



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

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Rapport du jury

Concours : agrégation externe

Section : sciences industrielles de l'ingénieur

Option : ingénierie informatique

Session 2020

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

Sommaire

Avant-propos	3
Remerciements.....	5
Résultats statistiques	6
Épreuve d'admissibilité de sciences industrielles de l'ingénieur	8
A. Présentation de l'épreuve	8
B. Sujet	8
C. Éléments de correction	9
D. Commentaires du jury	19
E. Résultats	20
Épreuve d'admissibilité de modélisation d'un système, d'un procédé ou d'une organisation ..	21
A. Présentation de l'épreuve	21
B. Sujet	21
C. Éléments de correction	22
D. Commentaires du jury	27
E. Résultats	29
Épreuve d'admissibilité de conception préliminaire d'un système, d'un procédé ou d'une organisation	30
A. Présentation de l'épreuve	30
B. Sujet	30
C. Éléments de correction	31
D. Commentaires du jury	41
E. Résultats	42
Épreuve d'admission de soutenance d'un dossier industriel	43
A. Présentation de l'épreuve	43
B. Commentaires du jury	44
C. Résultats	46
Rapport sur la transmission des valeurs et principes de la République	47

Avant-propos

Le concours 2020 était la quatrième édition de l'agrégation de sciences industrielles de l'ingénieur (SII) de l'option « ingénierie informatique ». L'ingénierie informatique appliquée aux systèmes analyse et résout des problèmes scientifiques et technologiques communs à l'informatique générale et spécifiques à l'informatique embarquée (software et hardware). Ces problèmes s'inspirent de défis sociétaux liés à l'utilisation massives d'objets connectés (IoT) à faibles empreintes. Les spécificités et contraintes sont nombreuses et variées en fonction des applications comme le temps réel, la miniaturisation, l'autonomie et la consommation énergétiques, les interfaces homme-machine, la numérisation de grandeurs analogues à des grandeurs physiques (capteurs), le traitement de la data, les réseaux informatiques et de télécommunication, la cyber sécurité, la fiabilité, la sûreté de fonctionnement, etc.

Les attentes du concours de l'agrégation SII sont définies par l'arrêté du 24 juin 2019 qui en fixe l'organisation. Les concours de recrutement d'enseignants n'ont pas pour seul objectif de valider les compétences scientifiques et technologiques des candidats ; ils doivent aussi valider les compétences professionnelles qui sont souhaitées par l'État employeur qui recrute des professeurs. L'excellence scientifique et la maîtrise disciplinaire sont indispensables pour présenter le concours, mais pour le réussir, les candidats doivent aussi faire preuve de qualités didactiques et pédagogiques et de bonnes aptitudes à communiquer.

Les trois épreuves d'admissibilité sont construites de manière à évaluer un spectre large de compétences scientifiques et technologiques ; la première épreuve est commune aux quatre options de l'agrégation SII, les deux autres spécifiques à l'option.

Les trois épreuves d'admission sont complémentaires des épreuves d'admissibilité ; la première épreuve d'admission est commune aux quatre options, les deux autres spécifiques à l'option. Elles permettent l'évaluation des compétences pédagogiques des futurs professeurs et s'appuient sur le référentiel des compétences professionnelles des métiers du professorat et de l'éducation (publié au BOEN du 25 juillet 2013). Elles comportent un entretien avec le jury qui permet d'évaluer la capacité du candidat à s'exprimer avec clarté et précision, à réfléchir aux enjeux scientifiques, technologiques, didactiques, épistémologiques, culturels et sociétaux que revêt l'enseignement du champ disciplinaire du concours.

Ces épreuves d'admission, dont le coefficient total est le double de celui des épreuves d'admissibilité, ont une influence significative sur le classement final.

Les candidats et leurs formateurs sont invités à lire avec application les commentaires et conseils donnés dans ce rapport et dans ceux des sessions antérieures afin de bien appréhender les compétences ciblées. La préparation à ces épreuves commence dès l'inscription au concours. Proposer une séquence pédagogique à partir d'activités expérimentales ne s'improvise pas et nécessite une préparation rigoureuse. De même, la qualité du dossier dépend de la pertinence du choix du support. Elle impose aux futurs professeurs de s'engager, dès le début de leur carrière, dans un processus de rapprochement avec le monde de l'entreprise et de la recherche.

Ces épreuves permettent « également d'évaluer la capacité du candidat à prendre en compte les acquis et les besoins des élèves, à se représenter la diversité des conditions d'exercice de son métier futur, à en connaître de façon réfléchie le contexte dans ses différentes dimensions (classe, équipe éducative, établissement, institution scolaire, société) et les valeurs qui le portent, dont celles de la République ». Les thématiques de la laïcité et de la citoyenneté trouvent toute leur place lors des entretiens avec le jury ; en effet, la mission première que fixe la Nation à ses enseignants est de transmettre et faire partager aux élèves les valeurs et principes de la République ainsi que l'ensemble des dispositions de la charte de la laïcité.

La crise sanitaire exceptionnelle, qu'a traversée le pays, a nécessité l'interruption de l'organisation des concours internes et externes du ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse de la session 2020.

Concernant l'agrégation de sciences industrielles de l'ingénieur, les trois épreuves d'admissibilité se sont déroulées les 11, 12 et 13 mars 2020 juste avant le confinement.

Le déconfinement progressif à partir du 11 mai a permis de programmer les épreuves d'admission sous réserve des évolutions de la situation sanitaire. Pour certaines épreuves d'admission dont le déroulement est incompatible avec les contraintes sanitaires (manipulations ou expériences interdites), des aménagements ont été réalisés en liaison avec les présidents des jurys.

L'arrêté du 27 mai 2020¹ portant adaptation des épreuves de certaines sections du concours externe et du concours externe spécial de recrutement de professeurs agrégés de l'enseignement du second degré ouvert au titre de l'année 2020 en raison de la crise sanitaire née de l'épidémie de covid-19 précise les adaptations pour l'agrégation des sciences industrielles de l'ingénieur :

- les épreuves écrites d'admissibilité sont inchangées ;
- les deux épreuves d'admission « exploitation pédagogique d'une activité pratique relative à l'approche globale d'un système pluritechnologique » et « activité pratique et exploitation pédagogique relatives à l'approche spécialisée d'un système pluritechnologique » sont supprimées ;
- l'épreuve d'admission « soutenance d'un dossier industriel » (coefficient 2) est maintenue et n'est pas modifiée.

Le jury invite les candidats et formateurs à se reporter aux rapports des années précédentes pour obtenir les commentaires et conseils des deux premières épreuves d'admission.

Pour cette quatrième session, 15 postes étaient offerts à l'agrégation sciences industrielles de l'ingénieur option ingénierie informatique. Parmi les 202 inscrits, 82 candidats ont été présents aux trois épreuves d'admissibilité. Le nombre important d'inscrits est toujours un élément très positif. En effet, il est important que le vivier de candidats bien préparés se développe pour recruter les enseignants de haut niveau nécessaires à l'enseignement des sciences industrielles de l'ingénieur en ingénierie informatique.

Cette session s'est révélée être, comme les précédentes, d'un très bon niveau. Les candidats ont su démontrer un sens de la pédagogie et une posture professionnelle compatibles avec l'exercice des missions d'enseignant ; le jury les en félicite.

L'agrégation est un concours prestigieux de recrutement de cadres de catégorie A de la fonction publique qui impose de la part des candidats un comportement et une présentation irréprochables.

Pour conclure cet avant-propos, le jury souhaite que ce rapport soit une aide efficace aux futurs candidats. Tous sont invités à se l'approprier par une lecture attentive.

¹ <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000041939099&dateTexte=&categorieLien=id>

Remerciements

Le lycée La Martinière Monplaisir à Lyon a accueilli les épreuves d'admission de cette session 2020 des quatre options de l'agrégation externe section sciences industrielles de l'ingénieur.

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

Ces remerciements s'adressent également au proviseur du lycée Raspail à Paris qui a accueilli les membres du jury pour la réunion de préparation de ce concours.

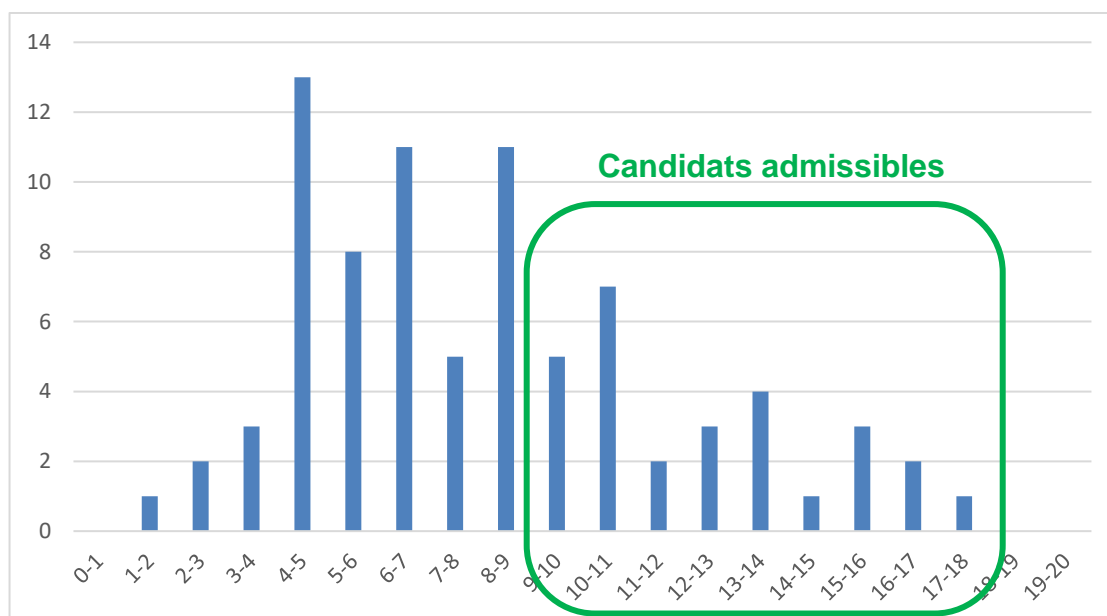
Résultats statistiques

Session	Inscrits	Nombre de postes	Présents aux trois épreuves d'admissibilité	Admissibles	Présents aux épreuves d'admission	Admis
2017	264	15	106	35	33	15
2018	280	12	105	28	23	12
2019	240	14	104	35	31	15*
2020	202	15	82	28	25	15

* un candidat a été admis en liste complémentaire

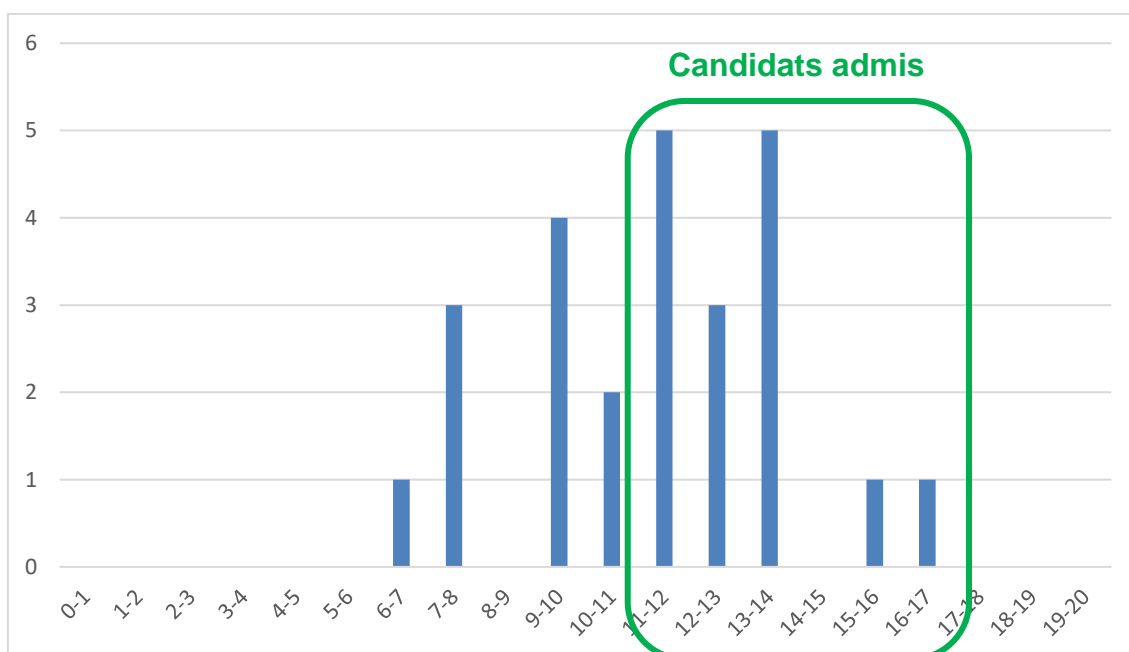
Statistiques et histogramme des notes obtenues à l'admissibilité à la session 2020

Note obtenue par le premier candidat admissible	17,35
Note obtenue par le dernier candidat admissible	9,16
Moyenne des candidats présents	8,13
Moyenne des candidats admissibles	12,37
Écart-type des candidats présents	3,7
Écart-type des candidats admissibles	2,49



Statistiques et histogramme des notes obtenues à l'admission à la session 2020

Note obtenue par le premier candidat admis	16,43
Note obtenue par le dernier candidat admis	11,30
Moyenne des candidats présents	11,32
Moyenne des candidats admis	13,08
Écart-type des candidats présents	2,58
Écart-type des candidats admis	1,54



Épreuve d'admissibilité de sciences industrielles de l'ingénieur

A. Présentation de l'épreuve

Arrêté du 19 avril 2013 et arrêté du 19 avril 2016

- Durée totale de l'épreuve : 6 heures
- Coefficient 1

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.

Elle 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 automatique.

B. Sujet

Le sujet est disponible en téléchargement sur le site du ministère à l'adresse :

https://media.devenirenseignant.gouv.fr/file/agregation_externe/95/6/s2020_agreg_externe_sii_1_125_9956.pdf



C. Éléments de correction

Question 1

En considérant la consommation $E_{\text{annuelle consommée en Bretagne}} = 11,27 \text{ TW}\cdot\text{h}$ (particuliers et professionnels) pour toute la Bretagne, la consommation énergétique annuelle de l'île d'Ouessant peut être estimée par un modèle proportionnel :

$$E_{\text{annuelle consommée sur l'île Ouessant}} = E_{\text{annuelle consommée en Bretagne}} \times \frac{\text{Nbre habitants sur l'île Ouessant}}{\text{Nbre habitants total en Bretagne}}$$

$$E_{\text{annuelle consommée sur l'île Ouessant}} = 11,27 \cdot 10^{12} \times \frac{1000}{3,2 \cdot 10^6} = 3,5 \cdot 10^9 \text{ W}\cdot\text{h} = 3,5 \text{ GW}\cdot\text{h}$$

En considérant la consommation $E_{\text{annuelle consommée en Bretagne}} = 22,29 \text{ TW}\cdot\text{h}$ le même modèle de proportionnalité donne comme résultat $E_{\text{annuelle consommée sur l'île Ouessant}} = 7 \text{ GW}\cdot\text{h}$ mais le résultat est surestimé car il n'y a pas de grande industrie sur l'île.

