.

**Question 20 :**

$$\begin{aligned} \vec{V}_{A,1/0} &= a\dot{\theta}_1 \cdot \vec{y}_1 \\ \vec{V}_{G_2,2/0} &= a\dot{\theta}_1 \cdot \vec{y}_1 + b(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2) \vec{y}_2 \\ \vec{a}_{A,1/0} &= a\ddot{\theta}_1 \cdot \vec{y}_1 - a\dot{\theta}_1^2 \cdot \vec{x}_1 \\ \vec{a}_{G_2,2/0} &= a\ddot{\theta}_1 \cdot \vec{y}_1 - a\dot{\theta}_1^2 \cdot \vec{x}_1 + b(\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2) \vec{y}_2 - b(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2)^2 \vec{x}_2 \end{aligned}$$

**Question 21 :**

Le couple moteur noté  $C_m$  devient  $-0,9 C_m$  en sortie de l'engrenage (rendement de 0,9 et rapport de réduction de  $-1$ ). Le couple exercé par l'engrenage fixé sur la tête d'impression (appartenant à l'ensemble (1)) sur le lisseur (2) est donc égal à  $0,9 C_m$ .

On isole le lisseur (2). Équation du moment dynamique suivant l'axe  $(A, \vec{z})$  :

$$0,9 C_m + C_r = \overrightarrow{\delta_{A,2/0}} \cdot \vec{z}$$

**Question 22 :**

$$\overrightarrow{R_d}(2/0) = m_2 \overrightarrow{a_{G_2,2/0}} = m_2 [a\ddot{\theta}_1 \cdot \overrightarrow{y_1} - a\dot{\theta}_1^2 \cdot \overrightarrow{x_1} + b(\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2) \overrightarrow{y_2} - b(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2)^2 \overrightarrow{x_2}]$$

Le plan  $(A, \overrightarrow{x_2}, \overrightarrow{z_2})$  est plan de symétrie du lisseur (2) (hypothèse), donc les termes  $D_2$  et  $F_2$  sont nuls.

$$\overrightarrow{\sigma_{A,2/0}} = I(A,2) \overrightarrow{\Omega_{2/0}} + m_2 \overrightarrow{AG_2} \wedge \overrightarrow{V_{A,2/0}} = \begin{bmatrix} A_2 & 0 & -E_2 \\ 0 & B_2 & 0 \\ -E_2 & 0 & C_2 \end{bmatrix}_{B_2} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2 \end{bmatrix}_{B_2} + m_2 \begin{bmatrix} b \\ 0 \\ h_2 \end{bmatrix}_{B_2} \wedge \begin{bmatrix} a\dot{\theta}_1 \sin \theta_2 \\ a\dot{\theta}_1 \cos \theta_2 \\ 0 \end{bmatrix}_{B_2}$$

$$\overrightarrow{\sigma_{A,2/0}} = \begin{bmatrix} -E_2(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2) - m_2 h_2 a \dot{\theta}_1 \cos \theta_2 \\ m_2 h_2 a \dot{\theta}_1 \sin \theta_2 \\ C_2(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2) + m_2 b a \dot{\theta}_1 \cos \theta_2 \end{bmatrix}_{B_2}$$

$$\overrightarrow{\delta_{A,2/0}} = \left( \frac{d\overrightarrow{\sigma_{A,2/0}}}{dt} \right)_{R_0} + \overrightarrow{V_{A/0}} \wedge m \overrightarrow{V_{G_2,2/R_0}}$$

$$\begin{aligned} \left( \frac{d\overrightarrow{\sigma_{A,2/0}}}{dt} \right)_{R_0} &= \left( \frac{d\overrightarrow{\sigma_{A,2/0}}}{dt} \right)_{R_2} + \overrightarrow{\Omega_{2/0}} \wedge \overrightarrow{\sigma_{A,2/0}} \\ &= \begin{bmatrix} -E_2(\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2) - m_2 h_2 a \ddot{\theta}_1 \cos \theta_2 + m_2 h_2 a \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 \sin \theta_2 \\ m_2 h_2 a \ddot{\theta}_1 \sin \theta_2 + m_2 h_2 a \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 \cos \theta_2 \\ C_2(\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2) + m_2 b a \ddot{\theta}_1 \cos \theta_2 - m_2 b a \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 \sin \theta_2 \end{bmatrix}_{B_2} \\ &+ \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2 \end{bmatrix}_{B_2} \wedge \begin{bmatrix} -E_2(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2) - m_2 h_2 a \dot{\theta}_1 \cos \theta_2 \\ m_2 h_2 a \dot{\theta}_1 \sin \theta_2 \\ C_2(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2) + m_2 b a \dot{\theta}_1 \cos \theta_2 \end{bmatrix}_{B_2} \\ &= \begin{bmatrix} -E_2(\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2) - m_2 h_2 a \ddot{\theta}_1 \cos \theta_2 + m_2 h_2 a \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 \sin \theta_2 \\ m_2 h_2 a \ddot{\theta}_1 \sin \theta_2 + m_2 h_2 a \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 \cos \theta_2 \\ C_2(\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2) + m_2 b a \ddot{\theta}_1 \cos \theta_2 - m_2 b a \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 \sin \theta_2 \end{bmatrix}_{B_2} + \begin{bmatrix} -m_2(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2) h_2 a \dot{\theta}_1 \sin \theta_2 \\ -E_2(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2)^2 - m_2 h_2 a \dot{\theta}_1 \cos \theta_2 (\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2) \\ 0 \end{bmatrix}_{B_2} \end{aligned}$$

$$\overrightarrow{V_{A/0}} \wedge m_2 \overrightarrow{V_{G_2,2/R_0}} = \begin{bmatrix} 0 \\ a\dot{\theta}_1 \\ 0 \end{bmatrix}_{B_1} \wedge m_2 \begin{bmatrix} -\sin \theta_2 b (\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2) \\ a\dot{\theta}_1 + \cos \theta_2 b (\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2) \\ 0 \end{bmatrix}_{B_1} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ m_2 a \dot{\theta}_1 \sin \theta_2 b (\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2) \end{bmatrix}_{B_2}$$

Donc :

$$\overrightarrow{\delta_{A,2/0}} = \begin{bmatrix} -E_2(\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2) - m_2 h_2 a \ddot{\theta}_1 \cos \theta_2 + m_2 h_2 a \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 \sin \theta_2 - m_2(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2) h_2 a \dot{\theta}_1 \sin \theta_2 \\ m_2 h_2 a \ddot{\theta}_1 \sin \theta_2 + m_2 h_2 a \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 \cos \theta_2 - E_2(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2)^2 - m_2 h_2 a \dot{\theta}_1 \cos \theta_2 (\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2) \\ C_2(\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2) + m_2 b a \ddot{\theta}_1 \cos \theta_2 - m_2 b a \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 \sin \theta_2 + m_2 a \dot{\theta}_1 \sin \theta_2 b (\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2) \end{bmatrix}_{B_2}$$

En simplifiant :

$$\overrightarrow{\delta_{A,2/0}} = \begin{bmatrix} -E_2(\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2) + m_2 a h_2 [\dot{\theta}_1^2 \sin \theta_2 - \ddot{\theta}_1 \cos \theta_2] \\ -E_2(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2)^2 + m_2 a h_2 [\ddot{\theta}_1 \sin \theta_2 - \dot{\theta}_1^2 \cos \theta_2] \\ C_2(\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2) + m_2 a b [\ddot{\theta}_1 \cos \theta_2 + \dot{\theta}_1^2 \sin \theta_2] \end{bmatrix}_{B_2}$$

**Question 23 :**

L'équation de la question 22 devient :

$$C_m = \frac{1}{0,9} (C_2(\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2) + m_2 ab [\ddot{\theta}_1 \cos \theta_2 + \dot{\theta}_1^2 \sin \theta_2] - C_r)$$

