



# Concours de l'enseignement du second degré

## Rapport de jury

---

### **Agrégation interne et CAER**

### **Section : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR**

### **Option : ingénierie électrique**

### **Session 2019**

Rapport de jury présenté par : Samuel VIOLLIN  
Inspecteur général de sciences et techniques industrielles  
Président du jury

# Sommaire

Avant-propos	p. 3
Modalités du concours	p. 4
Données quantitatives	p. 6
<b>Epreuves d'admissibilité</b>	<b>p. 7</b>
Remarques d'ordre général	p. 7
Epreuve 1 : analyse et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique	p. 7
A - Eléments de correction	p. 7
B - Commentaires du jury	p. 21
Epreuve 2 : étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation	p. 23
A - Eléments de correction	p. 23
B - Commentaires du jury	p. 33
<b>Epreuves d'admission</b>	<b>p. 36</b>
Epreuve 1 : activité pratique et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique	p. 36
Remarques concernant la session 2019	p. 37
Epreuve 2 : épreuve sur dossier	p. 39
Remarques concernant la session 2019	p. 41

## **Avant-propos**

Cette année 6 postes étaient offerts à l'agrégation interne SII option IE. Le nombre d'inscrits est de 351, 208 candidats étaient présents à la première épreuve, 201 à la seconde. 24 candidats ont été déclarés admissibles : 19 candidats pour 6 postes offerts au concours public et 5 candidats pour 2 postes offerts au concours du privé.

Ces chiffres confirment l'attractivité du concours sur un vivier de candidats important. Il s'agit là d'un élément positif. Il est essentiel de recruter les enseignants de haut niveau nécessaire à l'enseignement des sciences industrielles de l'ingénieur.

L'État recrute des professeurs agrégés pour leurs hautes compétences scientifiques et technologiques, associées à de grandes compétences pédagogiques. 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 équivalents aux épreuves d'admissibilité et aux 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.

Il est conseillé aux futurs candidats et à leurs formateurs de lire attentivement la définition des épreuves, décrite dans l'arrêté du 28 décembre 2009, modifié successivement jusqu'au texte consolidé au 1<sup>er</sup> septembre 2016.

Pour tenir compte de l'évolution des outils disponibles pour construire des ressources pédagogiques lors des épreuves d'admission, les candidats ont à leur disposition des ordinateurs reliés à l'Internet. Les sites personnels sont interdits. Seuls les sites ne nécessitant pas d'identification sont autorisés.

L'agrégation, 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 avoir un comportement et une tenue adaptée aux circonstances particulières d'un concours de recrutement de cadres de catégorie A de la fonction publique.

Ce rapport a été rédigé pour être utile aux futurs candidats de l'agrégation interne de sciences industrielles de l'ingénieur option ingénierie électrique et à leurs formateurs. Tous sont invités à se l'approprier par une lecture attentive.

Le président du jury remercie le proviseur et tous les personnels du lycée Joliot-Curie à Rennes. Il adresse ses chaleureux remerciements à la vice-présidente, madame Christel IZAC, IA-IPR de l'académie de Nantes et au secrétaire général, monsieur Philippe RAYMOND, directeur délégué aux formations professionnelles et technologiques, académie de Rennes.

**Samuel VIOLLIN**  
**Président du jury**

## 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.

### **DONNÉES QUANTITATIVES – Concours Public**

Nombre de postes :	6
Nombre de candidats inscrits :	351
Nombre de candidats n'ayant pas eu de note éliminatoire :	172
Nombre de candidats admissibles :	19
Moyenne des candidats admissibles aux épreuves d'admissibilité :	9,8
Nombre de candidats admis :	6
Moyenne des candidats admis aux épreuves d'admission :	15,4
Moyenne des candidats admis à l'ensemble des épreuves :	13,1
Nombre d'admis option GE :	4
Nombre d'admis option SI :	2

### **DONNÉES QUANTITATIVES – Concours Privé**

Nombre de postes :	2
Nombre de candidats inscrits :	47
Nombre de candidats n'ayant pas eu de note éliminatoire :	28
Nombre de candidats admissibles :	5
Moyenne des candidats admissibles aux épreuves d'admissibilité :	8.4
Nombre de candidats admis :	2
Moyenne des candidats admis aux épreuves d'admission :	11.5
Moyenne des candidats admis à l'ensemble des épreuves :	10
Nombre d'admis option Gestion de l'Énergie :	1
Nombre d'admis option Systèmes d'Information :	1

# 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.

## Épreuve : analyse et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique (1<sup>re</sup> épreuve d'admissibilité)

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

### A) Éléments de correction

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

##### Q 1.1.1

Hypothèses :

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

##### Q 1.1.2

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

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

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

##### Q 1.1.3

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

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

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

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

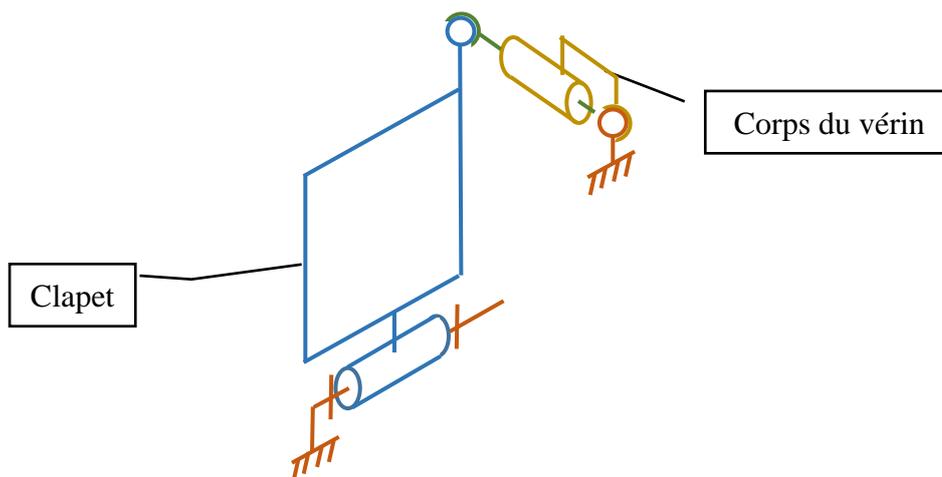
**Q 1.1.4**

$$\{\mathcal{F}_{\text{eau} \rightarrow \text{paroi}}\} = \begin{Bmatrix} 2,35 \cdot 10^6 & 0 \\ 0 & 6,28 \cdot 10^6 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{O, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z}} = \begin{Bmatrix} 2,35 \cdot 10^6 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{Q, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z}} \quad \text{en N et N.m.}$$

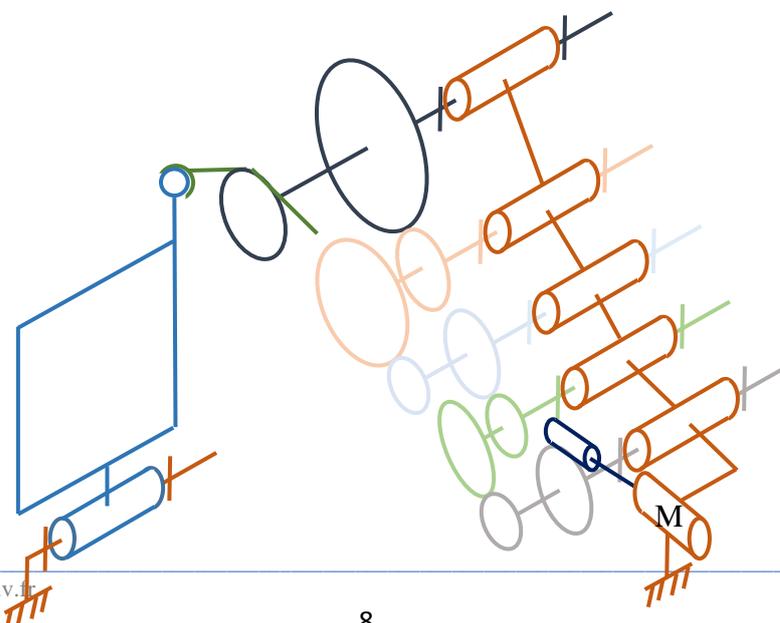
**Pré-dimensionnement de la liaison pivot en pied de vanne.**

**Q 1.2.1**

Solution 1



Solution 2



### Q 1.2.2

BAME :

- (1) action de l'eau : glisseur dans la direction orthogonale à CD vers la gauche, appliqué au point Q de norme  $F_{eau \rightarrow paroi} = 2,4 \cdot 10^6$  N ;
- (2) poids de la vanne : glisseur dans la direction  $-\vec{z}$ , appliqué au point G centre de masse, de norme  $P_{vanne} = 3,9 \cdot 10^5$  N ;
- (3) action dans la liaison pivot (ou articulation de pied de vanne) : glisseur appliqué au point C, direction et norme inconnues ;
- (4) action du vérin (ou de la chaîne) : glisseur appliqué au point D, de direction connue (cf traits bleu ou rouge figure 4), de norme inconnue.