Question 2

L'électricité de l'île d'Ouessant est produite actuellement à partir de fioul :

$$M_{\text{CO}_2 \text{ produite sur l'île Ouessant}} = E_{\text{annuelle consommée sur l'île Ouessant}} \cdot M_{\text{CO}_2 \text{ par MW de fioul}}$$

$$M_{\text{CO}_2 \text{ produite sur l'île Ouessant}} = 3,5 \cdot 10^3 \times 0,67 = 2 \text{ 345 tonnes de CO}_2$$

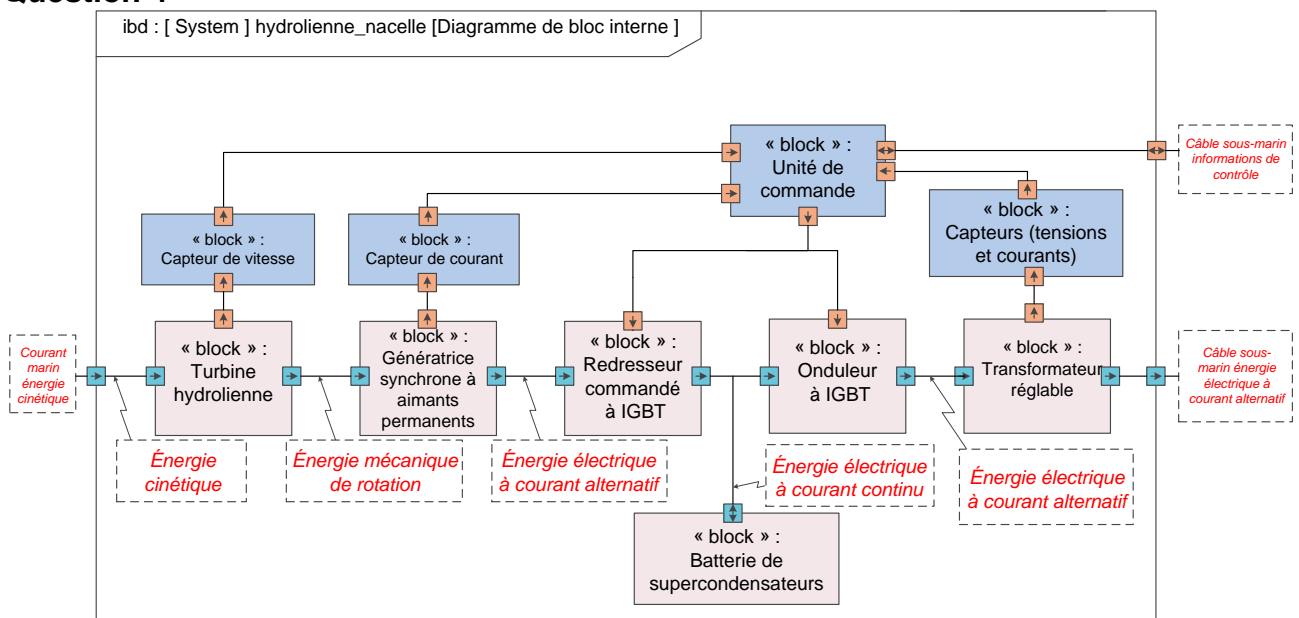
Question 3

Il faut comparer M_{CO_2} par kWh de fioul et M_{CO_2} par kWh moyen en métropole

$$0,67 \text{ tCO}_2 \cdot \text{MWh}^{-1} = 670 \text{ gCO}_2 \cdot \text{kWh}^{-1} \text{ et } 90 \text{ gCO}_2 \cdot \text{kWh}^{-1}$$

Les émissions de CO_2 de l'île d'Ouessant sont donc 7,5 fois supérieures à la moyenne. Il est donc nécessaire de décarboner la production électrique de l'île.

Question 4



Question 5

Composant	Nature de la puissance sortante	Grandeur de flux		Grandeur d'effort	
		Nom de la grandeur physique	Alternative / continue	Nom de la grandeur physique	Alternative / continue
Turbine	mécanique	Fréquence de rotation	Continue $N \in [5 ; 15]$ $\text{tr}\cdot\text{min}^{-1}$	Couple de forces	continue
Génératrice	électrique	Courant électrique	Alternative $F = pN/60$ $F \in [10 ; 30]$ Hz	Tension électrique	Alternative $F = pN/60$ $F \in [10 ; 30]$ Hz
Onduleur	électrique	Courant électrique	Alternative $F = 50$ Hz	Tension électrique	Alternative $F = 50$ Hz

Question 6

La génératrice fournit un courant alternatif et une tension alternative qui ne répondent pas à l'exigence Id 1.6 du diagramme des exigences « puissance électrique sous tension triphasée 50 Hz ».

Question 7

Valeur1 : I valeur efficace de $i(t)$ en Ampère (A) ;

Valeur2 : P puissance active = $\langle 3v(t).i(t) \rangle$ valeur moyenne des puissances instantanées en Watt (W) ;

Valeur3 : F_p facteur de puissance, nombre sans unité.

Question 8

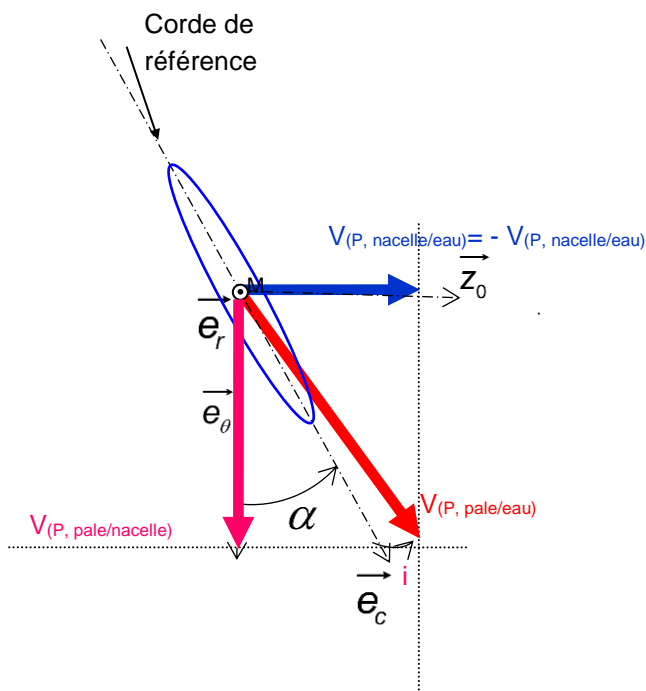
Composition des vitesses : $\vec{V}_{(P \in \text{pale}/\text{eau})} = \vec{V}_{(P \in \text{pale}/\text{nacelle})} + \vec{V}_{(P \in \text{nacelle}/\text{eau})}$

$$\vec{V}_{(P \in \text{nacelle}/\text{eau})} = -\vec{V}_{(P \in \text{eau}/\text{nacelle})} = Vc \vec{z}_0$$

$$\vec{V}_{(P \in \text{pale}/\text{nacelle})} = \vec{PO} \dot{\theta} \vec{W}_{(\text{turbine}/\text{nacelle})} = -r \cdot \vec{e}_r \dot{\theta} \vec{W} \cdot \vec{z}_0 = r \cdot \dot{\theta} \cdot \vec{e}_\theta$$

Finalement :

$$\vec{V}_{(P \in \text{pale}/\text{eau})} = r \cdot \dot{\theta} \cdot \vec{e}_\theta + Vc \vec{z}_0$$



Question 9

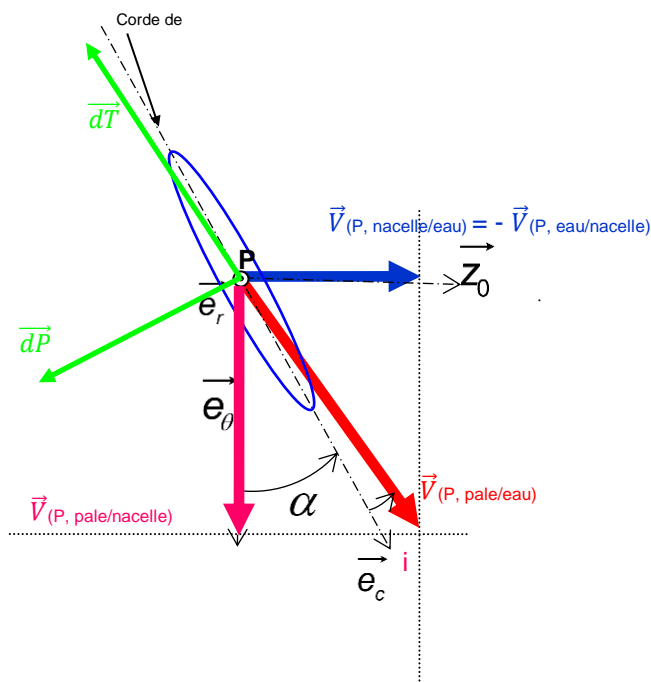
$$\begin{cases} V_{(P \in \text{pale}/\text{eau})} \cos(i + \alpha) = r\Omega \\ V_{(P \in \text{pale}/\text{eau})} \sin(i + \alpha) = V_C \end{cases} \Rightarrow \tan(i + \alpha) = \frac{V_C}{r\Omega} \Rightarrow i = \arctan\left(\frac{V_C}{r\Omega}\right) - \alpha$$

Autre méthode : $\|\vec{V}(P \in \text{pale}/\text{eau})\| = \sqrt{(r\Omega)^2 + V_C^2}$ d'où $i = \arccos\left(\frac{r\Omega}{\sqrt{(r\Omega)^2 + V_C^2}}\right)$

Question 10

$$\begin{cases} \|\vec{dT}\| = \frac{1}{2} \rho \cdot dS \cdot C_x \cdot V_C^2 = \frac{1}{2} \rho \cdot L \cdot dr \cdot \sin(i) \cdot C_x \cdot (r^2 \Omega^2 + V_C^2) \\ \|\vec{dP}\| = \frac{1}{2} \rho \cdot dS \cdot C_z \cdot V_C^2 = \frac{1}{2} \rho \cdot L \cdot dr \cdot \sin(i) \cdot C_z \cdot (r^2 \Omega^2 + V_C^2) \end{cases}$$

Question 11



Question 12

$$d\Gamma = (\vec{OM} \wedge \vec{F}(\text{eau} \rightarrow \text{pale})) \cdot \vec{Z}_0 = (\vec{z}_0 \wedge \vec{OP}) \cdot \vec{F}(\text{eau} \rightarrow \text{pale}) = r \cdot \vec{e}_\theta \cdot \vec{F}(\text{eau} \rightarrow \text{pale})$$

$$d\Gamma = r \cdot \vec{e}_\theta \cdot (\vec{dT}(\text{eau} \rightarrow \text{pale}) + \vec{dP}(\text{eau} \rightarrow \text{pale}))$$

$$= r \cdot \frac{1}{2} \rho \cdot L \cdot dr \cdot \sin(i) \cdot (r^2 \Omega^2 + V_C^2) \left(C_x \cdot \cos(\pi - (\alpha + i)) + C_z \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} - (\alpha + i)\right) \right)$$

$$\Rightarrow \|\vec{d\Gamma}\| = r \cdot \frac{1}{2} \rho \cdot L \cdot dr \cdot \sin(i) \cdot (r^2 \Omega^2 + V_C^2) (-C_x \cdot \cos(\alpha + i) + C_z \cdot \sin(\alpha + i))$$

Autre solution

$$\vec{d\Gamma} = \vec{OP} \wedge (\vec{dP} + \vec{dT})$$

$$\vec{d\Gamma} = r \cdot \vec{e}_r \wedge \frac{1}{2} \rho \cdot L \cdot dr \cdot \sin(i) \cdot (r^2 \Omega^2 + V_C^2) \cdot \left[C_z \cdot (-\cos(\alpha + i) \vec{z}_0 + \sin(\alpha + i) \vec{e}_\theta) + C_x \cdot (\cos(\alpha + i) \vec{e}_\theta - \sin(\alpha + i) \vec{z}_0) \right]$$

$$\vec{d\Gamma} \cdot \vec{z}_0 = r \cdot \frac{1}{2} \rho \cdot L \cdot dr \cdot \sin(i) \cdot (r^2 \Omega^2 + V_C^2) \cdot [C_z \cdot \sin(\alpha + i) - C_x \cdot \cos(\alpha + i)]$$

Question 13

Le cahier des charges impose de convertir l'énergie cinétique à marée montante et à marée descendante. Donc l'hydrolienne va tourner dans les deux sens de rotation, il est indispensable de choisir une forme elliptique ou en amande.

Question 14

La finesse est définie par le rapport $f = \frac{C_z}{C_x}$.

Soit un point M appartenant à la polaire d'Eiffel. Soit α l'angle entre \overline{OM} (passant par l'origine et tangente au point M à la polaire d'Eiffel) et l'horizontale. Dans ce cas la finesse peut être définie par le rapport $f = \tan \alpha$. La finesse est bien maximale si la tangente à la polaire d'Eiffel passant par l'origine possède un angle α maximal.

La comparaison des différents profils montre que pour :

- les profils en amande de toutes les épaisseurs, la finesse est inférieure à celle des autres profils ;
- le profil en ellipse d'épaisseur relative de 15% permet d'augmenter le coefficient de portance entre 3 et 4 % par rapport à celui de l'ellipse d'épaisseur relative de 10% mais avec un coefficient de traînée supérieur.

D'où la nécessité de regarder la polaire d'Eiffel qui montre que le coefficient directeur de la tangente passant par l'origine du profil ellipse 10% est supérieur à celui de la tangente à l'ellipse 15 %, donc que la finesse du profil à 10% est supérieure à la finesse du profil à 15 %.

Conclusion : le choix de profil de pale est elliptique d'épaisseur relative de 10 %.

Question 15

Pour chaque valeur il existe une valeur optimale de l'angle α (optimale dans le sens où bien évidemment, le but est de rendre le couple maximal). Cette valeur optimale de α dépend de la distance radiale r le long de la pale. Pour optimiser le rendement de la pale, la solution constructive est d'avoir une pale « vrillée », avec un angle α plus important près de l'axe de rotation. Par ailleurs le couple élémentaire sur chaque élément est plus important loin de l'axe, ce qui est normal car la vitesse $r\Omega$ est supérieure d'une part, et parce que l'on est plus loin de l'axe d'autre part (« bras de levier » plus important).

Il est également possible d'accepter un angle de calage constant à condition de caler pour la zone la plus productive, c'est à dire loin du moyeu, mais cette solution est moins satisfaisante.

Question 16

Il y a 6 pales, il faut donc additionner les 6 moments créés par chaque pale.

Et chaque moment créé par chaque pale est calculé par l'intégrale du moment élémentaire en fonction de l'abscisse radiale r : $G = \sum_{i=1}^6 \int_2^5 dG_i$ ou $6 \times \int_2^5 dG_i$

Question 17

Pour une vitesse de courants marins $V_C = 4,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ une puissance de $P = 1 \text{ MW}$ pour une vitesse de rotation de la turbine d'environ $13 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$.

Pour obtenir le couple, $P = G \cdot \Omega$ ou une lecture sur le DR3.

Le couple G est de l'ordre de $734 \text{ k} \cdot \text{N} \cdot \text{m}$, et $l_{opt} = \frac{R W}{V_C} = \frac{5 \times 13 \times 2\pi}{4,2 \times 60} = 1,62$.

Question 18

Le cas le plus "défavorable" (worst case) pour l'apparition du phénomène de cavitation est lorsque :

- la pression de vapeur saturante est la plus élevée (c'est-à-dire à température élevée ici 15°C). La lecture permet de définir une pression de vapeur saturante de 2100 Pa ;
- pour une température donnée la pression locale est minimale, P_{atm} faible $990 \text{ h} \cdot \text{Pa}$;
- la pression hydrostatique est faible : $h_{minimal} = 15 \text{ m}$, avec un creux de houle important de (-8 m) . $h = 15 - 8 = 7 \text{ m}$;
- la pression hydrodynamique est faible : $Cp_{minimum} = -19,8$ et une vitesse spécifique faible $\lambda = 1,16$.

