



**MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION
NATIONALE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Rapport du jury

Concours : Agrégation externe

Section : sciences industrielles de l'ingénieur

Option : sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie informatique

Session 2024

Rapport de jury présenté par : Alix MUNIER KORDON, présidente du jury
Professeur des universités

Sommaire

Avant-propos.....	1
Remerciements.....	2
Résultats statistiques.....	3
Épreuve d'admissibilité de sciences industrielles de l'ingénieur.....	5
A. Présentation de l'épreuve.....	5
B. Sujet.....	5
C. Éléments de correction.....	6
D. Commentaires du jury et résultats.....	18
Épreuve d'admissibilité de modélisation d'un système, d'un procédé ou d'une organisation.....	23
A. Présentation de l'épreuve.....	23
B. Sujet.....	23
C. Éléments de correction.....	24
D. Commentaires du jury et résultats.....	42
Épreuve d'admissibilité de conception préliminaire d'un système, d'un procédé ou d'une organisation.....	45
A. Présentation de l'épreuve.....	45
B. Sujet.....	45
C. Éléments de correction.....	46
D. Commentaires du jury et résultats.....	60
Épreuve d'admission d'exploitation pédagogique d'une activité pratique relative à l'approche globale d'un système pluritechnologique.....	63
A. Présentation de l'épreuve.....	63
B. Commentaires du jury.....	67
C. Résultats.....	67
D. Exemple de sujet.....	72
Épreuve d'admission d'activité pratique et d'exploitation pédagogique relative à l'approche spécialisée d'un système pluritechnologique.....	77
A. Présentation de l'épreuve.....	77
B. Commentaires du jury.....	79
C. Résultats.....	79
D. Exemple de sujet.....	82
Épreuve d'admission de soutenance d'un dossier industriel.....	105
A. Présentation de l'épreuve.....	105
B. Attendus de l'épreuve.....	106
C. Commentaires du jury.....	108
Rapport sur la transmission des valeurs et principes de la République.....	109

Avant-propos

Le concours 2024 était la huitième session de l'agrégation de sciences industrielles de l'ingénieur (SII) de l'option « ingénierie informatique ». Ce rapport est dans la continuité de ceux des sessions précédentes.

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 massive 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 28 décembre 2009 fixant les sections et les modalités d'organisation des concours de l'agrégation. 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 eu 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.

Pour cette huitième session, 15 postes sont ouverts pour l'agrégation sciences industrielles de l'ingénieur option ingénierie informatique. Parmi les 164 inscrits, 71 candidats ont été présents aux trois épreuves d'admissibilité. Le nombre d'inscrits est stable par rapport aux deux années précédentes ; l'édition 2022 avait connu une baisse significative du nombre d'inscrits ; une raison possible pourrait être la création de l'agrégation d'Informatique qui a pu drainer une partie des candidats.

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. Pour la seconde année consécutive, le jury n'a pas souhaité pouvoir l'ensemble des postes : en effet, 12 postes sur 15 ouverts au concours ont été pourvus. Le jury n'a pas jugé opportun de pourvoir les trois postes restants compte-tenu du niveau académique des candidats suivants.

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.

Remerciements

Le lycée La Martinière Monplaisir à Lyon a accueilli les épreuves d'admission de cette session 2024 des quatre options de l'agrégation externe section sciences industrielles de l'ingénieur.

Les membres du jury tiennent à remercier le proviseur du lycée, 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. Nous remercions en particulier chaleureusement le directeur délégué aux formations du lycée pour son investissement et son dévouement pour tous les aspects logistiques et organisationnels.

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
2021	210	15	92	36	33	15
2022	150	15	63	31	27	17**
2023	152	17	62	34	31	15
2024	164	15	71	36	30	12

* un candidat a été inscrit sur liste complémentaire

** deux candidats ont été inscrits sur liste complémentaire

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

Note obtenue par le premier candidat admissible	14,35
Note obtenue par le dernier candidat admissible	7,5
Moyenne des candidats présents	7,72
Moyenne des candidats admissibles	9,68
Écart-type des candidats admissibles	1,9

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

Note obtenue par le premier candidat admis	13,38
Note obtenue par le dernier candidat admis	9,75
Moyenne des candidats présents	8,93
Moyenne des candidats admis	11,45
Écart-type des candidats admis	1,18

Épreuve d'admissibilité de sciences industrielles de l'ingénieur

A. Présentation de l'épreuve

Arrêté du 28 décembre 2009 modifié

- 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.

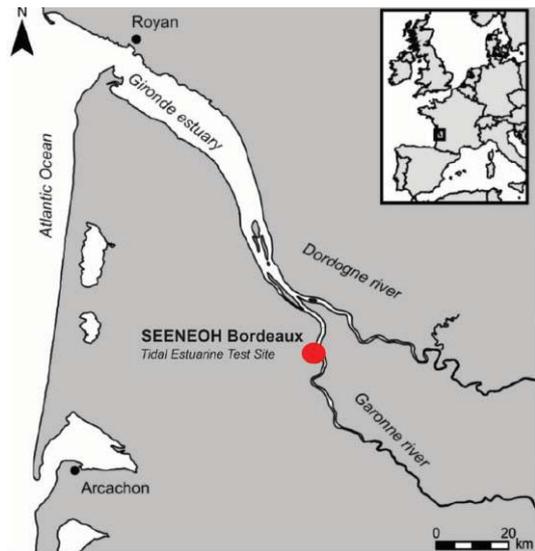
Elle a pour but de vérifier que le candidat est capable de mobiliser ses connaissances scientifiques et techniques pour conduire une analyse systémique, élaborer et exploiter les modèles de comportement permettant de quantifier les performances globales et détaillées d'un système des points de vue matière, 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 pluritechnologique automatique.

B. Sujet

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

<https://www.devenirenseignant.gouv.fr/media/12315/download>

Il porte sur l'étude de la plateforme BILBAO conçue pour tester des prototypes d'hydroliennes fluviales et océaniques. Elle est implantée depuis 2016 sur la Garonne au cœur de la ville de Bordeaux, ville jumelée avec la ville portuaire espagnole de Bilbao.



C. Éléments de correction

II. Stratégies de pilotage et de communication

Question 1 : La plateforme est orientée grâce à quatre treuils pilotés par quatre variateurs. L'automate V570 gère la commande des moteurs en fonction des efforts mesurés sur les quatre capteurs.

Cet automate communique avec le serveur SCADA par Modbus TCP/IP. Les données du fleuve sont mesurées grâce au capteur ADCP. Le convertisseur RS485/Ethernet permet de transporter ses données via Ethernet par protocole Modbus TCP/IP.

L'automate HT permet quant à lui de gérer la turbine installée sur la plateforme. Les échanges de données avec le serveur SCADA se font par Modbus TCP/IP. L'automate PL/LM permet de gérer la production électrique renvoyée sur le réseau ERDF.

Le poste administrateur permet de superviser l'ensemble des automates et des données renvoyées par les capteurs grâce au serveur SCADA.

Question 2 : Un réseau de classe C permet d'avoir jusqu'à 254 terminaux, ce qui est largement suffisant pour ce site de test. Les adresses IP sont de la forme **192.168.1.##** par exemple.

Question 3 : Le port 80 est le numéro de port attribué au protocole de communication Internet couramment utilisé, Hypertext Transfer Protocol (HTTP). Il s'agit du port à partir duquel un ordinateur envoie et reçoit des communications et des messages basés sur un client Web d'un serveur Web et est utilisé pour envoyer et recevoir des pages ou des données HTML.

Pour accéder au serveur web du convertisseur : **192.168.xx.xx:80**

Question 4 : Le programme proposé est détaillé ci-dessous.

def lire(nf):

```
f=open(nf,"r")    # Ouvre le fichier en mode lecture
L=f.readlines() # Stocke toutes les lignes dans la liste L
f.close()       # Ferme l'accès au fichier texte
Vest=[]         # Initialisation des listes
Vnord=[]

for li in L[2:12]: # On ne s'intéresse qu'aux données
    li=li.replace(",",".")
    li=li.rstrip("\n") # On supprime le retour chariot (optionnel)
    li_data=li.split("\t") # On crée une liste en découpant la ligne li sur les tabulations
    Vest.append(float(li_data[6])) # On remplit les listes
    Vnord.append(float(li_data[7]))

return Vest,Vnord
```

Question 5 : Le programme proposé est détaillé ci-dessous.

def vitesse_direction (Vnord,Vest,i):

```
V=(Vnord[i]**2+Vest[i]**2)**0.5
direction = np.arctan(np.abs(Vest[i]/Vnord[i]))*180/np.pi

return V,direction
```

Question 6 :

```
def filtrage(Te,e_1,s_0,tau): #filtre récursif
    # Te : période d'échantillonnage
    # e_1 : valeur mesurée (n)
    # s_0 : signal filtré (n-1)
    # s_1 : signal filtré (n)
    # tau : constante de temps.
```

```

s_1=((tau*s_0+Te*e_1)/(Te+tau))
OU
s_1= (tau/(Te+tau))* s_0+ (Te/(Te+tau))* e_1

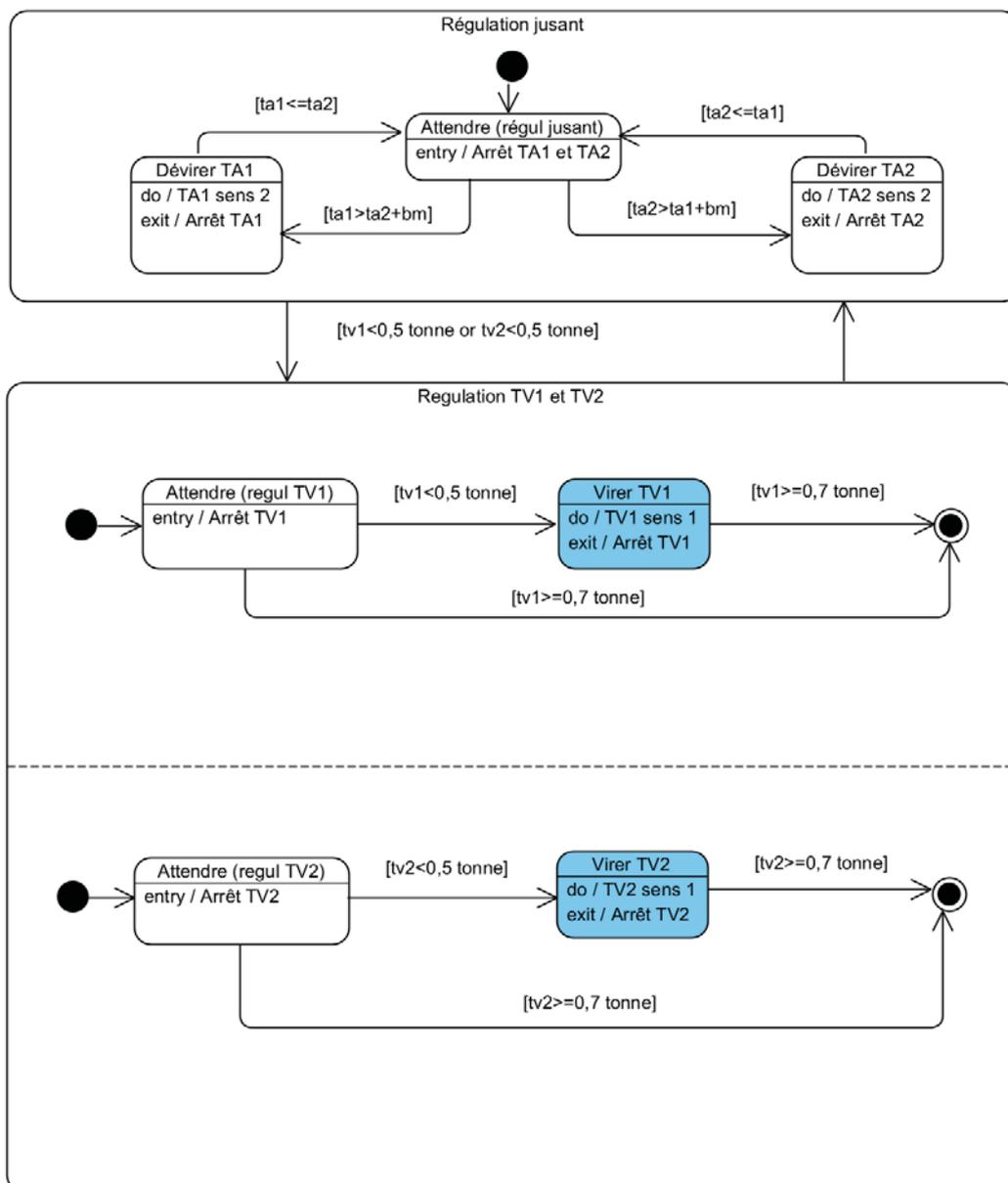
return s_1

```

La constante de temps peut être déterminée à partir d'une analyse spectrale du signal.
 Le théorème de Shannon stipule que la fréquence d'échantillonnage doit être supérieure au double de la fréquence maximale du signal analogique.
 Ce type de filtre nécessite en amont un filtre antirepliment.

Question 7 : Le changement de marée est observé en comparant la somme des efforts des treuils en amont avec la somme des efforts des treuils en aval.

Question 8 :



Question 9 : La fonction 3 correspond à une demande de lecture de l'adresse **0x312B**, ce qui correspond en décimal à **12587**. On cherche donc la position du vérin, la réponse est **0x5A** soit **90°**.

Question 10 :

```
> Frame 289: 66 bytes on wire (528 bits), 66 bytes captured (528 bits) on interface \Device\NPF_{8913601A-6A1F-4CF...
> Ethernet II, Src: Microsof_19:71:a2 (c4:9d:ed:19:71:a2), Dst: Arduino_ae:87:d0 (a8:61:0a:ae:87:d0)
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.42, Dst: 192.168.0.88
> Transmission Control Protocol, Src Port: 59150, Dst Port: 502, Seq: 1, Ack: 1, Len: 12
> Modbus/TCP
> Modbus
```

Trame Modbus : 05 31 BF FF 00

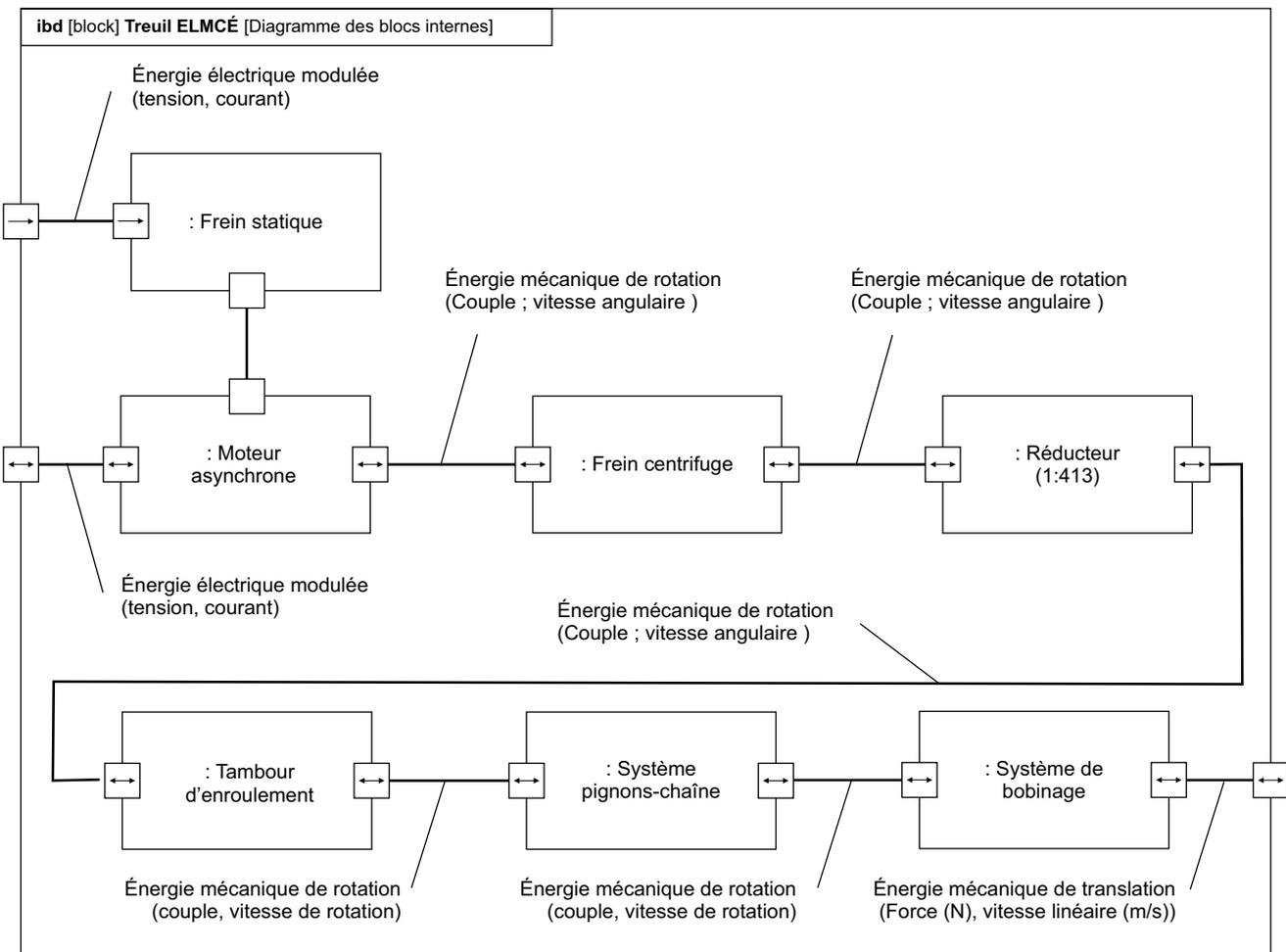
Question 11 : $\lambda = \frac{c}{f}$ ce qui fait une longueur d'onde de $\lambda = 0,125$ m.