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

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

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

On trouve  $2,5 \cdot 10^6$  N.

### Q 1.2.3

Deux étapes :

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

### Q 1.2.4

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

## Étude de comportement associée au choix de matériau

### Q 1.3.1

Conditions aux limites en déplacement :

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

Conditions aux limites en effort :

- pesanteur ; effort volumique réparti dans toute la structure de la vanne ;

- efforts de pression de l'eau ; effort surfacique normal au contact qui évolue avec la profondeur.

Autres données :

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

### Q 1.3.2

S335 est un acier de construction de limite élastique à 335 MPa.

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

## Modélisation de la vanne clapet avec vérin

### Q 1.4.1

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

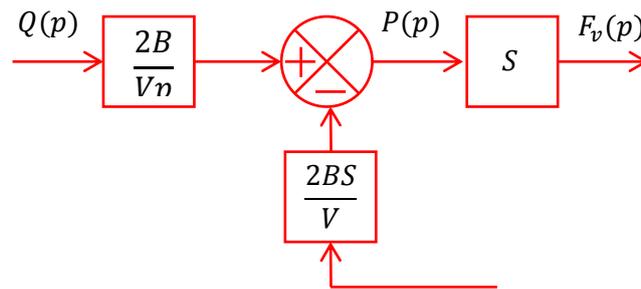
$$F_v(t) = S(P_1(t) - P_2(t))$$

### Q 1.4.2

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

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

$$C(p) = S$$



### Q 1.4.3

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

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

ici  $S = (Tige\ vérin) \cup (vanne\ clapet)$

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

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

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

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

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

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

La puissance de l'action de l'eau sur la vanne clapet est :

$$P_{eau \rightarrow S/R} = \vec{F}_e \cdot \vec{V}_{Q/R} = F_e d\dot{\alpha} = F_e \frac{d}{R} \dot{x}$$

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

D'après le théorème de l'énergie cinétique :

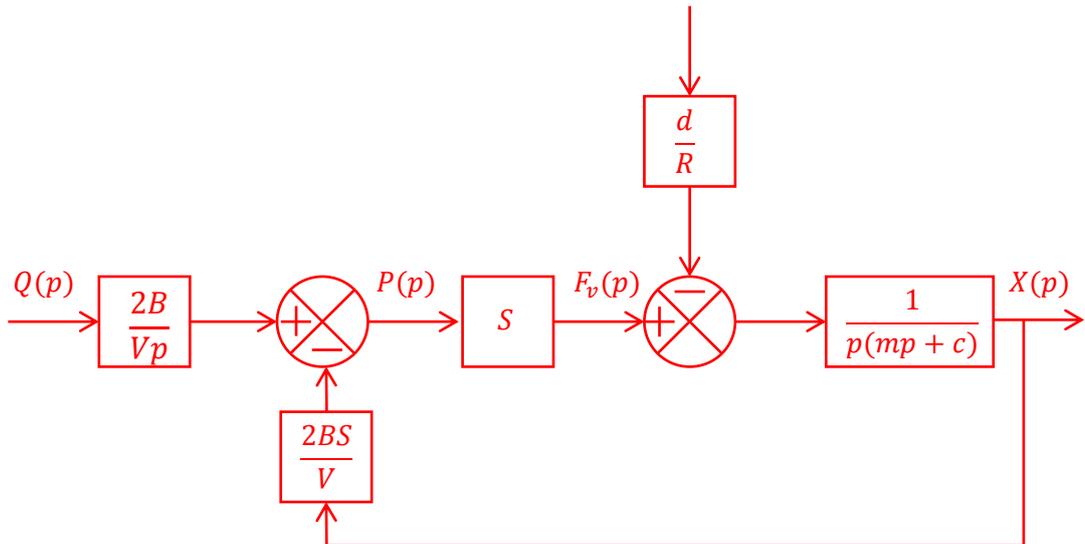
$$m\ddot{x}(t) = F_v(t) + \frac{d}{R}F_e(t) - c\dot{x}$$

Dans le plan de Laplace aux variations :

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

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

#### Q 1.4.4



#### Q 1.4.5

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

#### Q 1.4.6

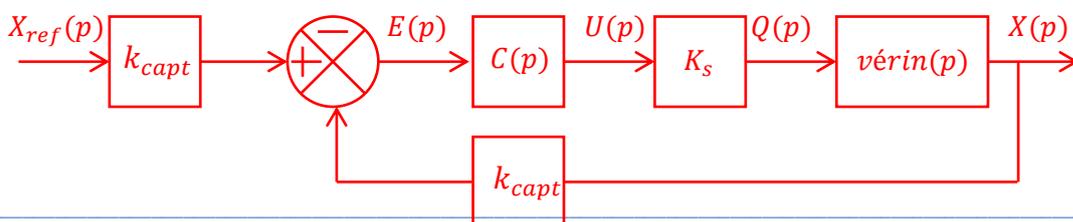
Oui, oscillation car facteur d'amortissement  $< 1$  (même  $\ll 1$  !!!).

Intégration dans la chaîne directe donc la position diverge en réponse à l'échelon.

#### Q 1.4.7

Des solutions simples par correction série comme de la synthèse par compensation des pôles ou filtrage de la commande de la servovalve permettent d'obtenir les résultats escomptés.

Le schéma bloc du pilotage en position du vérin pourrait être le suivant :



### Q 1.4.8

Attention le modèle n'est établi que pour une section S identique dans les 2 chambres du vérin, le vérin est en position centrale  $V_1 = V_2 = V$ .

## PARTIE 2 - Élaboration d'une séquence d'enseignement « choix de structure et matériaux » en STI2D

### Q 2.1

D'après le document pédagogique DP2, la séquence 6-Choix structure et matériau est la 6<sup>e</sup> séquence en 1<sup>re</sup> STI2D avec un volume horaire dédié de 14 heures et les centres d'intérêt mis en jeu (voir DP1 : extrait programme et documents d'accompagnement STI2D) : C11 (Développement durable et compétitivité des produits) et C14 (Dimensionnement et choix des matériaux et structures) (voir Document réponse DR4 : fiche pédagogique de la séquence).

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

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

Les compétences ciblées par la suite seront en lien avec le dossier technique « Barrage de Vichy » et notamment l'étude hydraulique du barrage, l'étude des solutions techniques pour réaliser la retenue d'eau, au comparatif des deux systèmes N°1 et N°2 et aux éléments de sécurité afin d'éviter l'incident de 2008.

En STI2D la démarche d'investigation est privilégiée. Cette démarche part d'une situation problème concrète proposée à un groupe d'élèves et les amène à formuler des hypothèses, à les valider par l'expérimentation et/ou la simulation, à analyser les résultats pour découvrir et valider des concepts scientifiques et technologiques.

La séquence pédagogique démarre par une présentation globale du dossier, l'analyse du besoin et les différents secteurs d'intervention. Cette partie, menée en interaction avec la classe à partir de diagramme SysML, sera l'occasion de mobiliser à nouveau les compétences CO1.1 « Justifier les choix des matériaux, des structures d'un système et les énergies mises en œuvre dans une approche de développement durable » et CO3.1 « Décoder le cahier des charges fonctionnel d'un système ».

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

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

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

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

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

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

## Q 2.2

### Évaluation diagnostic

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

### Évaluation formative

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

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

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

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

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

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

i11.2 : ...

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

i31.1 : l'élève a identifié la ou les contraintes dans le diagramme d'exigences

i31.2 : l'élève a su trouver les caractéristiques de la structure ou de la pièce étudiée

i31.3 : ...

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

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

i41.2 : ...

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

i51.1 : l'élève a identifié les différents blocs du modèle numérique au regard du système réel

i51.2 : l'élève a identifié les paramètres internes et externes du modèle

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

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

i63.2 : ...

## Évaluation sommative

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

Quelle que soit la forme choisie le travail demandé permettra, à l'aide d'autres indicateurs de réussites, de positionner l'élève dans l'acquisition des compétences ciblées. La difficulté ici étant d'évaluer des compétences et pas seulement des connaissances.