Question 19

La vitesse amont à partir de laquelle il peut y avoir un risque de cavitation vérifie : $P_{locale} \leq P_{vap_sat}$

$$P_{atm} + \rho \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_{pmin} \cdot V^2 \leq P_{sat} \Rightarrow \underbrace{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_{pmin} \cdot V^2}_{\leq 0} \geq \underbrace{P_{sat} - P_{atm} - \rho \cdot g \cdot h}_{\leq 0}$$

$$V \geq \sqrt{\frac{P_{vap_sat} - P_{atm} - \rho g h}{\frac{1}{2} \rho C_{pmin}}} \Rightarrow V_{min} = \sqrt{\frac{P_{vap_sat} - P_{atm} - \rho g h}{\frac{1}{2} \rho C_{pmin}}}$$

Dans le pire des cas, il y a risque de cavitation pour une vitesse de courant de marée supérieure à :

$$V_{min} = \sqrt{\frac{2100 - 99000 - 1025 \times 9,81 \times (15 - 8)}{\frac{1}{2} \times 1025 \times (-19,86)}} = 4,05 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Question 20

La Sabella D10 est placée à 40 mètres de fond. La profondeur d'immersion de l'hydrolienne écarte le risque de cavitation. Le calcul pour $h = 40 - 8 = 32 \text{ m}$ et $\rho = 1035 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ la masse volumique de l'eau moyenne entre 1 et 4 bars : $V_{cmin} = 6,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \gg 4,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Cette vitesse n'est jamais atteinte au fond du Fromveur donc il n'y a aucun risque de cavitation.

Question 21

La cavitation peut être éliminée en augmentant C_p (diminution en valeur absolue), ce qui est obtenu en augmentant la vitesse spécifique λ , donc en augmentant la vitesse de rotation de la turbine.

Le moyen mis en œuvre pour sécuriser l'hydrolienne est de mettre la turbine à l'arrêt avec des freins mécaniques si les courants marins excèdent $4,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Question 22

Exigence 1 : développer la puissance maximale possible pour le courant de marée amont à un instant donné ;

Exigence 2 : éviter l'apparition de phénomènes contraignants, comme la cavitation ;

Pour cela l'étude a montré qu'il fallait maintenir une vitesse spécifique de fonctionnement $\lambda_{opt} = 1,6$.

La grandeur d'entrée est la vitesse amont du courant de marée V_c imposée par les phénomènes extérieurs ;

La grandeur de sortie à commander est la vitesse de rotation de la turbine Ω .

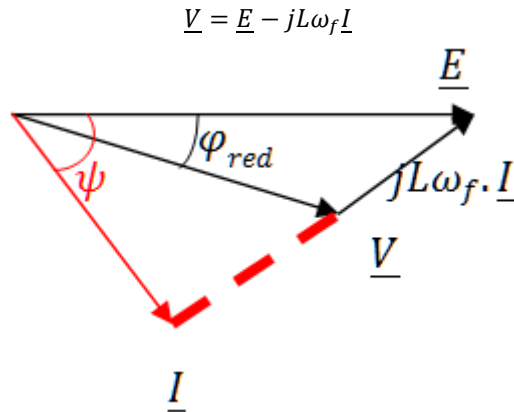
Question 23

$$\omega_{gen_13} = p \Omega = 120 \times 13 \times 2 \times \frac{\pi}{60} = 163,4 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

Question 24

La génératrice est synchrone, la pulsation des forces électromotrices générées $\omega_{gen} = p \Omega$ doit être égale à la pulsation imposée par le redresseur ω_{red} afin que le couple ait une valeur moyenne non nulle et ne contienne pas de termes pulsatoires.

Question 25



Question 26

$$P_{gen} = 3EI \cos(\psi)$$

$$Q_{gen} = 3EI \sin(\psi)$$

$\psi = 0$ maximise P (à I constant et donc Ω constant)

Question 27

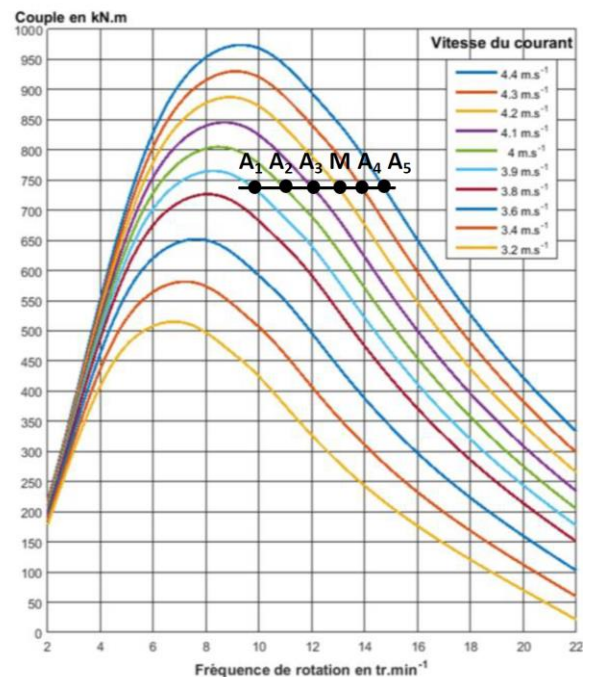
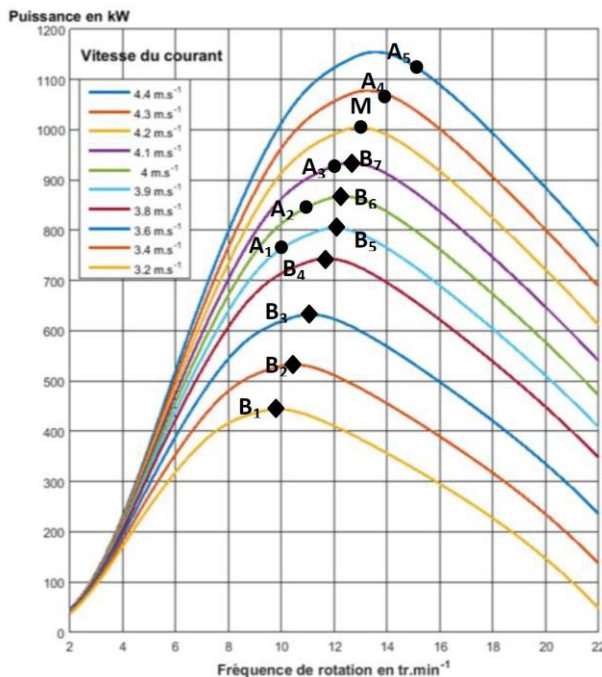
Il faut augmenter le couple Γ_r appliqué à la turbine pour diminuer la vitesse Ω , donc augmenter le courant I . Ceci est obtenu en augmentant $\underline{E}-\underline{V}$, donc en diminuant \underline{V} . Il faut donc diminuer S_amp pour ralentir la turbine.

Il n'y a pas d'autre moyen de réglage, car les pales ne sont pas orientables, le flux incident n'est pas contrôlable.

Question 28

$$P_M = 1 \text{ MW}, N_M = 13 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1} \Rightarrow G_M = 734 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Question 29



Tracé d'une droite horizontale à $740 \text{ kN} \cdot \text{m}$, il existe 2 points d'intersection avec chaque caractéristique de la turbine. Il faut retenir les points de droite pour le point de fonctionnement car c'est celui qui est stable. $[A_1, \dots, A_5]$.

Point de fonctionnement à $V_c = 3,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ($9,5 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$)

Point de fonctionnement à $V_c = 4,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ($15,5 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$)

$V_c \in [3,9 ; 4,4]$

Pour des courants inférieurs à $3,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, le couple résistant est supérieur au couple que la turbine peut fournir, l'équilibre des couples est impossible, pas de point de fonctionnement, la turbine cale.

Question 30

Positionner les points $[A_1, \dots, A_5]$ et lire la puissance $P \in [750 \text{ kW}; 1150 \text{ kW}]$

Question 31

Les points ne sont pas optimaux car ils ne sont pas au maximum des courbes de puissance alors que l'installation est conçue pour fournir de la puissance, et non pas du couple.

Une stratégie de recherche du maximum de puissance serait meilleure.

Pour $V_c > 4,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ il y a dépassement des 1000 kW ainsi que de la fréquence maximale. Cela peut être acceptable sur un temps limité mais pas en fonctionnement permanent.

Cette stratégie de commande à couple constant n'est pas optimale car elle ne permet pas d'extraire le maximum de puissance quand les vitesses de courants diminuent.

Question 32

$[B_1, \dots, B_7]$ (cf figure question 29).

Question 33

Au-delà d'une vitesse de courant de $4,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, le MPPT donne des puissances qui dépassent 1000 kW . Ce n'est pas acceptable de manière permanente.

Aménagements acceptés :

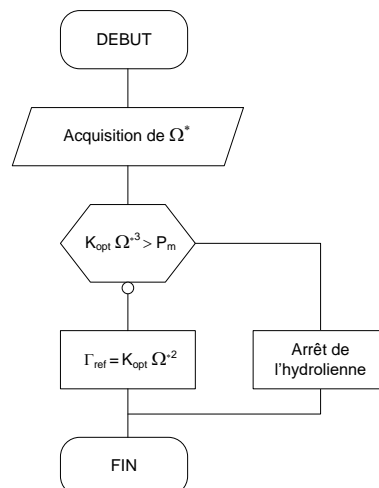
- limiter la puissance à $P = P_{max}$, en acceptant une survitesse (diminution du couple) ;
- stopper la génératrice quand les courants sont supérieurs à $4,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Question 34

Il faut extraire le maximum de puissance jusqu'à 1000 kW puis écrêter la puissance à 1000 kW . Il s'agit de la solution habituelle mise en œuvre sur les éoliennes ("rated-output speed" = vitesse à laquelle on cesse de suivre le MPPT pour travailler à puissance constante, au prix d'un écrêtage)

Question 35

Algorithme MPPT connaissant Ω



Question 36

```
// Initialisation
Lire P // puissance reçue par l'hydrolienne
P1 ← P
P2 ← P

// P & O : « Perturb and observe »
Boucle
  Lire P
  P2 ← P
  SI P2 > P1 alors
    Cref = Cref + δ
  SINON
    Cref = Cref - δ
  FIN_SI
  P1 ← P2
  Attendre 1s
  Aller à Boucle
```

Question 37

$$P = 3 E \cdot I \cdot \cos(\psi) \quad ; \quad G_{resist} = 3 E \cdot I \cdot \frac{\cos(\psi)}{W} \quad \text{maximal pour } \psi = 0.$$

Question 38

$$G_{resist} = 3 E \cdot I \cdot \frac{\cos(\psi)}{W} = 3 K_e \cdot I \cdot \cos(\psi) = K_I \cdot I$$
$$K_I = 3 K_e$$

Question 39

$$C(p) = \frac{S(p)}{\varepsilon(p)} \Leftrightarrow \left(K \frac{1 + T_i \cdot p}{T_i \cdot p} \right) = \frac{S(p)}{\varepsilon(p)} \Leftrightarrow S(p) T_i \cdot p = K (1 + T_i \cdot p) \varepsilon(p)$$

$$T_i \cdot \frac{ds(t)}{dt} = K \cdot \varepsilon(t) + K \cdot T_i \frac{d\varepsilon(t)}{dt}$$

Question 40

Approximation du nombre dérivé par le taux d'accroissement :

$$T_i \cdot \frac{ds(t)}{dt} = K \cdot \varepsilon(t) + K \cdot T_i \frac{d\varepsilon(t)}{dt} \Leftrightarrow \frac{ds(t)}{dt} = \frac{K}{T_i} \cdot \varepsilon(t) + K \cdot \frac{d\varepsilon(t)}{dt}$$

$$\frac{s_k - s_{k-1}}{T_e} = \frac{K}{T_i} \cdot \varepsilon_k + K \cdot \frac{\varepsilon_k - \varepsilon_{k-1}}{T_e} \Leftrightarrow s_k = s_{k-1} + \frac{K \cdot T_e}{T_i} \cdot \varepsilon_k + K (\varepsilon_k - \varepsilon_{k-1})$$

$$s_k = s_{k-1} + K \left(1 + \frac{T_e}{T_i} \right) \cdot \varepsilon_k - K \cdot \varepsilon_{k-1}$$

$$A = 1, B = K \left(1 + \frac{T_e}{T_i} \right), C = -K$$

Question 41

La solution MPPT sans capteur est plus robuste car il n'y a pas besoin d'un capteur de vitesse.

Le maximum mesuré ne dépend plus d'une courbe théorique obtenue avec un certain nombre d'hypothèses.

C'est une boucle fermée avec asservissement de puissance, ce qui garantit une maximisation effective de celle-ci en s'affranchissant des possibles erreurs de modèle.

Question 42

Le bilan thermique entre la nacelle à plein régime et les serpentins remplis d'eau de mer s'écrit, pour une température nominale de l'eau d'entrée de 15°C et une température de sortie n'excédant pas $T_{\text{entrée}}$ de plus de 10°C :

$$Q_m = \frac{P_{\text{évacuée}}}{c_{p,\text{eau}}(T_{\text{entrée}} - T_{\text{sortie}})} = \frac{61000}{3875(15-25)} = 1,57 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}.$$

Question 43

Flux perdu à travers un élément d'échangeur dS : $dF = \theta \cdot (T_{\text{eau de mer}} - T_{\text{nacelle}}) \cdot dS$

Flux gagné par l'eau de mer : $dF = -(Q_m \cdot c_{p,\text{eau}}) \cdot dT_{\text{eau de mer}}$

Question 44

$$\theta \cdot (T_{\text{eau de mer}} - T_{\text{nacelle}}) \cdot dS = -Q_m \cdot c_{p,\text{eau}} \cdot dT_{\text{eau de mer}}$$

$$\frac{dT_{\text{eau de mer}}}{T_{\text{eau de mer}} - T_{\text{nacelle}}} = -\frac{\theta \cdot dS}{Q_m \cdot c_{p,\text{eau}}}$$

Question 45

De l'expression précédente on déduit : $T_{\text{eau de mer}} - T_{\text{nacelle}} = A \cdot e^{-\frac{\theta \cdot S}{Q_m \cdot c_{p,\text{eau}}}}$

À $x = 0$, $S = 0$ et $T_{\text{eau de mer}} = T_{\text{entrée}}$ donc $T_{\text{entrée}} - T_{\text{nacelle}} = A$

Au bout du serpent in après toute la surface d'échange $S = \Sigma$:

$$T_{\text{eau de mer}} = T_{\text{sortie}}$$

$$T_{\text{sortie}} - T_{\text{nacelle}} = A \cdot e^{-\frac{\theta \cdot \Sigma}{Q_m \cdot c_{p,\text{eau}}}}$$

$$T_{\text{sortie}} = T_{\text{nacelle}} + (T_{\text{entrée}} - T_{\text{nacelle}}) \cdot e^{-\frac{\theta \cdot \Sigma}{Q_m \cdot c_{p,\text{eau}}}}$$

d'où :

$$\alpha = T_{\text{nacelle}} \quad ; \quad \beta = T_{\text{entrée}} - T_{\text{nacelle}} \quad ; \quad \gamma = \frac{\theta \cdot \Sigma}{Q_m \cdot c_{p,\text{eau}}}$$

Question 46

$$\alpha = T_{\text{nacelle}} = 35^{\circ}\text{C} \quad ; \quad \beta = T_{\text{entrée}} - T_{\text{nacelle}} = -25^{\circ}\text{C} \quad ; \quad \gamma = \frac{\theta \cdot \Sigma}{Q_m \cdot c_{p,\text{eau}}} = \frac{500.20}{1,57.3875} = 1,64$$

$$T_{\text{sortie}} = 35 - 25 \cdot e^{-1,64} = 30^{\circ}\text{C}$$

30°C est supérieur à $10^{\circ}\text{C} + 10^{\circ}\text{C}$ donc l'exigence « respecter le milieu marin » n'est pas validée.

Une solution est d'augmenter le débit de la pompe.

Avec un débit = $1,57 \times 4 = 6,28 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ et une température de sortie $T_{\text{sortie}} = 18,4^{\circ}\text{C}$, le cahier des charges est alors validé même dans ces conditions extrêmes.