$d = \frac{\lambda}{4 \cdot \pi \cdot 10^{-a/20}}$, soit une distance de $d = 444$ m.

L'exigence 1.4.1.1 impose une longueur de câble de 400 mètres, on peut donc en conclure qu'un réseau WIFI est envisageable.

III. Validation du dimensionnement de la chaîne puissance assurant le positionnement de la plateforme BILBAO

Question 12 : le diagramme des blocs internes proposé est présenté ci-dessous.



Question 13 : Système isolé : $\{E\} = \{\text{plateforme} + \text{hydrolienne} + \text{équipements}\}$

Inventaire des actions mécaniques extérieures (I.A.M.E.) :

- action hydrodynamique en H : $\{F_{h \rightarrow E}\} = \left\{ \begin{matrix} \vec{R}_{h \rightarrow E} = F_x \vec{x}_0 \\ \vec{0} \end{matrix} \right\}_H$;

- action de chaque amarre sur la coque en O_i : $\vec{T}_{i \rightarrow E} = -T_i \vec{x}_i \quad \forall i \in \llbracket 1, 4 \rrbracket$;
- action de la pesanteur en G : $\left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{\text{pes} \rightarrow E} \\ \vec{0} \end{array} \right\}_G = \left\{ \begin{array}{l} \vec{R}_{\text{pes} \rightarrow E} = M_T \vec{g} \\ \vec{0} \end{array} \right\}_G$
- action de l'eau en C : $\left\{ \begin{array}{l} \vec{R}_{e \rightarrow E} = P_e \vec{z}_0 + R_e \vec{x}_0 \\ \vec{0} \end{array} \right\}_C$

Le théorème de la résultante statique (TRS) projeté sur la direction \vec{x}_0 implique :

$$F_x + R_e - \sum_{i=1}^4 T_i \vec{x}_i \cdot \vec{x}_0 = 0$$

Soit en tenant compte de la symétrie du problème :

$$F_x + R_e - 2T_1 \vec{x}_1 \cdot \vec{x}_0 - 2T_3 \vec{x}_3 \cdot \vec{x}_0 = 0$$

Les projections dans la base B_0 s'écrivent :

$$\vec{x}_i = \cos \theta_i \cos \alpha_i \vec{x}_0 + \cos \theta_i \sin \alpha_i \vec{y}_0 - \sin \theta_i \vec{z}_0$$

$$\vec{x}_1 \cdot \vec{x}_0 = \cos \theta_1 \cos \alpha_1$$

$$\vec{x}_3 \cdot \vec{x}_0 = \cos \theta_3 \cos \alpha_3 = -\cos \theta_1 \cos \alpha_1$$

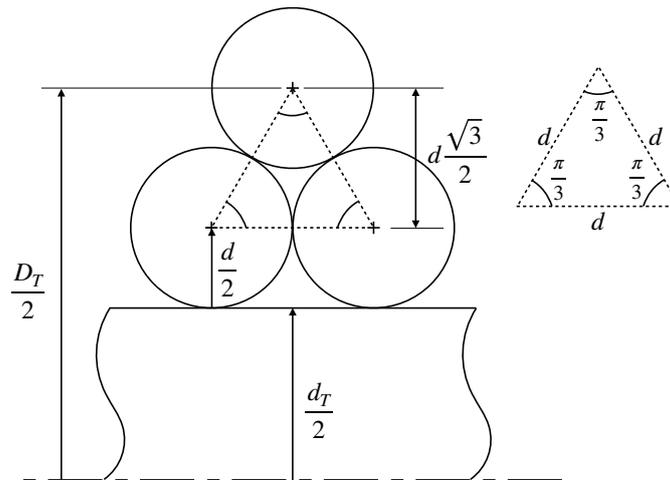
Finalement, il vient :

$$F_x + R_e - 2(T_1 - T_3) \cos \theta_1 \cos \alpha_1 = 0$$

Question 14 : Le centre de la première couche d'amarre est situé à une distance $\frac{d_T}{2} + \frac{d}{2}$ de l'axe de rotation du tambour. Chaque couche se décale ensuite d'une distance de $d \frac{\sqrt{3}}{2}$ si les amarres s'enroulent « parfaitement », alors :

$$D_T = d + d(n_c - 1) \sqrt{3} + d_T$$

A.N. : $D_T \approx 694$ mm.



Question 15 : Système isolé : $\{\Sigma\} = \{\text{tambour} + \text{réducteur} + \text{moteur}\}$

Hypothèses :

- l'effet de la pesanteur est négligé ;
- le régime permanent est considéré.

Inventaire des puissances extérieures et intérieures :

- puissance motrice : $P_{m_i \rightarrow (\Sigma/R_0)} = C_{mi} \omega_{mi}$
- pertes mécaniques : $P_{\text{pertes}}(\Sigma/R_0) = C_{mi} \omega_{mi} (1 - \eta)$
- puissance mécanique de l'amarre i : $P_{A_i \rightarrow \Sigma/R_0} = -T_i V_i$ avec V_i la vitesse d'enroulement de l'amarre par rapport à la plateforme.

En régime permanent, le théorème de l'énergie cinétique appliqué à l'ensemble (Σ) en mouvement par rapport au référentiel Galiléen R_0 s'écrit :

$$C_{mi}\omega_{mi} - C_{mi}\omega_{mi}(1-\eta) - T_i V_i = 0 \Rightarrow C_{mi} = \frac{T_i}{\eta} \times \frac{V_i}{\omega_{mi}}$$

avec $\left| \frac{V_i}{\omega_{mi}} \right| = r \frac{D_T}{2}$. L'expression du couple moteur s'écrit alors en valeur absolue :

$$|C_{mi}| = \left| \frac{r T_i D_T}{2\eta} \right|$$

Question 16 : L'équation obtenue question 15 permet ensuite de calculer le couple moteur C_{mi} pour le « mode moteur ». Pour le « mode frein », la puissance motrice est imposée par le câble et le moteur agit comme un frein. Le calcul du couple de maintien s'obtient alors par une démarche identique à celle de la question 15 mais avec un inventaire des puissances modifié.

Inventaire des puissances extérieures et intérieures :

- puissance motrice : $P_{m_i \rightarrow \Sigma/R_0} = +T_i V_i$
- pertes mécaniques : $P_{pertes}(\Sigma/R_0) = T_i V_i (1-\eta)$
- puissance de freinage : $P_{m \rightarrow \Sigma/R_0} = -C_m \dot{\theta}_m$

L'application du théorème de l'énergie cinétique en régime permanent à l'ensemble (Σ) en mouvement par rapport au référentiel Galiléen R_0 implique alors :

$$|C_{mi}| = \left| \eta \frac{D_T}{2} r T_i \right|$$

Bilan :

	Expression littérale	A.N.
Mode génératrice	$ C_{m1} = C_{m2} = \left \eta \frac{r T_1 D_T}{2} \right $	$ C_{m1} \approx 40 \text{ Nm}$
Mode moteur	$ C_{m3} = C_{m4} = \left \frac{r T_3 D_T}{2\eta} \right $	$ C_{m3} \approx 6 \text{ Nm}$

Pour le mode moteur, la valeur est six fois inférieure au couple nominal ($C_{nom} = 36,1 \text{ Nm}$). Le moteur est largement surdimensionné pour cette configuration.

Pour le mode frein, le couple calculé est légèrement supérieur au couple nominal, d'environ 10%. Or pour une machine asynchrone standard, le couple maximum (également appelé couple de décrochage) est en général 2 à 3 fois supérieur au couple nominal. Le choix de la motorisation est validé sachant que la configuration étudiée correspond à la plus défavorable (tension de 5 t).

Question 17 : l'utilisation d'un frein centrifuge permet d'éviter l'emballement du moteur lors des phases de dévirage, c'est-à-dire l'entraînement du moteur par l'intermédiaire de l'amarre à une fréquence de rotation trop élevée par rapport à sa fréquence nominale.

Il est accouplé directement sur l'arbre moteur, en amont du réducteur, pour limiter le couple de régulation à fournir. La taille du frein à utiliser et donc l'encombrement du système (et le coût) sont ainsi réduits.

Question 18 : La stratégie de résolution proposée est la suivante :

Système isolé : masselotte (2)

Hypothèses :

- l'étude est réalisée en phase de freinage, donc $\dot{\theta}_m(t) \geq \omega_{lim} > 0$
- la masselotte (2) est en contact avec le corps (0) à la limite du glissement

I.A.M.E. :

- action du ressort : $\{F_{r-2}\} = \left\{ \begin{matrix} -k(l(t)-l_0) \vec{x}_2 \\ \vec{0} \end{matrix} \right\}_{\forall M \in (O, \vec{x}_2)}$;

- action du corps (0) en C : $\{F_{0 \rightarrow 2}\} = \begin{Bmatrix} -N_{02}\vec{x}_2 - T_{02}\vec{y}_2 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}$, avec : $N_{02} > 0$ (action unilatérale) et $T_{02} > 0$ car $\dot{\theta}_m(t) > 0$.
- action de l'arbre (1) : $\{F_{1 \rightarrow 2}\} = \begin{Bmatrix} 0 & L_{12} \\ Y_{12} & M_{12} \\ Z_{12} & N_{12} \end{Bmatrix}_{vM, B_2}$

Le théorème de la résultante dynamique appliqué à (2) par rapport R_0 et projeté sur la direction \vec{x}_2 s'écrit :

$$-k(l(t)-l_0) - N_{02} = m_2 \vec{\Gamma}_G(2/0) \cdot \vec{x}_2$$

Le couple de freinage étant défini par la relation suivante,

$$C_f = \vec{M}_{O,2 \rightarrow 0} \cdot \vec{z}_{0,2} = \left(\vec{OC} \wedge (N_{02}\vec{x}_2 + T_{02}\vec{y}_2) \right) \cdot \vec{z}_{0,2}$$

il suffit alors d'utiliser les lois de coulomb et de combiner les relations précédentes pour déterminer C_f .

Question 19 : Mise en œuvre de la stratégie proposée question 18.

Le théorème de la résultante dynamique (TRD) appliqué à (2) par rapport R_0 et projeté sur la direction \vec{x}_2 implique :

$$-k(l(t)-l_0) - N_{02} = m_2 \vec{\Gamma}_G(2/0) \cdot \vec{x}_2$$

Le calcul de l'accélération donne par dérivation du vecteur vitesse :

$$\begin{aligned} \vec{V}_G(2/0) &= \vec{V}_G(2/1) + \vec{V}_G(1/0) \\ \vec{V}_G(2/0) &= i(t) \vec{x}_2 + \vec{GO} \wedge \vec{\Omega}(1/0) \rightarrow \vec{V}_G(2/0) = r_2 \dot{\theta}_m \vec{y}_2 \\ \vec{\Gamma}_G(2/0) &= \left[\frac{d\vec{V}_G(2/0)}{dt} \right]_{R_0} = -r_2 \dot{\theta}_m^2 \vec{x}_2 + r_2 \ddot{\theta}_m \vec{y}_2 \end{aligned}$$

L'équation du TRD s'écrit donc :

$$-k(l-l_0) - N_{02} = -r_2 m_2 \dot{\theta}_m^2$$

Le couple de freinage est défini par la relation suivante :

$$C_f = \vec{M}_{O,2 \rightarrow 0} \cdot \vec{z}_{0,2} = \left(\vec{OC} \wedge (N_{02}\vec{x}_2 + T_{02}\vec{y}_2) \right) \cdot \vec{z}_{0,2} \rightarrow C_f = RT_{02}$$

Or à la limite du glissement : $|T_{02}| = f|N_{02}| \leftrightarrow T_{02} = fN_{02}$ car $N_{02}, T_{02} > 0$. Donc :

$$C_f = RfN_{02} = Rf \left(-k(l-l_0) + r_2 m_2 \dot{\theta}_m^2 \right)$$

Le couple de freinage se réécrit pour n masselottes sous la forme suivante

$$C_f = n \left(-k(l-l_0)Rf + Rf r_2 m_2 \dot{\theta}_m^2 \right) = n(-A + B\dot{\theta}_m^2)$$

avec $A = k(l-l_0)Rf$ et $B = Rf r_2 m_2$.

Question 20 : D'après les relations données dans l'énoncé pour n masselottes :

$$C_f = n(-A + B\omega_m^2) = \eta \frac{D_T}{2} r T_{\max}$$

La fréquence de rotation de l'arbre moteur en phase de régulation est alors définie par :

$$\omega_{m \text{ reg}} = \left[\frac{1}{B} \left(\frac{\eta r T_{\max} D_T}{2n} + A \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

A.N. $\omega_{m \text{ reg}} \approx 2670 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$.

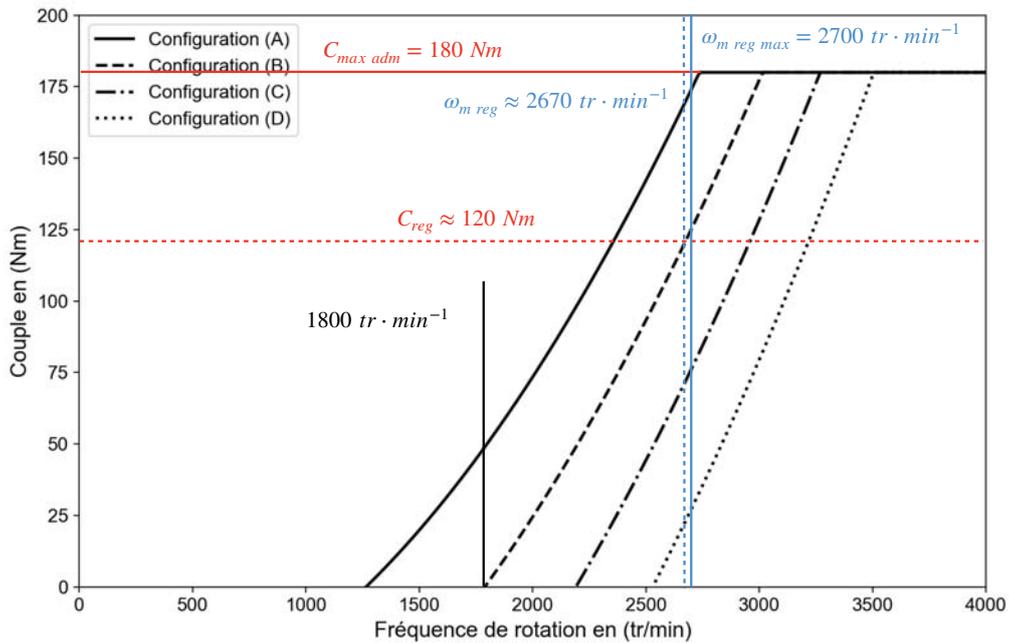
Question 21 : Le cahier des charges impose un déclenchement du frein centrifuge à $1800 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ et une vitesse maximale de régulation de $2700 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$. D'après la documentation constructeur (voir figure ci-après) seul le frein avec la configuration B permet de satisfaire ces deux exigences.