Par la suite, d'autres séquences mobiliseront d'autres indicateurs pour ces mêmes compétences. A la fin du trimestre, le nombre d'indicateur (pas forcément identique pour tous les élèves) sera représentatif du niveau d'acquisition de la compétence.

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

## **PARTIE 3 - Validation de l'exigence 1.3 « Assurer la sécurité des habitants des rives amont/aval »**

### **Comparaison des deux solutions vis-à-vis de l'exigence 1.3.2 « En l'absence d'alimentation, supporter les efforts de poussée de l'eau »**

#### **Q 3.1.1**

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

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

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

#### **Q 3.1.2**

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

#### **Q 3.2.1**

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

Rayon primitif pignon Galle = 0,3655 m

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

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

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

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

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

$$t_{relevage} = \frac{\theta_{pignon\ Galle}}{\Omega_{MAS}} \cdot k_{red} = \frac{L_{chaîne\_déroulée} \times \frac{1}{R_{pignon\ Galle}}}{1500 \times (1-g) \times \frac{2\pi}{60}} k_{red} = 1832 \text{ s avec l'ancien réducteur roue et}$$

vis sans fin

En modifiant le rapport de réduction de 29/2 à 60.

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

Temps supérieur à l'exigence 1.3.4 affinée par l'exigence 1.3.4.1 (<70 min)

### Q 3.2.2

On modifie seulement la vitesse de la MAS (3000 G (1- g) tr·min<sup>-1</sup>).

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

Temps inférieur à l'exigence 1.3.4 affinée par l'exigence 1.3.4.1 (<70 min)

### Q 3.2.3

Angle d'hélice = 4,1 deg

Rendement en multiplicateur = 0% jusqu'à 250 tr·min<sup>-1</sup>

Ensuite le rendement en multiplicateur augmente jusqu'à 50% à 3000 tr·min<sup>-1</sup>

D'après la classification classe 4 ou 5

Conclusion : il y a irréversibilité statique et réversibilité dynamique donc vérifie la nouvelle exigence (classe ≥ 4)

### Q 3.2.4

L'effort maximal sur la chaîne vaut 1 222 977 N (FOC p34/168)

Rayon primitif pignon Galle = 0,3655 m

$$k_{red2} = \frac{\Omega_{pignon\ Galle}}{\Omega_{MAS}} = \left(\frac{89}{16}\right)^4 \times 60 = 57442,2$$

$$C_{MAS} = \frac{F_{chaîne\_max} \times R_{pG}}{k_{red2}} \times \frac{1}{\eta_{eng} \times \eta_{rv}} = \frac{1223000 \times 0,3655}{57442,2} \times \frac{1}{0,94 \times 0,77} = 10,75 \text{ N}\cdot\text{m}$$

On peut choisir une M3BP 112 MB en 4kW,  $C_{MASn} = 13,1 \text{ N}\cdot\text{m}$

On n'a pas tenu compte des effets des inerties (réducteur, clapet) sur le couple nécessaire à la mise en vitesse de la MAS. Ceci étant les rapports de réduction sont très importants et les temps de démarrage ne sont pas nécessairement très rapides dans ce type d'application (quelques secondes n'est pas déraisonnable). Leurs influences sont minimales.

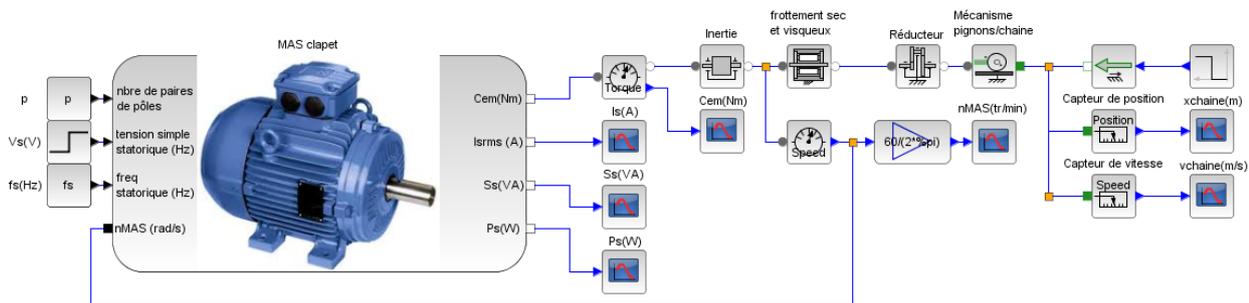
### Q 3.2.5

- Modifier le réducteur réversible en un réducteur irréversible en modifiant l'angle d'hélice : 4,1°.
- Remplacer les MAS tétrapolaires en MAS bipolaires (pour le respect du temps de démarrage) : M3BP 112 MB.

Validation de l'exigence 1.3.3 « En l'absence d'alimentation générale, possibilité d'utiliser une alimentation de secours pour actionner le système de régulation de niveau ».

### Q 3.3.1

$p = 2$     $V_s(V) = 230$     $f_s(\text{Hz}) = 50$    Effort(N) =  $-1225000 / (0,94 \times 0,77) = 1\,692\,456$  N  
Modèle cf. DR4



### Q 3.3.2

Le courant maximal vaut  $142\text{ A} > 122\text{ A}$  du GE\_ERP

Le courant nominal vaut  $88\text{ A} < 111\text{ A}$  du GE\_PRP

La puissance apparente maximale vaut :

$$S_{total\_max} = 98\text{ kV}\cdot\text{A} < S_{GE\_ERP} = 84\text{ kV}\cdot\text{A}$$

La puissance active maximale vaut :

$$P_{total\_max} = 67\text{ kW} < P_{GE\_ERP} = 78\text{ kW}$$

La puissance apparente suite aux démarrages vaut :

$$S_{total\_régime\_permanent} = 61\text{ kV}\cdot\text{A} < S_{GE\_PRP} = 77\text{ kV}\cdot\text{A}$$

La puissance active suite aux démarrages vaut :

$$P_{total\_régime\_permanent} = 50\text{ kW} < P_{GE\_PRP} = 72\text{ kW}$$

Donc problème pendant les phases de démarrages des MAS.

On peut envisager une compensation d'énergie réactive pour limiter la puissance apparente la valeur efficace du courant.

## PARTIE 4 - Utilisation pédagogique des modèles multi physiques en STI2D

### Q 4.1

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

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

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

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

Sur le modèle du clapet par éléments finis :

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

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

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

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

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

#### Q 4.2

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

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

#### Q 4.3

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

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

## **PARTIE 5 - Enseignement technologique en langue vivante (ETLV) en STI2D**

### **Q 5.1**

Mise en situation :

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

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

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

Dossier technologique utilisé : DT5 : Loi Cadre sur l'Eau.

Notions et pôles de compétences mis en jeu :

Pôles de connaissances : Matériaux et structures.

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

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

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

Etapes de « l'étude de dossier technologique » :

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

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

3. Répartition entre les élèves des activités à mener.

Mise en place d'un lexique.

Recherche des documentations techniques.

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

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

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

Textes réglementaires.

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

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

- Analyser précisément le fonctionnement physique, chimique, biologique du plan d'eau pour comprendre l'interaction des phénomènes : déterminer la qualité de l'eau de ce système aquatique, identifier les causes éventuelles de sa dégradation et proposer des méthodes de gestion durable.
- Préciser les impacts du bouage et de la retenue, pour améliorer leur gestion et évaluer les compensations apportées par les aménagements futurs.
- Définir le protocole d'observation permanente des paramètres choisis, pour anticiper les phénomènes et éclairer la gestion de l'équipement.
- Envisager une opération coordonnée de travaux, dans la perspective d'un prochain curage du plan d'eau, pour optimiser les moyens et limiter les impacts.

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

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

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

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

## **Q 5.2**

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

1 – L'un enseigne, l'autre observe :

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

2 – L'un enseigne, l'autre aide :

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

3 – Enseignement parallèle :

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

4 – L'enseignement en ateliers :

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

5 – Enseignement avec groupe différencié :

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

6 – En tandem :

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

## **B) Commentaires du jury**

### **Partie 1 - Analyse et choix de solutions en vue de respecter l'exigence 1.1.3**

#### **Partie 1.1 - Détermination des actions mécaniques agissant sur une vanne clapet**

Q111 à Q114 : actions mécaniques sur la paroi verticale.

Les hypothèses demandées n'ont pas été énumérées correctement par les candidats. Le modèle local d'une action mécanique n'est pas connu (calcul différentiel, intégrale de surface, produit vectoriel, torseur). Cette partie a été traitée de façon approximative par de nombreux candidats.