**Question 24 :**

En appliquant le théorème de Huygens et en prenant comme unité des kg et des m, on obtient :

$$C_2 = 0,054 + 2,755 \cdot (0,0051^2) \simeq 0,054 \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

**Question 25 :**

$$\dot{\theta}_1(t = 0,05s) = 0,1 \text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\dot{\theta}_2(t = 0,05s) = 0,5 \text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\ddot{\theta}_1(t = 0,05s) = 2 \text{rad} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$\ddot{\theta}_2(t = 0,05s) = 10 \text{rad} \cdot \text{s}^{-2}$$

En reprenant le résultat de la question 23, on obtient :

$$C_m = \left(\frac{1}{0,9}\right) * (0,054 * (2 + 10) + 2,755 * 2 * 0,005 * 2 + 0,5) \simeq 1,34 \text{Nm}$$

**Question 26 :**

La valeur absolue du couple moteur est obtenue pour  $t = 0,05s$ .

$$C_{12-SIMULATION MAX} = 0,85 \text{Nm}$$

Dans le cas de la simulation :

$$C_{12-SIMULATION MAX} = \overrightarrow{\delta_{A,2/0}}$$

En remplaçant le moment dynamique par  $C_{12-SIMULATION MAX}$  dans l'expression du couple moteur, on obtient :

$$C_{m-SIMULATION} = \frac{1}{0,9} (C_{12-SIMULATION MAX} - C_r) = \left(\frac{1}{0,9}\right) * (0,85 + 0,5) = 1,5 \text{Nm}$$

Les écarts (1.34 et 1.5) peuvent provenir de l'hypothèse du plan de symétrie.

Pour vérifier expérimentalement le couple moteur, on peut placer une MCC et mesurer le courant moteur. Connaissant la constante de couple, on peut alors déterminer le couple maximum  $C = k \cdot I$ .

**Question 27 :**

Les relevés sur le « scope 6 » montrent la réponse du moteur à un échelon de couple. On s'aperçoit que le moteur parvient à atteindre le couple de consigne, ce qui traduit sa capacité à suivre la variation de couple.

**Question 28 :**

Calcul de la résistance interne du moteur : on se place au démarrage, on relève  $I_d = 50A$

$$\text{Donc : } R = \frac{U}{I_d} = \frac{24}{50} = 0,48 \Omega$$

Pour la constante de couple, on sait que  $C = K \cdot I$  donc :  $K = \frac{C}{I} = \frac{1}{12} = 0,083$ .

**Question 29 :**

Trois réseaux sont donnés en exemple. On constate que les systèmes de tensions et de fréquences sont différents. Pour pouvoir alimenter le système dans différents pays, il faut que celui-ci supporte les différentes tensions et fréquences disponibles.

Vérification :

- D'après la plaque signalétique du moteur asynchrone monophasé, on constate que celui-ci peut être alimenté :
  - o de 220 à 242 V en couplage triangle et de 380 à 420 en couplage étoile avec une fréquence de 50 Hz donc compatible avec le réseau français.
  - o de 254 à 277 V en couplage triangle et de 440 à 480 en couplage étoile avec une fréquence de 60 Hz donc compatible avec le réseau américain.

Cependant, avec le changement de fréquence, la vitesse de rotation des moteurs diffère. Il faudra vérifier si cela est gênant ou pas.

- Pour les moteurs brushless alimentés par un variateur, d'après les caractéristiques suivantes des tensions d'alimentation des variateurs : en monophasé 120 à 240 V, en triphasé 400 à 480V, donc ces tensions sont compatibles avec les deux pays.

La structure des variateurs pour moteur brushless est la suivante : redresseur-bus continu-onduleur. Comme on passe par un bus continu, la fréquence d'entrée n'a pas d'importance. Par conséquent les servodrive peuvent être alimentés par différentes fréquences.

- Les alimentations continues ont une tension d'entrée comprise entre 85 et 265 V donc il n'y a pas de problème pour les connecter aux deux réseaux. Coté fréquence, la structure interne de ces alimentations est constituée d'une alimentation à découpage donc pas de problème pour les deux fréquences.

En conclusion, le système peut être alimenté par les deux réseaux.

**Question 30 :**

Pour répondre à la question, il faut faire un bilan de puissance pour chaque récepteur :

$$\text{Malaxeur : } P_{am} = \frac{P_u}{\eta} = \frac{3000}{0,85} = 3530W; \quad \cos\varphi = 0,82 \Rightarrow \varphi = 34,9^\circ \Rightarrow \tan\varphi = 0,68$$

$$Q_{am} = P_{am} \cdot \tan\varphi = 2400 \text{ VAR}$$

$$\text{Agitateur : } P_{aa} = \frac{P_u}{\eta} = \frac{1100}{0,816} = 1348W; \quad \cos\varphi = 0,75 \Rightarrow \varphi = 41,4^\circ \Rightarrow \tan\varphi = 0,882$$

$$Q_{aa} = P_{aa} \cdot \tan\varphi = 1189 \text{ VAR}$$

$$\text{Pompe : } P_{ap} = \frac{P_u}{\eta} = \frac{1500}{0,828} = 1812W; \quad \cos\varphi = 0,75 \Rightarrow \varphi = 41,4^\circ \Rightarrow \tan\varphi = 0,882$$

$$Q_{ap} = P_{ap} \cdot \tan\varphi = 1598 \text{ VAR}$$

$$\text{Tête d'impression : } P_{at} = 6500W; \quad \cos\varphi = 0,9 \Rightarrow \varphi = 25,8^\circ \Rightarrow \tan\varphi = 0,484$$

$$Q_{at} = P_{at} \cdot \tan\varphi = 3146 \text{ VAR}$$

Ensemble moteur brushless :

$$P_{amb} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 5 \cdot 0,9 = 3117W; \quad \cos\varphi = 0,9 \Rightarrow \varphi = 25,8^\circ \Rightarrow \tan\varphi = 0,484$$

$$Q_{amb} = P_{amb} \cdot \tan\varphi = 1605 \text{ VAR}$$

Puissance active totale :

$$P_t = P_{am} + P_{aa} + P_{ap} + P_{at} + P_{amb} = 16307W$$

$$Q_t = Q_{am} + Q_{aa} + Q_{ap} + Q_{at} + Q_{amb} = 9938 \text{ VAR}$$

$$S_t = \sqrt{P_t^2 + Q_t^2} = 19096 \text{ VA}$$

$$I_t = \frac{S_t}{\sqrt{3} \cdot U} = 27,5A$$

Avec une marge de 20%, il faudra une puissance de :  $19096 \times 1,2 = 22915 \text{ VA}$ . Soit 23 kVA.

## B) Commentaires du jury

### PARTIE 1 - Étude du besoin et du contexte.

Il s'agissait dans cette partie de mettre en évidence les attentes spécifiques de l'architecte, d'identifier les intérêts du procédé d'impression et les particularités techniques induites par le procédé sur le matériau utilisé.

Les questions 1 et 2 (1.1 – Analyse du besoin) ont été bien traitées par la majorité des candidats à quelques exceptions près.

La question 3 (1.2 – Analyse du procédé XtreeE) sur l'analyse des diagrammes SYSML (figure 30 – DT1) a bien été analysée par les candidats.

La partie 1.3 – Exigences, portant sur le matériau, est la partie qui a posé le plus de problèmes aux candidats et notamment la question 6 sur la détermination de la hauteur maximale H de béton frais à partir de la modélisation fournie et de la résolution mathématique de l'équation fournie. La question 7 en lien avec la question 6 a également été peu traitée. La conclusion n'a pas été souvent justifiée.