Question 47

$$1,5 \cdot F_H \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} - (\alpha + \gamma)\right) \cdot Y_K < m_C \cdot g \cdot d_{KC}$$

$$1,5 \cdot F_H \cdot \sin(\alpha + \gamma) \cdot Y_K < m_C \cdot g \cdot d_{KC}$$

avec

$$d_{KC} = \sin(2\gamma) \cdot \sqrt{x_C^2 + z_C^2}$$

$$m_C > \frac{1,5 \cdot F_H \cdot \sin(\alpha + \gamma) \cdot Y_K}{g \cdot \sin(2\gamma) \cdot \sqrt{x_C^2 + z_C^2}} = 49 \text{ tonnes}$$

Question 48

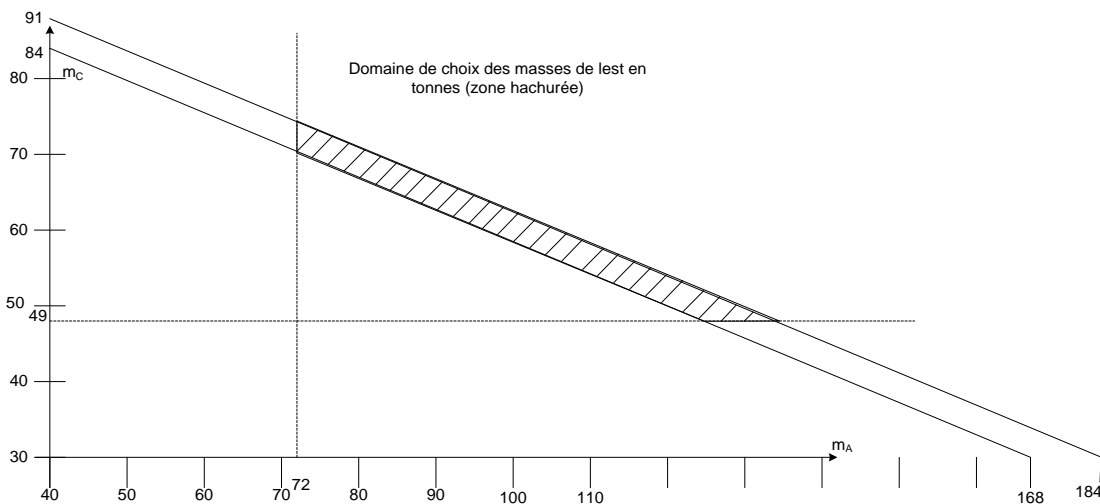
$$(m_A + m_B + m_C) \cdot 9,81 > 660 \cdot 2,5 = 1650 \text{ kN et } m_B = m_C$$

$$(m_A + 2 m_C) > 168 \text{ tonnes (1650 kN)}$$

Question 49

Le système d'inéquations est le suivant (en tonnes) :

$$m_C > 49 ; m_A > 72 ; (m_A + 2 m_C) > 168 ; (m_A + 2 m_C) + 66,238 < 250$$



Question 50

1. L'exploitation du document 4 conduit à trouver un besoin en puissance sur l'île compris entre 1360 kW et 1100 kW.

2. Les hydroliennes, éoliennes et solaire photovoltaïque ne produisent pas 24 h/24 h.

3. Exemple d'une capacité installée supérieure à la puissance maximale nécessaire comprenant par exemple 2 hydroliennes (1 MW mécanique : probablement 700 kW électrique), une éolienne 3 MW, une installation photovoltaïque pour 1 MW)

Un mix énergétique entre les 3 augmente la disponibilité d'une énergie verte tout au long de la journée sans pour autant la garantir à 100%.

4. Il convient donc d'envisager un stockage de cette énergie verte sous forme par exemple de batteries ou/et de conserver un groupe électrogène pour assurer la disponibilité de l'électricité aux habitants (ce qui revient à stocker de l'énergie sous forme fossile).

5. Si les énergies renouvelables rentrent à hauteur de 80% dans la production électrique de l'île les émissions de CO_2 passeront de $670 \text{ gCO}_2 \cdot \text{kWh}^{-1}$ à $134 \text{ gCO}_2 \cdot \text{kWh}^{-1}$.

D. Commentaires du jury

Partie 1 Consommation de l'île (Q1 à Q3)

Ces questions permettaient de justifier l'intérêt de décarboner la production électrique sur l'île d'Ouessant. Beaucoup de candidats ont réussi cette partie. Cependant les notions d'énergie, de puissance et les unités correspondantes ne sont pas maîtrisées par environ 30 % des candidats.

Partie 2 Analyse de l'architecture de l'hydrolienne (Q4 à Q7)

Le diagramme des blocs internes a été bien réussi. On rappelle que la puissance est le produit d'une variable flux et d'une variable d'effort, cette notion n'est pas suffisamment acquise par les candidats. De plus, les définitions de base concernant par exemple une grandeur efficace, la puissance active, apparente et le facteur de puissance doivent être connues par l'ensemble des candidats à l'agrégation. Cette question Q7 n'a été malheureusement que très partiellement réussie.

Partie 3 Extraire une puissance mécanique de 1MW (Q8 à Q22)

L'analyse cinématique de la turbine a été assez bien traitée mais 30 % des candidats ne l'ont pas tentée. Un nombre significatif de candidats a obtenu les relations donnant le couple moteur en fonction des angles d'incidence et de calage. Il est rappelé qu'un soin particulier doit être apporté aux démonstrations dont le résultat est donné. Le jury attend dans ce cas beaucoup de rigueur dans la démarche et dans les calculs. La nécessité de la réversibilité du profil (deux sens de courant) est le plus souvent bien exprimée ce qui n'est pas le cas pour la finesse. La vérification d'un fonctionnement sans cavitation permettait d'évaluer les candidats sur des notions scientifiques réexpliquées dans le sujet, beaucoup de candidats ont su en tirer profit au moins pour les premières questions.

Partie 4 Optimiser la production (Q23 à Q41)

Cette partie permet aux candidats de comprendre comment la commande de la génératrice permet d'optimiser la puissance extraite des courants marins.

Les lois fondamentales de l'électricité (loi des mailles, impédance complexe, diagramme de Fresnel) ne sont pas suffisamment maîtrisées par les candidats qui ont ainsi eu du mal à exploiter le modèle d'une phase de la génératrice.

Les questions relatives aux points de fonctionnement de l'association turbine/génératrice ont été bien traitées. Les stratégies MPPT ont également été bien appréhendées par la majorité des candidats.

Partie 5 Fonctionner en toute sécurité (Q42 à Q49)

Seuls les meilleurs candidats ont réalisé correctement l'analyse thermique, ce qui leur a permis de conclure utilement sur le dimensionnement du circuit de refroidissement.

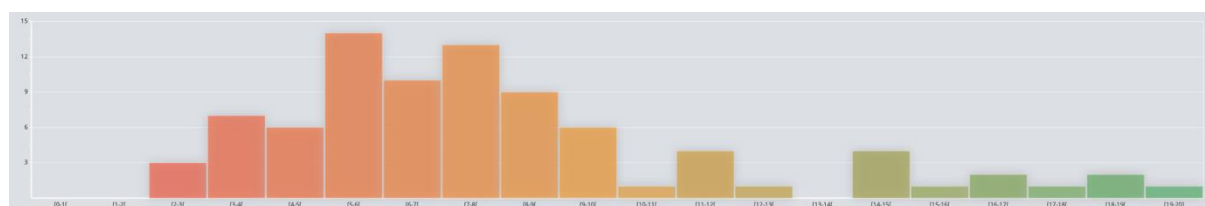
La statique du tripode de la nacelle n'a pas été traitée par beaucoup de candidats. Le jury a valorisé la modélisation mathématique des phénomènes même si les calculs n'ont pas forcément débouché.

Partie 6 Synthèse et perspectives (Q50)

Cette synthèse invitait le candidat à réfléchir sur la faisabilité technique du projet PHARES. L'analyse des documents fournis a permis aux candidats de comparer les besoins énergétiques et les ressources d'énergies renouvelables, puis de mettre en évidence le décalage temporel qui pouvait exister entre les uns et les autres. Il en résultait logiquement la proposition d'un mix énergétique entre les sources principales (énergies renouvelables) et les sources de compensation (énergies fossiles et/ou système de stockage). Seulement 50 % des candidats ont traité cette question.

E. Résultats

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



Nombre de copies	85 / 202
Note minimum	2,60 / 20
Moyenne	7,99 / 20
Note maximum	20,00 / 20
Ecart type	3,99
Quartile inférieur	5,40 / 20
Médiane	7,10 / 20
Quartile supérieur	9,15 / 20
Ecart interquartile	3,75

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

A. Présentation de l'épreuve

Arrêté du 19 avril 2013 et arrêté du 19 avril 2016

- Durée totale de l'épreuve : 6 heures
- Coefficient 1

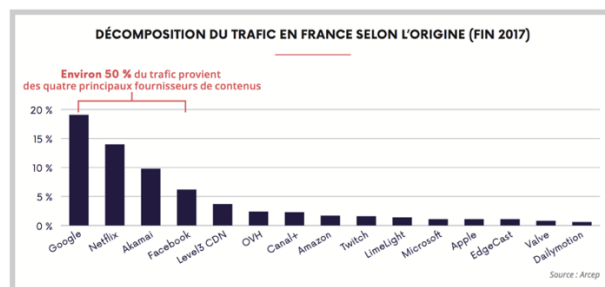
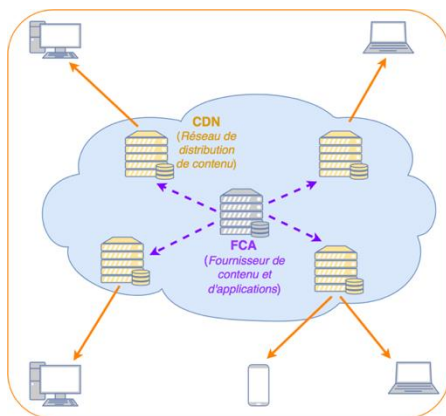
L'épreuve est spécifique à l'option choisie.

À partir d'un dossier technique comportant les éléments nécessaires à l'étude, l'épreuve a pour objectif de vérifier que le candidat est capable de synthétiser ses connaissances pour modéliser un système technique dans le domaine de la spécialité du concours dans l'option choisie en vue de prédire ou de vérifier son comportement et ses performances.

B. Sujet

Le sujet est disponible en téléchargement sur le site du ministère à l'adresse :

https://media.devenirenseignant.gouv.fr/file/agregation_externes/98/7/s2020_agreg_externes_sii_informatique_2_1259987.pdf



C. Éléments de correction

PARTIE 1

Q1. $35 + 45 + 45 + 100 = 225$ ms

Q2. Périodiquement, pour s'assurer que l'adresse IP n'a pas changé (les informations fournies par un DNS ont un TTL).

Q3. Puisque le contenu n'est pas disponible sur le serveur CDN, le CDN doit faire une requête au FCA.

Q4. Pour faire de l'équilibrage de charge ou si l'IP de son serveur a changé.

Q5. $T_p = \frac{(H+P)}{B}$ (taille / débit)

Q6.

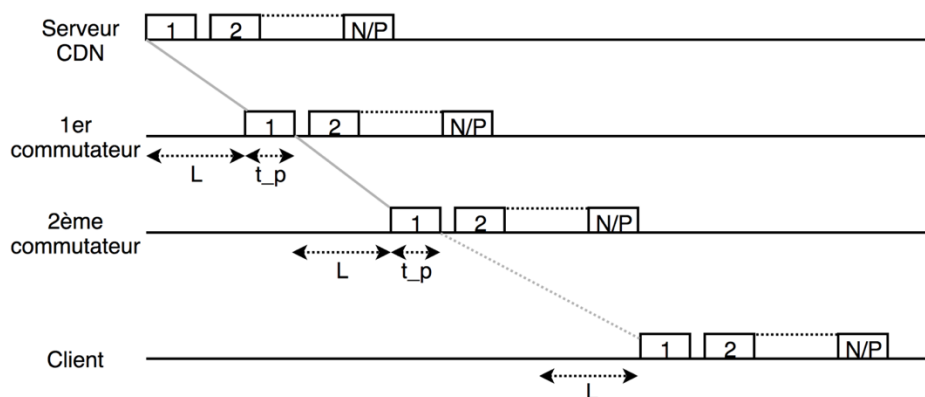
- il y a $\lfloor \frac{N}{P} \rfloor$ paquets à envoyer

- le volume à envoyer de $H \lfloor \frac{N}{P} \rfloor + N$ (en-têtes + données)

- $T_p * \lfloor \frac{N}{P} \rfloor$: temps d'émission de tous les paquets

- et pour obtenir T_e , il faut ajouter les temps d'attente entre les $\lfloor \frac{N}{P} \rfloor$ paquets

Q7. $T_{transfert} = T_e + (k + 1) \cdot L + k \cdot T_p$ soit le temps total de réception par le récepteur + temps de latence sur chacun des $k+1$ liens + temps des k commutateurs de recevoir le 1er paquet entièrement avant de le retransmettre (cette dernière partie étant négligeable devant les deux autres). Voir la figure ci-dessous pour plus de détails.



Q8. 3,316 secondes

Q9. 3,263 secondes. Le temps d'émission varie peu (1,6% de différence) mais moins de paquets sont nécessaires (6 fois moins).

Q10. 2 158,989 secondes, soit 36 minutes environ. La bande passante est donc critique.

Q11. Celle entre le client et le serveur CDN a une plus faible latence, mais également une plus faible bande passante, c'est donc elle qui requiert plus de temps (36 minutes environ contre 3,3 secondes).

Q12. `s.connect((hote, port))`

Q13.

```
while (l):
    conn.send(l)
    l = f.read(1024)
```

Q14. Quand le client fait le connect à la ligne 7.

Q15. Utilisation de threads : chaque nouvelle connexion est gérée par un nouveau thread.

Q16. C'est la bande passante qui a le plus d'impacts pour un fichier volumineux comme vu dans les calculs des questions Q8 à Q10.

PARTIE 2

Q17.

```
def NbNoeud(lgraphe):
    return len(lgraphe.noeuds)
```

Q18.

```
def adjacents(self, noeud):
    return self.arretes[noeud]
```

Q19. $(|N| - 1) \cdot t_{choix} + |A| \cdot t_{min}$

Q20. Le nœud a.

Q21. Le nœud k.

Q22.

```
def NoeudMoyen(lgraphe):
    lesnoeuds = {}
    for noeud in lgraphe.noeuds:
        visite = dijkstra(lgraphe, noeud)
        tot = 0
        for dst in visite:
            tot += visite[dst]
        lesnoeuds[noeud] = tot / len(lgraphe.noeuds)
    return min(lesnoeuds, key=lesnoeuds.get)
```

Complexité en $O(|N|^3)$, soit $|N| \cdot (C_D + |N|)$ avec C_D la complexité de l'algorithme de Dijkstra (qui est en $O(|N|^2)$ ou $O(|N| \times \log|N|)$ suivant la structure de données utilisée, on considère dans la suite le premier cas).

Q23. Elle renvoie un nœud qui minimise la pire latence (calcule L_{pc}). Sa complexité est en $O(|N|^3)$ ou $O(C_D \times |N|)$.

Q24.

```
def NoeudsMoyens2(lgraphe):
    lesnoeuds = {}
    for n in lgraphe.noeuds:
        noeuds = set(lgraphe.noeuds)
```

```

noeuds.remove(n)
for dst in noeuds:
    tot = 0
    visiten = dijkstra(lgraphe, n)
    visited = dijkstra(lgraphe, dst)
    for d in visiten:
        tot += min(visiten[d], visited[d])
    lesnoeuds[(n,dst)] = tot / len(lgraphe.noeuds)
return min(lesnoeuds, key=lesnoeuds.get)

```

Q25.

Problème NP complet, complexité exponentielle en nombre de nœuds (en $O(|N|^{S+2})$)
Calculer la solution exacte pour de grands graphes prend beaucoup de temps.