Le couple maximal en phase de régulation est de 120 Nm ce qui est inférieur à la limite admissible par le frein quelle que soit la configuration utilisée (180 Nm). Le frein en configuration B est donc correctement dimensionné pour répondre au cahier des charges.

Les différentes courbes présentent une évolution quadratique identique, seule la valeur de la vitesse à partir de laquelle la régulation est effective diffère.

Pour régler cette vitesse de déclenchement le constructeur peut modifier la raideur du ressort (3). En effet, l'action du ressort s'oppose à l'effet centrifuge qui évolue avec le carré de la vitesse de rotation du moteur.

Modifier la raideur du ressort permet ainsi de régler la vitesse de rotation à partir de laquelle les masselottes seront en contact avec le corps, donc la vitesse de rotation correspondant au début du freinage.



Question 22 : Dans cette partie le motoréducteur et le frein centrifuge ont été dimensionnés. Le frein statique peut être dimensionné en utilisant la relation de la question 18 pour le mode frein et la valeur de tension égale à la tension de rupture d'une amarre (exigence id. 1.6.1.1), afin de vérifier la tenue du frein statique en toutes situations.

IV. Commande et gestion de la chaîne de puissance des treuils d'amarrage

Question 23 :

$$\frac{V_s}{V_e} = \left(\frac{R_3}{R_3 + R_1} - \frac{R_j}{R_j + R_2} \right) = 2,633 \cdot 10^{-1} \text{ mV/V}$$

Si pour 28 tonnes on a 1,280 mV/V alors pour une mesure de 0,2633 mV/V on a un effort de 5,76 tonnes. Utiliser une boucle de courant présente une meilleure immunité CEM, l'offset de 4 mA permet d'identifier une rupture de liaison si absence de courant.

Question 24 : L'effort TA2 étant de 5,76 tonnes, l'exigence impose un écart d'effort entre les amarres de moins de 10kN, alors il faut dévier l'amarre TA2 pour réduire l'effort.

Question 25 : $P_{méca} = 5\,000 \times 9,81 \times \frac{5}{60} = 4087,5 \text{ W}$

S'il n'y a pas de perte, alors la totalité de cette puissance est dissipée par les deux résistances de freinage. Ces résistances de freinages ont pour valeur :

$$R = \frac{230^2}{P_R} = 35,27 \Omega$$

La puissance que peut dissiper ces deux résistances en série est donc :

$$P_{dissipée} = \frac{U_0^2}{2 \cdot R} = 4605 \text{ W}$$

Donc les deux résistances peuvent dissiper une puissance supérieure à la puissance à dissiper pour freiner la plateforme. L'interrupteur K_f permettra de moduler la puissance dissipée pour garder une tension constante. Sous réserve que les résistances soient capables de dissiper une puissance supérieure, la valeur ohmique des résistances est correctement dimensionnée.

Question 26 :

$$I_R = \frac{V}{\sqrt{(L_R \cdot \omega_e)^2 + \left(\frac{R_R}{g}\right)^2}}$$

Question 27 : On calcule la puissance consommée :

$$P_{em} = 3 \cdot R_R \cdot \frac{1-g}{g} \cdot I_R^2 = 3 \cdot R_R \cdot \frac{1-g}{g} \cdot \frac{V^2}{(L_R \cdot \omega_e)^2 + \left(\frac{R_R}{g}\right)^2} = C_{em} \cdot \omega$$

Par définition, le glissement est égal à :

$$g = \frac{\omega_s - \omega}{\omega_s}$$

Donc :

$$1-g = \frac{\omega}{\omega_s}$$

$$C_{em} = 3 \cdot \frac{V^2}{\omega_s} \cdot \frac{\frac{R_R}{g}}{(L_R \cdot p \cdot \omega_s)^2 + \left(\frac{R_R}{g}\right)^2} = 3 \cdot \frac{V^2}{\omega_s} \cdot \frac{\frac{R_R}{g}}{(L_R \cdot p \cdot \omega_s)^2 \cdot g + \frac{R_R^2}{g}} = \frac{2}{2} \cdot \frac{3}{L_R \cdot p} \cdot \frac{V^2}{\omega_s^2} \cdot \frac{1}{\frac{g}{\frac{R_R}{L_R \cdot p \cdot \omega_s}} + \frac{\frac{R_R}{g}}{L_R \cdot p \cdot \omega_s}}$$

$$\text{Donc : } K_B = \frac{R_R}{L_R \cdot p \cdot \omega_s} \text{ et } K_A = \frac{3}{2 \cdot L_R \cdot p}$$

Question 28 : Afin d'obtenir la valeur du maximum du couple, il faut vérifier :

$$\frac{dC_{em}}{dg} = 0$$

Ce qui amène à :

$$g_{max} = K_B$$

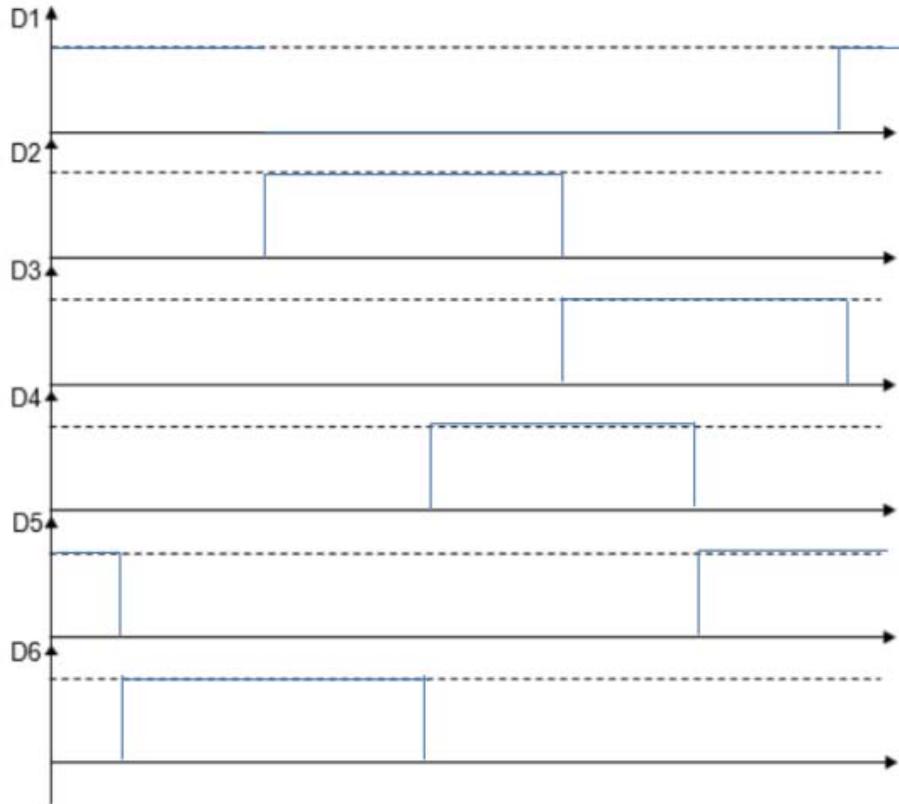
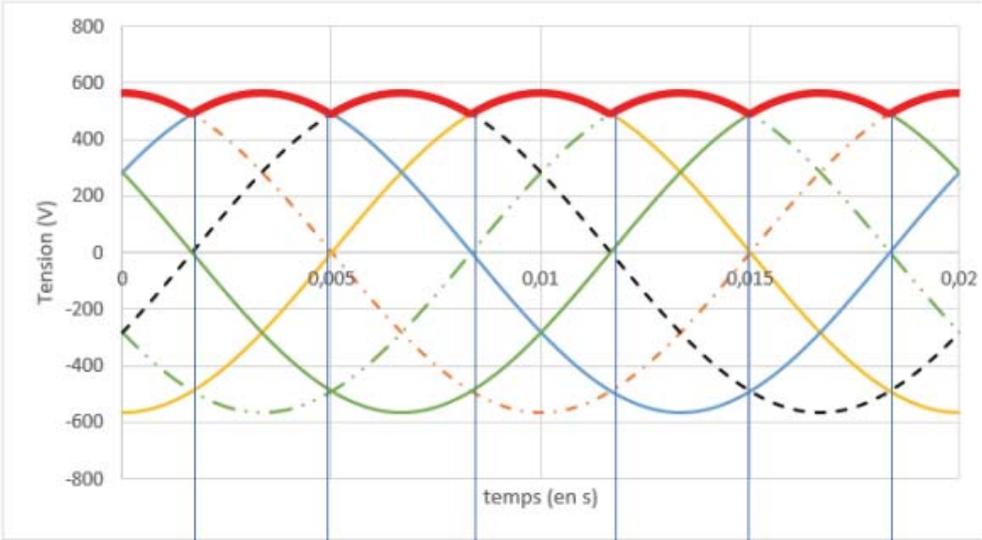
Question 29 : Un rapport V/f constant permet de limiter le courant de démarrage et d'obtenir un couple maximal quelle que soit la vitesse du moteur.

Question 30 : On a par définition de la valeur moyenne :

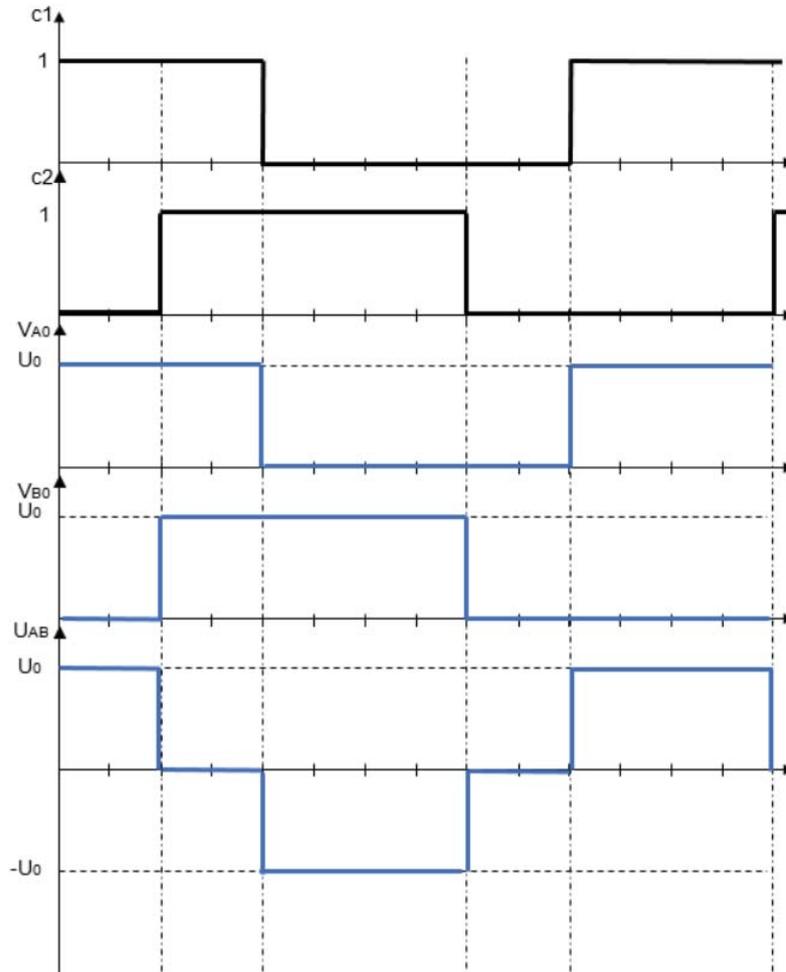
$$U_{moy} = \frac{1}{T/6} \int_{-T/12}^{T/12} U_1(t) \cdot dt = \frac{1}{T/6} \int_{-T/12}^{T/12} U_{max} \cdot \cos(\omega \cdot t) \cdot dt$$

$$U_{moy} = \frac{6}{T} \cdot \left[\frac{U_{max}}{\omega} \cdot \sin(\omega \cdot t) \right]_{-T/12}^{T/12}$$

$$U_{moy} = \frac{6 \cdot U_{max}}{T \cdot \frac{2 \cdot \pi}{T}} \cdot 2 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{6}\right) \text{ et donc } U_{moy} = \frac{3 \cdot U_{max}}{\pi} = 540.4 \text{ V}$$

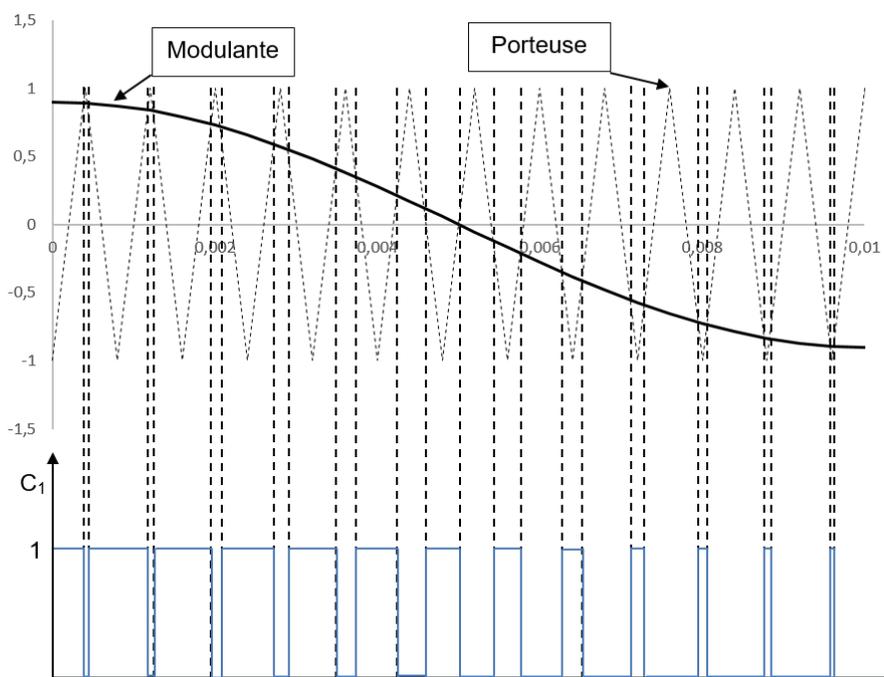


Question 31 :



Question 32 : La fonction étant paire, les harmoniques de rang pair sont nulles. Le déphasage entre $C1$ et $C2$ étant de 120° , les harmoniques de rang multiple de 3 sont nulles également.

Question 33 :



Question 34 : La MLI permet d'obtenir un signal plus proche d'un sinus ce qui permet de renvoyer les harmoniques du spectre autour de la fréquence de la porteuse et ainsi faciliter le filtrage.

Question 35 : Le capteur d'effort ainsi que l'utilisation de la machine asynchrone en hypersynchronisme permettent d'équilibrer les efforts dans les amarres ce qui permet de respecter l'exigence 1.6.2.1. L'utilisation d'un onduleur permet de faire tourner la machine asynchrone à vitesse variable et donc de faire varier la vitesse d'enroulement de l'amarre et donc de respecter l'exigence 1.6.2.2.

V. Analyse thermique et évolution de local technique

Question 36 : Les trois modes de transfert thermique sont :

- La conduction : la différence de température entre deux régions d'un même milieu (ou de deux milieux en contact) provoque une agitation moléculaire entre ces deux régions amenant à un transfert thermique sans déplacement de matière ;
- La convection : le mouvement d'un fluide sur une paroi solide amène à un transfert thermique ;
- Le rayonnement : un transfert thermique est réalisé du fait de la réception (ou l'émission) d'un flux d'onde électromagnétique de faible longueur d'onde.

Question 37 : Une climatisation est présente par box de conversion afin de pouvoir réaliser la régulation en température seulement des boxes fonctionnant (les trois sites de test ne fonctionnent pas en continu, ni en simultané).

Question 38 : On néglige ici l'inertie thermique du local et des parois. Ainsi, les transferts étant totaux, aucune chaleur n'est emmagasinée par les murs, et le temps de réponse de l'air du local sera nul. Cela permet d'aboutir à une modélisation non seulement plus simple à résoudre, mais qui va aussi surdimensionner le système de régulation.