Très peu de candidats respectent les objets mathématiques (scalaire = vecteur).

#### **Partie 1.2 - Pré-dimensionnement de la liaison pivot en pied de vanne**

Q121 : les symboles cinématiques ne sont pas connus des candidats. Cette question est très peu traitée. Les représentations cinématiques n'abordent pas l'ensemble de la description du sujet (pivot dans la chaîne).

Q122 à Q124 : la notion de BAME (bilan des actions mécaniques extérieures) est mal maîtrisée (absence d'une action sur les 4 attendues).

Q123 : les équations attendues reposent sur une fermeture géométrique couplée à l'application du PFS. Certains candidats n'ont pas compris la question et sont allés chercher les équations de droite.

#### **Partie 1.3 - Etude de comportement associée au choix de matériau**

Q131 à Q132 : cette question concernant la résistance des matériaux a été très peu traitée car marginale par rapport au domaine des compétences des candidats.

#### **Partie 1.4 - Modélisation de la vanne clapet avec vérin**

Q141 à Q148 : la maîtrise des concepts et du calcul opérationnel (transformée de Laplace) est approximative. Les deux premières questions de cette partie ont été traitées de façon satisfaisante par les deux tiers des candidats. Les autres questions ont été peu abordées.

Q143 : le théorème de l'énergie puissance n'est pas maîtrisé et les candidats qui le traitent le confondent avec l'application du PFD.

## **Partie 2 - Élaboration d'une séquence d'enseignement**

Deux tiers des candidats ont traité cette partie de façon très incomplète. Les compétences visées ainsi que les indicateurs de performance ne sont pas souvent cités. Des réponses de candidats sont parfois hors sujet. Le jury a apprécié :

- une organisation pédagogique associée à une démarche argumentée ;
- des attendus d'activité en lien avec l'objectif visé ;
- que les moyens mobilisés soient adaptés aux objectifs ;
- des critères d'évaluation identifiés avec les compétences visées.

## **Partie 3 - Validation de l'exigence 1.3 « assurer la sécurité des habitants des rives amont / aval »**

### **Partie 3.1 - Comparaison des deux solutions vis-à-vis de l'exigence 1.3.2**

La majorité des candidats a traité cette partie. Le jury a constaté que certains termes techniques ne sont pas connus des candidats (préactionneur, roue et vis sans fin).

### **Partie 3.2 - Analyse d'une nouvelle solution respectant l'exigence 1.3.2**

Cette partie a été mal traitée par les candidats. Les résultats des calculs n'étaient pas réalistes. Le jury constate une méconnaissance des ordres de grandeur (temps de relevage d'une masse de plusieurs tonnes pouvant aller de 20 ms à plusieurs dizaines d'heures).

La manipulation des grandeurs mécaniques d'entrée/sortie d'un réducteur n'est pas maîtrisée (couple puissance vitesse).

### **Partie 3.3 - Validation de l'exigence 1.3.3**

Cette question a été abordée par la moitié des candidats. Le jury a toutefois constaté que la modélisation multiphysique reste mal maîtrisée. L'interprétation des chronogrammes n'a pas été faite correctement.

## **Partie 4 - Utilisation pédagogique des modèles multiphysiques**

Le jury a apprécié les candidats qui ont su faire la différence entre un modèle de connaissance et un modèle de comportement. On constate que les candidats ne connaissent pas les différentes approches pour chacune des deux filières générale et technologique.

## **Partie 5 - Enseignement technologique en langue vivante**

Le jury invite les candidats à appréhender l'enseignement technologique en langue vivante et son organisation en co-enseignement.

# Épreuve : étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation (2<sup>e</sup> épreuve d'admissibilité)

*Durée de l'épreuve : 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 A - ÉTUDE DE L'AUTONOMIE DU CHALET Question 1

Repères des flux	Natures des flux du diagramme de bloc interne	Principales grandeurs associées / Unités
<b>de F1 à F2</b>	Energie solaire	Irradiance (W/m <sup>2</sup> ) Energie surfacique (Wh/m <sup>2</sup> )
<b>de F3 à F4</b>	Energie électrique DC	Tension DC (V) Courant DC (A) Puissance active (W) Energie (Wh)
<b>de F6 à F10</b>	Energie électrique DC	Tension DC (V) Courant DC (A) Puissance active (W) Energie (Wh)
<b>de F13 à F14</b>	Energie électrique AC	Tension AC (V) Courant AC (A) Fréquence (Hz) Puissance active (W) Energie (Wh)

### Question 2

Repères des flux	Modes de fonctionnement du sous-système "Production"
<b>de F6 à F10</b>	Transfert direct de la la production photovoltaïque à la charge
<b>de F7 à F8</b>	Charge des batteries à partir de la production photovoltaïque
<b>de F9 à F11</b>	Décharge des batteries vers la charge

### Question 3

$$E_{U/j} = 2 \cdot (m \cdot C_p \cdot \Delta\theta) = 2 \cdot (\rho \cdot v_{ol} \cdot C_p \cdot (\theta_{Max} - \theta_i)) = 2 \cdot (1000 \cdot 10^{-3} \cdot 4180 \cdot (100 - 10))$$

$$E_{U/j} = 752\,400 \text{ J} = 209 \text{ Wh}$$

$$t = \frac{E_{U/j}}{P_b} = \frac{752400}{2.2000} = 188 \text{ s} = 3 \text{ min } 8\text{s}$$

#### Question 4

- Dans le cas d'une seule batterie :  $I_b = \frac{P_b}{U_{bat} \cdot \eta_{ond}} = \frac{2000}{12.0,93} = 179 \text{ A} .$

La section de câble sera 1 x 70 mm<sup>2</sup> en cuivre – Fusible 160 A.

- Dans le cas de 2 batteries en série :  $I_b = \frac{P_b}{U_{bat} \cdot \eta_{ond}} = \frac{2000}{2.12.0,93} = 89,6 \text{ A} .$

La section de câble sera 1 x 25 mm<sup>2</sup> en cuivre – Fusible 80 A.

La mise en série des batteries augmente la tension et diminue le courant de décharge. Cette configuration est plus judicieuse pour réduire le dimensionnement des câbles et des protections.

#### Question 5

Le mois de septembre possède un gisement solaire plus faible que le mois d'avril :

- l'irradiation au zénith est d'environ 615 W/m<sup>2</sup> en septembre, contre 690 en avril ;
- la durée du jour est d'environ 11,5 h en septembre, contre 12 h en avril.

Le mois le plus défavorable pour le dimensionnement est donc le mois de septembre.

#### Question 6

La durée d'ensoleillement durant une journée est notée  $D_J = t_C - t_L$

avec  $t_C$  l'heure du coucher du soleil et  $t_L$  l'heure du lever.

L'équation de variation de l'irradiation sur une journée sans nuage est :

$$i_{Sol}(t) = \hat{I}_{Sol} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{2.D_J} \cdot t - t_L\right) \text{ avec } \hat{I}_{Sol} \text{ la valeur crête de l'irradiation}$$

L'énergie surfacique journalière du soleil est donc :

$$E_{Sol.B/j} = \int_{t_L}^{t_C} \hat{I}_{Sol} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{D_J} \cdot t - t_L\right) \cdot dt = \hat{I}_{Sol} \cdot \left[ \frac{-\cos\left(\frac{\pi}{D_J} \cdot (t - t_L)\right)}{\frac{\pi}{D_J}} \right]_{t_L}^{t_C} = \frac{2}{\pi} \cdot [\hat{I}_{Sol} \cdot D_J]$$

Pour un jour ensoleillé de début avril : soit environ 12 h avec un maximum à 690 W/m<sup>2</sup>, l'énergie surfacique est de  $E_{Sol.B/j} = \frac{2}{\pi} \cdot [690 \cdot 12] = 5 271 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{j}) .$

Soit  $E_{Sol.M/j} = 2 635 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{j})$  pour un ensoleillement « moyen » (50 %),

et  $E_{Sol.F/j} = 790 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{j})$  pour une ensoleillement « faible » (15 %).

Pour un jour ensoleillé de fin septembre : soit environ 11,5 h avec un maximum à 615 W/m<sup>2</sup>, l'énergie surfacique est de

$$E_{Sol.B/j} = \frac{2}{\pi} \cdot [615 \cdot 11,5] = 4 502 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{j}) .$$

Soit  $E_{Sol.M/j} = 2 251 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{j})$  pour un ensoleillement « moyen » (50 %),

et  $E_{\text{Sol.F/j}} = 675 \text{ Wh}/(\text{m}^2.\text{j})$  pour un ensoleillement « faible » (15 %).