Les questions 4 et 5 de cette même partie ont quant à elles été bien traitées dans l'ensemble.

### PARTIE 2 - Étude d'un ouvrage imprimé par le procédé.

Il s'agissait dans cette partie de mettre en évidence l'intérêt du procédé XtreeE pour la réalisation de géométries complexes, mais également pour optimiser les performances techniques et environnementales de l'ouvrage réalisé.

Etude de l'influence du procédé sur les performances mécaniques.

Très peu de candidats ont traité cette partie qui mobilisait des connaissances du domaine du génie civil. Cette partie intègre les questions 8 à 13.

La question 8 porte sur le calcul de la contrainte verticale maximale qui s'exerce sur un cylindre de référence et la comparaison du résultat obtenu avec celui fourni par un modèle numérique. Une question relativement bien traitée, comme les questions 9 et 10 pour lesquelles il était demandé d'argumenter et de justifier.

La question 11 n'a été traitée par aucun des candidats. Un calcul différentiel permettait d'établir l'expression du flux de chaleur transmis par le dôme depuis sa partie supérieure vers sa base. Ce type de calcul n'est absolument pas maîtrisé.

La question 12 est un calcul de résistance thermique qui n'a pas ou peu été abordé. En conséquence, la dernière question qui reposait sur les résultats précédents est elle aussi peu abordée.

De nombreuses erreurs dans les unités ont été observées.

### PARTIE 3 : Étude du procédé d'impression XtreeE.

Il s'agissait dans cette partie de déterminer les grandeurs caractéristiques des équipements mis en œuvre (vitesse d'avance de la tête d'injection, débit volumique de béton et pression de refoulement de la pompe péristaltique), afin d'en paramétrer le pilotage.

Certains candidats n'ont pas compris le fonctionnement pour le calcul des vitesses et des débits. Il est regrettable de voir des confusions entre surface, volume et débit. Les résultats sont parfois :

- laissés sous forme de fraction ;
- faux par erreur de calcul de puissance de 10 ou de mauvaise manipulation de la calculatrice.

Cette partie comportait des questions portant sur la mécanique. Sans nécessairement pouvoir aller jusqu'aux matrices d'inertie, l'ensemble des questions n'a quasiment pas été traité par les candidats. Lorsque cela a été le cas, il y a eu beaucoup d'erreurs, d'imprécisions ou d'incohérences (un vecteur ne peut être égal à un scalaire). L'enseignement des sciences de

l'ingénieur demande à ce que les enseignants atteignent un minimum de pluridisciplinarité. Le jury conseille aux candidats de porter une partie de leurs efforts sur ce domaine afin, notamment, de pouvoir exprimer des vitesses dans un repère choisi sans erreur, tout comme de dessiner un schéma cinématique simple.

#### PARTIE 4 : Analyse et proposition d'une séquence pédagogique.

Il était demandé aux candidats de proposer une séquence d'enseignement transversal en première STI2D pendant la période de découverte et de proposer des liens entre cette séquence et les enseignements de spécialité.

Q31 : il s'agissait de décrire des jalons dans l'acquisition des compétences visées. Il fallait se servir du document DP2.

Exemple 04 , se référer aux parties 2.3, 3.1 et 3.2.

Lors de l'étude des documents, les élèves identifient les fonctions et les constituants du système, ainsi que les entrées/sorties.

Lors des manipulations, les élèves caractérisent les fonctions du système et ils identifient et caractérisent les solutions techniques. Les élèves identifient les flux d'énergie.

Les candidats ont assez souvent donné quelques éléments de progressivité, pas forcément dans la séquence, mais sur plusieurs séquences.

Q32 : il s'agissait de décrire comment le professeur pouvait statuer sur l'acquisition ou non de la compétence par les élèves. Il était demandé de définir des critères de réussite observables par le professeur.

Exemple 04, lors des manipulations, l'élève repère sur le système l'ensemble de constituants réalisant une solution technique donnée – L'élève nomme correctement ces constituants – L'élève choisit correctement les grandeurs à mesurer pour qualifier les flux d'énergie.

Les candidats ont assez souvent défini quelques critères d'évaluation pertinents et justifiés.

Q33 : il s'agissait d'imaginer et de décrire une séance de 2h ayant pour objectif l'identification des éléments influents du développement d'un système (plus précisément la compétitivité d'un système d'un point de vue technique et économique) et l'état de l'art de la fabrication additive (imprimante 3D).

Des manipulations et des observations d'imprimantes 3D, des études de documents ou de pièces réalisées avec une imprimante 3D étaient possibles. Il fallait décrire les moments de travail individuel et les moments de travail collectif puis décrire sommairement la structure de la synthèse.

Peu de candidats ont défini la séance avec tous les éléments demandés. Certains ont décrit quelques moments clés, sans rentrer dans les détails, mais qui permettaient de comprendre le déroulé global de la séance.

Q34 : la séquence n'ayant pas été encore décrite précisément, les seuls liens avec les 4 spécialités indiquées par les candidats étaient très vagues et relatifs à des thèmes ou des supports d'étude et non des compétences à faire acquérir aux élèves.

Quelques candidats ont proposé d'organiser des moments d'échanges et de questionnement pour développer les compétences « imaginer une solution et répondre à un besoin », « valider des solutions techniques », « gérer la vie du système » dans chaque spécialité.

Q35 : les séquences proposées ont été décrites très sommairement la plupart du temps. Le jury a évalué la pertinence des propositions en tenant compte de la difficulté de l'exercice de style en un temps imparti très limité. Il a été regardé la cohérence entre le nombre de séances et la durée de la séquence, et si la succession des thèmes des séances permettait de définir un fil rouge.

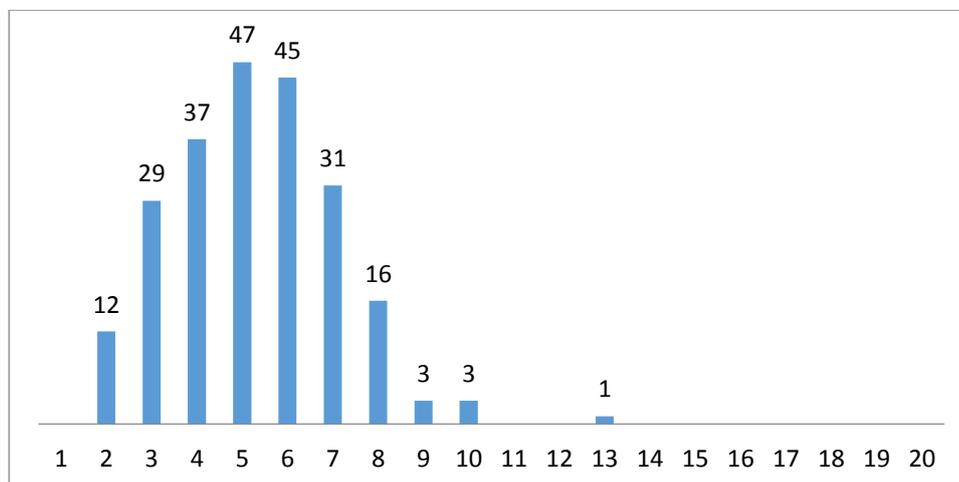
Q36 : l'arrêté précisait que l'expérimentation devait avoir lieu au cours du premier trimestre de l'année de première. Il s'agissait donc d'imaginer la structure de cette expérimentation d'environ 10 semaines et d'y trouver une place pour la séquence décrite précédemment. La durée des séquences proposées était de 2 ou 3 semaines.

Les questions 35 et 36 ont souvent été traitées ensemble.

Q37 : cette question n'a quasiment pas été traitée par les candidats.