Ainsi le système choisi sera forcément capable de réguler la température.

Question 39 : Le mode de transfert thermique mis en jeu ici est la conduction.

On a $R_i = \frac{e_i}{\lambda_i S_i}$ avec :

$$\begin{aligned} S_{\text{vitre}} &= 3 \cdot 0,4 \cdot 0,4 \approx 0,48 \text{ m}^2 \\ S_{\text{mur}} &= 2 \cdot (9 - 2 \cdot 0,062 + 2,666) \cdot (2,6955 - 0,16 - 0,062) - S_{\text{vitre}} \approx 56,9 \text{ m}^2 \\ S_{\text{toit}} &= (9 - 2 \cdot 0,062) \cdot 2,666 \approx 23,7 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Et donc :

$$\begin{aligned} R_{\text{mur}} &\approx 0,027 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1} \\ R_{\text{vitre}} &\approx 0,18 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1} \\ R_{\text{toit}} &\approx 0,058 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1} \end{aligned}$$

Question 40 :

$$\Phi_p = \frac{1}{R_{T,p}} (T_e - T_i)$$

Les modes de transfert thermique mis en jeu dans l'équation précédente sont la conduction et la convection de la couche d'air considérée.

On a une association de trois résistances thermiques en série avec :

$$R_{T,j} = R_j + \frac{1}{h_{i,j} S_j} + \frac{1}{h_{e,j} S_j}$$

Et donc, on obtient :

$$\begin{aligned} R_{T,\text{mur}} &\approx 0,03 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1} \\ R_{T,\text{vitre}} &\approx 0,54 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1} \\ R_{T,\text{toit}} &\approx 0,06 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1} \end{aligned}$$

Question 41 : On a alors pour modéliser la résistance thermique totale, l'association de trois résistances en parallèle :

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{T,\text{mur}}} + \frac{1}{R_{T,\text{toit}}} + \frac{1}{R_{T,\text{vitre}}}$$

$$R_T \approx \frac{R_{T,mur} \cdot R_{T,toit} \cdot R_{T,vitre}}{R_{T,mur} \cdot R_{T,vitre} + R_{T,vitre} \cdot R_{T,toit} + R_{T,toit} \cdot R_{T,mur}}$$

D'où : $R_T = 0,019 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1}$

Question 42 : Sur la courbe, on relève $T_{e,max} = 41^\circ\text{C}$ et $T_{e,min} = -3^\circ\text{C}$. On a donc :

- $\Phi_{total,max} = \frac{T_{e,max} - T_i}{R_T} = \frac{41 - 23}{0,019} \approx 950 \text{ W}$
- $\Phi_{total,min} = \frac{T_{e,min} - T_i}{R_T} = \frac{-3 - 23}{0,019} \approx -1370 \text{ W}$

Question 43 : Avec un coefficient de sécurité de 5, le système de régulation doit pouvoir fournir au minimum $5 \cdot 1370 = 6850 \text{ W}$. Avec 3 climatisations de $2,43 \text{ kW}$ chacune, il fournit 7290 W . Le système de climatisation est bien dimensionné.

Les hypothèses prises sont très réductrices, notamment au niveau de la prise en compte du rayonnement et des différents ponts thermiques. En effet qu'ils soient localisés dans le temps (passage de technicien ou d'exploitant) ou plus globaux (ponts thermiques dus aux jours dans l'assemblage du local technique qui est un préfabriqué, avec passage de câbles et 4 portes d'accès), les pertes seront bien plus grandes. Ceci explique le très grand coefficient de sécurité utilisé.

Question 44 : Dans la conception d'un bâtiment, le BIM permet de mettre en relation de manière instantanée, les différents corps de métiers prenant part au projet. Ainsi une modification, réalisée par exemple par l'équipe en charge du câblage électrique, sera transmise aux autres équipes qui pourront la prendre en compte dans leur travail de conception et de réalisation.

Dans notre étude, le BIM permet d'élaborer et de modifier en temps réels des simulations qui permettront une étude plus fine que celle réalisée précédemment. On pourra prendre notamment en compte les différentes inerties thermiques et les différents ponts thermiques globaux qui sont paramétrables dans ce type d'étude, ainsi que les transferts réalisés par rayonnement (surtout l'été).

Les ponts thermiques locaux sont quant à eux plus difficiles à modéliser dans ce type d'étude. C'est pourquoi un coefficient de sécurité est encore nécessaire.

Question 45 : La valeur de température moyenne extérieure varie au cours de l'année et son signe est amené à changer (négatif l'hiver et inférieur à 23°C – flux donc négatif). Ceci explique le changement de signe de la tendance du flux thermique.

De plus, au cours d'une journée, de fortes variations de température peuvent intervenir. Ceci explique les pics d'oscillation.

Question 46 : A la vue des signes de la figure 31, elle représente le flux thermique de l'intérieur vers l'extérieur, c'est-à-dire l'opposé des flux calculés précédemment. Le flux thermique à fournir par le système de régulation pour maintenir le système à la bonne température sera donc celui relevé sur la figure 31 (négatif l'été pour rafraîchir et positif l'hiver pour réchauffer) :

- $\Phi_{reg,max} \approx 2,4 \text{ kW}$
- $\Phi_{reg,min} \approx -1,7 \text{ kW}$

On trouve de grandes différences avec les résultats de la question 42 (en prenant en compte le changement de signe), qui viennent principalement de la non prise en compte des ponts thermiques locaux.

Néanmoins, avec un coefficient de sécurité de 3, la climatisation réversible devra fournir au maximum $7,2 \text{ kW}$, ce qui reste inférieur à sa capacité de $7,29 \text{ kW}$.

On voit alors que si on pré-dimensionne le système de régulation avec un coefficient de sécurité de 5 ($6,9 \text{ kW}$), cela équivaut approximativement à un dimensionnement plus fin avec un coefficient de sécurité de 3 ($7,2 \text{ kW}$).

Question 47 : Le résultat de la question 41 donne alors avec les nouvelles valeurs extrêmes de température :

- $\Phi_{total,max} = \frac{T_{e,max} - T_i}{R_T} = \frac{51 - 23}{0,019} \approx 1470 \text{ W}$
- $\Phi_{total,min} = \frac{T_{e,min} - T_i}{R_T} = \frac{-6 - 23}{0,019} \approx -1520 \text{ W}$

Avec un coefficient de sécurité de 5, on obtient alors une puissance nécessaire pour le système de régulation de $1520 \cdot 5 = 7,6 \text{ kW}$.

Cette valeur est plus grande que la puissance disponible. Le système de régulation n'est pas capable d'encaisser ces pics de température et donc de permettre un fonctionnement optimal du site d'essais.

Question 48 : Afin de respecter l'exigence 1.4.2.1, deux solutions sont envisageables :

- Augmenter la puissance fournie par le dispositif de régulation en ajoutant une climatisation réversible dans le local ;
- Augmenter la résistance thermique globale du local R_T en agissant sur le type de matériaux utilisés ou leur épaisseur.

VI. Bilan énergétique du site d'exploitation

Question 49 : Dans cette question les modèles de l'évolution de la vitesse du courant du fleuve et de la puissance en sortie de génératrice sont donnés.

$$E_6 = \int_0^T K \left(V \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) \right)^3 dt \quad \text{avec} \quad (\sin(t))^3 = \frac{3}{4}\sin t - \frac{1}{4}\sin 3t \quad \text{que l'on retrouve en linéarisant.}$$

Le calcul de l'intégrale donne : $E_6 = \frac{2KV^3T}{3\pi}$ (en Wh)

Ce qui fait une énergie de $E_6 = 73 \text{ kWh}$

Question 50 : Dans le pire des cas, le système de régulation a besoin de 2400 W (figure de simulation). Ce qui donne sur 6 heures, une énergie de $E_{12,nec} = 14 \text{ kWh}$, ce qui représente 20% de l'énergie produite. Il reste alors 80% de l'énergie produite par la seule plateforme Bilbao, dans le pire des cas, pour le reste des systèmes du site de test (commande des treuils, ...). Cela semble largement suffisant pour permettre au site d'être autonome. L'exigence 1.4.2.1 est ainsi validée.

D. Commentaires du jury

Cette épreuve, d'une durée de 6 heures, coefficient 1, est commune aux quatre options. Les candidats composent dans les mêmes conditions, sur le même sujet au titre de la même session quelle que soit l'option choisie. Conformément à l'arrêté du 28 décembre 2009 modifié, « cette épreuve a pour but de vérifier que le candidat est capable de mobiliser ses connaissances scientifiques et techniques pour conduire une analyse systémique, élaborer et exploiter les modèles de comportement permettant de quantifier les performances globales et détaillées d'un système des points de vue matière, énergie et information afin de valider tout ou partie de la réponse au besoin exprimé par un cahier des charges. Elle permet de vérifier les compétences d'un candidat à synthétiser ses connaissances pour analyser et modéliser le comportement d'un système pluritechnologique automatique ».

1. Présentation générale du sujet

Ce sujet porte sur l'étude d'un site d'expérimentations, la plateforme BILBAO, dédiée aux prototypes d'hydroliennes fluviales et océaniques. Elle permet aux turbiniéristes d'évaluer les performances de différentes technologies d'hydroliennes quelles que soient les conditions extérieures.

Les différentes parties du sujet proposent de vérifier plusieurs exigences du cahier des charges construit à partir des trois fonctions principales identifiées par le constructeur pour la conception du site d'expérimentation :

- permettre aux turbiniéristes de communiquer avec la plateforme et l'hydrolienne pour la mesure et la gestion des paramètres d'essai ;
- contrôler le positionnement de la plateforme quelles que soient les conditions extérieures ;
- gérer l'énergie produite par l'hydrolienne.

L'étude proposée s'articule autour des thématiques explicitées ci-après. Chacune des parties a pour objectif la validation de plusieurs exigences relatives au cahier des charges :

1. Analyse des stratégies de pilotage et de communication (exigence id.1.4.1) : l'objectif de cette partie est de valider les exigences liées à la supervision et au contrôle/commande de la plateforme BILBAO.
2. Validation du dimensionnement de la chaîne de puissance assurant le positionnement de la plateforme BILBAO : l'objectif est ici de valider le dimensionnement mécanique des composants de la chaîne de puissance intervenant dans la gestion du positionnement de la plateforme.

3. Commande et gestion de la chaîne de puissance des treuils d'amarrage (exigences id.1.6.2.2 et id.1.6.2.1) : l'objectif de cette partie est de valider l'architecture du variateur de commande des machines synchrones utilisées sur les treuils d'amarrage.
4. Analyse thermique et évolution du local technique (exigence id.1.4.2.1) : l'objectif de cette étude est de valider le dimensionnement du système de régulation en température du local technique et de proposer une évolution de la solution choisie.
5. Bilan énergétique du site d'exploitation (exigence id.1.4.2.1) : cette dernière partie propose aux candidats de conclure sur le bilan énergétique du site d'expérimentation pour une campagne de test d'une hydrolienne.

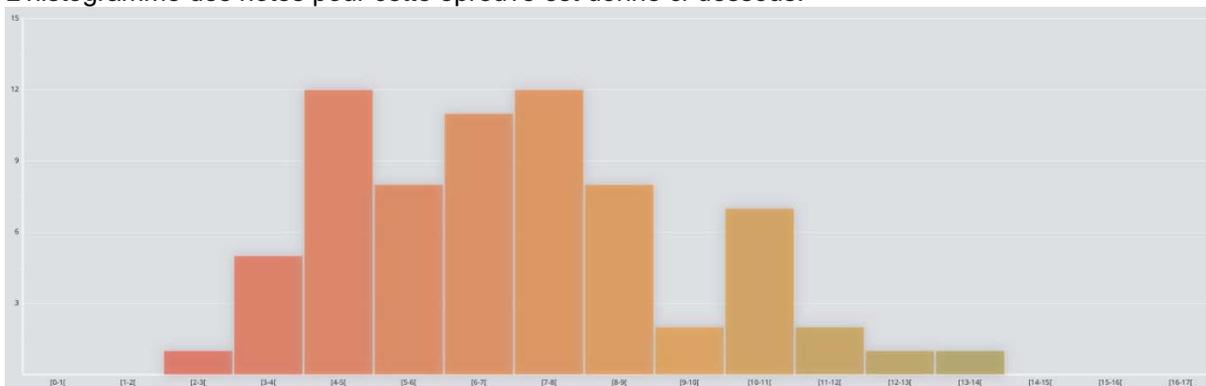
Bien que toutes les parties du sujet soient indépendantes, il était fortement conseillé de traiter ce sujet dans l'ordre.

2. Analyse globale des résultats

Les statistiques générales pour cette épreuve en option ingénierie informatique (sur un total de 70 candidats qui ont composé) sont :

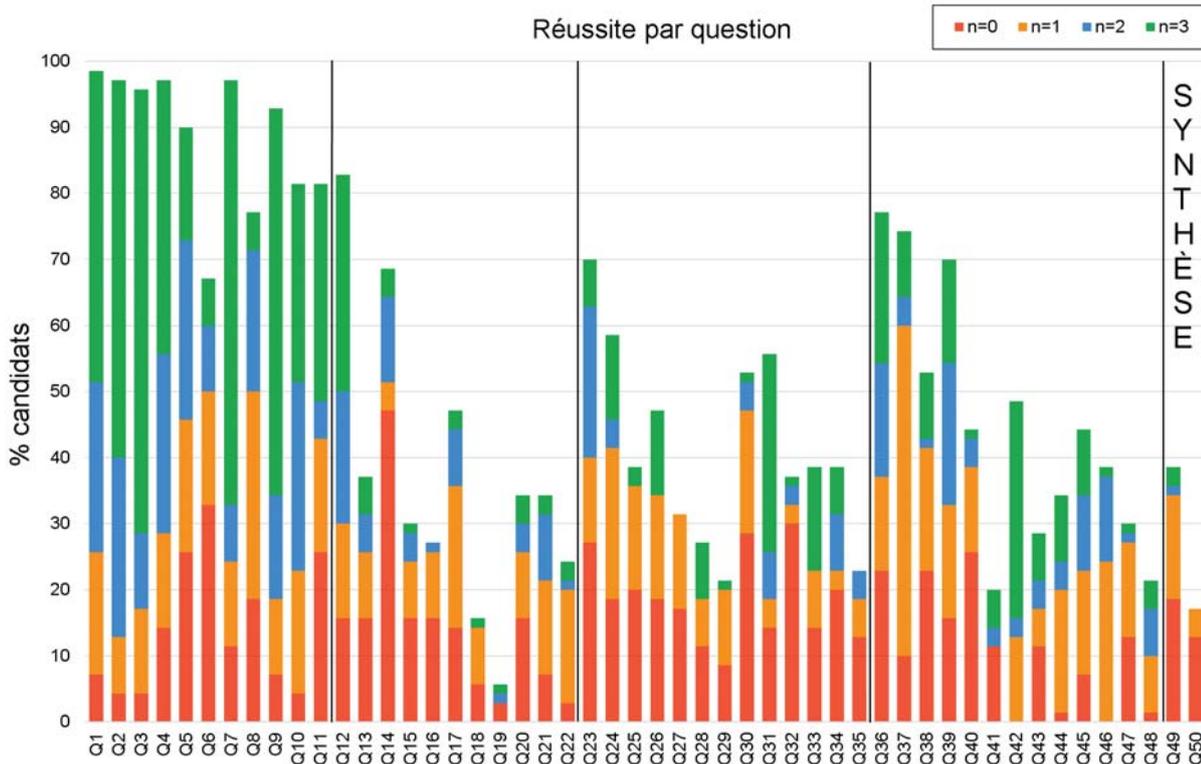
note minimale : 2,48/20, note maximale : 13,61/20, moyenne : 7,00/20, écart-type : 2,43.

L'histogramme des notes pour cette épreuve est donné ci-dessous.



3. Analyse spécifique aux candidats de l'option ingénierie informatique

Les statistiques de réussite propres à chaque question du sujet sont données dans l'histogramme ci-dessous pour les candidats de l'option ingénierie informatique.



Le jury constate que toutes les parties ont été abordées. Comme l'année précédente, le jury observe que la plupart des candidats font l'effort d'aborder des questions qui ne sont pas en lien direct avec leur spécialité et ne peut que s'en réjouir.