C'est donc bien le mois de septembre qui est le plus défavorable.

### Question 7

Angle d'inclinaison du toit par rapport au sol =  $38^\circ$ .

Angle d'orientation du bâtiment (ou azimut) par rapport au sud =  $40^\circ$  sud-ouest.

Coefficient de performance  $\lambda = 0,96$ .

### Question 8

L'arbre occasionne un ombrage des modules photovoltaïques à partir de début octobre et jusqu'à début mars, soit hors de la période d'exploitation du chalet. Il n'est donc pas nécessaire de couper l'arbre.

### Question 9

Le 30 septembre, l'ombrage généré par le bâtiment principal commence vers 18h05, soit l'équivalent d'environ 30 minutes de non production sur une durée totale prévue à 11,5 h (voir question 6).

$$E_{\text{Sol.B/j}} = \int_0^{11} 615 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{11,5} \cdot t\right) dt = 615 \cdot \left[ \frac{-\cos\left(\frac{\pi}{11,5} \cdot t\right)}{\frac{\pi}{11,5}} \right]_0^{11} = \frac{615 \cdot 11,5}{\pi} \cdot \left[ -\cos\left(\frac{\pi}{11,5} \cdot 11\right) + 1 \right] = 4\,481 \text{ Wh}/(\text{m}^2.\text{j})$$

Soit 4 481 au lieu des 4 502 => environ 0,45 % de perte de production, il ne sera pas nécessaire de revoir le dimensionnement de la surface de captage des PV.

### Question 10

$$\eta_{\text{PV}40^\circ\text{C}} = \eta_{\text{PV}25^\circ\text{C}} \cdot \left(1 + \frac{\mu_{\text{PV}}}{100} \cdot (40 - 25)\right) = 13,1 \cdot \left(1 + \frac{-0,46}{100} \cdot (40 - 25)\right) = 12,2 \%$$

### Question 11

$$E_{\text{Sort./j}} = \frac{E_{\text{U/j}}}{\eta_{\text{ond}} \cdot \eta_{\text{d-bat}}} = \frac{210}{0,93 \cdot 0,90} = 250,9 \text{ Wh/j}$$

### Question 12

$$E_{\text{ent./j}} = E_{\text{Sol/j}} \cdot S \cdot \lambda \cdot \eta_{\text{pv}} \cdot \eta_{\text{reg}} \cdot \eta_{\text{c-bat}} = E_{\text{Sol/j}} \cdot S \cdot \beta$$

$$\beta = \lambda \cdot \eta_{\text{pv}} \cdot \eta_{\text{reg}} \cdot \eta_{\text{c-bat}} = 0,96 \cdot 0,12 \cdot 0,96 \cdot 0,95 = 0,104$$

### Question 13

$$(1 - k) \cdot (2 \cdot U) \cdot C = (2 \cdot U) \cdot C + n_d \cdot E_{\text{Sol.F/j}} \cdot S \cdot \beta - n_d \cdot E_{\text{sort./j}}$$

$$C = \frac{n_d \cdot E_{\text{sort./j}} - n_d \cdot E_{\text{Sol.F/j}} \cdot S \cdot \beta}{k \cdot (2 \cdot U)} : \text{expression (2)}$$

$$C = \frac{752,7 - 204,92 \cdot S}{19,2} = -10,722 \cdot S + 39,2$$

**Question 14**

$$(2.U).C = (1-k).(2.U).C + n_c.E_{Sol.M/j}.S.\beta - n_c.E_{sort./j}$$

$$S = \frac{k.(2.U).C + n_c.E_{sort./j}}{n_c.E_{Sol.M/j}.\beta} : \text{expression (3)}$$

$$S = \frac{19,2.C + 501,8}{457,6} = 0,0419.C + 1,096$$

$$C = 23,82.S - 26,13$$

**Question 15**

$$C = \frac{n_d.E_{sort./j}}{k.(2.U)} \cdot \left( \frac{1 - \frac{E_{Sol.F/j}}{E_{Sol.M/j}}}{1 + \frac{n_d}{n_c} \cdot \frac{E_{Sol.F/j}}{E_{Sol.M/j}}} \right) = \frac{3.250,9}{0,8.(2.12)} \cdot \left( \frac{1 - \frac{660}{2200}}{1 + \frac{3}{2} \cdot \frac{660}{2200}} \right) = 18,9 \text{ Ah}$$

$$S = \frac{k.(2.U).C + n_c.E_{sort./j}}{n_c.E_{Sol.M/j}.\beta} = \frac{0,8.(2.12).18,9 + 2.250,9}{2.2200.0,104} = 1,89 \text{ m}^2$$

$$\text{nombre de PV} = \frac{S}{S_{pv}} = \frac{1,89}{(1,195.0,541)} = 2,84 \text{ modules}$$

Le chalet est équipé de 4 modules, c'est donc suffisant.

**Question 16**

Le courant de décharge des batteries est d'environ 90 A (question 4), une batterie UGC 55-12 aura une capacité de  $C = -11,26.\ln(90) + 71,961 = 21,3 \text{ Ah}$ , ce qui est supérieur à la capacité minimale calculée à la question 15, donc la batterie convient bien.

**PARTIE B – ÉTUDE DU REGULTEUR/CHARGEUR DE BATTERIE****Question 17**

Le point de fonctionnement MPPT d'un module PV est : 75 W, 16 V donc  $I = 4,68 \text{ A}$ .

- avec les 4 modules ensoleillés sans ombrage,  $P = 300 \text{ W}$ ,  $V = 32 \text{ V}$  et  $I = 9,36 \text{ A}$  ;

- avec le module PV2 ombré à 100 %, ses 2 diodes bypass vont le court-circuiter.

En première approximation, il est possible de considérer que le PV1 fonctionne proche de son point MPPT. Les PV3 et PV4 vont donc se partager sa tension et fonctionner au point :  $V_{PV3} = 8 \text{ V}$ ,  $P_{PV3} = 41,5 \text{ W}$  donc  $I_{PV3-4} = 5,18 \text{ A}$ . En sortie du montage, il y aura :  $U = 16 \text{ V}$ ,  $I = 4,68 + 5,18 = 9,86 \text{ A}$  et  $P = 75 + 2 \times 41,5 = 158 \text{ W}$ .

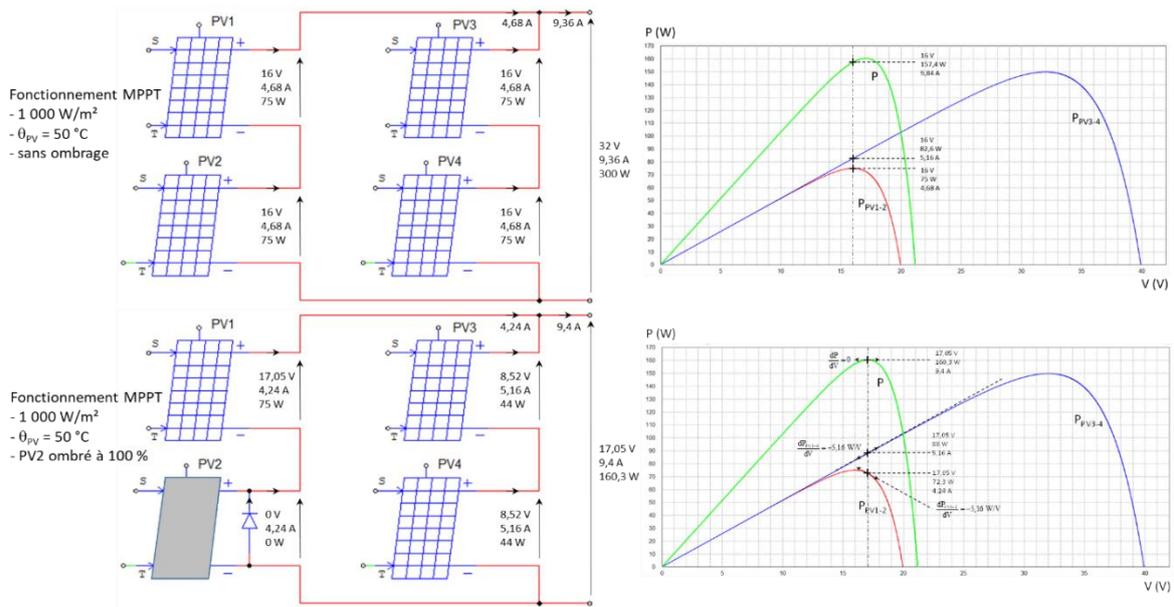
En toute rigueur maintenant, pour fonctionner au point MPPT, il faut que  $\frac{dP}{dV} = 0$ .

$$\frac{dP}{dV} = \frac{dP_{PV1-2}}{dV} + \frac{dP_{PV3-4}}{dV} = 0$$

$$\text{comme } \left[ \frac{dP_{PV3-4}}{dV} \right]_{V=16V} = +5,16 \text{ W/V alors } \frac{dP_{PV1-2}}{dV} = -\frac{dP_{PV3-4}}{dV} = -5,16 \text{ W/V}$$

En reportant cette pente sur la courbe de puissance du PV1, il est possible de trouver graphiquement le point de fonctionnement de PV1 et d'en déduire les points de fonctionnement des PV 3 et 4 : voir les figures ci-dessous.