Q38 : il s'agissait de décrire comment et quand le professeur utilisait les critères observables définis précédemment pour évaluer les acquis des élèves et de justifier les choix d'évaluation diagnostique, formative ou sommative. Les candidats ont proposé des organisations pertinentes alliant des outils numériques gérés par le professeur et d'autres outils utilisés par les élèves. Peu de candidats ont envisagé des temps lors desquels les élèves effectuent une analyse réflexive sur les compétences qu'ils ont acquises et sur les méthodes de travail qui les feraient progresser.

### Répartition des notes de l'épreuve 1 d'admissibilité



## Epreuve 2 : étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation

*Durée : 4 heures ; coefficient 1.*

Le jury attend des candidats des compétences dans l'ensemble des domaines : de nombreux candidats ne traitent que leur spécialité et laissent de côté soit les questions d'énergie soit celles sur la gestion des réseaux. La régulation reste également trop peu abordée.

D'une manière générale, le jury conseille aux candidats :

- d'être plus attentifs aux consignes (reporter les résultats numériques sur les documents réponse), aux ordres de grandeur, aux unités et d'une manière générale à la cohérence des réponses (rendement supérieur à 100%, tensions sur la chaîne d'acquisition de l'ordre du kVolt...);
- de consacrer du temps pour répondre aux questions de synthèse. Les réponses à ces questions doivent être liées au support technique, il faut éviter les commentaires trop personnels et les digressions.

### A) Éléments de correction

**Partie E : Détermination de la puissance calorifique nécessaire en entrée de la centrale.**

**Question 1 :** Il s'agissait d'exploiter la présentation de la centrale et de compléter le document réponse.

	Environnementale	Technique
Réponses de la centrale de cogénération à une problématique	Recyclage des déchets non réutilisables Emissions de gaz à effet de serre limitée en sortie	Production d'énergie thermique (séchage de pellets) et d'énergie électrique (revente à ENEL)

**Question 2 :** Il fallait exploiter les informations sur la situation énergétique de l'Italie (voir l'annexe 2). L'Italie est déficitaire en termes d'échanges énergétiques. Elle ne possède pas de centrale nucléaire à cause des risques sismiques. L'essentiel de la production est thermique et donc incompatible avec les accords de Paris. L'Italie a donc une politique plus incitative que la France pour les énergies renouvelables.

**Question 3 :** Pour évaluer la puissance P1 il fallait connaître la notion de rendement.

Soit :

$$P1 = \frac{155}{0.66} = 234.8 \text{ kW}$$

**Question 4 :** Pour compléter le document réponse, il fallait exploiter les informations du document ressource 1 expliquant le principe du cycle de Rankine.

Etape	état du fluide	pression (HP/BP)	température (BT/HT)
1	gazeux	HP	HT
2	gazeux	BP	HT
3	Liquide	BP	BT
4	liquide	HP	BT

**Question 5 :** Là encore, il fallait exprimer le rendement du moteur  $\rho = \frac{-W}{Q_c} = \frac{Q_c + Q_f}{Q_c}$

puis utiliser le 2<sup>e</sup> principe de la thermodynamique donné dans le document ressource 1 :  $\frac{Q_f}{T_2} < \frac{-Q_c}{T_1}$

soit  $\frac{Q_f}{Q_c} < -\frac{T_2}{T_1}$  donc  $\rho < 1 - \frac{T_2}{T_1}$

$$\rho < \frac{T_2 - T_1}{T_1}$$

Attention, il s'agit ici du rendement maximal. L'inégalité est donc importante.

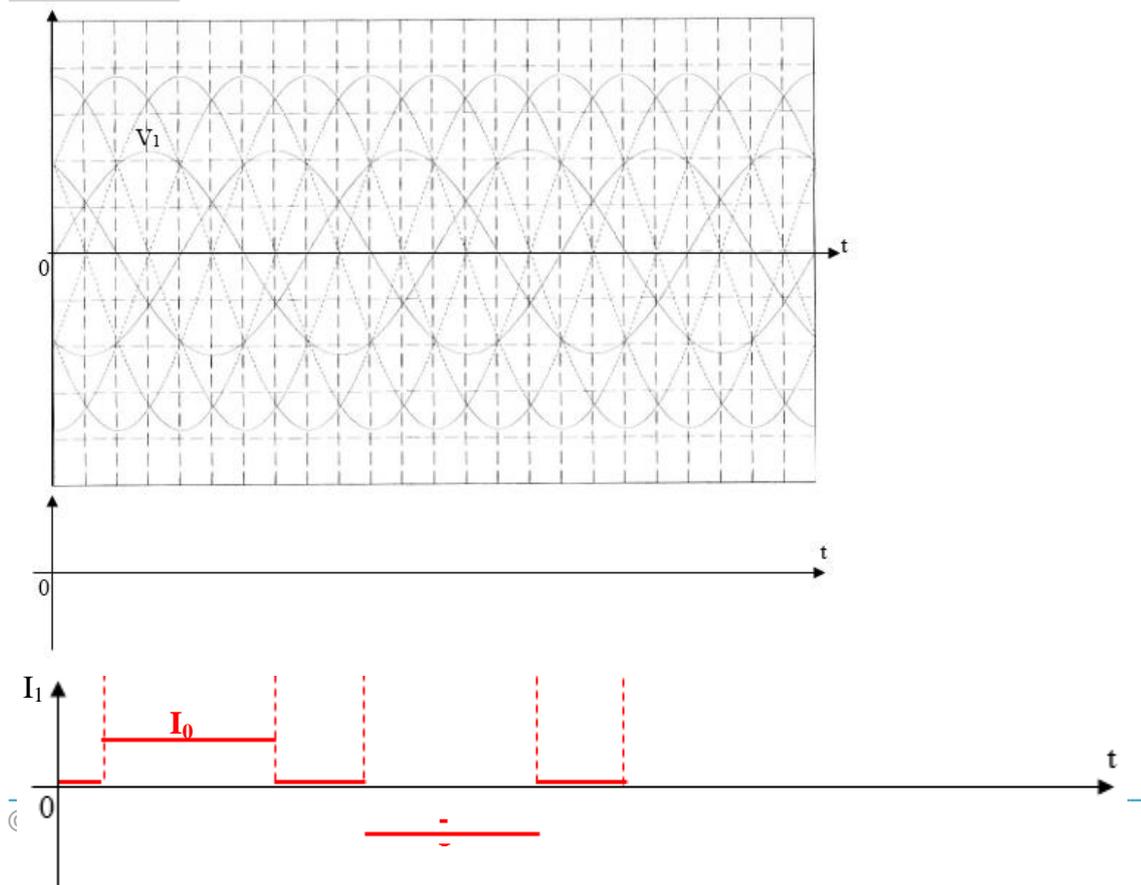
**Question 6 :** Pour calculer ce rendement maximal, il fallait relever les températures des sources chaudes et froides sur le schéma de l'annexe 1. On lit  $T_1=180^\circ\text{C}$   $T_2=160^\circ\text{C}$

$$\rho_{max} = \frac{180 - 160}{180} = 11.1\%$$

**Question 7 :** Pour améliorer ce rendement, on doit agir sur la différence de température entre la source froide et la source chaude, en particulier en diminuant la température de la source froide.

**Question 8 :** En aval du redresseur conventionnel, il y a une charge inductive et on considère le courant comme constant.