Q26.

```

def PlusLoin(lgraphe, noeud, k):
    lesnoeuds = {noeud}
    distance = dijkstra(lgraphe, noeud)
    k -= 1
    while (k > 0):
        lointain = noeud
        lmax = 0
        for n in distance:
            if lmax < distance[n]:
                lmax = distance[n]
                lointain = n
        lesnoeuds.add(lointain)
        ldist = dijkstra(lgraphe, lointain)
        for d in distance:
            if ldist[d] < distance[d]:
                distance[d] = ldist[d]
        k -= 1
    return lesnoeuds

```

Q27. L'algorithme de Gonzalez est une heuristique gloutonne de complexité $O(|N|^2)$ (comme l'algorithme de Dijkstra). La complexité est donc bien meilleure, mais la solution n'est pas optimale avec l'algorithme de Gonzalez.

Q28. Aléatoirement ou celui qui minimise la latence moyenne par exemple. Le choix de ce nœud a un impact surtout si k est faible, mais plus on augmente k , moins l'impact est important.

Q29. Non, dans l'Internet, la latence entre les nœuds varie au cours du temps suivant la congestion des liens et des routeurs. En pratique, on peut utiliser *ping* ou *traceroute* pour obtenir ces latences.

Q30. Limites du modèle : liens symétriques (graphe non orienté), latences fixes, nœuds sans poids (en pratique, il n'est pas possible d'ajouter des serveurs CDN dans n'importe quel nœud). Adaptation possible : graphes dynamiques avec nœuds pondérés et liens orientés.

PARTIE 3

Q31. Connaître le débit de cette transmission avant le début du visionnage par le client et absorber la gigue (variations du débit) ensuite au cours du visionnage.

Q32. Pour gérer finement la congestion et s'adapter plus facilement aux variations de bandes passantes (contrôle de congestion de TCP). Une transmission continue au débit maximal possible serait très sensible à la moindre variation de bande passante. De plus, en streaming, il est inutile de télécharger plus vite que la vitesse de lecture de l'utilisateur.

Q33. S'adapter au mieux aux variations de bande passante. Les segments doivent encoder la même durée de vidéo.

Q34. C'est le client qui perçoit les effets de la congestion et la saturation du buffer et s'adapte en conséquence.

Q35. Protocole standardisé (disponible partout), très répandu dans l'Internet donc pas de problème d'ouverture de ports notamment, système d'url facile à utiliser pour l'adressage des différentes résolutions.

Q36. TCP pour son contrôle de congestion (retransmissions et algorithmes de contrôle). La compression temporelle des vidéos (différents types de trames) nécessite de garantir la réception de tous les paquets pour un visionnage optimal indépendamment de la résolution.

Q37. Débit observé et occupation du buffer (contrôle de flux de TCP ou taux de perte de paquets).

Q38. Contrôle de congestion TCP (ACK) et ABR (requête HTTP du client qui contient la résolution demandée).

Q39. Coder plus de pixels avec une précision moindre peut produire une image plus mauvaise que coder moins de pixels avec une précision plus élevée. La meilleure résolution possible n'est pas forcément la plus élevée pour un débit donné. Il ne suffit pas de prendre la plus grande résolution possible pour optimiser la qualité.

Q40. Frontière de Pareto.

Q41. La résolution de l'écran qui doit l'afficher.

Q42. Les caractéristiques vidéos sont très différentes entre un dessin animé et un film par exemple. Non, car il faut calculer le PSNR pour tous les débits possibles, la vingtaine de résolutions possibles et pour toutes les vidéos, c'est trop conséquent en temps.

Q43. On pourrait calculer quelques points pour quelques vidéos judicieusement sélectionnées à des résolutions données et interpoler les courbes débit-distorsion, puis calculer l'enveloppe convexe. Mais la qualité de la solution dépendrait des points d'échantillonnage choisis.

Q44. 15 vidéos. 1) L'encodage peut être moins rapide que le débit d'émission (l'encodage nécessite du temps de calcul). La vidéo sera potentiellement vue plus d'une fois dans le format demandé, d'où son stockage dans chaque format pour optimiser les coûts d'encodage.

Q45. $1920 \times 1080 \times 24 \times 24 = 1,19 \text{ Gbps}$. Pour optimiser le volume de données d'une vidéo, des techniques de compression utilisent la redondance statistique des vidéos à la fois dans le domaine

temporel (pixel de l'image actuelle similaire au même pixel de l'image suivante ou précédente) et dans le domaine spatial (pixels adjacents similaires pour une image donnée).

Q46. Le CDN place plus de 80 To de stockage par site parce que pour réduire la latence, il faut répliquer et 80 To minimum sont nécessaires par site pour avoir une fois chaque vidéo au total. Le CDN place moins de 800 To de stockage par site parce que la réplication totale n'est probablement pas nécessaire, certaines vidéos ne sont peut-être que très peu vues (ou certains formats peu utilisés) et le stockage coûte cher.

PARTIE 4

Q47. La taille des données à traiter est plus grande avec une résolution plus élevée, donc plus de calculs pour le décodage, plus de CPU utilisés, donc plus de puissance consommée. Pour une même taille d'image, les données dépendent du type de film (dessin animé ou film) et varient au cours du temps.

Q48. $E_{ordinateur-fixe} = \frac{14,5 \times 8 \times 10^9}{8 \times 10^6} = 14\,500$ Joules ou 4,02 Wh.

Q49. La relation P_{box} indique qu'il faut 14,22 Watts pour 10 Mbps, et il faut 800 secondes pour avoir 1 Go, donc l'énergie $E_{box} = 11\,376$ Joules ou 3,16 Wh.

Q50. $E_{box-dynamique} = 136$ Joules ou 0,038 Wh. Cela représente le surcoût pour la box du visionnage en supposant qu'elle soit, tout le temps, allumée.

Q51. On a $E_{serveur} = (325 + 0,33 \times 10^{-6} \times 1,8 \times 10^9) \times 8/1,8 = 4\,084$ Joules ou 1,13 Wh.

Q52. $E_{ordifixe} > E_{box} > E_{serveur} (> E_{boxdyn})$. C'est l'ordinateur fixe qui consomme le plus, mais on ne prend pas en compte la partie fixe (uniquement la consommation dynamique).

Q53. $E_{serveur-environné} = 4084 \times 1,5 = 6\,126$ Joules ou 1,70 Wh. L'ordre reste identique.

Q54. $E_{routeur} = 375 \times 8 / 2,5 = 1\,200$ Joules ou 0,33 Wh. $1200 n > 6126$ Joules à partir 6 routeurs (ou à partir de 4 routeurs si on considère le serveur non environné).

Q55. $E_{stockage} = \frac{4900 \times 8 \times 10^9 \times 8}{600 \times 8 \times 10^{12} \times 1,8} = 0,036$ Joules ou 0,01 mWh. Pour que l'utilisation du CDN soit plus avantageuse du point de vue de la consommation énergétique du système, il faut optimiser le nombre de sites afin que les serveurs de stockage soient utilisés au maximum et que le compromis réplication - distance (ou coût de stockage - coût de transmission) soit bénéfique.

PARTIE 5

Q56. On a :

$E_{box} = 11\,376$ J soit 33 %

$E_{routeur} = 1200 \times 4 = 4\,800$ J soit 14 %

$E_{serveur-environné} = 6126 \times 3 = 18\,378$ J soit 53 %

$E_{stockage} = 0,036 \times 8 \times 3 = 0,86$ J soit 0 %

La figure 12 considère la consommation pendant les 2h de visionnage (streaming) de la vidéo. L'énergie consommée par la box sur la figure 12 est beaucoup moins importante que E_{box} et ne concerne donc probablement que la partie dynamique. La partie serveur semble plus importante que $E_{serveur-environné}$, la date de la publication (2010) peut expliquer ce décalage, l'efficacité énergétique des serveurs ayant augmenté depuis, notamment grâce aux architectures multi-cœurs. La partie stockage reste la plus

faible, mais c'est probablement son coût environné qui est pris en compte dans la figure 12, ce qui expliquerait sa valeur plus conséquente que E_{stockage} .

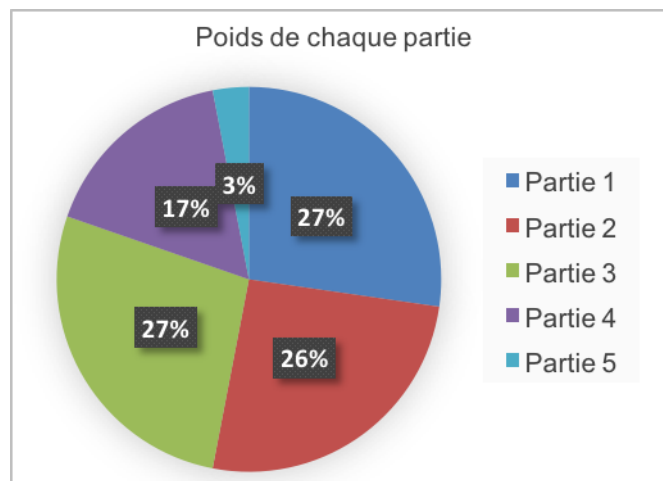
Q57. Sur la figure 12, le streaming est mieux que le DVD en termes de consommation énergétique pour le visionnage d'une vidéo. Mais, le streaming, du fait d'une plus grande accessibilité permet de regarder beaucoup plus de vidéos par consommateur par rapport aux DVD, ce qui entraîne une plus grande consommation énergétique.

D. Commentaires du jury

Même s'il s'agit d'une épreuve en temps limité, le jury estime qu'un minimum de soin est à apporter à la présentation et à la rédaction ; ce n'est malheureusement pas toujours le cas. Certaines copies sont difficilement lisibles. Communiquer est une compétence particulièrement importante pour un ou une future enseignante.

Le sujet porte sur les réseaux de distribution de contenus qui sont actuellement des éléments incontournables de l'Internet. La modélisation de ce système nécessite une bonne compréhension de l'architecture des réseaux de l'Internet et en particulier du rôle des différents protocoles réseau qui assurent son bon fonctionnement. Cette compréhension inclut de savoir justifier les choix techniques réalisés quant à l'architecture générale et aux protocoles spécifiques employés. Certaines réponses laissent transparaître une compréhension très superficielle de ces mécanismes.

Les cinq parties du sujet ont été traitées par 55 % des candidats et 84 % des candidats ont traité quatre des cinq parties, la 5^e et dernière partie étant la moins traitée. La 5^e partie est également celle qui comprend le moins de questions et a le moins de poids dans la note finale.



La première partie porte sur la modélisation de la connexion des utilisateurs. Elle s'appuie sur des connaissances de l'architecture de l'Internet, notamment des DNS et des calculs de transmission de paquets sur un réseau. Ces calculs, bien que très classiques, ne semblent pas maîtrisés par beaucoup de candidats. La question 5 n'est par exemple réussie que par 57 % des candidats. Les questions 12 à 15 portent sur le fonctionnement et l'implémentation de sockets réseau, mécanisme fondamental des applications client-serveur qui n'est pas maîtrisé par la majorité des candidats.

La deuxième partie porte sur la modélisation de l'infrastructure du CDN. Elle fait appel à de la programmation en Python, des notions d'algorithmique et de complexité en temps de calcul, ainsi qu'à un modèle de graphe non orienté. La question 19 porte sur le temps de calcul d'un algorithme dont le pseudo-code est donné dans l'énoncé (en l'occurrence l'algorithme de Dijkstra, utilisé par de nombreux

protocoles de routage). Cette question n'est réussie que par 37 % des candidats. Les questions suivantes traitant de complexité algorithmique ont encore moins de succès. Cette notion est pourtant essentielle dans l'analyse d'un algorithme afin de comprendre son comportement et déterminer son utilisabilité en pratique dans le contexte donné. La question 30 est une question de synthèse portant sur les limites du modèle utilisé. Certaines réponses indiquent une confusion de la part des candidats entre le modèle, qui se fonde sur un graphe non orienté, et les algorithmes utilisés par-dessus ce modèle (Dijkstra et Gonzalez) pour résoudre le problème posé, à savoir déterminer les meilleurs emplacements possibles pour les serveurs du CDN. Il est important, pour une épreuve de modélisation, de bien distinguer ces différents concepts.

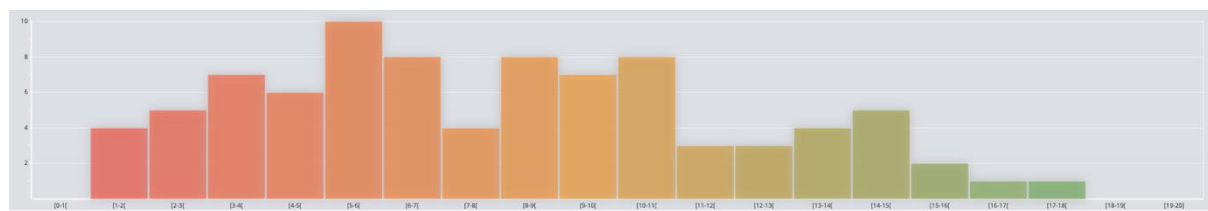
La troisième partie porte sur la modélisation du flux vidéo. Cette partie explore des protocoles réseau classiques (TCP, http, application streaming vidéo) et des problématiques de transmission vidéo (PSNR, courbe débit-distorsion, compression). Les deux premières questions (31 et 32) portent sur les mécanismes de contrôle de congestion de TCP. Peu de candidats s'en sont aperçus et de nombreux candidats n'ont pas compris leur fonctionnement. Par exemple, de nombreuses réponses à la question 32 justifient la discontinuité du téléchargement par le souhait de '*laisser de la bande passante pour les autres*'. Cette réponse souligne une incompréhension totale du fonctionnement de TCP qui, grâce à ses différents mécanismes de contrôle de congestion, vise à assurer l'équité entre les flux en termes de bande passante utilisée. C'est ce que l'on observe classiquement en TP lorsque plusieurs flux TCP empruntent le même lien. Les mécanismes de compression vidéo semblent bien mieux maîtrisés. La figure 9 représentant la courbe de débit-distorsion a cependant été mal interprétée par une majorité des candidats. Par exemple, le taux de réussite de la question 42 est de 28%. Plus globalement, l'intérêt de supporter de multiples débits possibles n'a pas été compris et certains candidats confondent les résolutions originales des vidéos du FCA avec les diverses résolutions proposées par le CDN pour distribuer ces mêmes vidéos aux clients du FCA. Le FCA est lui-même client du CDN.

La quatrième partie porte sur la modélisation de la consommation énergétique. Cette partie s'intéresse à l'énergie consommée par les différents équipements informatiques impliqués dans le streaming vidéo : serveur CDN, disques durs, routeurs, box Internet et équipements terminaux. Le jury a observé dans les réponses à cette partie des confusions entre puissance et énergie et des omissions et erreurs sur les unités des valeurs calculées. L'unité est indispensable à la validation du résultat et à l'assurance que ce résultat correspond bien à celui attendu. À noter que la question 55 faisait appel à la durée d'utilisation du serveur CDN calculée dans la question 51.

La cinquième partie propose une synthèse des parties précédentes en examinant les résultats obtenus par la modélisation de la consommation énergétique et ceux fournis par la littérature. La question 56 permettait de comparer les résultats obtenus avec le modèle et l'instanciation proposés dans le sujet à ceux obtenus dans un article de la littérature avec un modèle et une instanciation différents. La comparaison des proportions des deux cas souligne des divergences de choix dans la modélisation. Enfin, la dernière question conclut sur une prise de recul par rapport à une question sociétale d'actualité : la consommation énergétique du numérique et plus particulièrement du streaming. Les candidats ayant traité cette partie ont majoritairement bien répondu à cette dernière question.