En sortie du montage, il y aura :  $U = 17,05 \text{ V}$ ,  $I = 9,4 \text{ A}$  et  $P = 160,3 \text{ W}$ .



### Question 18

Pour  $V_{E\text{mini}} = 15 \text{ V}$ .  $\frac{V_s \cdot I_s}{V_E \cdot I_E} = \eta_{\text{reg}} \Rightarrow I_{E\text{maxi}} = \frac{V_s \cdot I_s}{V_E \cdot \eta_{\text{reg}}} = \frac{24 \cdot 12}{15 \cdot 0,96} = 20 \text{ A}$ .

Cette valeur ne pourra pas être atteinte par l'installation du chalet car pour une tension d'entrée mini de  $15 \text{ V}$ , le courant maximal délivré par les modules sera d'environ  $10 \text{ A}$  (voir question 17).

### Question 19

$V_E \text{ (V)}$	Valeur ou relation		Mode de fonctionnement
	$\alpha_1$	$\alpha_2$	
de 15 à 21 V	1	$1 - \frac{V_E}{V_s}$	Elévateur BOOST
de 21 à 24 V	0,95	$1 - \alpha_1 \cdot \frac{V_E}{V_s}$ $1 - 0,95 \cdot \frac{V_E}{V_s}$	Elévateur BUCK - BOOST
24 V	0,95	0,05	BUCK - BOOST
de 24 à 27 V	$(1 - \alpha_2) \cdot \frac{V_s}{V_E}$ $0,95 \cdot \frac{V_s}{V_E}$	0,05	Abaisseur BUCK - BOOST
de 27 à 45 V	$\frac{V_s}{V_E}$	0	Abaisseur BUCK

### Question 20

L'intérêt de cette structure est de pouvoir toujours garder le contrôle des grandeurs de sortie courant/tension assurant la charge des batteries même lorsque la tension des modules PV  $v_E(t)$  est inférieure, supérieure ou égale à la tension des batteries. Il est possible de recharger les batteries même si  $v_E(t) < v_s(t)$  tout en ayant un fonctionnement MPPT avec les modules photovoltaïques.

### Question 21

Phases de charge d'une batterie au plomb acide : valeurs indicatives

Phase de charge	TRICKLE CHARGE	BULK	ABSORPTION	FLOAT
Type de régulation	Courant	Courant	Tension	Tension
Consigne	Quelques A	11 A	2 x 14,6 V = 29,2 V	2 x 13,8 V = 27,6 V

### Question 22

Il s'agit de deux boucles de régulations en parallèle. C'est la boucle qui délivre le rapport cyclique le plus faible qui l'emporte sur l'autre. En phase BULK, la boucle de courant limite le courant de charge à 11 A, puis lorsque la tension atteint 29,2 V aux bornes des batteries, la tension reste constante à 29,2 V et le courant diminue jusqu'à la fin de la charge.

Le circuit comportant deux diodes en sortie des deux régulateurs est un circuit discriminateur de tension, c'est la plus petite tension qui impose sa valeur en sortie.

### Question 23

$$V_E \cdot \alpha_1(t) = L \cdot \frac{di_L(t)}{dt} + v_s(t)$$

$$i_L(t) = i_C(t) + i_R(t)$$

$$i_C(t) = C_S \cdot \frac{dv_s(t)}{dt} \text{ et } i_R(t) = \frac{v_s(t)}{R}, \text{ donc } i_L(t) = C_S \cdot \frac{dv_s(t)}{dt} + \frac{v_s(t)}{R}$$

$$V_E \cdot \alpha_1(t) = L \cdot C_S \cdot \frac{d^2 v_s(t)}{dt^2} + \frac{L}{R} \cdot \frac{dv_s(t)}{dt} + v_s(t)$$

$$V_E \cdot \alpha_1(p) = L \cdot C_S \cdot p^2 \cdot v_s(p) + \frac{L}{R} \cdot p \cdot v_s(p) + v_s(p)$$

$$V_E \cdot \alpha_1(p) = v_s(p) \cdot \left( L \cdot C_S \cdot p^2 + \frac{L}{R} \cdot p + 1 \right)$$

$$\frac{v_s(p)}{\alpha_1(p)} = V_E \cdot \frac{1}{1 + \frac{L}{R} \cdot p + L \cdot C_S \cdot p^2}$$

### Question 24

$$G_s = 0,45$$

$$\frac{1}{\omega_0^2} = 3,96 \cdot 10^{-9} \Rightarrow \omega_0 = 15\,891 \text{ rad/s}$$

$$\frac{2 \cdot m}{\omega_0} = 1,5 \cdot 10^{-5} \Rightarrow m = \frac{1,5 \cdot 10^{-5} \cdot \omega_0}{2} = 0,1192$$

La réponse indicielle est oscillatoire amortie ( $m < 1$ ).

### Question 25

$$Y(t) = K_p \cdot \left( \varepsilon(t) + \frac{1}{T_i} \cdot \int \varepsilon(t) \cdot dt \right)$$

$$Y(p) = K_p \cdot \left( \varepsilon(p) + \frac{1}{T_i \cdot p} \cdot \varepsilon(p) \right)$$

$$\frac{Y(p)}{\varepsilon(p)} = K_p \cdot \left( 1 + \frac{1}{T_i \cdot p} \right) = K_p \cdot \left( \frac{1 + T_i \cdot p}{T_i \cdot p} \right)$$

### Question 26

En mode BUCK

La phase est à  $-135^\circ$  pour  $\omega = 18\,000$  rad/s. Le gain G vaut environ à 0 dB.

Réglage de  $K_p = 1$

Réglage de  $T_i$  : placer  $1/T_i$  à une décade avant la pulsation choisie pour le réglage de la marge de phase :  $\omega = 18\,000$  rad/s

$$\frac{1}{T_i} = \frac{\omega}{10} = \frac{18000}{10} \Rightarrow T_i = \frac{10}{18000} = 0,55 \text{ ms}$$

En mode BOOST

La phase est à  $-135^\circ$  pour  $\omega = 11\,000$  rad/s. Le gain vaut environ -1 dB.

Réglage de  $K_p$  :  $K_p = 10^{\frac{1}{20}} = 1,1$

Réglage de  $T_i$  : placer  $1/T_i$  à une décade avant la pulsation choisie pour le réglage de la marge de phase :  $\omega = 11\,000$  rad/s

$$\frac{1}{T_i} = \frac{\omega}{10} = \frac{11000}{10} \Rightarrow T_i = \frac{10}{11000} = 0,9 \text{ ms}$$

Le correcteur sera réglé sur  $K_p = 1$  (valeur la plus petite) et  $T_i = 0,9$  ms (valeur la plus grande) pour rester à la dynamique souhaitée.

## PARTIE C – ÉTUDE DE LA CENTRALE DE MESURE COMMUNICANTE

### Question 27

Consommation du bridge :  $15 \text{ V} \cdot 0,8 \text{ A} = 12 \text{ W}$  soit 288 Wh par jour.

Consommation supérieure à celle de la bouilloire, donc on ne peut pas laisser fonctionner le bridge en continu.

### Question 28

- adresse IP, 172.16.159.254 (adresse fixe maximale du VLAN40) ;
- masque de sous-réseau, 255.255.224.0 (adresse réseau 19 bits) ;
- passerelle par défaut, 172.16.128.1 (voir tableau des adresses).

### Question 29

D'après la documentation de l'analyseur :

Port data : 10000+dernier nombre de l'adresse IP =10254

Port web : 8000+ dernier nombre de l'adresse IP =8254

<http://172.16.159.254:8254/device.html>

### Question 30

@dest : adresse MAC (ou physique) du destinataire de la trame

@source : adresse MAC de la source de la trame

### Question 31

Trame non étiquetée : les 2 équipements appartiennent au même VLAN et sont branchés sur le même commutateur.