**Question 9 :**

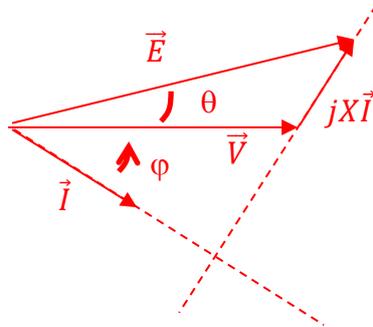


**Question 10 :**

$$i_{1.1}(t) = \frac{2\sqrt{3} I_0}{\pi} \sin(\omega t)$$

On remarque que  $i_{1.1}(t)$  est en phase avec  $v_1(t)$  donc  $\varphi_1=0$

**Question 11 :**

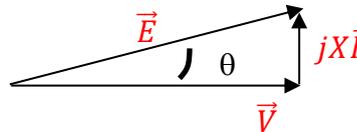


**Question 12 :** On projette  $\underline{E}$  et  $j.X_S.I$  sur l'axe de  $\underline{V}$ . On obtient  $E \times \sin\theta = X_S \times I \times \cos\varphi$

$$P = 3 \times V \times I \times \cos\varphi = \frac{3 \times V \times E \times \sin\theta}{X_S}$$

La puissance est maximale pour  $\theta_1 = \pi / 2$

**Question 13 :** Avec le redresseur en sortie de la machine synchrone, on a  $\varphi = 0$ .



On voit que  $\theta$  est toujours inférieur à  $\pi/2$ .

**Question 14 :** Le redresseur MLI permet de faire varier l'angle  $\varphi$  ce qui entraîne une puissance P plus importante.

**Question 15 :** Comme critères de choix du thermocouple, le candidat pouvait proposer :

- une bonne linéarité ;
- une gamme de mesure compatible avec le cahier des charges ;
- une sensibilité (coefficient directeur de la courbe) acceptable ;
- le fait d'être bien adapté aux milieux oxydants.

**Question 16 :** Pour trouver la tension en sortie du thermocouple pour une température de  $950^\circ\text{C}$ , il suffisait de lire sur la table des thermocouples une tension de 39.314 mV.

**Question 17 :** L'énoncé précise qu'il y a 12 thermocouples. En haute vitesse, le document technique 2 précise que la fréquence d'échantillonnage est de 75 échantillons par seconde soit un intervalle de temps entre deux acquisitions de  $T_{ech}=1/75=13.3\text{ms}$  et une mesure pour chaque thermocouple toute les 1.11 ms.

En haute précision : La fréquence d'échantillonnage est d'un échantillon par seconde soit un relevé de mesure toutes les  $1/12=83.3\text{ms}$ .

**Question 18 :** Pour répondre au problème posé, il fallait consulter le document technique DT2 pour trouver les valeurs du TRMC pour les deux modes de fonctionnement du module NI9213. L'expression du TRMC est :

$$TRMC = 20 * \log\left(\frac{Ad}{Ac}\right)$$

**En mode haute précision :**

On lit dans le DT2, TRMC=100dB, ce qui permet de trouver  $Ad = 10^5 * Ac$  avec  $Ad = 100$

On en déduit donc  $Ac = 10^{-3}$

$$Vs = Ad * Vd + Ac * Vmc = 100 * 39.314 * 10^{-3} + 10^{-3} = 3.924 V$$

Au lieu de 3.9314 V

On détermine le pourcentage d'erreur :  $\frac{0.001}{3.9314} = 0.0254\%$

**En mode rapidité :**

On lit dans le DT2, TRMC=70dB, ce qui permet de trouver  $Ad=10^{3.5}.Ac$  avec  $Ad=100$

On détermine :  $Ac= 10^{-1.5}$

$$Vs = Ad * Vd + Ac * Vmc = 100 * 39.314 * 10^{-3} + 10^{-1.5} = 3.963 V$$

Au lieu de 3.9314 V

Calcul du pourcentage d'erreur :  $\frac{10^{-1.5}}{3.9314} = 0.8\%$

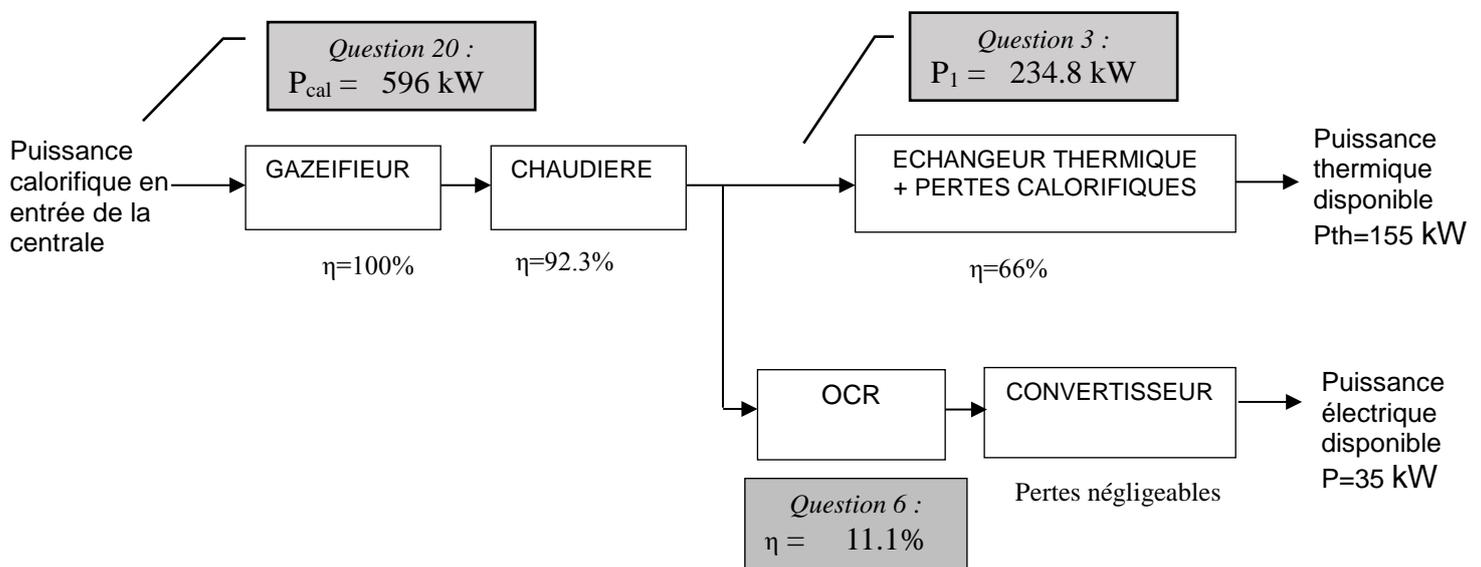
**Question 19 :** Il s'agissait dans cette question de dresser un tableau récapitulatif des résultats obtenus dans les deux questions précédentes.

	Mode haute précision	Mode rapidité
Période d'échantillonnage	83.3 ms	1.11 ms
Erreur en %	0.0254%	0.8 %

Le choix du mode rapidité se justifie par la période de scrutation trop élevée en mode précision. Il est fondamental dans cette application d'avoir une bonne réactivité à cause des risques d'incendie.

**Question 20 :** On calcule :

$$P = \frac{\frac{555}{0.111} + 234.8}{0.923} = 596 kW$$



## Partie F : Influence du taux d'humidité de la biomasse

**Question 21 :** La puissance calorifique s'exprime par la relation suivante :  $P_{cal} = PCI \cdot D$   
Avec D : débit de biomasse en kg/h et PCI en W.h/kg  
On rappelle :  $1kW.h=3600 \text{ kJ}$

**Question 22 :** Dans cette question, il fallait dans un premier temps trouver l'expression du PCI en fonction de l'humidité. Le graphe de la figure 5 montre que le PCI est une fonction affine de l'humidité. Son expression peut donc se mettre de la forme :  
 $PCI=a \cdot H+b$  dans laquelle a et b sont des constantes à déterminer.

$$PCI=0 \text{ pour } H=81\% \text{ donc } a \cdot 81+b=0 \text{ donc } a = \frac{-b}{81}$$

$$\text{Pour } H=0\% \text{ } PCI=17\,000 \text{ kJ donc } 17000=b \text{ donc } a = \frac{-17000}{81} = -209.88$$

$PCI = -209.88 \cdot H + 17000$  avec PCI en kJ/kg soit pour un PCI en kW.h/kg

$$PCI = \frac{-209.88 \cdot H + 17000}{3600}$$

Dans un second temps, nous cherchons la valeur de l'humidité pour une puissance calorifique de 600 kW :

$$P_{cal} = 600 \text{ kW} = \frac{250 \cdot (-209.88 \cdot H_{max} + 17000)}{3600}$$

On trouve  $H_{max}=39.8 \%$

**Question 23 :** Le pré séchage permet d'assurer un rendement correct quelle que soit l'humidité de la biomasse utilisée.