Le jury constate trop souvent un manque de vigilance des candidats sur l'écriture des expressions littérales. Le jury conseille vivement aux candidats de vérifier la cohérence des expressions littérales explicitées et surtout leur homogénéité.

Le jury constate également que :

Partie 1 : Cette partie a été abordée par la quasi-totalité des candidats. La structure du réseau qui est étudiée dans la sous partie 2.1 a été bien comprise par l'ensemble des candidats.

La sous-partie 2.2 demandait, entre autres, de connaître l'équation différentielle d'un filtre passe-bas du premier ordre. Peu de candidats ont pu retrouver la relation de récurrence qui permettait d'écrire l'algorithme du filtre numérique. La sous-partie 2.3 montre que, bien qu'une très grande majorité des candidats ait su lire le diagramme d'états du système, trop peu a su compléter les diagrammes pour décrire la gestion des efforts minimaux dans les amarres. Le jury regrette que ces questions, qui font appel à des notions transversales, soient mal traitées par une trop grande majorité des candidats.

Partie 2 : la partie 2, portait sur l'analyse et le dimensionnement des éléments de la chaîne de puissance d'un treuil, est la partie la moins abordée par les candidats de l'option ingénierie informatique. Le jury s'étonne que trop des candidats ne sachent pas compléter correctement un diagramme de blocs internes. Le calcul du diamètre d'enroulement du câble sur le treuil est souvent abordé de façon simplifiée, 80% des candidats se trompent sur l'analyse géométrique menée. Les théorèmes fondamentaux de la mécanique des solides ne sont pas connus quant aux démarches de résolution, lorsqu'elles apparaissent, sont trop souvent non maîtrisées et/ou mal rédigées. La plupart des candidats ne maîtrisent pas l'analyse énergétique d'une chaîne de transmission de puissance - qui se limitait ici à un bilan de puissance en régime permanent - ou encore le théorème de la résultante statique.

Le jury rappelle également qu'il attend systématiquement des expressions littérales puis d'éventuelles applications numériques (avec unités) lorsqu'elles sont demandées. Les trois dernières questions, indépendantes des questions précédentes, permettaient aux candidats de conclure sur la validation du frein centrifuge et de proposer une synthèse sur le dimensionnement de la chaîne de puissance. Peu de candidats ont abordé correctement ces questions.

Partie 3 : Cette partie a été écartée par plus de la moitié des candidats alors que les thématiques abordées font appel à des savoirs fondamentaux pour un futur professeur de sciences industrielles. Le jury regrette le manque de vigilance des candidats sur l'utilisation des notations clairement définies dans le sujet. Beaucoup de candidats confondent les grandeurs physiques comme la pulsation électrique, la pulsation de synchronisme et la vitesse de rotation du moteur.

Le manque de maîtrise des outils mathématiques, comme le calcul intégral ou la dérivation de fonctions scalaires n'est pas acceptable pour un concours de ce niveau. Le jury recommande fortement aux candidats d'être plus rigoureux sur les conclusions permettant de vérifier les exigences du cahier des charges.

Partie 4 : la quatrième partie, centrée sur l'analyse thermique et l'évolution du local technique situé sur la berge, a été abordée par moins de la moitié des candidats. Trop de candidats ne maîtrisent pas les principes physiques mis en jeu dans les transferts thermiques. La lecture des plans et de la documentation technique a posé des difficultés aux candidats ce qui n'a pas permis pour la plupart d'entre eux de mener avec rigueur l'étude des résistances thermiques. Les calculs des résistances et des flux thermiques sont trop souvent réalisés avec peu de rigueur et les démarches sont rarement explicitées clairement. Le jury s'étonne que beaucoup de candidats ne soient pas capables de réaliser correctement les applications numériques lorsque les relations sont données. Enfin les avantages de l'utilisation d'une modélisation BIM ne sont toujours pas cernés par beaucoup de candidats, alors que la question reste récurrente sur les dernières années.

Synthèse : la dernière partie, consacrée à l'analyse du bilan énergétique du site d'exploitation, a été abordée par peu de candidats. Les candidats ayant traité cette partie n'ont majoritairement pas réussi à faire aboutir leurs calculs et n'ont pas suffisamment explicité leurs raisonnements.

4. Conseils aux futurs candidats

Les candidats ayant réussi cette épreuve sont ceux qui ont fait preuve de transversalité et qui ont fait l'effort d'aborder chacune des parties. Chaque partie était conçue avec une difficulté croissante des questions, permettant aux candidats des différentes spécialités à la fois de pouvoir aborder partiellement chaque problématique, mais également de s'affirmer dans son domaine de prédilection.

Le jury encourage ainsi fortement les candidats à traiter toutes les parties du sujet et à montrer qu'ils maîtrisent l'ensemble des domaines des sciences industrielles de l'ingénieur. Les résultats démontrent que ceux qui refusent d'évoluer vers une approche transversale et sélectionnent les questions relatives aux différentes spécialités de l'ingénierie ne réussissent pas cette épreuve, car la note finale se trouve alors fortement limitée. Par conséquent, le jury conseille aux futurs candidats de s'investir sérieusement dans toutes les parties du programme du concours et d'acquérir l'ensemble des compétences et des connaissances associées aux disciplines qui constituent les sciences industrielles de l'ingénieur.

Les candidats doivent également s'attacher à utiliser leurs connaissances universitaires afin de résoudre des problématiques techniques associées à des systèmes industriels. Les plus efficaces ont su ne pas perdre de vue que les analyses, les justifications et les choix technologiques doivent être toujours menés en gardant à l'esprit les enjeux du contexte industriel spécifique à l'étude.

Le jury constate trop souvent un manque de rigueur, notamment dans l'écriture des expressions littérales, dans la manipulation des grandeurs scalaires et vectorielles, de précision dans la présentation des copies et dans la rédaction. La présentation de la copie doit être irréprochable, les notations imposées dans le sujet doivent être scrupuleusement respectées. Il convient aussi de rappeler qu'il est attendu d'un fonctionnaire de l'État qu'il maîtrise convenablement la langue française et qu'il respecte les règles de l'orthographe et de la grammaire française afin de s'assurer que ce qu'il souhaite exprimer soit compréhensible et lisible.

Les réponses doivent être détaillées et argumentées : des résultats donnés directement, sans calcul, sans justification de principe, ne peuvent pas être pris en compte comme étant justes. Par ailleurs, les réponses montrant une maîtrise de la démarche mais n'arrivant pas jusqu'à la conclusion sont valorisées. Le jury apprécie aussi l'esprit critique face à des résultats aberrants et admet le choix délibéré de commenter ces résultats pour continuer le traitement du sujet.

Le jury souligne enfin la grande qualité d'expression constatée dans certaines copies, rédigées avec soin et un souci de clarté.

Réussir cette épreuve demande :

- de s'approprier en un temps limité un sujet technique pluridisciplinaire décrit avec les outils de modélisation de l'ingénierie système ;
- de maîtriser les modèles de connaissance des différents domaines d'étude de l'ingénierie ;
- d'analyser et d'interpréter des résultats d'étude, afin de formuler des conclusions cohérentes et pertinentes en concordance avec une problématique scientifique et technique.

5. Conclusion

Le sujet a été conçu pour permettre aux candidats d'exprimer au mieux leurs compétences dans différents champs d'application d'un système pluritechnologique correspondant au cadre de cette épreuve transversale. Le jury engage fortement les futurs candidats à se préparer conformément aux attendus de l'arrêté du 28 décembre 2009 modifié.

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

A. Présentation de l'épreuve

Arrêté du 28 décembre 2009 modifié

- 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://www.devenirenseignant.gouv.fr/media/4814/download>

Éléments de correction

Question 1. $TU = (7580 - 480) / (96 \times 2 \times 4) = 9,2$ h

À ce stade du sujet et compte-tenu des données, deux hypothèses peuvent être prises :

Hypothèse 1 : TR = 12,5 h (Les temps de réglage et les pauses imprévues sont incluses dans le TR)	Hypothèse 2 : Les 8064 tartes produites laissent penser que TR = 10,5 h (La ligne de production est arrêtée pendant la pause repas : pas de relève du personnel)
$TRS = \frac{TU}{TR} = \frac{7580-480}{12,5 \times (96 \times 2 \times 4)} = 74\%$	$TRS = \frac{TU}{TR} = \frac{7580-480}{10,5 \times (96 \times 2 \times 4)} = 88\%$

Question 2. La configuration de cette ligne est une simple structure série. En effet, la matière passe d'un sous-système au suivant du début de la fabrication à la fin de la fabrication.

Question 3. D'après l'exposé la ligne d'emballage de Dabas peut produire 8064 tartes.

Hypothèse 1 : TR = 12,5 h Cela correspond à un taux (fréquence) de production théorique de : $t_p^{(th)} = \frac{8064}{12,5} = 645 \text{ tartes/h}$	Hypothèse 2 : TR = 10,5 h Cela correspond à un taux (fréquence) de production théorique de : $t_p^{(th)} = \frac{8064}{10,5} = 768 \text{ tartes/h}$
--	--

Question 4. Dans un système série, l'équipement B ne peut traiter que ce que l'équipement A lui a déjà fourni. Si l'équipement A est plus lent que l'équipement B, l'équipement B ne pourra pas débiter plus de pâtisserie que ce que fournit l'équipement A. La production est donc dominée par la cadence de la machine la plus lente de la chaîne. Ainsi, le taux de production global d'un système comportant n composants montés en série pendant le temps requis TR se définit par :

$$t_{p_s}^{(th)} = \min_{i=1,2,\dots,n} \{t_{p_i}^{(th)}\}. \text{ Avec } i = 1, \dots, n$$

Question 5.

$$TRS = D_{eff} \times P_{eff} \times Q_{eff}$$

$$\Rightarrow TRS_G = \frac{TF}{TR} \times \frac{TN}{TF} \times \frac{t_p^r}{t_p^{th}} \times \frac{NPB}{NPR} = \frac{TN}{TR} \times \frac{t_p^r}{t_p^{th}} \times \frac{NPB}{NPR} = \frac{TN \times \frac{NPB}{TN} \times NPB}{TR \times NPR \times t_p^{th}} = \frac{NPB}{TR \times t_p^{th}}$$

Or : $NPB = NPB_n$ car la sortie du dernier sous-système est aussi la sortie de la ligne.

$$\text{D'où : } TRS_G = \frac{TRS_n \times t_{p_n}^{th} \times TR}{TR \times t_p^{th}}$$

TR peut être simplifié car l'observation se fait pendant la même durée pour tous les sous-systèmes et ligne.

Dans un système série, la production est dominée par la cadence de la machine la plus lente de la chaîne. Ainsi, le taux de productivité global d'un système comportant n composants montés en série pendant le temps requis TR se définit par :

$$t_p^{th} = \min_{i=1,2,\dots,n} \{t_{p_i}^{(th)}\}$$

$$\Rightarrow TRS_G = \frac{D_{eff_n} \times P_{eff_n} \times Q_{eff_n} \times t_{p_n}^{th}}{\min_{i=1,2,\dots,n} \{t_{p_i}^{(th)}\}}$$

Comme : $TRS_i = D_{eff_i} \times P_{eff_i} \times Q_{eff_i} = \frac{TF}{TR} \times \frac{TN}{TF} \times \frac{t_{p_i}^r}{t_{p_i}^{th}} \times Q_{eff_i}$, il est possible d'imaginer que seul le taux de qualité des sous-systèmes suivants va diminuer le TRS courant (i) jusqu'à atteindre le TRS global. (Le nombre de pièces bonnes ne peut que diminuer dans la chaîne) C'est donc le minimum de tous les TRS modifiés par les étages suivants qui va produire le TRS global. Ce raisonnement amène au résultat suivant :

$$TRS_G = \frac{\min_i n \left\{ \min_{i=1,2,\dots,n-1} \left\{ TRS_i \cdot t_{p_i}^{(th)} \cdot \prod_{j=i+1}^n Q_{eff_j} \right\}, TRS_n \cdot t_{p_n}^{(th)} \right\}}{\min_{i=1,2,\dots,n} \left\{ t_{p_i}^{(th)} \right\}}$$

Dans cette formule, le rapport $\frac{t_{p_j}^r}{t_{p_j}^{th}}$ est considéré proche de 1 pour $j=i+1$ à n .

Question 6. Dans le cas où une commande urgente de Muffins est en cours et qu'aucune autre commande n'a atteint son délai, il est possible de redistribuer les équipements de plusieurs voire des 5 lignes de production afin de passer en configuration parallèle.

Question 7. Le nombre de produits bons à la sortie du système est égal à la somme des nombres de produits bons de chaque machine, et le nombre de produits réalisés du système est également égal à la somme du nombre de produits réalisés par chaque machine.

$$NPB_S = \sum_{i=1}^n NPB_i \text{ et } NPR_S = \sum_{i=1}^n NPR_i \quad (46)$$

Ainsi, on a :

$$NPR_S = \sum_{i=1}^n \left(t_{p_i}^{(r)} \cdot TN_i \right) \quad (47)$$

Or, d'après l'équation (2) du sujet : $NPB_i = TRS_i \cdot t_{p_i}^{(th)} \cdot TR$ pour $i = 1, \dots, n$

D'où :

$$NPB_S = \sum_{i=1}^n \left(TRS_i \cdot t_{p_i}^{(th)} \cdot TR \right) \quad (48)$$

Dans un système parallèle, le taux de productivité théorique du système est égal à la somme des taux de productivités théorique de chaque composant puisque le temps TR est le même pour tous les sous-systèmes. Donc :

$$t_{p_S}^{th} = \frac{NPTR_S}{TR} = \frac{\sum_{i=1}^n NPTR_i}{TR} = \sum_{i=1}^n t_{p_i}^{(th)}$$

Donc :

$$TRS_G = \frac{NPB_S}{NPTR_S} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(TRS_i \cdot t_{p_i}^{(th)} \cdot TR \right)}{t_{p_S}^{th} \cdot TR} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(TRS_i \cdot t_{p_i}^{(th)} \right)}{\sum_{i=1}^n t_{p_i}^{(th)}}$$

Il était possible d'écrire que, tous les sous-systèmes étant considérés indépendants, le TRS global est une moyenne, pondérée par le taux théorique de production, de chacun des sous-systèmes (contribution de chacun des sous-systèmes à la production globale).

Question 8. La figure 4 du sujet donne : $TRS_G = \frac{TU}{TR}$. Or, TU est le temps TR duquel est soustrait le temps des arrêts non planifiés, le temps relatif aux écarts de cadence et le temps représentatif de la non qualité. Dans une configuration série, lorsqu'un sous-système est arrêté, cet arrêt provoquera l'arrêt des sous-systèmes suivants par manque de matière, dans la période d'observation qui est TR (Temps requis). Nécessairement, au niveau des sous-systèmes suivant, cet arrêt sera comptabilisé dans leur propre temps d'arrêt. L'expression $\max_{i=1..n} \{t_{Am_i}\}$ tiendra donc compte de tous les arrêts de la chaîne.