### Question 32

Les liaisons qui doivent être utilisées par plusieurs VLAN sont celles qui relient entre eux les commutateurs, ainsi que la liaison entre commutateurs et routeur, soit :

- liaison ComBS1-ComBO1 ;
- liaison ComBO1-ComBN1 ;
- liaison ComBN1-Routeur.

Ces liaisons servent à plusieurs VLAN, il faut donc étiqueter les trames pour qu'elles soient triées par le commutateur récepteur.

### Question 33

pcPublicBO1-ComBO1 : trame non étiquetée

ComBO1-ComBS1 : trame étiquetée VID = 0x028 (40 en hexa)

ComBS1-Analyseur : trame non étiquetée

### Question 34

Non, les commutateurs n'assurent pas la communication entre les VLAN. Pour passer d'un VLAN à un autre, il faut passer par le routeur.

### Question 35

pcServicesBO1-ComBO1 : trame non étiquetée

ComBO1-ComBN1 : trame étiquetée VID = 0x00A (10 hexadécimal)

ComBN1-Routeur : trame étiquetée VID = 0x00A (10 hexadécimal)

Routeur-ComBN1 : trame étiquetée VID = 0x028 (40 hexadécimal)

ComBN1-ComBO1 : trame étiquetée VID = 0x028 (40 hexadécimal)

ComBO1-ComBS1 : trame étiquetée VID = 0x028 (40 hexadécimal)

ComBS1-Analyseur : trame non étiquetée

### Question 36

0x0001		0x0800
0x06	0x04	0x0001
0x0E552F77		
0xBA62		0xAC10
0x802F		0xFFFF
0xFFFFFFFF		
0xAC108012		

0x0001 : Hardware Address Type = Ethernet

0x0800 : Protocol Address Type = IPV4

0x06 : Hardware Address Length = 6 pour une adresse MAC(Ethernet)

0x04 : Protocol Address Length = 4 pour IPV4

0x0001 : Operation = 1 (requête)

0x0E552F77BA62 : Adresse MAC de la source

0xAC10802F : Adresse IPV4 de la source

0xFFFFFFFF : Adresse Physique de la destination (broadcast car adresse inconnue)

0xAC108012 : Adresse IPV4 de la destination

Taille de la trame :

Préambule+SFD+@dest+@source+Long/Type+RequêteARP+FCS =

7+1+6+6+2+46+4 = 72 octets

La trame de requête ARP (28 octets) a une taille inférieure à la taille minimum de la trame de données (46 octets) donc elle est complétée par 18 octets sans signification avant d'être empaquetée.

### Question 37

Tous les équipements appartenant au VLAN40 reçoivent et traitent cette trame. Sont concernés sur le DTx4 : pcPublicBN1, PrinterPublicBN1, pcPublicBO1, analyseur PECA11 et le routeur RouterVaisseau.

pcPublicBS1, source de la requête, ne la reçoit pas.

### Question 38

0x0001		0x0800
0x06	0x04	<b>0x0002</b>
0x0E552F77		
0xBA62		0xAC10
0x802F		<b>0x0080</b>
<b>0xA39F81E8</b>		
0xAC108012		

Différences par rapport à la réponse à la Q36 :

0x0002 : Operation = 2 (réponse)

0x0080A39F81E8 : Adresse Physique de la destination (information attendue)

### Question 39

Règles : adresses sur le VLAN10 comprises entre 172.16.32.1 et 172.16.63.254 (adresse réseau sur 19 bits)

Ce PC est un équipement à partager, il a donc une adresse fixée manuellement par l'administrateur (supérieure à 172.16.63.224).

### Question 40

Les deux appareils n'étant pas sur le même VLAN, leurs échanges passent par le routeur. La requête ARP est donc adressée au routeur.

La table ARP de pcPublicBS1 associera donc l'adresse physique 0xA6EF7B332119 (adresse physique du routeur) à l'adresse logique 0xAC108001 (adresse logique du routeur pour le VLAN40).

### Question 41

L'utilisation de VLANs limite la diffusion des messages de broadcast sur le réseau aux machines concernées et permet donc d'éviter des transferts inutiles qui pénalisent la rapidité de fonctionnement du réseau. Elle permet également de créer des sous-réseaux logiques indépendamment de la répartition physique des machines, améliore la sécurité en limitant l'accès aux postes et peut faciliter la maintenance en cas de défaillance.

### Question 42

Il faut effectuer une redirection de port sur la passerelle : les requêtes arrivant de l'extérieur pour le socket 121.18.230.15 :7700 seront redirigées vers le socket 172.16.128.18 :8018.

### Question 43

[www.vaisseau.com:7700](http://www.vaisseau.com:7700)

**Question 44**

Identifiant transaction	<b>0x00</b>	Identifiant protocole	Longueur trame	N° esclave	Code fonction	Adresse début	Nombre de mots
	<b>0x12</b>						

Identifiant transaction : 0x0012 (identifiant 18)

Identifiant protocole : 0 (Modbus TCP)

Longueur trame : 0x06 (octets suivants)

N° esclave : 1 (toujours pour Modbus TCP)

Code fonction : 0x03 (lecture de N mots)

Adresse début : 0x000E (adresse 14 de la table : énergie active fournie)

Nombre de mots : 2 (paramètre codé sur 4 octets)

### Question 45

Code de la valeur de l'énergie : 00 00 02 2D

Valeur décimale correspondante : 557

Nombre de décimales : 2

Unité : kWh

Valeur à afficher : 5,57kWh

### Question 46

On peut accéder aux informations de fonctionnement de l'équipement, mais la consommation des équipements de transmission est trop importante pour un suivi en temps réel. Il faudrait implémenter une solution de type LoRa ou Sigfox, beaucoup moins gourmande en énergie.

## PARTIE D - CONCLUSION

### Question 47

Energie consommée par le groupe en 1 jour :

$$10 \times 210 \times 3600 = 7,56 \text{ MJ}$$

Consommation annuelle d'essence (2 réponses acceptées) :

$$7,56 \times 365 / (32,6 \times 2) = 42,3 \text{ l}$$

$$7,56 \times 365 / 32,6 = 84,6 \text{ l}$$

Production de CO<sub>2</sub> (selon la réponse à la question précédente):

$$42,3 \times 2,43 = 103 \text{ kg}$$

$$84,6 \times 2,43 = 206 \text{ kg}$$

### Question 48

L'installation est probablement plus chère à l'achat qu'un groupe électrogène (panneaux + batteries+ onduleur), même si le coût de fonctionnement est moindre.

Sur le plan énergétique, le dispositif étudié permet le fonctionnement correct de l'installation, à condition de limiter les phases de communication.

Sur le plan environnemental, si on se limite à la phase de fonctionnement, l'avantage est évident en termes de CO<sub>2</sub> mais aussi de nuisances sonores et de composés volatils en ce qui concerne la comparaison avec un groupe électrogène. Par contre, la solution sans-fil pour la communication a plus d'impacts qu'une solution câblée.

Pédagogiquement, elle permet une exploitation à plusieurs niveaux : évaluation de la production d'énergie solaire, variations en fonction des conditions météorologiques et du vieillissement des panneaux, surveillance de l'évolution des batteries... Une meilleure connectivité favoriserait cette exploitation.

## B) Commentaires du jury

### Partie A

- Q1 à Q2 : l'objectif de ces 2 questions était de vérifier que les candidats étaient capables d'exploiter les différents diagrammes SysML afin d'identifier tous les équipements de la chaîne de conversion de l'énergie solaire en énergie électrique. La nature des grandeurs électriques et leurs unités ne sont pas toujours précisées.

- Q3 : calcul bien maîtrisé par les candidats.

- Q4 : il s'agissait de mener une étude comparative sur le dimensionnement de la section des

conducteurs et de la protection par fusibles entre la(es) batterie(s) et l'onduleur. Même si le rendement de l'onduleur n'est pas toujours pris en compte dans le calcul du courant délivré par la(es) batterie(s), très peu de candidats illustrent leur argumentation en utilisant le tableau extrait de la NF C15-100.

- Q5 à Q6 : la mise en équation de la fonction mathématique sinusoïdale représentant la variation d'irradiance sur une journée a posé beaucoup de problème aux candidats alors que cette démarche de modélisation devrait être mieux maîtrisée. La valeur de l'énergie surfacique journalière résultait ensuite de l'intégration de la fonction sinus sur la durée d'ensoleillement d'une journée.

- Q7 à Q9 : ces 2 questions portaient sur l'évaluation du gisement solaire de la toiture du chalet et de l'impact de l'ombrage d'un arbre. Elles ont été globalement bien traitées.