**Question 24 :** La mesure de l'humidité est réalisée par un capteur capacitif dont la permittivité varie avec l'humidité.

**Question 25 :** L'expression de la capacité du capteur d'humidité

$$\text{Pour une humidité de } 20\% : C(20\%) = 70 \cdot (1 + 3420 \cdot 10^{-6} \cdot 20) = 74.8 \text{ pF}$$

$$\text{Pour une humidité de } 40\% : C(40\%) = 70 \cdot (1 + 3420 \cdot 10^{-6} \cdot 40) = 79.58 \text{ pF}$$

**Question 26 :** Le document technique 3 et la référence du transmetteur nous permettent de déterminer que la sortie sera numérique (protocole MODBUS) avec une vitesse de transmission de 19200 bauds, 1 bit de stop, et une parité paire.

Protocole de transmission	vitesse de transmission	nombre de bits de stop	parité
modbus	19200 bauds	1	paire

**Question 27 :** La transmission différentielle permet d'avoir une meilleure immunité aux bruits.

**Question 28 :** A partir du relevé, on cherche à évaluer la vitesse de transmission du signal.

On lit sur le chronogramme que deux périodes sont représentées par 9 mm. A partir de la base de temps donnée on détermine  $T = 0.5 \cdot 10^{-4} \text{ s}$

Soit un débit de 20 000 bauds (proche des 19200 bauds trouvés précédemment)

L'analyse de la trame permet d'obtenir le résultat ci-dessous :

B0 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 P  
 1 0 0 0 0 0 0 0 1

Le bit de parité à égal à 1, ce qui correspond bien à une parité paire.

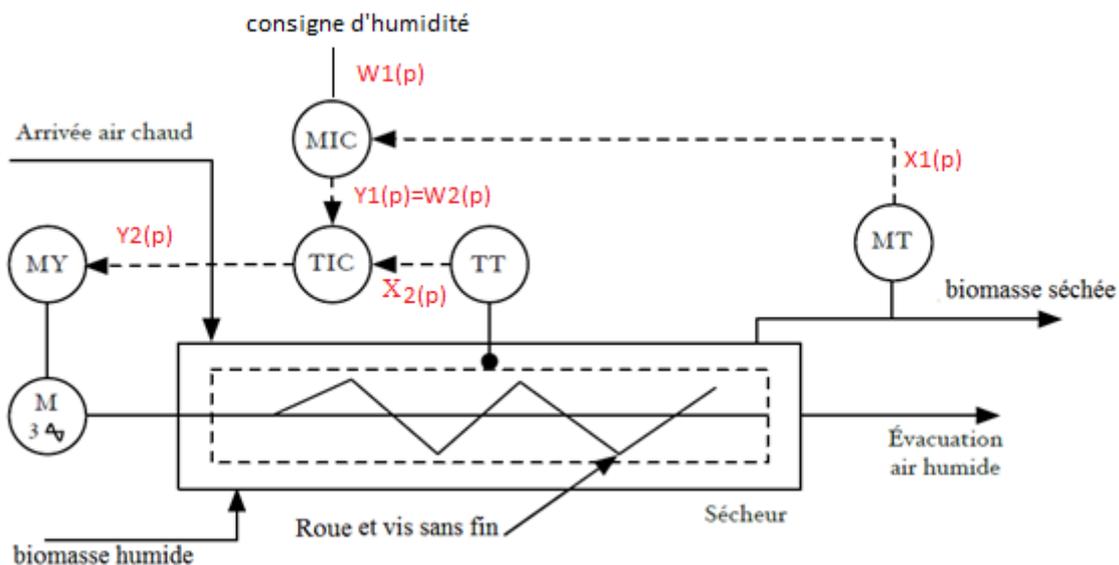
**Question 29 :** L'information transmise par le transmetteur est 04B3 en hexadécimal soit en décimal : 1203 ce qui correspond à une humidité de 12.03%. Le taux d'humidité est faible, ce qui augure un bon rendement pour la gazéification.

**Question 30 :** Il est demandé aux candidats de justifier leur calcul. La mesure est effectuée pendant 17h.

$$P_{moy} = \frac{14 * 10 + 20 * 4 + 17 * 3}{17} = 16 \text{ kW environ}$$

L'exploitant souhaitait une puissance électrique supérieure à 20kW, cela ne correspond donc pas au cahier des charges.

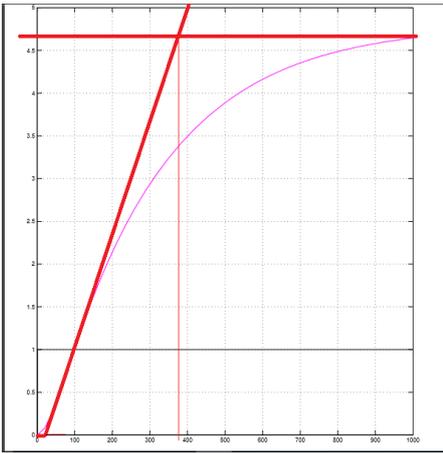
**Question 31 :**



**Question 32 :** Modélisation d'un moteur associé à une roue et vis sans fin (mise en évidence de l'inertie du système et de son retard)

**Question 33 :** A partir du document ressource 3, on détermine les différents éléments du modèle de Broida.

On en déduit :  $K=4.7$        $\tau=25s$       Et  $T = 380-25 = 355s$



**Question 34 :** A partir des résultats précédents, on calcule le rapport  $\frac{\tau}{T}$

$$\frac{\tau}{T} = \frac{25}{355} = 0.07$$

Le rapport  $\frac{\tau}{T}$  est inférieur à 0.25, le modèle de Broida est donc valide.

**Question 35 :** Pour cette question, nous utilisons l'expression de la fonction de transfert donnée dans l'énoncé.

$$H_2(p) = \frac{4,8 \times e^{-32p}}{1 + 280p}$$

Par identification, on a donc  $T=280s$  et  $\tau = 32s$ , valeurs que nous utiliserons dans la suite du sujet.

On trouve  $\frac{T}{\tau} = \frac{280}{32} = 8.75$ . Le rapport  $\frac{T}{\tau}$  est inférieur à 10, d'où l'utilisation d'un correcteur série proportionnel intégral.

Le tableau du document ressource 3, nous donne :  $Kr = \frac{0.8 \cdot T}{K \cdot \tau} = \frac{0.8 \cdot 280}{4.8 \cdot 32} = 1.458$  et  $T_i = T = 280s$

$$\text{D'où } C(p) = 1.46 * \left(1 + \frac{1}{280 \cdot p}\right)$$

**Question 36 :** Pour trouver la marge de gain, on détermine le gain en boucle ouverte pour une phase de  $-180^\circ$ . Sur les diagrammes de Bode de la figure 11, on lit un gain approximativement égal à  $-6dB$ .