On aura donc bien :

$$TRS_G = \frac{TR - \max_{i=1..n} \{t_{Am_i}\}}{TR}$$

Question 9. La figure 4 du sujet donne : $TRS_G = \frac{TU_G}{TR_G}$. De même, $TRS_i = \frac{TU_i}{TR_i}$

$$TU_i = TR_i - t_{Am_i}$$

De façon abstraite, il est possible d'écrire :

$$TU_G = \sum_{i=1}^n TU_i = \sum_{i=1}^n (TR_i - t_{Am_i}) = \sum_{i=1}^n TR_i - \sum_{i=1}^n t_{Am_i} = n \cdot TR - \sum_{i=1}^n t_{Am_i}$$

$$TR_G = n \cdot TR$$

D'où :

$$TRS_G = \frac{n \times TR - \sum_{i=1}^n t_{Am_i}}{n \times TR}$$

Question 10.

$$TRS_G = \min\left(\frac{n \times TR - \sum_{i=1}^n t_{Am_i}}{n \times TR}, TRS_a\right)$$

Question 11. Les lignes concernées sont les suivantes :

```

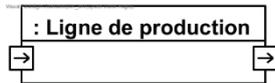
36 cast( (OF_events_last.start_unixtime - OF_events_first.start_unixtime) as double) /
37 1000 / 3600 as temps_ouverture,
38 temps_ouverture - cast( (OF_events_eat.start_unixtime - OF_events_eat.start_unixtime) as double) /
39 1000 / 3600 as temps_requis,
40 (OF_events_last.conform / "OF".nominalRate ) / temps_requis as TRS,

```

Avec :

- conform : quantité produite sur la période
- nominalRate : cadence nominale
- cast((OF_events_last.start_unixtime - OF_events_first.start_unixtime) as double) / 1000 / 3600 => temps d'ouverture de la ligne (depuis le premier événement qui correspond au lancement de l'ordre de fabrication jusqu'au dernier événement qui correspond à l'arrêt de la ligne => != TO)
- start_unixtime : timestamp en millisecondes
- OF_events_last : arrêt final de l'ordre de fabrication sur la ligne
- OF_events_first : début de fabrication sur la ligne
- OF_events_eat : pause programmée (repas)

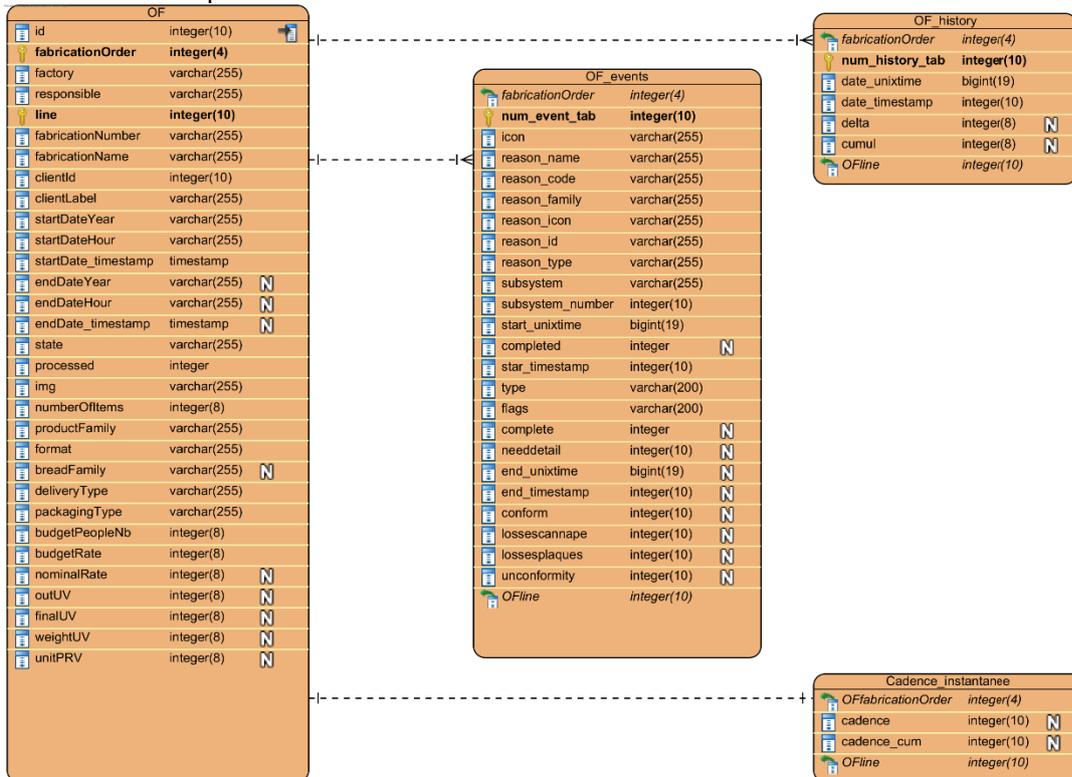
On a bien : TRS = TU/TR comme indiqué sur la figure 6.



Question 12.

Un inconvénient de cette solution est qu'elle ne permet que de connaître le TRS de la ligne complète. Le modèle choisi ne permet pas de cibler correctement le point faible de la ligne de production et donc d'envisager une optimisation efficace.

Question 13. Une proposition au format entité-association (ERD) est le suivant. Bien entendu, la version Merise était acceptée.

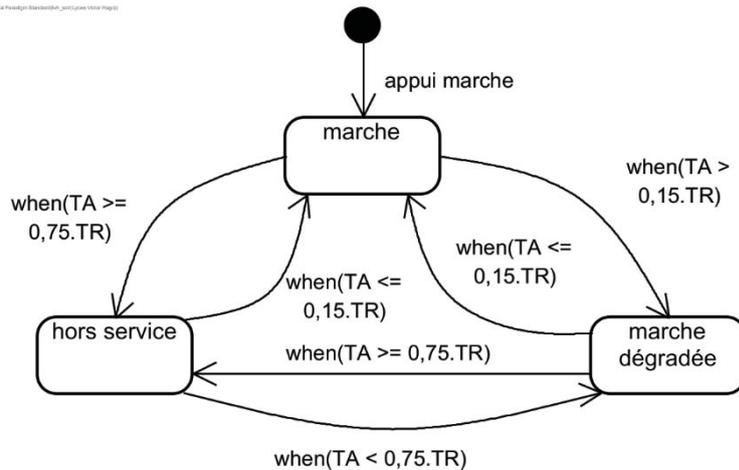


Question 14. L'intérêt de ces modélisations est multiple :

- Cela permettrait d'analyser par rapport aux données (TRS) de chaque sous-système, quelle solution aurait pu donner un résultat optimum dans les différentes situations de production d'un mois par exemple.

- Cela permettrait également d'être en mesure de configurer l'application en fonction de l'OF et de la configuration choisie à un moment donné dans l'usine. (Flexibilité)

Question 15



Question 16. Pour représenter le comportement de 2 sous-systèmes, il faudrait 3^2 soit 9 états. Pour représenter celui de la ligne de la figure 5, il faudrait $3^5 = 243$.

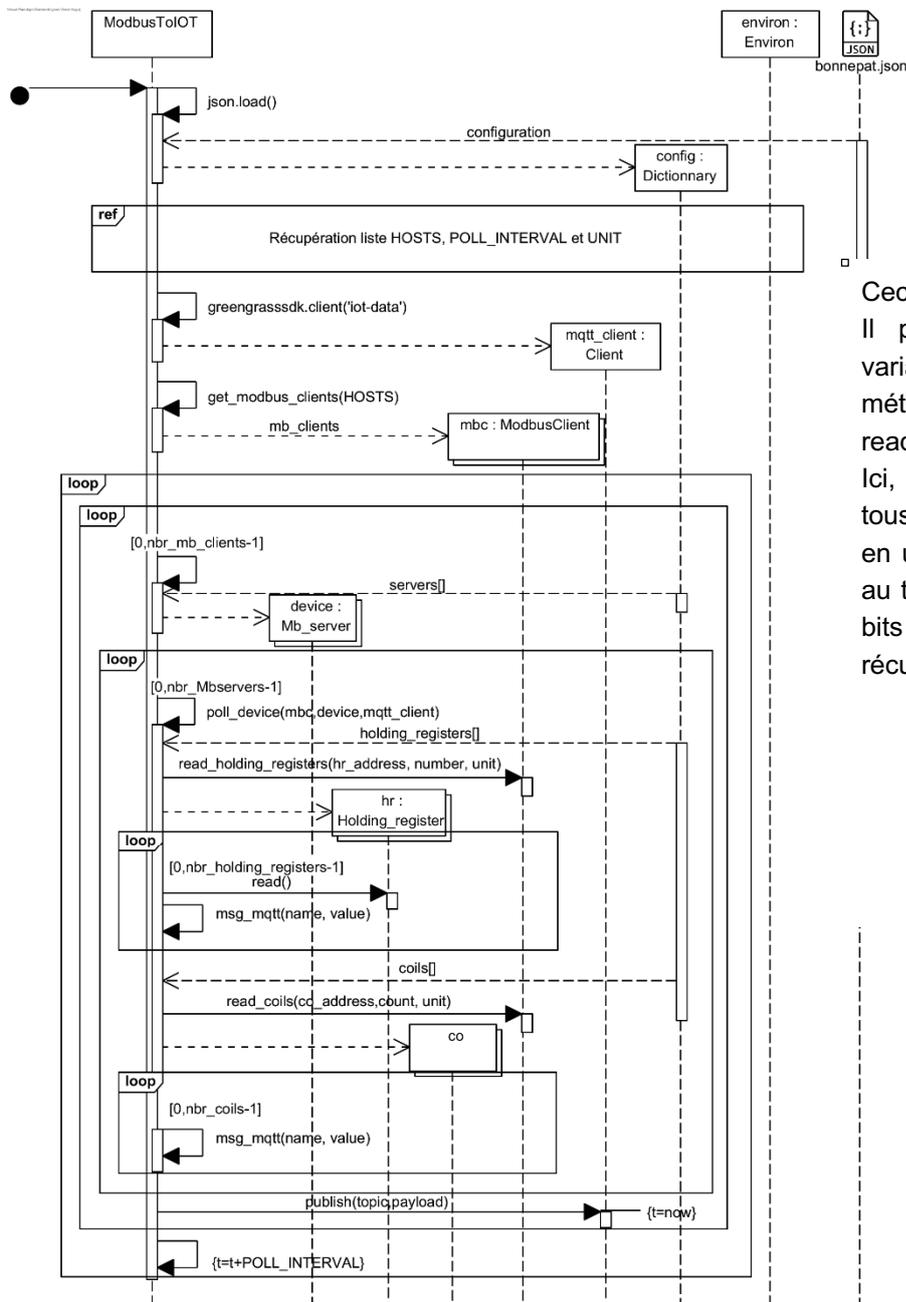
Question 17. La table OF_events fournit les éléments nécessaires au codage de ce comportement. Elle comporte les colonnes « subsystem » et « subsystem_number » qui précise le sous-système et les dates et heures de début et de fin de chaque événement quel qu'il soit. La table précise, également, la cause (reason) de l'arrêt éventuel et contient les colonnes « unconformity » et « conform » qui seront donc associés à un événement et donc à un sous-système. Le temps d'arrêt (TA) peut être reconstitué et le temps requis (TR) peut également être calculé comme déjà fait par l'application.

Question 18. D'après le document technique DT1 ? « Greengrass est un environnement d'exécution en périphérie qui étend les fonctionnalités du cloud aux appareils locaux. Il permet aux appareils de collecter et d'analyser les données plus près de la source des informations, de réagir de manière autonome aux événements locaux et de communiquer en toute sécurité sur les réseaux locaux. »

Une partie des traitements seront effectués au niveau de cet élément périphérique avant que l'interprétation ne se poursuive sur le cloud.

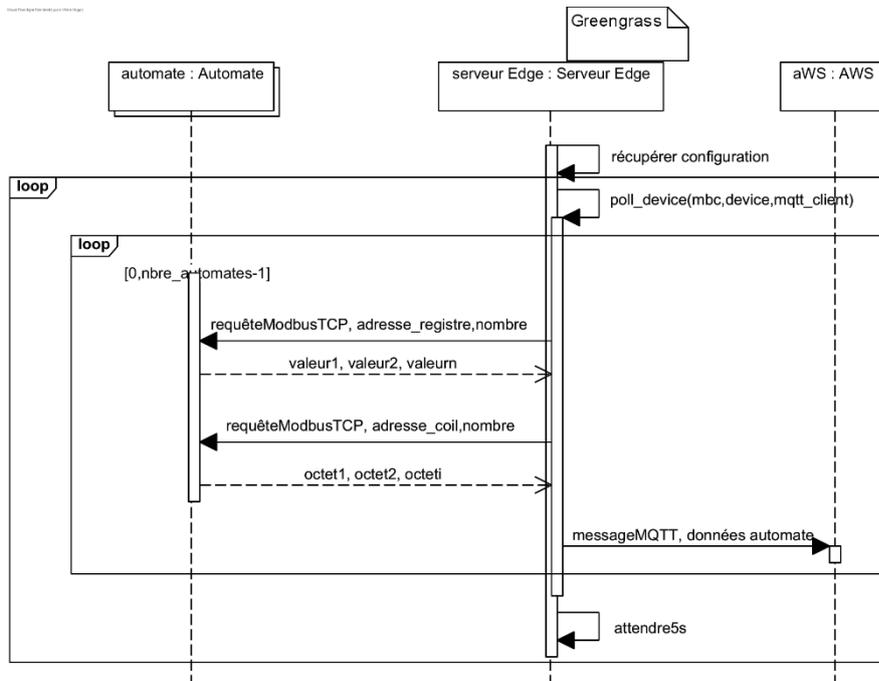
Seuls les éléments réellement utiles à l'application pourront être transmis au cloud. (Remarque : l'application n'influe pas directement sur le fonctionnement de l'usine.)

Question 19.



Ceci est une proposition. Il peut y avoir plusieurs variantes liées à l'usage des méthodes `read_coils` et `read_holding_registers`. Ici, tous les registres puis tous les bits sont récupérés en une seule requête (deux au total), les registres et les bits auraient pu être récupérés l'un après l'autre.

Question 20.



Ceci est une proposition. Il peut y avoir plusieurs variantes liées à l'usage des méthodes `read_coils` et `read_holding_registers`. Ici, la valeur des registres (et des coils) est récupérée indépendamment d'un registre à l'autre.

Question 21.

À partir du document technique DT3, on voit que le client veut lire 4 informations de l'adresse 150 à l'adresse 157. Chaque adresse correspond à un registre de 2 octets. Nous aurons au total 8 registres et donc 16 octets.

La requête Modbus a des champs suivants :

- Fonction code (1 octet) = 0x03
- Starting address (2 octets) = 0x96 = 150
- Quantity of Registers (2 octets) = 0x08 = 8

La taille du Modbus Request PDU est de $1 + 2 + 2 = 5$ octets.

La taille du Modbus Request ADU est égale à $7 + 5 = 12$ octets.

Dans le document technique DT4, on voit que l'entête de la trame Ethernet est de 14 octets, l'entête IP est de 20 octets, l'entête TCP est de 20 octets et somme de contrôle CRC d'Ethernet est de 4 octets.

$$\begin{aligned} \text{Taille de la trame Ethernet Modbus Request :} \\ 14 + 20 + 20 + 12 + 4 = 70 \text{ octets} \end{aligned}$$

De la même manière, nous pouvons déduire le format du PDU Modbus Response :

- Fonction code (1 octet) = 0x03
- Byte count (1 octet) = 0x10 = 16
- Register value (16 octets)

La taille du Modbus Response PDU est de $1 + 1 + 16 = 18$ octets.

La taille du Modbus Response ADU est égale à $7 + 18 = 25$ octets

$$\begin{aligned} \text{Taille de la trame Ethernet Modbus Response :} \\ 14 + 20 + 20 + 25 + 4 = 83 \text{ octets} \end{aligned}$$

Question 22.

À partir du document technique DT3, on voit que le client veut lire 12 coils de l'adresse 150 à l'adresse 161. Comme $\frac{12}{8} = 1,5$, il faut 2 octets pour encoder 12 coils.

La requête Modbus a des champs suivants :

- Fonction code (1 octet) = 0x01
- Starting address (2 octets) = 0x96 = 150

- Quantity of coils (2 octets) = 0xc = 12

La taille du Modbus Request PDU est de 1 + 2 + 2 = 5 octets.

La taille du Modbus Request ADU est égale à 7 + 5 = 12 octets.

Taille de la trame Ethernet Modbus Request :

$$14 + 20 + 20 + 12 + 4 = 70 \text{ octets}$$

La réponse Modbus a des champs suivants :

- Function code (1 octet) = 0x01

- Byte count (1 octet) = 0x01 = 2

- Coils status (2 octets)

La taille du Modbus Response PDU est de 1 + 1 + 2 = 4 octets.

La taille du Modbus Response ADU est égale à 7 + 4 = 11 octets.

Taille de la trame Ethernet Modbus Response :

$$14 + 20 + 20 + 11 + 4 = 69 \text{ octets}$$

Question 23.

Le temps total pour réaliser une transaction Modbus-TCP :

$$T_{ettrans} = T_{esyn} + T_{esynack} + T_{ereq} + T_{eres} + T_{tmt} + 2 \times T_{efin} + 3 \times T_{eack} + 6 \times T_{pro}$$

Avec les temps de transmission des différents paquets sur le réseau Ethernet comme les suivants :

- T_{esyn} : temps de transmission d'un paquet TCP-SYN
- $T_{esynack}$: temps de transmission d'un paquet TCP-SYN-ACK
- T_{eack} : temps de transmission d'un paquet TCP-ACK
- T_{efin} : temps de transmission d'un paquet TCP-FIN
- T_{ereq} : temps de transmission d'un paquet Modbus TCP Request
- T_{eres} : temps de transmission d'un paquet Modbus TCP Response

Question 24.