- Q10 : le calcul de la dégradation du rendement d'un module photovoltaïque liée à l'augmentation de la température de ses cellules n'est pas suffisamment maîtrisé alors que cet équipement est présent dans tous les établissements scolaires.

- Q11 à 15 : il s'agissait d'établir (en calcul littéral puis avec l'application numérique) les 2 équations correspondant chacune à un cycle de fonctionnement de décharge puis de recharge des batteries. La combinaison de ces 2 équations à 2 inconnues permettait de déterminer les valeurs de la capacité des batteries C et de la surface de captage des modules photovoltaïques. Bien que bien guidés par le questionnement, très peu de candidats ont réussi à respecter la consigne puis à mener à bien ce dimensionnement.

- Q16 : le but de cette question était de montrer, en exploitant la documentation fournie, que la capacité d'une batterie dépendait beaucoup de son courant de décharge.

## Partie B

- Q17 : la détermination des valeurs de U, I et P correspondant au point de fonctionnement MPPT des 4 modules photovoltaïques non ombrés a été généralement bien traitée. Par contre, l'impact de l'ombrage d'un module sur le fonctionnement des autres et la recherche du nouveau point MPPT de l'ensemble n'est pas maîtrisé. Un raisonnement simplifié permettait pourtant de trouver assez facilement ce point de fonctionnement (voir le corrigé).

- Q18 à Q20 : ces questions avaient pour objectif de montrer l'intérêt d'utiliser une structure BUCK-BOOST entrelacée sans rentrer dans la constitution de ses différents interrupteurs et équipements de stockage/filtrage. L'exploitation des données présentes aux figures 13 et 14 permettait de définir les différents modes de fonctionnement et les rapports cycliques correspondants. Les candidats doivent prendre le temps d'interpréter correctement les informations fournies.

- Q21 à Q22 : il s'agissait d'interpréter le profil de charge d'une batterie (figure 10) et d'y associer les valeurs caractéristiques de cette application : charge à courant constant, puis à tension constante. Les candidats doivent mieux connaître le principe de fonctionnement de boucles de régulation en parallèle ou en cascade.

- Q23 à Q26 : la mise en équation de la fonction de transfert du convertisseur BUCK a été globalement bien maîtrisée. Il en a été de même, pour l'identification des paramètres de la fonction de transfert du 2<sup>nd</sup> ordre correspondante. Par contre, l'exploitation des diagrammes de BODE en gain et en phase est trop souvent aléatoire et ne permet pas de trouver les paramètres de correction  $K_p$  et  $T_i$  du correcteur. Le jury conseille vivement aux candidats de maîtriser le réglage d'un correcteur PI.

## Partie C :

Les candidats qui ont traité cette partie ont souvent eu des difficultés à analyser le contenu de la documentation de la centrale de mesures (pour l'adressage IP et la communication Modbus/TCP). Avec cette réserve, ils ont su répondre aux questions concernant l'adressage IP et le contenu de l'en-tête Ethernet d'une trame. Par contre, les mécanismes de fonctionnement des VLAN sont

généralement mal connus, ainsi que ceux de la construction des trames ARP. La manipulation de données hexadécimales semble poser quelques problèmes à certains. Les questions sur la mise en œuvre du protocole Modbus/TCP ont été très peu traitées.

- Q27 : les candidats qui se sont arrêtés au calcul de la puissance ont abouti à une conclusion fautive
- Q28-29 : une lecture trop rapide de la documentation de la centrale aboutit à une configuration des ports erronée.
- Q30 : ne pas confondre adresse IP et adresse MAC
- Q31-Q35 : une lecture attentive des explications fournies dans le sujet aurait permis aux candidats un meilleur traitement de cette partie
- Q36-Q38 : la requête ARP est une requête en broadcast, l'adresse MAC de destination est donc FF :FF :FF :FF :FF :FF. Le reste de la trame se déduisait de la figure 21. Certains candidats ont mélangé notations décimales et hexadécimales.
- Q37 : peu de candidats ont identifié correctement les équipements appartenant au VLAN 40.
- Q39 : peu de candidats ont vu que ServVaisseau étant un équipement à partager, son adresse devait être fixe et se situer dans les 32 dernières adresses de la plage.
- Q40 : il faut se rappeler qu'une table ARP se construit à l'intérieur d'un VLAN et que l'accès à une adresse externe au VLAN passe par le routeur.
- Q41-Q43 : pas de problème particulier.
- Q44-Q45 : certains candidats ont remarqué à juste titre qu'une case avait disparu du tableau. Il y a eu des confusions entre trame Modbus standard (avec CRC) et trame Modbus/TCP (sans CRC). Très peu de candidats ont traité ces questions.

#### **Partie D**

Q47-48 : les calculs sur l'émission de CO2 ont été souvent faits correctement, mais la synthèse est généralement incomplète.

# Épreuves d'admission

*Les épreuves d'admission se sont déroulées du 9 avril au 12 avril 2019 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.*

## **Activité pratique et exploitation pédagogique d'un système pluri-technique (1<sup>re</sup> épreuve d'admission)**

**Coefficient 2 – Durée 6h**

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 2019

### 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 présentés aux candidats.

Les thématiques abordées portent sur les connaissances suivantes :

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

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 ;
- la mise en œuvre de protocoles expérimentaux pertinents et adaptés au problème posé ;
- l'autonomie 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 ;
- une exploitation pertinente des mesures obtenues.

Il faut remarquer toutefois que la maîtrise des outils mathématiques n'est pas toujours bien acquise : transformée de Fourier, Laplace, équations différentielles, théorème de Nyquist, notion de module d'un vecteur.

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 et des logiciels permettant :

- l'acquisition et le traitement de l'information par cible FPGA ou CPLD ;
- l'interfaçage et la commande d'actionneurs ;
- la transmission de données ;
- la programmation par flux 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 et matériels proposés dans les activités de travaux pratiques et à l'utilisation des logiciels proposés ;
- 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 :

- connaissance des réseaux informatiques ;
- compétences techniques générales dans le domaine du numérique (composants programmables, développement logiciel, ...) ;
- mise en œuvre et maîtrise des instruments de mesure et des logiciels de programmation de test et mesures.

### **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 :

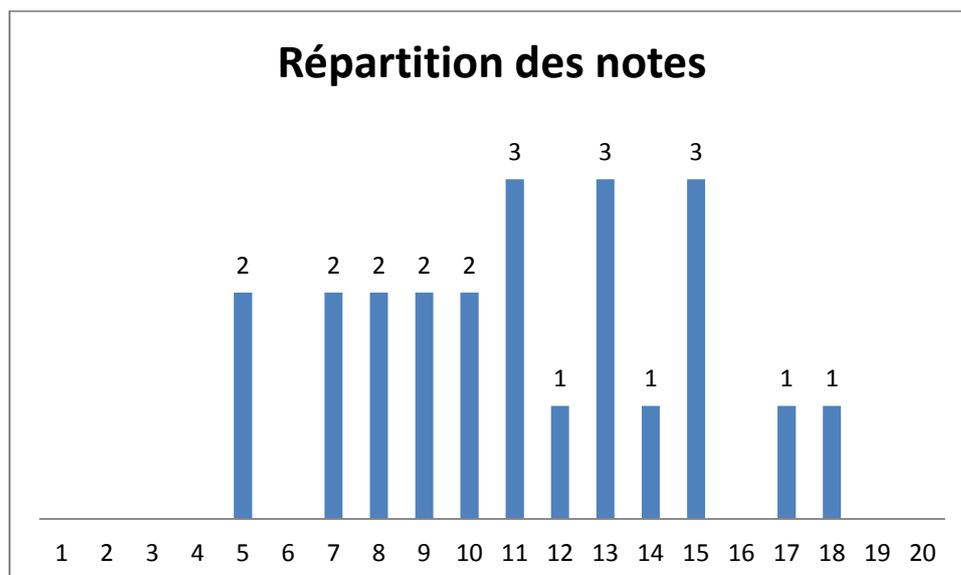
- une description des intentions pédagogiques qui fasse apparaître les objectifs de formation en termes de compétences et de connaissances visées en lien avec les textes officiels ;
- la structure de la séquence pédagogique avec une estimation des volumes horaires des différentes séances ;
- un positionnement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

## Répartition des notes de l'épreuve



## Épreuve sur dossier (2<sup>e</sup> épreuve d'admission)

**Coefficient 1 – durée une heure**

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'approprier 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 et actualité du support choisi ;
- la justesse et 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 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 2019**

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 pédagogiques 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 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.

## Répartition des notes de l'épreuve