**Question 37 :**

Pour trouver la marge de gain par le calcul :

1. On détermine la fonction de transfert en boucle ouverte :  $C(p) \cdot H_2(p)$ .

$$C(p) * H_2(p) = 4.8 * 1.46 * e^{-32p}$$

2. On cherche ensuite la pulsation pour laquelle l'argument de cette fonction de transfert est  $-\pi$ .

$$\text{Arg}(C(p) * H_2(p)) = -32 * w - \frac{\pi}{2} = -\pi$$

On trouve une pulsation de  $w = \frac{\pi}{64}$

3. On calcule le gain pour cette pulsation :

$$20 * \log\left(4.8 * 1.48 * \frac{64}{280 * \pi}\right) = -5.86 \text{ dB}$$

On retrouve un résultat proche de celui obtenu graphiquement.

La marge de gain est faible, ce qui va se traduire par un dépassement relativement élevé. Il s'agit là d'un réglage traditionnel de boucle interne.

**Question 38 :** Les critères de performance d'un asservissement sont la stabilité, la rapidité et la précision. D'une manière générale, on privilégie la stabilité.

**Question 39 :** Il s'agissait ici d'appliquer le théorème de la valeur finale lorsque l'entrée est un échelon d'amplitude 0.3.

La réponse à cet échelon est :  $X1(p) = \frac{0.3}{p} * \frac{1}{(1+\tau s * p)^2}$

Le théorème de la valeur finale donne :  $\lim_{p \rightarrow 0}(p * X1(p)) = 0.3$  soit une erreur statique nulle.

## Partie G : Supervision de l'installation

### Question 40 :

La régulation de l'humidité à un taux de 30% avec une erreur statique nulle permet d'assurer une puissance calorifique supérieure à 600kW (voir question 22) et donc permet de répondre au cahier des charges fixé par l'exploitant (puissance électrique supérieure à 20kW) (voir graphe des puissances sur le document réponse 1).

**Question 41 :** Le nombre de machines sur un réseau est donné par la relation  $2^n - 2$  avec n le nombre de bits codant l'adresse machine (on tient alors compte des deux adresses « interdites », adresse de réseau et adresse de diffusion).

Classe A :  $2^{24} - 2$

Classe B :  $2^{16} - 2$

Classe C :  $2^8 - 2 = 254$

La classe C correspond au nombre de machines nécessaires pour l'exploitation de la centrale.

### Question 42 :

On a besoin de dix adresses IP donc de 4 bits pour coder l'adresse machine, soit un masque de sous réseau de 255.255.255.240

### Question 43 :

Adresse réseau :	192.168.1.0
1ere adresse IP	192.168.1.1
Dernière adresse réseau	192.168.1.14
Adresse de diffusion	192.168.1.15

**Question 44 :**

Nombre de bits pour coder l'adresse du réseau : 14 bits

D'où un masque de : 255.252.0.0

Calcul du nombre d'adresses utilisables : On a 18 bits pour coder l'adresse machine soit  $2^{18} - 2$  adresses utilisables.

**Partie H : Synthèse****Question 45 :**

On a montré lors de la question 40 que la régulation d'humidité permettait d'obtenir une erreur statique nulle.

Pour une consigne de 30%, la question 22 nous permet d'évaluer la puissance calorifique disponible en entrée de la centrale:  $P_{cal} = 250 * \left( -209.88 * 30 + \frac{17000}{3600} \right) = 743.3 \text{ kW}$

Ce résultat est nettement supérieur à la puissance calorifique déterminée en question 20 (596 kW) et permet de compenser le rendement médiocre de l'OCR (on rappelle que le rendement de 11.1% est un rendement maximal).

De plus, on a montré que la supervision permet de suivre en temps réel les différents paramètres de fonctionnement de la centrale et d'intervenir rapidement en cas de dysfonctionnement.

## B) Commentaires du jury

**Les parties sur l'intérêt de la cogénération et sur les calculs des puissances calorifiques (Q1 à Q7)** ont été traitées par une grande majorité des candidats. Elles ne comportaient pas de difficulté particulière, les données et ressources nécessaires étant fournies dans le sujet. Toutefois le jury remarque que le lien entre la mise en situation et l'étude technique n'est pas systématiquement fait.

Il est important que les candidats s'appliquent à bien respecter les consignes données dans le sujet.

**La partie « conversion d'énergie électrique » (Q8 à Q14)** traitait de la production d'énergie électrique au travers d'une machine synchrone et d'un étage convertisseur (Pont + Onduleur). On demandait le tracé d'une allure de courant en sortie de pont redresseur suivi du calcul du fondamental de ce courant. La connaissance du développement en série de Fourier limité au fondamental était exigée mais les calculs n'ont pas été traités correctement pour beaucoup de candidats.

Au niveau de la machine synchrone, on demandait le tracé et une exploitation du diagramme vectoriel. Un travail concernant le tracé de ce diagramme ainsi que ceux des modèles des machines électriques est à approfondir.

La maîtrise des calculs de puissance autour des machines électriques est également attendue.

**Sur la partie « chaîne d'acquisition des températures » (Q15 à Q19)**, les critères de choix d'un capteur sont dans l'ensemble correctement connus, l'utilisation d'une table de thermocouple est majoritairement réalisée. Les performances d'une chaîne d'acquisition et l'erreur de mode commun ne sont pas connus de la majorité des candidats. Le jury conseille à ceux-ci de mettre en œuvre une chaîne d'acquisition différentielle en exploitant la notice technique du module afin de bien appréhender les notions de mode commun et de taux de réjection du mode commun.

**Sur l'étude de l'influence de l'humidité (Q21 à Q29)**, il subsiste des erreurs dans le choix des unités pour établir l'expression de la puissance calorifique en fonction du PCI et du débit de biomasse. Les candidats doivent s'assurer de l'homogénéité de l'équation aux dimensions.

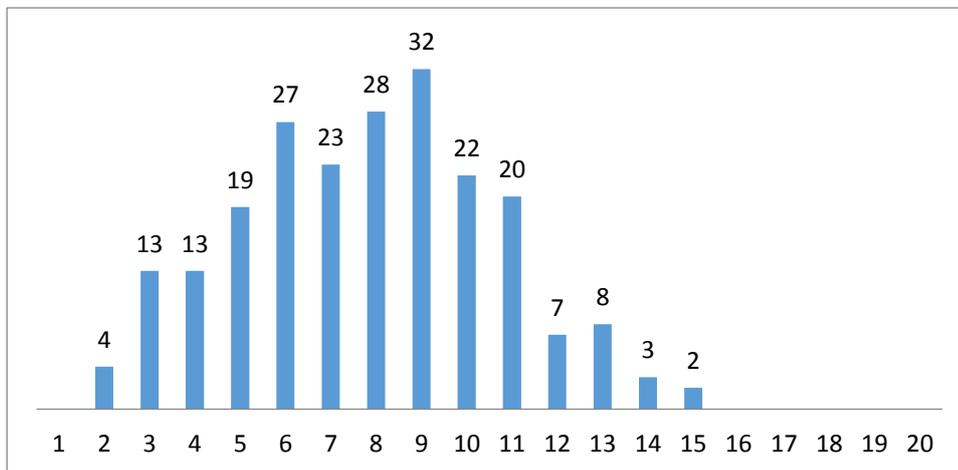
Globalement, les candidats parviennent bien à exploiter la documentation du capteur d'humidité et de son transmetteur numérique. L'analyse de la trame série est généralement bien traitée. A l'avenir, les candidats n'ayant pas réussi cette partie doivent approfondir ces compétences qui sont indispensables pour permettre de rendre communicants des équipements entre eux.

**Sur la partie « régulation » (Q31 à Q40)**, un nombre non négligeable de candidats ne sait ni mesurer ni calculer une marge de gain.