E. Résultats

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



Nombre de copies 86 / 202

Note minimum 1,30 / 20
Moyenne 7,99 / 20
Note maximum 17,70 / 20
Ecart type 4,00

Quartile inférieur 4,88 / 20
Médiane 7,90 / 20
Quartile supérieur 10,70 / 20
Ecart interquartile 5,82

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

A. Présentation de l'épreuve

Arrêté du 19 avril 2013 et arrêté du 19 avril 2016

- Durée totale de l'épreuve : 6 heures
- Coefficient 1

L'épreuve est spécifique à l'option choisie.

À partir d'un dossier technique comportant les éléments nécessaires à l'étude, l'épreuve a pour objectif de vérifier les compétences d'un candidat à synthétiser ses connaissances pour proposer ou justifier des solutions de conception et d'industrialisation d'un système technique dans le domaine de la spécialité du concours dans l'option choisie.

B. Sujet

Le sujet est disponible en téléchargement sur le site du ministère à l'adresse :

https://media.devenirenseignant.gouv.fr/file/agregation_externe/98/9/s2020_agreg_externe_sii_informatique_3_1259989.pdf



Le réseau Fripon a permis la découverte de sa première météorite en janvier 2020 :

<https://www.insu.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/le-reseau-prisma-fripon-trouve-sa-premiere-meteorite-le-1er-janvier-2020>

C. Éléments de correction

Partie 1. Étude du logiciel Freeture

Q1.1.

Les traitements et les transmissions sont temporellement longs et ne doivent pas interrompre les acquisitions (risque d'ignorer des images). Il est donc nécessaire de paralléliser les actions. Une solution multi-tâches mono-processus est suffisante car les échanges sont volumineux (nombreuses images simplement échangées via la mémoire partagée par tous les threads d'un même processus) et les calculs réalisés sur une seule unité informatique.

Q1.2.

Un processus lourd possède son propre espace mémoire, ainsi que ses propres ressources (accès à des fichiers ou au réseau par exemple, etc...). Il est isolé des autres processus s'exécutant sur le système (encapsulation).

Une application multi-tâches basée sur des processus légers ne possède qu'une application et les différents fils d'exécution (thread) partagent le même espace mémoire.

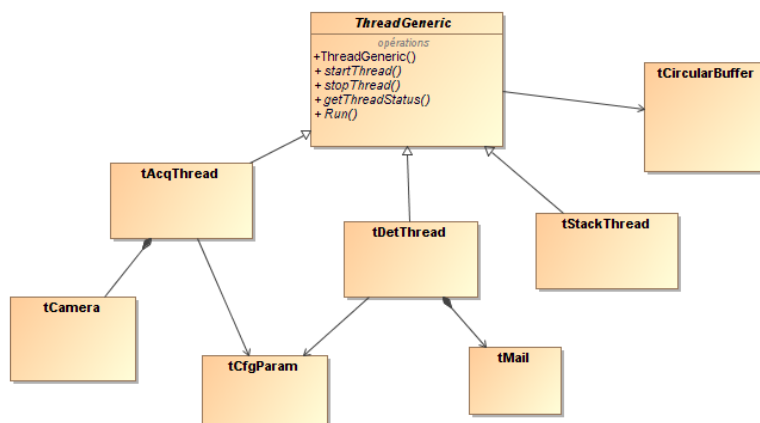
Q1.3.

La communication entre processus lourds doit se faire par un des moyens offerts par le noyau (IPC : Inter Process Communication) comme les signaux nommés par exemple. Dans le cas des processus légers, la mise en commun des moyens de communication est beaucoup plus simple car toutes les ressources sont partagées (espace mémoire et descripteurs) et les synchronisations peuvent être implémentées en interne au processus via des bibliothèques dédiées.

Q1.4.

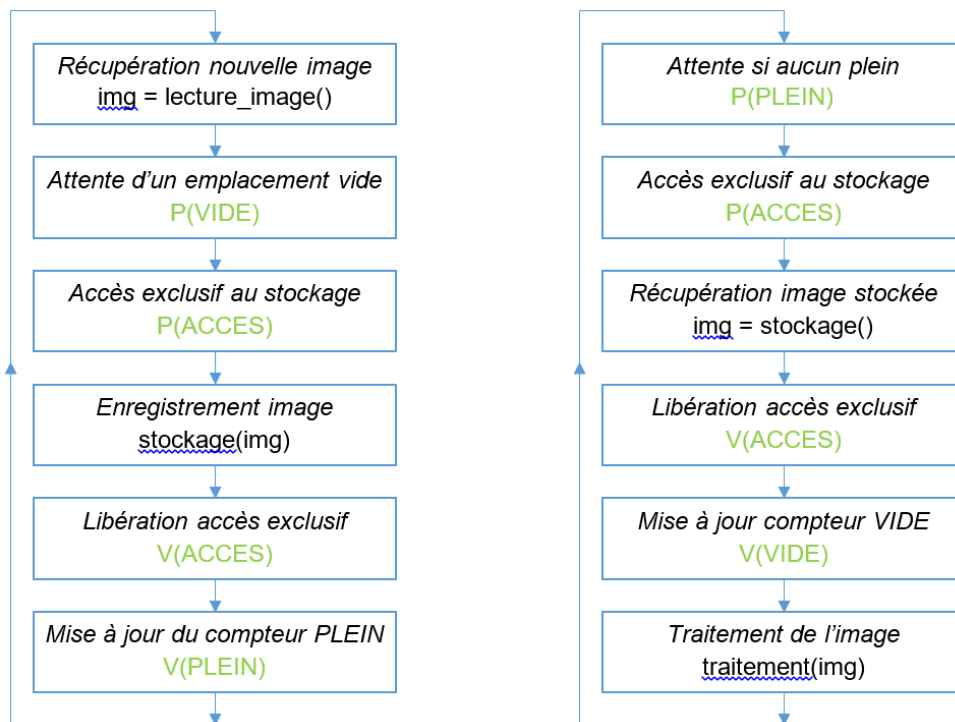
Le buffer circulaire est une ressource partagée. La gestion de cette ressource nécessite des lectures en l'absence de modifications et des écritures en l'absence de lectures (rôle du *mutex*). Si cette exclusion n'est pas garantie les données lues risquent d'être corrompues et cela peut aboutir à un fonctionnement erratique du programme, difficilement reproductible. De plus, les bonnes pratiques de programmation imposent d'utiliser ces mécanismes de synchronisation pour ne pas laisser un processus s'exécuter en permanence en attente de la ressource.

Q1.5.



Q1.6.

Document réponse pour la solution en vert.



Q1.7.

Un seul *mutex* est utilisé, cette solution est donc exempte des interblocages liés à l'acquisition dans des ordres différents de plusieurs *mutex*.

Les sémaphores sont mis à jour en dehors des *mutex*, cette solution est donc exempte de blocage entre *mutex* et sémaphores.

Si $N \geq 1$, il ne peut pas y avoir interblocage entre ces sémaphores, ils ne peuvent pas valoir 0 simultanément.

Q.1.8.

Un objet de type *unique_lock* permet de verrouiller/déverrouiller un *mutex*. Il garantit le déverrouillage du *mutex* en cas d'exception par exemple car le destructeur est automatiquement appelé, ce qui n'est pas le cas avec les primitives de la bibliothèques *pthread* par exemple.

La variable *detSignal* est nécessaire à cause des « *spurious wakeup* » (réveils intempestifs) des threads. Afin de s'assurer qu'une notification a bien eu lieu via une *condition_variable*, la solution choisie ici est d'utiliser une variable booléenne.

La méthode *wait()* permet au thread appelant d'être préempté en attendant qu'une notification soit émise. Le *mutex* associé lui est automatiquement acquis au réveil.

Q.1.9.

Pour le thread d'acquisition, le premier bloc permet d'utiliser un *mutex* afin d'accéder au buffer circulaire et de stocker une image. Le deuxième permet de verrouiller le *mutex* associé au signal (attention ici c'est un simple booléen) pour le positionner à *true* et ainsi valider le fait qu'une image a été stockée dans le buffer circulaire.

Pour le thread de détection, le premier bloc permet d'utiliser le *mutex* associé au signal avec une *condition_variable*. La boucle permet de vérifier que le réveil du thread est dû à une véritable notification.

Si ce n'est pas le cas, le thread fait de nouveau appel à `wait()` et est mis en attente. Sinon il prend automatiquement la main sur le `mutex *detsignal_mutex` et poursuit.

Q1.10.

Au lancement des deux threads : si le thread de détection s'exécute avant le thread d'acquisition, il est automatiquement préempté par le premier bloc de code en attendant une notification. Pendant ce temps, le thread d'acquisition extrait une image et la place dans le buffer circulaire. Le `mutex` associé permet d'éviter que les deux threads n'accèdent à la ressource en même temps. Le thread d'acquisition notifie au thread de détection qu'une image est présente dans le buffer, ce qui donne automatiquement la main au thread de détection en détenant le `mutex detsignal_mutex` (via `verrouSig`). Si le thread d'acquisition devait terminer sa nouvelle tâche (acquisition d'image) plus tôt que le thread de détection, l'exécution revient au premier point avec l'initialisation.

Q1.11.

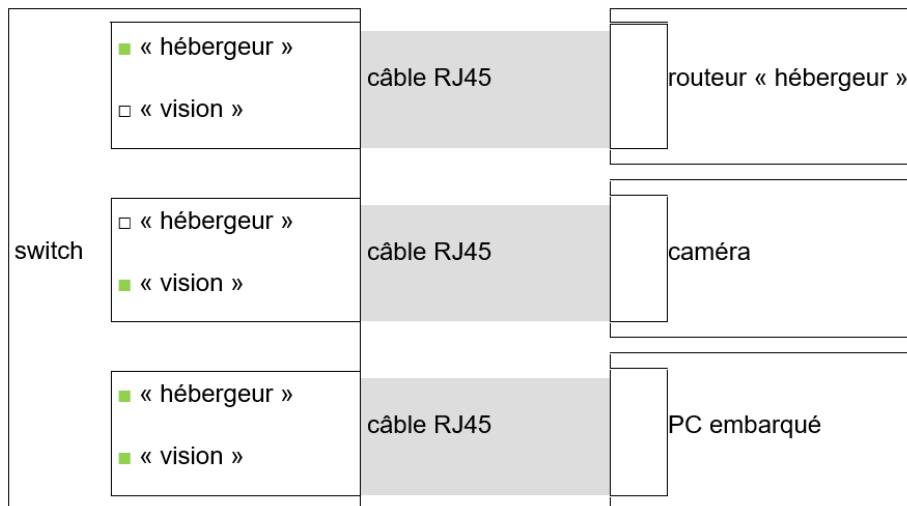
Lorsqu'une nouvelle image est signalée, le thread lance une fonction de traitement. Si celle-ci correspond, alors un temps de référence est utilisé, et la variable booléenne `eventToComplete` est positionnée à `True`. Un autre bloc de code permet de relever toutes les images pendant un certain laps de temps défini dans la configuration. Pour cela un relevé du temps courant est réalisé à chaque itération. Par contre, dans la solution il n'y a pas de gestion du nombre de place du buffer circulaire ce qui se justifie par le fait que l'empilement d'image est ponctuel et vite résorbé par le thread de détection.

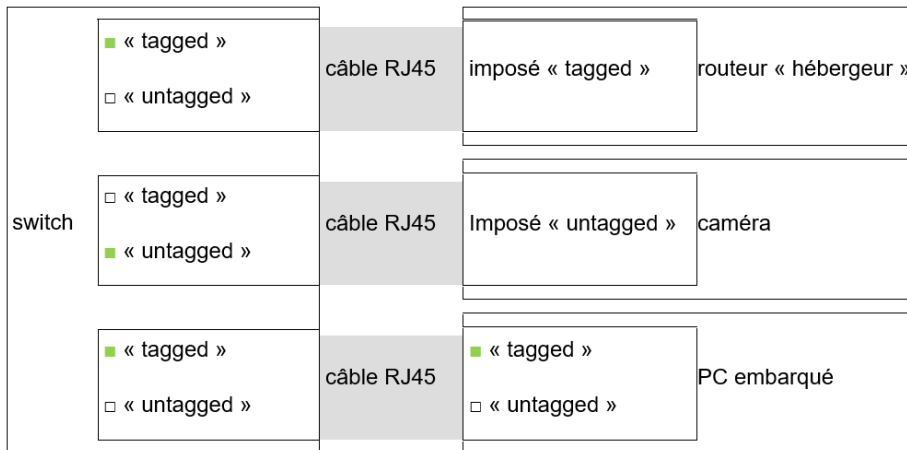
Q1.12.

Les contraintes de temps nécessitent une parallélisation des traitements effectués. L'architecture multitâche est donc tout indiquée. Il reste ensuite à synchroniser le fonctionnement de chaque thread grâce aux outils de synchronisation fournis. Ceci permet de prendre en compte les temps de traitement parfois longs (mail, traitement d'images pour la détection) afin de ne pas oublier de traiter une image.

Partie 2. Étude du réseau d'un système d'acquisition

Q2.1



Q2.2**Q2.3.**

VLAN « vision », IPv4, masque en /29 donc 6 équipements connectables, broadcast=10.254.99.103.
 VLAN « hébergeur », IPv4, masque en /24 donc 254 équipements connectables, broadcast=192.168.1.255

Q2.4.

Une interface IPv6 possède automatiquement une adresse IPv6 par construction d'un préfixe « fe80 :: » auquel sont ajoutés des éléments issus de l'adresse MAC (non détaillé ici). Cette adresse n'est pas routable ! Elle permet de communiquer uniquement dans un domaine IP (d'où le Scope:Link → la portée reste au niveau du « lien ») afin de pouvoir communiquer avec des serveurs (notamment un DHCP). Ainsi, toutes les interfaces réseaux implémentant la pile IP possèdent une adresse construite automatiquement avec le préfixe fe80 et des éléments de l'adresse MAC pour garantir une adresse unique sur un lien.

Q2.5.

Les adresses 10.254.99.96, 10.254.99.97, 10.254.99.98, 10.254.99.100, 10.254.99.101 et 10.254.99.102 sont disponibles. L'une de ces adresses sera utilisée par le switch pour son interface d'administration.

Q2.6.

Les adresses IP routables sont accessibles depuis tout point du réseau internet : il est possible de construire une route permettant d'accéder à cette adresse. Les adresses IP non-routables ne sont pas adressables depuis tout point du réseau internet, elles n'existent pas et ne sont accessibles qu'à l'intérieur d'un ou plusieurs sous-réseaux. Les adresses IP commençant par 192.168.1.* font partie de la plage 192.168.0.0/16 qui est définie comme étant non-routable. Les adresses IP commençant par 10.254.*.* font partie de la plage 10.* qui est non routable. Ces deux VLAN sont donc des réseaux privés non-routables. Uniquement le VLAN « hébergeur » peut accéder à d'autres réseaux via la passerelle configurée.

Q2.7.

Cela permet d'éviter tous les problèmes de configuration et de redirection de ports (uPnP) sur le réseau de l'hébergeur. Du coup, la connexion du réseau hébergeur vers le serveur central peut se faire sans trop de problème.

Q2.8.

La solution VPN permet de sécuriser les échanges quel que soit le protocole applicatif utilisé (HTTP, SSH...), elle est bidirectionnelle et redirige automatiquement tout le trafic entre les différents sites. Un VPN agit directement au niveau du routage, c'est donc un service des couches 2 et 3.

Q2.9.

La plage d'adresse IP 10.8.*.* est accessible, les IP 10.8.0.218 et 10.8.1.10 peuvent communiquer. Premièrement, les paquets du client freeture d'IP 10.8.0.218 sont adressés à la passerelle 10.8.0.217 via l'interface « tun0 » (règle de routage #2). Le client VPN réécrit les paquets en les sécurisant (encapsulation+chiffrement). Ceux-ci sont ensuite émis sur le VLAN « hébergeur » via l'adresse IP 192.168.1.13 vers le serveur VPN 1.2.3.4 (règle de routage). Ce transfert du réseau interne de l'hébergeur (192.168.1.*) vers « internet » nécessite également une réécriture des paquets (NAT). A l'opposé, le serveur VPN dé-encapsule les trames et les transmet au serveur.