Temps de transmission pour chaque type de trame TCP :

$$T_{esyn} = \frac{78 \times 8}{10} = 62,4 \mu\text{s}$$

$$T_{esynack} = T_{eack} = T_{efin} = \frac{70 \times 8}{10} = 56 \mu\text{s}$$

Temps de transmission de la trame requête Modbus TCP de type « holding register » :

$$T_{ereqhr} = \frac{70 \times 8}{10} = 56 \mu\text{s}$$

Temps de transmission de la trame réponse Modbus TCP de type « holding register » :

$$T_{ereshr} = \frac{83 \times 8}{10} = 66,4 \mu\text{s}$$

Temps de propagation d'un signal électrique sur un câble de 100 mètres :

$$T_{pro} = \frac{100}{2 \times 10^8} = 0,5 \mu\text{s}$$

Durée d'une connexion Modbus à une transaction de type « holding register » (en se basant sur le calcul dans la question 23) :

$$\begin{aligned} T_{ehr} &= T_{esyn} + T_{esynack} + T_{ereqhr} + T_{ereshr} + T_{tmt} + 2 \times T_{efin} + 3 \times T_{eack} + 6 \times T_{pro} \\ &= 62,4 + 56 + 56 + 66,4 + 65 + 2 \times 56 + 3 \times 56 + 6 \times 0,5 \\ &= 588,8 \mu\text{s} \end{aligned}$$

Question 25.

Temps de transmission d'une requête de type « read coils » :

$$T_{ereqrc} = \frac{70 \times 8}{10} = 56 \mu s$$

Temps de transmission d'une réponse de type « read coils » :

$$T_{eresrc} = \frac{69 \times 8}{10} = 55,2 \mu s$$

Durée de la connexion TCP ayant une transaction de type « holding register » et une transaction de type « read coils » :

$$\begin{aligned} T_{ehrrc} &= T_{ehr} + T_{ereqrc} + T_{eresrc} + 2 \times T_{pro} + T_{tmt} \\ &= 588,8 + 56 + 55,2 + 2 \times 0,5 + 65 \\ &= 766 \mu s \end{aligned}$$

Question 26.

En passant par un commutateur, les messages passent par deux liaisons au lieu d'une seule. Il faut attendre que la trame soit reçue complètement sur la liaison d'entrée avant d'être envoyée sur la liaison de sortie. Le temps d'attente d'une trame dans la file d'attente est minimal lorsque la trame arrive au commutateur et que la file d'attente est vide.

$$\begin{aligned} T_{mineth} &= (2 \times T_{ehrrc}) - (2 \times T_{eack} + 2 \times T_{tmt} + T_{efin}) \\ &= (2 \times 766) - (2 \times 56 + 2 \times 65 + 56) \\ &= 1234 \mu s \end{aligned}$$

Question 27.

3 minutes = 180 secondes

Dans chaque cycle de polling, la passerelle Modbus/MQTT collecte des données de chacun des clients puis fait une pause de 5 secondes.

La durée d'un cycle de polling des automates :

$$180 - 5 = 175 s = 175\,000 ms$$

Le temps minimal pour collecter des données dans un automate :

$$T_{mineth} = 1234 \mu s = 1,23 ms$$

Le nombre maximal d'automates :

$$M_{direct} = \frac{175000}{1,23} = 142276 \text{ automates}$$

Question 28.

Dans le cas le plus mauvais, les K trames venant de K caméras arrivent au commutateur en même temps et que chaque trame Ethernet a la taille maximale.

Le temps d'émettre une trame Ethernet à taille maximale (1518 octets)

$$T_{qeth} = \frac{1518 \times 8}{10} = 1214,14 \mu s = 1,21 ms$$

Le temps d'attente maximale d'une trame Modbus TCP arrivant au commutateur

$$T_{qethmax} = K \times 1,21 ms$$

Dans la figure 12, il y a 6 messages dans la direction vers le serveur Edge. Ces messages pourraient atteindre le temps d'attente maximale au commutateur.

Le temps maximal d'une connexion Modbus TCP à 2 transactions pour interroger 1 automate

$$\begin{aligned} T_{ethmaxtrans} &= T_{mineth} + 6 \times T_{qethmax} \\ &= 1,23 + 6 \times K \times 1,21 ms \end{aligned}$$

Pour respecter le cycle de collecte des données de 3 minutes (avec une pause de 5 secondes)

$$\begin{aligned} 180000 - 5000 &= M \times T_{ethmaxtrans} \\ \Leftrightarrow 175000 &= 2,5 \times K \times (1,23 + 6 \times K \times 1,21) \end{aligned}$$

$$\leftrightarrow 18,15K^2 + 3,07K - 17500 = 0$$

$$K_{eth} = 98 \text{ automates}, M_{eth} = 245 \text{ cameras}$$

Question 29.

Déduire la taille des trames Wi-Fi à partir du format de la trame Wi-Fi (figure 18) :

- TCP-SYN = 60 + 34 = 94 octets
- TCP-SYN-ACK = TCP-FIN = TCP-ACK = 86 octets
- Requête « holding register » = 34 + 20 + 20 + 12 = 86 octets
- Réponse « holding register » = 34 + 20 + 20 + 25 = 99 octets
- Requête « read coils » = 34 + 20 + 20 + 12 = 86 octets
- Réponse « read coils » = 34 + 20 + 20 + 11 = 85 octets

Temps de transmission pour chaque type de trame de contrôle TCP dans le réseau Wi-Fi :

$$T_{wsyn} = \frac{94 \times 8}{54} = 13,92 \mu s$$

$$T_{wsynack} = T_{wack} = T_{wfin} = \frac{86 \times 8}{54} = 12,74 \mu s$$

Temps de transmission de la trame requête Modbus TCP de type « holding register » :

$$T_{wreqhr} = \frac{86 \times 8}{54} = 12,74 \mu s$$

Temps de transmission de la trame réponse Modbus TCP de type « holding register » :

$$T_{wreshr} = \frac{86 \times 8}{54} = 12,74 \mu s$$

Temps de transmission d'une requête Modbus TCP de type « read coils » :

$$T_{wreqrc} = \frac{86 \times 8}{54} = 12,74 \mu s$$

Temps de transmission d'une réponse Modbus TCP de type « read coils » :

$$T_{wresrc} = \frac{85 \times 8}{54} = 12,59 \mu s$$

Temps de transmission d'une trame d'acquittement Wi-Fi :

$$T_{wackwifi} = \frac{34 \times 8}{54} = 5,03 \mu s$$

Le temps nécessaire pour transmettre un message via un point d'accès Wi-Fi est calculé suivant le schéma présenté dans la figure 17. Par exemple, le temps pour transmettre le message TCP-SYN du serveur Edge à un automate est calculé comme le suivant :

$$\begin{aligned} T_{wapsyn} &= DIFS + T_{wsyn} + SIFS + T_{wackwifi} + DIFS + T_{wsyn} + SIFS + T_{wackwifi} \\ &= 2 \times (DIFS + SIFS + T_{wsyn} + T_{wackwifi}) \end{aligned}$$

La durée minimale de la connexion TCP à 2 transactions dans un réseau Wi-Fi correspond au cas où il n'y a pas de collision.

$$\begin{aligned} T_{wmin} &= \\ &= (6 \times DIFS + 6 \times SIFS + 6 \times T_{wackwifi} + 2 \times T_{wsyn} + 2 \times T_{wsynack} + 2 \times T_{wack}) \\ &+ (4 \times DIFS + 4 \times SIFS + 4 \times T_{wackwifi} + 2 \times T_{wreqhr} + 2 \times T_{wreshr} + T_{tmt}) \\ &+ (4 \times DIFS + 4 \times SIFS + 4 \times T_{wackwifi} + 2 \times T_{wreqrc} + 2 \times T_{wresrc} + T_{tmt}) \\ &+ (8 \times DIFS + 8 \times SIFS + 8 \times T_{wackwifi} + 4 \times T_{wfin} + 4 \times T_{wack}) \\ &= 1840,72 \mu s = 1,84 \text{ ms} \end{aligned}$$

Question 30.

Le nombre maximal d'automates en respectant le cycle de collecte des données de 3 minutes (avec une pause de 5 secondes)

$$M_{wifi} = \frac{175000}{1,84} = 95108 \text{ automates}$$

Question 31.

Le nombre de caméras dans le réseau implique le nombre de collisions consécutives avant qu'une trame Wi-Fi soit transmis avec succès. Pour faciliter l'utilisation du document technique DT8 et de la figure 19, nous pouvons supposer qu'il y a toujours un temps de back-off calculé dès la première tentative de transmission d'une trame. Nous pouvons également observer que le temps de back-off est en général beaucoup plus grand que les temps DIFS, SIFS et le temps de transmission d'une trame. Par conséquent, nous pouvons répondre à cette question en examinant uniquement l'impact du temps de back-off.

La durée d'une tranche de temps est de 20 μ s. S'il y a 101-132 caméras dans le réseau, chaque trame a 6 collisions consécutives. Le temps d'attente d'une trame dans la carte réseau avant d'être effectivement transmise (voir DT8):

$$T_{bk6} = (31 + 63 + 127 + 255 + 511 + 1023 + 1023) \times 20 = 60660 \mu s = 60,66 \text{ ms}$$

La figure 12 montre qu'il faut envoyer 11 messages pour réaliser une connexion Modbus TCP à deux transactions. En passant par un point d'accès Wi-Fi, le nombre de trames à transmettre est doublé (22 trames Wi-Fi à transmettre).

Le temps maximal pour collecter des données d'une automate :

$$T_{trans6} = 22 \times 60,66 = 1334,52 \text{ ms}$$

Le nombre maximal d'automates possible dans un cycle de collecte de 3 minutes (avec une pause de 5 secondes) :

$$M_{bk6} = \frac{175000}{1334,52} = 131 \text{ automates}$$

$$K_{bk6} = \frac{131}{2,5} = 52 \text{ caméras}$$

Le nombre de 52 caméras est contradictoire avec l'hypothèse qu'il y a 101-132 caméras dans le réseau. L'établissement du tableau suivant permet de trouver la bonne réponse.

Nombre de caméras dans le réseau	Temps d'attente pour envoyer une trame avec succès	Temps maximal pour collecter des données d'une automate	Nombre maximal d'automates dans un réseau	Nombre de caméras correspondant au nombre d'automates
101 - 132	60,66 ms	1334,52 ms	130	52
71 - 100	40,2 ms	884,4 ms	195	78
37 - 70	19,74 ms	434,28 ms	400	160
19 - 36	9,52 ms	209,44 ms	835	167
7 - 18	4,42 ms	9,72 ms	1795	718
1 - 6	1,88 ms	41,36 ms	4230	1692

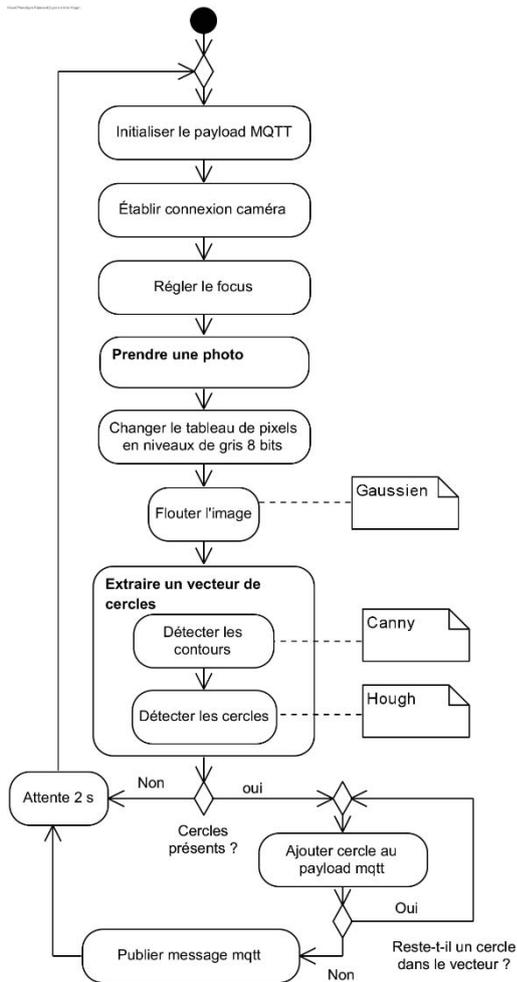
□

Il y a 39 groupes de 5 automates et 2 caméras dans le réseau.

Soit $M = 195$ automates et $K = 78$ caméras

Partie 3 : Amélioration du modèle choisi pour l'identification des défauts en sortie de four

Question 32. Proposition de diagramme d'activité simple décrivant le principe de l'extrait de programme.



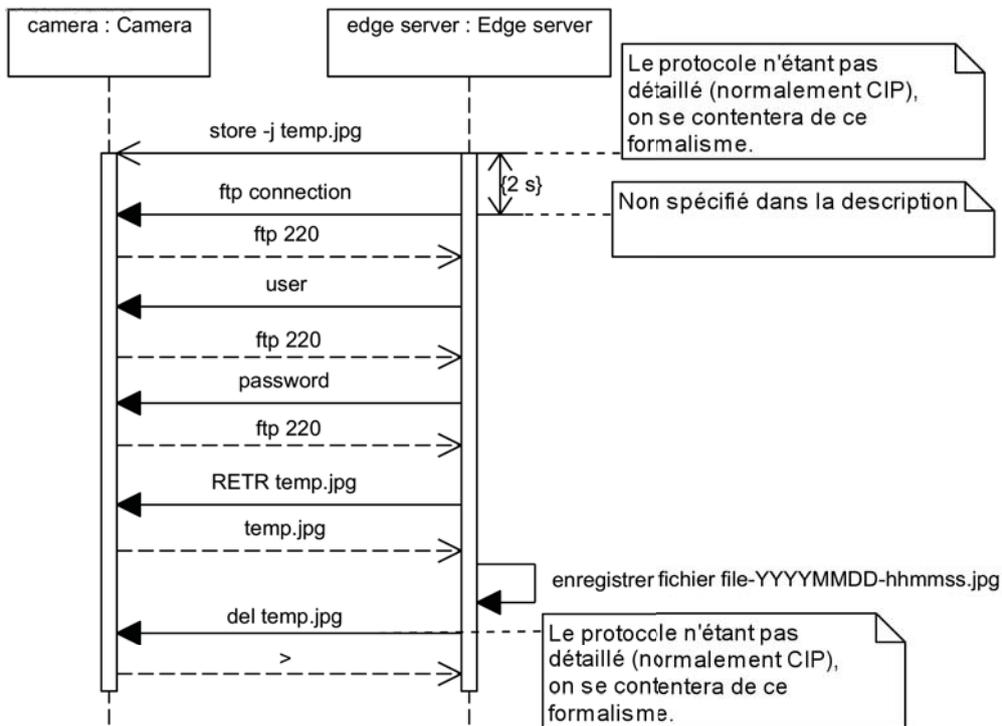
Question 33. Le code suivant utilise le port par défaut de ftp, soit le port 21.

```
filename = path + 'file-' + str(datetime.datetime.now().strftime('%Y%m%d-%H%M%S')) + '.jpg'
# Transmit file from the camera through FTP
ftp = ftplib.FTP(self.host)
ftp.login(user='cam4',passwd='four4!2R')
ftp.cwd('/')
ftp.retrbinary('RETR ' + 'temp.jpg', open(filename,'wb').write)
ftp.quit()
```

Non précisé => toute suggestion acceptée

Le répertoire peut être /temp/image suivant camera. Tout répertoire sera accepté.

Question 34.



Question 35.

Les causes possibles de ces dysfonctionnements peuvent être :

- le mauvais choix de périodicité des images. Mal choisie, cette dernière ne serait pas adaptée à la durée des échanges, variable dans le cas d’Ethernet, ni à celle du traitement, également variable. Ainsi, le moment de la photo ne serait pas synchronisé par rapport à la fréquence du démouleur.
- la transformée de Canny (Interne à la méthode HoughCircles) peut ne pas être adaptée (trop de détails détectés) ou le seuil haut est mal choisi (Transmis lors de l’appel à la méthode).
- les températures des gâteaux et du tapis (seuils de détection) évoluent au cours du temps et de l’exécution de l’ordre de fabrication.