Nous conseillons aux candidats d'être attentifs à la lecture des questions : certains mesurent et calculent une marge de phase alors qu'il leur est demandé de déterminer une marge de gain. Le théorème de la valeur finale est méconnu, certains l'appliquent correctement mais ne savent pas l'interpréter.

**Sur la gestion de réseau (Q41 à Q44)**, le jury remarque que la connaissance des mécanismes de gestion de réseaux a progressé, mais il reste trop de copies dans lesquelles cette partie n'est pas abordée. De nombreuses confusions sont constatées sur le fonctionnement de l'adresse IP et du masque de sous-réseau.

## Répartition des notes de l'épreuve 2 d'admissibilité



# Épreuves d'admission

*Les épreuves d'admission se sont déroulées du 8 mai au 11 mai 2018 dans de très bonnes conditions au lycée JOLIOT-CURIE à Rennes. Les membres du jury adressent de vifs remerciements au proviseur et au directeur délégué aux formations professionnelles et technologiques pour l'accueil chaleureux qui leur a été réservé.*

## Epreuve 1 : activité pratique et exploitation pédagogique d'un système pluri-technique

**Durée 6 h ; coefficient 2.**

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 DUT. Elle 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 (GE ou 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 2018

### Domaine d'activité « gestion de l'énergie »

Les supports proposés permettaient l'étude de l'optimisation énergétique dans plusieurs contextes et selon différentes modalités : le domaine tertiaire était abordé par la gestion des flux de ventilation, par les réseaux d'informations domotiques et par la production d'énergie solaire ; le domaine industriel était abordé par l'optimisation de l'énergie appelée par une installation et par le prototypage d'un système électromécanique.

L'ensemble de ces thèmes et supports représentent les activités modernes de l'ingénierie électrique.

#### Le jury a apprécié :

- la connaissance préalable des applications d'optimisation énergétique, la problématique liée aux harmoniques et au placement de correcteurs ;
- la mise en œuvre de protocoles expérimentaux pertinents et adaptés au problème posé.

La maîtrise de l'utilisation d'un analyseur de réseau d'énergie et la connaissance des exploitations possibles des mesures et contrôles liés à cet appareil sont indispensables.

Les meilleurs candidats ont été ceux qui ont cherché une cohérence dans leur scénario pédagogique dès le début de la phase d'expérimentation en conceptualisant leur proposition sur un support technique adapté et un cahier des charges réaliste.

### Domaine d'activité « systèmes d'information »

Les supports choisis dans le champ des systèmes d'informations mettaient en œuvre des platines de prototypage rapide permettant :

- l'acquisition de l'information par cible FPGA ou PSOC ;
- le traitement du signal ;
- la transmission de données.

#### Le jury a apprécié :

- la faculté d'adaptation de la plupart des candidats quant à la mise en œuvre des différents systèmes de prototypage rapide proposés dans les activités de travaux pratiques ;
- la connaissance des langages procéduraux et matériels employés lors des investigations ;
- pour la plupart des candidats, une capacité d'analyse satisfaisante permettant l'appropriation des concepts.

Une préparation préalable est indispensable dans les domaines suivants :

- connaissances théoriques générales relatives au traitement du signal (transformée en Z, équation de récurrence, analyse temporelle et spectrale d'un signal échantillonné) ainsi qu'à la transmission d'un signal (réseaux) ;
- compétences techniques générales dans le domaine du numérique (composants programmables, développement logiciel...) ;
- mise en œuvre et maîtrise des instruments de mesure.

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

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 :

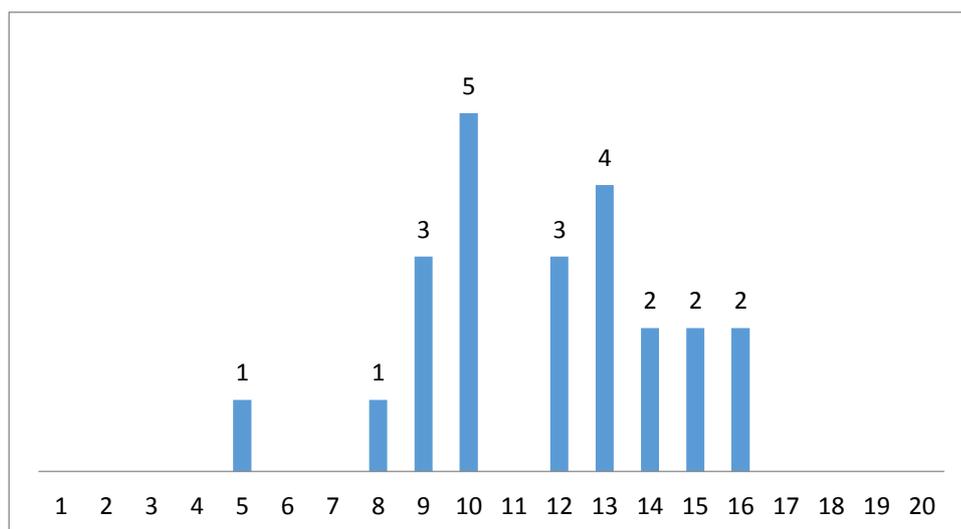
- une description des intentions pédagogiques qui fasse apparaître les objectifs de formation en termes de compétences et de connaissances visées ;
- la structure de la séquence pédagogique avec une approximation des volumes horaires des différentes séances ;
- un positionnement de la séance pédagogique 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 ;
- 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 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.

## Répartition des notes de l'épreuve 1 d'admission



## Épreuve 2 : épreuve sur dossier

**Durée 1 h ; coefficient 1.**

L'épreuve consiste en la soutenance du dossier devant le jury suivie d'un entretien (*présentation n'excédant pas trente minutes ; entretien avec le jury : trente minutes au maximum*).

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 en collège ou au lycée. 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 candidat déclaré admissible envoie par courrier postal avec accusé de réception, avant une date définie par le calendrier du concours, deux exemplaires imprimés sur papier et une version numérique sur clé USB du dossier

Les dossiers (deux versions imprimées sur papier et une version numérique) doivent être déposés au secrétariat du jury cinq jours francs avant le début des épreuves d'admission. 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 décisifs. 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 :*

1. 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.

2. 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'un problème pertinent 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 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'appropriier dans la structure, le fonctionnement et les problématiques du support d'étude.

*Une partie dossier pédagogique comprenant :*

3. 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 et d'un niveau de classe précisé ;
- indiquer, selon son point de vue, les points clefs, les difficultés prévisibles et les scénarios alternatifs pouvant permettre de les contourner.

### **Exposé et entretien**

L'exposé et l'entretien permettent d'apprécier l'authenticité et l'actualité du problème choisi par le candidat, la capacité de ce dernier 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 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. En utilisant les moyens courants de présentation (vidéoprojecteur et informatique associée, etc.), le candidat présente le support technique qu'il a choisi pour l'épreuve, ainsi que les investigations et développements qu'il a conduits pour s'en approprier le fonctionnement et les évolutions potentielles.

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

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 fait préciser certains points.

### **Critères d'évaluation**

Le jury évalue :

- l'authenticité, l'actualité, le niveau scientifique et technologique du cas choisi ;
- la capacité du candidat à en faire une présentation construite, claire et objective ;
- la mise en évidence des problèmes posés par l'étude choisie ;
- l'identification, dans le sujet traité, 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 2018

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 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 bien organisée et bien minutée, le candidat expose clairement son propos en s'adressant au jury de façon détachée vis-à-vis du texte ou 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 ;
- le choix d'un système déjà didactisé par une entreprise spécialisée ;
- 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.

### Partie dossier pédagogique:

- une partie pédagogique réduite à quelques intentions « génériques » ne permettant pas d'explicitier de réels choix 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.

### Répartition des notes de l'épreuve 2 d'admission