Q2.10.

La règle de routage #1 permet d'accéder directement à toutes les adresses « internet » via la passerelle 192.168.1.1 (routeur de l'hébergeur). Elle autorise le PC embarqué à communiquer directement à « internet », ce qui contrevient à l'exigence 3. Ces deux règles assurent le passage via le tunnel sécurisé des échanges avec les serveurs de mise à jour.

Q2.11.

La licence GPL autorise la reproduction du code, sa modification et sa redistribution (éventuellement sous une forme binaire) tant que l'accès au code source par l'utilisateur final est satisfait.

Étape 1 = lignes 3223 à 3231, étape 2 = lignes 3233 à 3244, étape 3 = lignes 3245 à 3247

Q2.12.

Le protocole UDP de transport ne retransmet pas automatiquement les trames perdues. Si une trame est perdue pendant la négociation du chiffrement, il est nécessaire de recommencer la négociation.

Q2.13.

Le protocole de sécurisation est IPSec en utilisant le chiffrement RSA.

Q2.14.

Exigence 1 = VPN bidirectionnel. Possibilité de se connecter en SSH sur le PC embarqué et ensuite d'accéder aux autres composants. Exigence 2 = VLAN isolant les trafics entre la vision et fripon. Exigence 3 = tunnel VPN et règles de routages explicites. Exigence 4 = VLAN isolant les trafics entre la vision et l'hébergeur. Exigence 5 = VLAN isolant le réseau de l'hébergeur des autres constituants (caméra et administration du switch sur un VLAN dédié), uniquement le PC embarqué est « connecté » sur le réseau de l'hébergeur.

Q2.15.

```
Destination Gateway Genmask Iface
1.2.3.4 192.168.1.1 255.255.255.255 eth0
0.0.0.0 10.8.0.217 0.0.0.0 tun0
10.8.0.0 10.8.0.217 255.255.0.0 tun0
10.8.0.217 0.0.0.0 255.255.255.255 tun0
10.254.99.96 0.0.0.0 255.255.255.248 eth0.2
192.168.1.0 0.0.0.0 255.255.255.0 eth0
```

Q2.16.

Installation d'un firewall filtrant le trafic entrant de ce réseau local, autorisation uniquement des services basiques nécessaires au démarrage sur un réseau inconnu (DHCP et DNS).

Partie 3. Détermination de la trajectoire d'un météore

Q3.1.

Il faut que l'horloge de chaque station soit rigoureusement synchrone avec une référence de temps, ce qui a été trop compliqué à faire dans le projet en réalité. Même si avec un serveur NTP ce serait simple, il y a aussi des problématiques liées au réseau (stations pas toujours connectées, latence dans le réseau) et à la caméra (déclenchement précis). Le problème du repérage du point dans l'image est lié avec la synchronisation du temps local : trianguler n'est réalisable que si l'association exacte d'un temps et d'un point est possible. C'est donc une solution très contraignante surtout pour les météorites dont la vitesse est élevée.

Q3.2.

Cette méthode de minimisation des écarts tend à limiter l'influence du bruit de mesure (généralement à valeur moyenne nulle). Cette méthode est basée sur les trajectoires observées des météores, le temps de mesure (et donc ses imprécisions) et la vitesse du météore ne sont pas pris en compte pour l'obtention de l'équation de la droite de la trajectoire.

Q3.3.

$$\begin{cases} u = \text{atan}((1-f) \cdot \tan(\varphi)) \\ r \cdot \cos(\varphi') = a \cdot \cos(u) + h \cdot \cos(\varphi) \\ r \cdot \sin(\varphi') = a \cdot (1-f) \cdot \sin(u) + h \cdot \sin(\varphi) \end{cases}$$

$$\begin{cases} u = \text{atan}((1-f) \cdot \tan(\varphi)) \\ r = \sqrt{(a \cdot \cos(u) + h \cdot \cos(\varphi))^2 + (a \cdot (1-f) \cdot \sin(u) + h \cdot \sin(\varphi))^2} \\ \varphi' = \text{acos}\left(\frac{a \cdot \cos(u) + h \cdot \cos(\varphi)}{r}\right) \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = r \cdot \cos(\varphi') \cdot \cos(\lambda') \\ y = r \cdot \cos(\varphi') \cdot \sin(\lambda') \\ z = r \cdot \sin(\varphi') \end{cases}$$

Q3.4.

```
void calculCoordonnees(double longitude, double latitude,
double h, double* coordCart)
{
    // en utilisant le système géodésique WGS84
    double a=6378137; //en mètre
    double f=1/298.257222;
    // autres déclarations à suivre
    // la constante M_PI est disponible
    double u, rcosphip, rsinphip;

    double r, phip, lambdap; // p = 'prime'

    longitude = longitude * M_PI / 180; //conversion en radians
    latitude = latitude * M_PI / 180;

    u = atan((1-f)*tan(latitude));
    rcosphip = a*cos(u)+h*cos(latitude);
    rsinphip = a*(1-f)*sin(u)+h*sin(latitude);
    r = sqrt(rcosphip*rcosphip + rsinphip*rsinphip);
    phip = acos(rcosphip/r);

    lambdap = longitude;
    coordCart[0] = r*cos(hip)*cos(lambdap);
    coordCart[1] = r*cos(hip)*sin(lambdap);
    coordCart[2] = r*sin(hip);
}
```

Q3.5.

L'utilisation de « longues pauses » à des temps déterminés permet de repérer des étoiles dont les positions très précises sont connues. Par une méthode de minimisation des erreurs, il est ensuite possible de calculer les coefficients du polynôme.

La fonction de transformation idéale (sin) est impaire, sa réciproque (asin) l'est également. La fonction d'approximation sera également impaire, ses coefficients pairs sont négligeables.

Q3.6.

Tout d'abord le rayon par rapport au centre de l'image est calculé grâce aux coordonnées d'un pixel fournies en paramètre. Ensuite l'angle d'azimut peut être immédiatement calculé. Le rayon est ensuite modifié pour prendre en compte les imperfections de la lentille (anisotropie). La valeur de l'angle zénithal est estimée grâce à la fonction de transformation inverse en utilisant un polynôme d'ordre 9 dont les paramètres sont obtenus lors de la calibration. Enfin une projection est faite dans un repère cartésien de la caméra. Les rotations appliquées à ce vecteur réalisent le changement de repère en vue de se placer dans le repère de la Terre (géocentré).

Q3.7.

```
void rot_z(double * coord, double angle)
{
    double x=coord[0], y=coord[1];
    coord[0] = x*cos(angle) + y*sin(angle);
    coord[1] = -x*sin(angle) + y*cos(angle);
}
```

Q3.8.

C'est une composition. Chaque instance de la classe *tDroite* est composée d'une instance de classe *tPoint* et d'une instance de classe *tVecteur*. Cette organisation est liée à la définition d'une droite dans l'introduction de cette partie : un point de passage et un vecteur porteur.

Q3.9.

```
for(int i=0; i<chemins.size(); i++)
{
    ifstream fichier(chemins[i]);
    while(fichier.is_open() && !fichier.eof())
    {
        // lecture des valeurs sur la ligne
        int index;
        float brillance, posX, posY;
        fichier >> index;
        fichier >> brillance;
        fichier >> posX;
        fichier >> posY;
        fichier.ignore(numeric_limits<streamsize>::max(), '\n');
```

Q3.10.

```

// vecteur directeur pour cet enregistrement
double vecteurDirecteur[3];
pix_to_earth_vector(posX, posY, paramStations[i],
                    vecteurDirecteur);
// création des objets tPoint, tVecteur et tDroite
tPoint* point = new tPoint(coordsCartStations[i][0],
                           coordsCartStations[i][1],
                           coordsCartStations[i][2]);
tVecteur* vec = new tVecteur(vecteurDirecteur[0],
                             vecteurDirecteur[1],
                             vecteurDirecteur[2]);
tDroite* droite = new tDroite(point, vec);
// ajout de la droite à la liste des résultats
lignesDeVue.push_back(droite);
}
}

```

Q3.11.

Pour la classe *tParticule*, l'héritage permet de faire d'une particule une droite particulière. Elle hérite donc des attributs ayant une portée `protected` ou `public` dans la classe « ancêtre ». La classe fille *tParticule* contient des attributs supplémentaires propres à l'algorithme, c'est à dire permettant de stocker toutes les vitesses pour toutes les dimensions. Ici, déterminer les paramètres de la droite c'est déterminer six dimensions, donc six vitesses (une pour chaque dimension) et six positions.

Q3.12.

À partir de la lecture du diagramme de classes pour le calcul. Les opérations de calcul vectoriel, de produit scalaire et de produit mixte sont disponibles. Un vecteur peut être calculé par soustraction de deux points grâce à l'opérateur `-` de la classe *tPoint*. Ce qui donne :

```

float tDroite::calculDistance(tDroite* d)
{
    //d(D1,D2)= |Produitmixte(AA',V,V')| / ||Produitvectoriel(V,V')||
    // calcul du vecteur AA'
    tVecteur AA = point - d->getPoint();
    // calcul du produit vectoriel
    float pMixte = AA.ProduitMixte(vecteur,d->getVecteur());
    // calcul du produit mixte
    tVecteur pVectoriel = vecteur.ProduitVectoriel(d->getVecteur());
    // calcul de la norme
    float norme = pVectoriel.Norme();
    // calcul du résultat
    return abs(pMixte)/abs(norme);
}

```

Q3.13.

Ce sont des attributs de classe, donc statiques. Les paramètres `w`, `c1` et `c2` sont partagés entre les instances de la classe *tParticule*. Pour les paramètres *bestGlobalValue*, et *bestGlobalPos* ce sont des caractéristiques communes à toutes les particules.

Q3.14.

```

#ifndef __TPARTICULE_H__
#define __TPARTICULE_H__

#include "tDroite.h"
#include "tPoint.h"
#include "tVecteur.h"
#include <vector>

using namespace std;

```

```

class tParticule : public tDroite //mise en place de l'héritage
{
private :
    // vitesses pour chaque dimension
    double vitX;
    double vitY;
    double vitZ;
    double vitVX;
    double vitVY;
    double vitVZ;
    tDroite* bestLocalPos; //meilleure droite trouvée
    double bestLocalValue; //meilleure valeur du coût de la particule
    //tableau des lignes de vue de toutes les caméras
    vector<tDroite*> *tabDroites;

public:
    //constructeur prenant une droite en paramètre
    //et le tableau des lignes de vue sous forme de droites
    tParticule(tPoint* pPoint, tVecteur* pVecteur, vector<tDroite*>*tab);
    void updatePosition();
    void updateFitness();
    //attributs de classe
    static tDroite* bestGlobalPos;
    static double bestGlobalValue;

    //paramètres pour l'heuristique
    static float w;
    static float c1;
    static float c2;
};

#endif // __TPARTICULE_H__

```

Q3.15.

```

void tParticule::updateFitness()
{
    double distTotale=0;
    for (int i=0;i<tabDroites->size();i++)
    {
        //utilise la méthode de la classe mère tDroite.
        distTotale+=calculDistance(tabDroites->at(i));
    }
    if (distTotale<bestLocalValue)
    {
        bestLocalValue=distTotale;
        bestLocalPos=new tDroite(this);
    }
    if (distTotale<bestGlobalValue)
    {
        bestGlobalValue=distTotale;
        bestGlobalPos=new tDroite(this);
    }
}

```

Q3.16.

```

void tParticule::updatePosition()
{
    //calcul de la vitesse de chaque dimension
    float rand1=alea();
    float rand2=alea();
    vitX=w*vitX +
        c1*rand1*(bestLocalPos->getPoint().getX()-point.getX()) +

```

```

        c2*rand2*(bestGlobalPos->getPoint().getX()-point.getX());
    rand1=alea();
    rand2=alea();
    vitY=w*vitY +
        c1*rand1*(bestLocalPos->getPoint().getY()-point.getY()) +
        c2*rand2*(bestGlobalPos->getPoint().getY()-point.getY());
    rand1=alea();
    rand2=alea();
    vitZ=w*vitZ +
        c1*rand1*(bestLocalPos->getPoint().getZ()-point.getZ()) +
        c2*rand2*(bestGlobalPos->getPoint().getZ()-point.getZ());
    //mise à jour de la position du point
    point.setX(point.getX()+vitX);
    point.setY(point.getY()+vitY);
    point.setZ(point.getZ()+vitZ);
    rand1=alea();
    rand2=alea();
    vitVX=w*vitVX +
        c1*rand1*(bestLocalPos->getVecteur().getVx()-vecteur.getVx()) +
        c2*rand2*(bestGlobalPos->getVecteur().getVx()-vecteur.getVx());
    rand1=alea();
    rand2=alea();
    vitVY=w*vitVY +
        c1*rand1*(bestLocalPos->getVecteur().getVy()-vecteur.getVy()) +
        c2*rand2*(bestGlobalPos->getVecteur().getVy()-vecteur.getVy());
    rand1=alea();
    rand2=alea();
    vitVZ=w*vitVZ +
        c1*(bestLocalPos->getVecteur().getVz()-vecteur.getVz())*rand1 +
        c2*rand2*(bestGlobalPos->getVecteur().getVz()-vecteur.getVz());
    //mise à jour du vecteur directeur
    vecteur.setVx(vecteur.getVx()+vitVX);
    vecteur.setVy(vecteur.getVy()+vitVY);
    vecteur.setVz(vecteur.getVz()+vitVZ);
}

```

Q3.17.

L'objectif principal était de pouvoir modéliser une trajectoire à partir d'angles de vue d'observation. Il est en partie rempli car la méthode utilisée permet de trouver la droite passant au mieux par les lignes de vue. Cependant, ne sont pas prises en compte les incertitudes pouvant entacher les calculs. De même, l'heuristique ne converge pas forcément vers la solution la plus optimale (présence éventuelle de minimums locaux) et les conditions de l'initialisation ne sont pas précisées.

Comme autre utilisation de la trajectoire obtenue, l'orbite du météore peut être calculée, ce qui nous renseigne sur son origine.

Q3.18.

Cette phase de dark flight nécessite de prendre en compte les éléments suivants :

- il faut connaître la vitesse initiale de la météorite lors de cette phase, ce qui correspond à la vitesse finale lors de la phase de l'état « fireball ». Cette étape est très délicate car il est très difficile de déterminer la vitesse exacte ;
- il faut ensuite prendre en compte plusieurs phénomènes agissant sur la météorite : les forces de frottements et la force de gravité variant avec l'altitude.

Des méthodes numériques connues comme RK4 par exemple sont déjà implémentées dans les solveurs logiciels courants.

D. Commentaires du jury

Le sujet comporte trois parties indépendantes. Les trois parties sont organisées avec une difficulté progressive du questionnement.

Une première remarque peut être faite sur la qualité de la rédaction très inégale selon les candidats. Comme dans toute discipline, la communication écrite est importante et mérite un soin particulier.

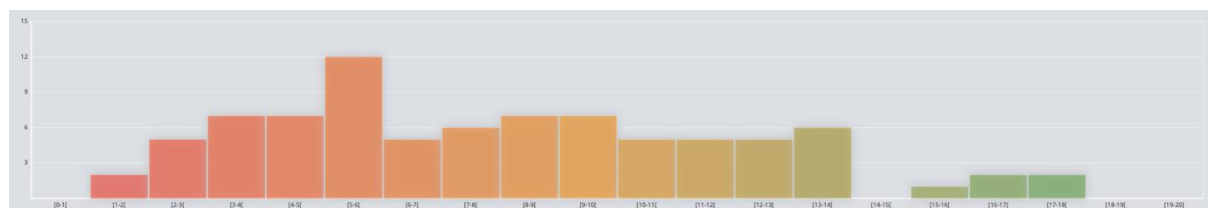
La première partie traite de l'architecture du logiciel Freeture permettant de réaliser des clichés en continu du ciel. Les traitements étant parallèles, cette partie du sujet porte sur le multitâche et les concepts classiques l'accompagnant comme la communication inter-processus et la synchronisation. Cette partie a été moyennement réussie. En grande majorité, les réponses montrent que le domaine est connu des candidats. Cependant les réponses sont parfois très évasives, et indiquent un manque de profondeur et d'approche technique. Le développement d'applications multi-tâches est aujourd'hui incontournable et cela demande de maîtriser à minima les services offerts par le noyau d'un système d'exploitation pour la communication et la synchronisation des processus. Le jury conseille aux candidats d'approfondir le thème de la synchronisation entre processus légers et entre processus lourds.

La deuxième partie porte sur l'architecture réseau du système FRIPON. L'interconnexion des stations réparties sur tout le territoire repose sur une installation sans configuration dans le réseau local de l'hébergeur et sur l'accès à la station à distance afin de pouvoir procéder à toutes les interventions possibles sans présence humaine. Pour répondre à ces besoins, la solution comporte l'utilisation d'un switch supportant les VLAN et l'établissement d'une connexion via VPN initiée depuis la station locale. Cette partie a été très moyennement réussie. Les questions de début de partie sur les adresses IPv4 sont globalement traitées par tous les candidats. Mais seuls les meilleurs candidats arrivent à traiter l'ensemble des questions, surtout celles portant sur les VLAN et le routage. Le jury conseille aux candidats d'approfondir et de ne pas négliger cette partie de l'informatique dans le contexte du monde connecté où la séparation logique des différents réseaux renforce la sécurité. Les programmes d'informatique de nombreuses formations contiennent une thématique réseau qui n'aborde pas que les protocoles TCP/IP. Les VLAN et le routage sont des notions devenues classiques.

La troisième partie amène à l'utilisation d'un algorithme d'optimisation par essaim particulière pour déterminer la trajectoire des météores dans le repère terrestre. La problématique présentée est fortement simplifiée par rapport à l'originale. D'importantes contraintes de synchronisation entre les clichés pris ne permettaient pas de calculer directement la trajectoire par triangulation. La méthode utilisée permet de s'affranchir de ces contraintes et de calculer au mieux la trajectoire réelle. Les notions géométriques utilisées sont simples : produit scalaire et produit vectoriel dans le but d'obtenir la distance entre droites. Un ensemble de classes implémente l'architecture complète. Une très petite partie des candidats a montré son aptitude à considérer l'architecture logicielle complète et à traiter progressivement les questions pour arriver au bout de la partie. L'algorithme et l'architecture logicielle utilisés demandaient une grande abstraction. Au regard des diagrammes UML dont il était demandé de compléter ou de justifier une partie, le jury remarque que le fonctionnement de l'algorithme a été mal compris, de même pour l'architecture logicielle. Le jury tient à rappeler l'importance pour les candidats de savoir lire, comprendre et compléter un diagramme de classes. La sémantique des liens liant les classes entre elles doit aussi être comprise.

E. Résultats

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



Nombre de copies	84 / 202
Note minimum	1,20 / 20
Moyenne	8,00 / 20
Note maximum	17,20 / 20
Ecart type	4,00
Quartile inférieur	4,93 / 20
Médiane	7,60 / 20
Quartile supérieur	11,00 / 20
Ecart interquartile	6,07

Épreuve d'admission de soutenance d'un dossier industriel

A. Présentation de l'épreuve

Texte de référence

<https://www.devenirenseignant.gouv.fr/cid98734/les-epreuves-de-l-agregation-externe-section-sciences-industrielles-de-l-ingenieur.html>

- Durée de la préparation des moyens de l'exposé : 30 minutes
- Durée totale de l'épreuve : 1 heure (présentation : 30 minutes maximum, entretien avec le jury : 30 minutes)
- Coefficient 2

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

L'épreuve a pour but de vérifier que le candidat est capable de rechercher les supports de son enseignement dans le milieu économique et d'en extraire des exploitations pertinentes pour son enseignement en cycle terminal du lycée, en classes préparatoires aux grandes écoles, en sections de techniciens supérieurs et instituts universitaires de technologie.

Le dossier présenté par le candidat est relatif à un système pluritechnologique dont la dominante est choisie par le candidat. Son authenticité et son actualité sont des éléments décisifs.

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 de son 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 totalement le fonctionnement et les évolutions potentielles. Lors de la présentation, le candidat justifiera le choix du support d'études et les investigations conduites qui pourraient, selon lui, donner lieu à des exploitations pertinentes.

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

Les éléments constitutifs du dossier sont précisés par note publiée sur le site internet du ministère chargé de l'Éducation. Les dossiers doivent être déposés au secrétariat du jury cinq jours francs au moins avant le début des épreuves d'admission.

B. Commentaires du jury

Au préalable, le jury souhaite souligner :

- qu'il est incompréhensible que plusieurs dossiers puissent être hors du périmètre de l'ingénierie informatique ou à sa marge ce qui est fortement pénalisant ; faut-il rappeler que le candidat doit réaliser un dossier technique et scientifique d'ingénierie informatique ?
- que le candidat doit s'appuyer sur des éléments authentiques du système présenté pour fonder ses développements scientifiques, technologiques et pédagogiques ;
- que le candidat doit énoncer clairement la ou les problématiques traitées.

Il est rappelé que cette épreuve a pour objectif de mesurer l'aptitude du candidat à trouver « les supports de son enseignement dans le milieu économique et d'en extraire des exploitations pertinentes pour son enseignement ». Pour les candidats qui se représentent au concours (non admis aux sessions précédentes), il est conseillé de renouveler les dits supports.

Les candidats n'ont pas à présenter leur parcours professionnel lors de cette épreuve, le temps consacré à cela n'étant pas valorisé lors de cette épreuve.

• Principaux conseils

L'épreuve de dossier nécessite anticipation, développements et préparation spécifique :

- le dossier réalisé par le candidat est relatif à un système authentique et actuel d'un domaine significatif de l'ingénierie informatique en sciences industrielles de l'ingénieur en lien avec des enjeux sociétaux. Les systèmes novateurs sont appréciés ;
- les éléments fournis doivent permettre d'attester de l'implication et des apports personnels ;
- la ou les problématiques scientifiques et/ou technologiques sont à exprimer avec clarté et précision ;
- il est attendu du candidat un développement scientifique et technologique, personnel, d'ingénierie informatique, référencé dans le dossier. Il sera traité à un niveau équivalent au master 2 avec une démarche et des fondements scientifiques (théories, publications référencées, brevets, ...). La modélisation, l'implémentation, la programmation, l'architecture des systèmes, la communication (réseaux, IoT, IHM, IA) ..., sont des éléments essentiels de l'ingénierie informatique. Il est attendu du candidat qu'il utilise les outils « métiers » de l'ingénierie informatique adaptés aux problèmes traités ;
- il est attendu du candidat une analyse critique, une prise de recul, et des éléments de réponse et d'amélioration en rapport avec la problématique initiale annoncée ;
- une simple analyse d'un produit est hors sujet ;
- un partenariat réel avec l'entreprise est demandé. En retour, les études et expertises conduites par le candidat sont communiquées à l'entreprise en vue d'une valorisation. Les éléments témoignant des échanges entre le ou la candidate et l'entreprise sont un gage d'authenticité. Il est souhaitable, dans la mesure du possible, qu'un accord de confidentialité soit signé entre les parties prenantes en vue de protéger les intérêts réciproques. En cas de confidentialité réclamée, il est impératif de la mentionner clairement dans le dossier ;
- les exploitations pédagogiques proposées doivent être en cohérence avec le système support, la problématique, et les développements scientifiques et technologiques. En particulier, une activité (y compris évaluations) sera développée en cohérence avec le référentiel ou programme ciblé, et située dans une progression pédagogique sur un temps plus long. Les documents élèves de cette activité sont à présenter. Une attention particulière sur les stratégies pédagogiques est attendue ;
- l'innovation pédagogique utilisant des outils numériques « métiers » et connexes est appréciée.

• Réalisation du dossier

La forme et la qualité de réalisation du dossier montrent que le candidat a réfléchi à la teneur du message qu'il souhaite communiquer aux membres du jury. Pour cela :

- les éléments figurant dans la clé USB doivent être cités dans le corps du texte du dossier chaque fois que nécessaire et référencés dans une annexe ;

- les règles de citation des sources (des tables, illustrations, articles, références ...) doivent être respectées ;
- le dossier doit comporter un titre, un sommaire, une conclusion et être paginé. Les tableaux, graphiques et annexes doivent être correctement référencés et récapitulés dans des tables dédiées ;
- le dossier ne doit en aucun cas être un manuel d'utilisation ou une documentation commerciale ;
- le dossier doit être rédigé dans une langue française soignée en tenant compte des règles grammaticales et orthographiques ;
- les développements et résultats des expérimentations et mesures réalisées doivent être référencés dans le dossier et présents en annexes ;
- l'exploitation pédagogique doit être développée en précisant les référentiels ou programmes choisis au regard de la spécialité ingénierie informatique, les compétences et connaissances associées et l'organisation matérielle des activités d'enseignement. Des propositions d'exploitation pédagogique dans une perspective d'activités pluri-technologiques ou interdisciplinaires sont appréciées ;
- les séquences proposées doivent s'inscrire dans une progression générale formalisée ;
- le dossier doit résulter d'un travail personnel du candidat. Le jury qui a étudié l'ensemble des dossiers au préalable utilise des moyens informatiques de détection de plagiat ;
- les dossiers doivent être parvenus au secrétariat du jury cinq jours ouvrés avant le début des épreuves d'admission. Le candidat doit envoyer ou déposer, en deux exemplaires, le dossier « papier » et la version numérique sur une clé USB.

- **Présentation orale**

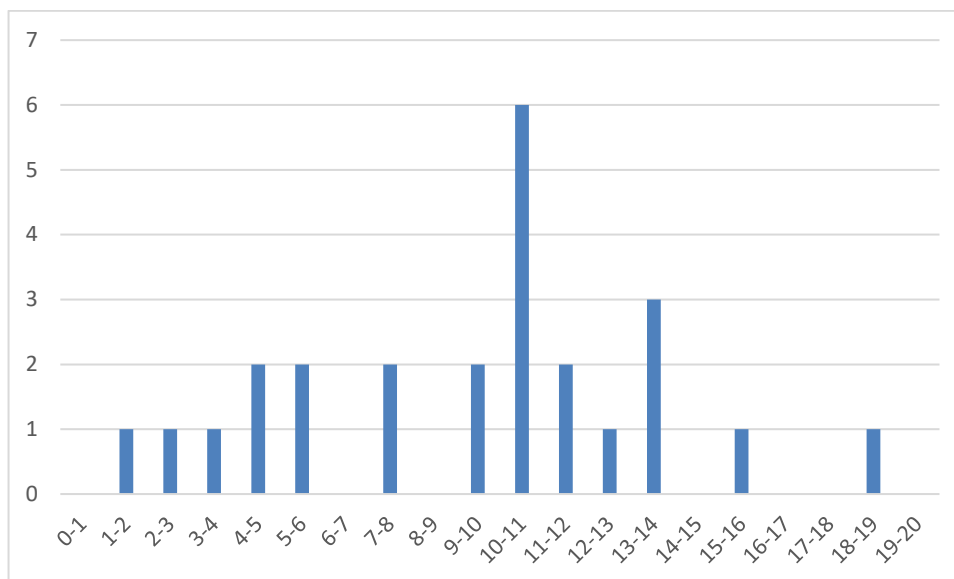
Durant les 30 minutes de l'exposé, le candidat doit mettre en valeur ses qualités de communicant pour expliquer ses choix, ses démarches et ses analyses, dans le champ de l'ingénierie informatique. Le jury veillera à ce que le candidat ne dépasse pas les 30 minutes autorisées. L'échange avec le jury permet d'approfondir certains points présentés dans le dossier ou durant l'exposé. Cet échange porte tant sur les développements scientifiques et technologiques que sur les propositions d'exploitation pédagogique qui en découlent. Le choix des éléments présentés à l'oral est important. Le candidat peut utiliser tout support permettant d'attester des réalisations (vidéo de présentation ou lien vers des démonstrations). Les documents vidéo-projetés doivent être lisibles.

Le jury élargit son questionnement pour vérifier que le candidat a entrepris une réelle réflexion sur :

- les finalités de l'enseignement des sciences industrielles de l'ingénieur, ses interactions avec d'autres disciplines et les démarches pédagogiques ;
- les compétences (référentiel métier) qu'un enseignant doit développer ainsi que sur les missions qui lui sont confiées ;
- les situations au cours desquelles, en tant qu'agent du service public d'éducation, il est en position de faire partager les valeurs et les principes de la République.

C. Résultats

La moyenne des notes obtenues est de 9,7/20. L'écart-type est 4,3. La meilleure note est 18,5/20 et la plus faible est 2/20. La moyenne des 15 candidats admis est de 11,6/20.



Les candidats ont intégré pour partie les recommandations faites dans les rapports des sessions antérieures. Plusieurs candidats ont préparé soigneusement leur dossier et ont répondu avec de grandes qualités aux exigences de cette épreuve. *A contrario*, quelques candidats ont présenté des dossiers préparés dans l'urgence, ou re-présenté des dossiers sans les avoir actualisés. Certains dossiers sont insuffisamment en lien avec le domaine de l'ingénierie informatique, ce qui conduit à de mauvais résultats.

Rapport sur la transmission des valeurs et principes de la République

« Lors des épreuves d'admission, outre les interrogations relatives aux sujets et à la discipline, le jury pose les questions qu'il juge utiles lui permettant d'apprécier la capacité du candidat, en qualité de futur agent du service public d'éducation, à prendre en compte dans le cadre de son enseignement la construction des apprentissages des élèves et leurs besoins, à se représenter la diversité des conditions d'exercice du métier, à en connaître de façon réfléchie le contexte, les différentes dimensions (classe, équipe éducative, établissement, institution scolaire, société) et les valeurs qui le portent, dont celles de la République.

Le jury peut, à cet effet, prendre appui sur le référentiel des compétences professionnelles des métiers du professorat et de l'éducation fixé par l'arrêté du 1er juillet 2013. »

Texte de référence (<http://www.devenirenseignant.gouv.fr/cid98734/les-epreuves-de-l-agregation-externe-section-sciences-industrielles-de-l-ingenieur.html>)

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

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

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

- à réfléchir collectivement à son environnement, aux usages sociaux des objets et aux conséquences induites ;
- à comprendre les enjeux sociétaux liés au respect de l'égalité républicaine entre hommes et femmes ;
- ...

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

Pour prendre en compte cette dimension du métier d'enseignant dans la conception de séquences pédagogiques, les candidats peuvent s'appuyer sur différents textes réglementaires et ressources pédagogiques disponibles :

- le parcours citoyen et les valeurs républicaines à l'école (<http://eduscol.education.fr/cid46702/les-valeurs-de-la-republique.html>) ;
- les programmes d'enseignement moral et civique (<http://eduscol.education.fr/cid92403/l-emc-principes-et-objectifs.html>) ;
- les ressources du portail national des professionnels de l'éducation – Eduscol – sur la laïcité (<https://eduscol.education.fr/cid46673/ressources-nationales.html>) ;
- le parcours avenir (<http://eduscol.education.fr/cid46878/le-parcours-avenir.html>) ;
- le socle commun de connaissances, de compétences et de culture (<http://eduscol.education.fr/pid23410/le-socle-commun.html>) ;
- l'instruction relative au déploiement de l'éducation au développement durable dans l'ensemble des écoles et établissements scolaires pour la période 2015-2018 (BOEN n°6 du 5 février 2015) ;
- les ressources numériques en ligne du réseau de création et d'accompagnement pédagogiques CANOPÉ – éducation et société ;
- ...