Question 36. Durée de fonctionnement : 17h30 – 5h00 = 12h30

1 photo de 320x240 – 16 bits toutes les 3 s

Soit : 320 x 240 x 2 = 153600 octets véhiculés et enregistrés toutes les 3 s.

Dans une période de fonctionnement, il y a : 12,5 x 60 x 60 = 45 000 s

Sur une période de fonctionnement, on aura donc 15000 photos.

Soit : 15000 x 153600 = 2304000000 octets = 2197 Mio

Soit, pour 5 lignes 5x2197 = 10985 Mio

Question 37. La mémoire de stockage du EDGE server est :1 Gio qui est très petit devant 10985 Mo.

Les photos relatives au fonctionnement de la journée ne tiendront pas sur le EDGE server. Le modèle choisi (1 photo toutes les 3 s sans autre condition, stockées sans suppression sur le EDGE server) n’est pas pertinent. En effet, cela représente :

- beaucoup de charge réseau inutile,
- de la consommation d’énergie inutile (transmission + traitement),
- une occupation mémoire dont la pertinence est à réfléchir :
 - à quoi servent-elles ? À vérifier visuellement et localement le résultat ?
 - dans ce cas : à quel moment la vérification se fait-elle ?
 - toutes les images sont-elles nécessaires ? Y’a-t-il des gâteaux démoulés tout le temps ?

Question 38. Dans ce diagramme, l’architecte fait apparaître des signaux. Ici, la caméra se trouve à l’origine de la transmission de l’image. Elle surveille en permanence la température et transmet une photo lorsqu’une variation de température suffisante apparaît subitement. Ensuite, le serveur Edge configure la caméra afin qu’elle transmette les images suivantes avec la cadence de 1 image par seconde qui correspond à la cadence du démouleur. Il est probable que le serveur Edge envoie ensuite

l'ordre de repasser en mode alarme lorsque la température moyenne repasse en dessous d'un certain seuil.

Question 39.

- On schedule: file sending (FTP) c
- On alarms: file sending (FTP) or

La documentation spécifie qu'il est possible de transmettre une image, en ftp, sur alarme. Il sera donc possible de déclencher une alarme lorsque la température moyenne du plateau sera supérieure à un certain seuil et de configurer la caméra pour ce fonctionnement.

Par ailleurs la documentation précise :

difference temperature alarms with a dynamically updated reference temperature.

En d'autres termes, la référence de l'alarme pourra être ajustée en fonction de l'évolution du contexte au cours de la journée.

Question 40.

On se place à deux instants très voisins :

$$\Rightarrow dt$$

Sachant que la loi phénoménologique de Newton stipule que le taux de perte de chaleur d'un corps est proportionnel à la différence de température entre le corps et le milieu environnant, on peut écrire :

$$du = \delta Q \text{ avec } Q : \text{énergie échangée par chaleur}$$

or :

$$m \times C_m \times \theta(t + dt) - \theta(t) = m \times C_m \times d\theta$$

avec : $d\theta$: petite variation de température

d'où :

$$m \times C_m \times d\theta = h \times S \times (\theta_f - \theta(t)) \times dt$$

Question 41

d'où :

$$m \times C_m \times \frac{d\theta}{dt} = h \times S \times \theta_f - h \times S \times \theta(t)$$

d'où :

$$m \times C_m \times \frac{d\theta}{dt} + h \times S \times \theta(t) = h \times S \times \theta_f$$

soit :

$$\frac{d\theta}{dt} + \frac{h \times S}{m \times C_m} \times \theta(t) = \frac{h \times S}{m \times C_m} \times \theta_f$$

Question 42.

La solution de l'équation différentielle est de la forme :

$$\theta(t) = A \times e^{-at} + B$$

avec :

$$a = \frac{h \times S}{m \times C_m}$$

Les conditions aux limites sont les suivantes :

$$\text{à } t=0, \theta_i = 180^\circ\text{C}$$

$$\text{à } t \rightarrow \infty, \theta_f = 20^\circ\text{C}$$

d'où :

$$\text{à } t=0, \theta_i = 180 = A + B$$

$$\text{à } t \rightarrow \infty, \theta_f = 20 = B$$

d'où :

$$\begin{cases} B = 20 \\ A = 160 \end{cases}$$

d'où :

$$\theta(t) = 160. e^{-\frac{h.S}{m.C_m}t} + 20$$

Question 43.

Gâteau au milieu du plateau (surface supérieure à l'air)

$$S = S_1 = \pi \times r^2 = \pi \times (0,045)^2 = 6,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$a = \frac{h \cdot S}{m \cdot C_m} = \frac{20 \times 6,4 \cdot 10^{-3}}{0,095 \times 1408} = 9,5 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$$

$$\theta(30) = 160 \cdot e^{-0,00095 \times 30} + 20 = 175,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Surface supérieure et un coté à l'air :

$$S = S_1 + \frac{S_2}{2} = \pi \times r^2 + \frac{2 \times \pi \times r \times H}{2} = \pi \times (0,045)^2 + \pi \times 0,045 \times 0,0252 = 9,9 \cdot 10^{-3}$$

$$a = \frac{h \cdot S}{m \cdot C_m} = \frac{20 \times 9,9 \cdot 10^{-3}}{0,095 \times 1408} = 14,8 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$$

$$\theta(30) = 160 \cdot e^{-0,00148 \times 30} + 20 = 173 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Surface supérieure et cotés :

$$S = S_1 + \frac{S_2}{2} = \pi \times r^2 + 2 \times \pi \times r \times H = \pi \times (0,045)^2 + 2 \times \pi \times 0,045 \times 0,0252 = 13,5 \cdot 10^{-3}$$

$$a = \frac{h \cdot S}{m \cdot C_m} = \frac{20 \times 13,5 \cdot 10^{-3}}{0,095 \times 1408} = 20,2 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$$

$$\theta(30) = 160 \cdot e^{-0,00202 \times 30} + 20 = 170,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Question 44. Masse de l'élément de tapis considéré : $m_t = m_{vt} \times S_t \times e = 1200 \times 0,11 \times 0,11 \times 0,0006 = 0,0087 \text{ kg}$

Surface en contact avec l'environnement : $0,11 \times 0,11 \times 2$

$$a_t = \frac{h \cdot S}{m \cdot C_m} = \frac{20 \times 2 \times 0,11 \times 0,11}{0,008712 \times 1674} = 331,9 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$$

En régime établi :

$$\text{Chauffage : } \theta(t) = A_c \times e^{-a_t \times t} + B_c$$

$$\text{Refroidissement : } \theta(t) = A_r \times e^{-a_t \times t} + B_r$$

Soit :

$$\text{Chauffage : } \begin{cases} \theta(0) = A_c + B_c = \theta_{\min} \\ \theta(\infty) = A_c + B_c = 180 \end{cases}$$

$$\text{Refroidissement : } \begin{cases} \theta(0) = A_r + B_r = \theta_{\max} \\ \theta(\infty) = B_r = 20 \end{cases}$$

Pour $t = 20 \text{ s}$, on a :

$$\text{Chauffage : } \theta(t) = A_c \times e^{-a_t \times 20} + B_c = \theta_{\max}$$

$$\text{Refroidissement : } \theta(t) = A_r \times e^{-a_t \times 20} + B_r = \theta_{\min}$$

$$\begin{cases} (\theta_{\min} - B_c) \times e^{-a_t \times 20} + B_c = \theta_{\max} \\ (\theta_{\max} - B_r) \times e^{-a_t \times 20} + B_r = \theta_{\min} \end{cases}$$

Soit :

$$\begin{cases} \theta_{\max} = (\theta_{\min} - B_c) \times e^{-a_t \times 20} + B_c \\ \theta_{\min} = (\theta_{\max} - B_r) \times e^{-a_t \times 20} + B_r \end{cases}$$

Soit :

$$\begin{cases} \theta_{\max} = (\theta_{\min} - B_c) \times e^{-a_t \times 20} + B_c \\ \theta_{\min} = ((\theta_{\min} - B_c) \times e^{-a_t \times 20} + B_c - B_r) \times e^{-a_t \times 20} + B_r \end{cases}$$

Soit :

$$\begin{cases} \theta_{\max} = (\theta_{\min} - B_c) \times e^{-a_t \times 20} + B_c \\ \theta_{\min} = \frac{(-B_c \times e^{-a_t \times 20} + B_c - B_r) \times e^{-a_t \times 20} + B_r}{1 - e^{-2 \times a_t \times 20}} \end{cases}$$

D'où l'application numérique suivante :

$$\begin{cases} \theta_{\max} = 125,6 \text{ } ^\circ\text{C} \\ \theta_{\min} = 74,37 \text{ } ^\circ\text{C} \end{cases}$$

Question 45.

Au fur et à mesure de l'exécution de l'ordre de fabrication, la température du tapis et celle de la pièce augmentent. Plus le tapis chauffe, moins les gâteaux refroidissent vite. Les seuils de discrimination des

deux éléments évoluent. Il conviendrait d'inclure ce modèle de l'ensemble gâteau + tapis dans le calcul/choix du seuil haut de la transformée de Canny et donc de modifier la bibliothèque utilisée.

Question 46. Les données à transmettre pour tenir à jour le modèle sont la température four (variable en fonction du gâteau) et la température ambiante. (Cela nécessite d'avoir toujours le même type de tapis.)

Question 47.

Le Deep learning est un procédé d'apprentissage automatique utilisant des réseaux de neurones possédants plusieurs couches de neurones cachées. Ces algorithmes possédant de très nombreux paramètres, ils demandent un nombre très important de données afin d'être entraînés. Ces données sont, dans notre cas, des photos caractéristiques de chaque pâtisserie possible. Ces traitements requièrent entre autres un processeur graphique. L'utilisation de l'IA avec le EDGE server nécessitera l'utilisation d'une machine spécifique pour réaliser l'apprentissage du modèle avant sa mise en place ou sa mise à jour dans le EDGE server.

Partie 4 – Impact d'un transfert du Deep Learning vers le Cloud

Question 48.

Soit

- M le nombre d'automates par ligne de production
- K le nombre de caméras par ligne de production
- L le nombre de lignes de production dans une usine

Le temps minimal d'une connexion Modbus TCP à deux transactions pour interroger une automate est calculé dans la question 26 ($T_{mineth} = 1,23 \text{ ms}$).

Le temps minimal pour interroger M automates dans une ligne de production est de

$$M \times T_{mineth}$$

D'après le document DT3, le serveur Edge interroge les automates dans une ligne en séquence puis faire une pause de 5 secondes ($T_{pause} = 5s = 5000 \text{ ms}$) avant de démarrer un nouveau cycle de polling.

En supposant que le serveur Edge interroge des lignes en séquence, le temps minimal pour un cycle de polling des L lignes est le suivant

$$L \times (M \times T_{mineth} + T_{pause})$$

Pour chaque automate, il faut publier le résultat de 4 informations de « holding_register » et 12 coils. Il est supposé que 1 message MQTT est construit pour chacune des 4 informations et que 1 message MQTT est construit pour chaque coil. Ça fait 16 messages MQTT par connexion Modbus TCP à deux transactions. Le volume de données à envoyer vers le cloud dans une connexion Modbus TCP est de

$$16 \times 257 \times 8 = 32896 \text{ bits}$$

Dans l'hypothèse où les images sont traitées en local, seulement les données Modbus TCP sont envoyées au Cloud via le protocole MQTT. Le débit à réserver sur le chemin entre chaque usine et le centre de données AWS, calculé en Kbit/s, est exprimé par

$$D_{mqtt} = \frac{L \times M \times 32896}{L \times (M \times 1,23 + 5000)}$$

Avec $M = 5$ et $L = 5$:

$$D_{mqtt} = \frac{5 \times 5 \times 32896}{5 \times 5 \times 1,23 + 5000} = 163 \text{ Kbit/s}$$

Question 49.

Pour chaque four, 1 image est transmise toutes les 3 secondes. Chaque image a une taille maximale de 153 600 octets. Le débit ajouté par les fours dans l'usine :

$$L \times K \times \frac{153600 \times 8}{3} = L \times K \times 409,6 \text{ Kbit/s}$$

Avec $L = 5$ et $K = 1$:

$$D_{four} = 5 \times 1 \times 409,6 = 2048 \text{ Kbit/s}$$

Le débit total à réserver entre chaque usine et le centre de données AWS quand les images sont traitées sur le cloud :

$$D_{mqttimage} = 163 + 2048 = 2211 \text{ Kbit/s} = 2,21 \text{ Mbit/s}$$

Question 50.

Document réponse DR4

L	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4	-	30	45		-	95	20	-	-	-	-	-	-
7	-	30	35		-	95		30	-	35	-	-	-
2	70		35		-	95		30	-	35	-	-	-
8	70		35		-	95			50	35	-	80	-
3	70				-	95			50	35	-	80	-
10	70				-	95			50		65	80	-
9	70				-	80					65	80	140
11	70				-	80						80	140
6	70					120						80	140
1						120						80	140
12						120							130
6													130
13													

Le chemin le plus court du centre de données AWS vers chacun des sites.

- AWS → Le boin (35 ms) : 4 → 7 → 3
- AWS → Dabas (35 ms) : 4 → 7 → 10
- AWS → Burzy sur Guyre (80 ms) : 4 → 7 → 8 → 9 → 6
- AWS → Haide sur Sye (130 ms) : 4 → 7 → 8 → 12 → 13

Question 51.

De l'usine Dabas, il faut passer par 3 routeurs pour arriver au serveur AWS.

Soit p la probabilité qu'un paquet soit rejeté dans un routeur.

La probabilité qu'un paquet ne soit pas rejeté dans un routeur

$$1 - p$$

La probabilité qu'un paquet soit arrivé au serveur AWS avec succès

$$(1 - p)^3$$

Question 52.

Comme le taux de perte de paquet dans la file d'attente Q3 est égale à p et le débit entrant de cette file d'attente est égal à D_3 , le débit sortant de la file d'attente Q3 est égal à

$$(1 - p) \times D_3$$

Comme la file d'attente Q1 est servie par l'algorithme Priority Queueing, le débit restant pour les deux files d'attente Q2 et Q3 est

$$10 - D_1$$

Le débit alloué par l'algorithme Weighted Fair Queueing (WFQ) à la file d'attente Q3 est de

$$s_2 \times (10 - D_1)$$

Le débit minimal sortant de la file d'attente Q3 doit être égal au débit alloué à cette file d'attente :

$$(1 - p) \times D_3 = s_{2\min} \times (10 - D_1)$$

Donc, la valeur minimale du s_2 de service

$$s_{2\min} = \frac{(1 - p) \times D_3}{10 - D_1}$$

D_1 est le débit total des images venant des 4 usines.

$$D_1 = 4 \times 2048 = 8192 \text{ Kbit/s}$$

D_3 est le débit total des trafics MQTT venant des 4 usines.

$$D_3 = 4 \times 163 = 652 \text{ Kbit/s}$$

La valeur minimale du s_2 de service

$$s_{2\min} = \frac{(1 - 0,1) \times 652}{10000 - 8192} = 0,3245 = 32,45\%$$

Question 53.

Si le segment TCP n'est pas perdu. Le délai de publication des données MQTT est égal à 1 RTT. Pour le site de Dabas :

$$RTT = 35 \times 2 = 70 \text{ ms}$$

Si le segment TCP est perdu, il faut ajouter le temps RTO :

$$RTO + RTT = 3 \times RTT = 70 \times 3 = 210 \text{ ms}$$

La probabilité qu'un segment TCP ne soit pas perdu :

$$(1 - p)^3 = (1 - 0,1)^3 = 0,73$$

Le délai moyen pour publier des données par un message MQTT :

$$\begin{aligned} T_{moyen} &= (1 - p)^3 \times 70 + [1 - (1 - p)^3] \times 210 \\ &= 0,73 \times 70 + (1 - 0,73) \times 210 \\ &= 107,8 \text{ ms} \end{aligned}$$

Commentaires du jury

Le sujet portait sur l'application d'évaluation du taux de rendement synthétique (TRS) d'une filiale d'un groupe agroalimentaire spécialisée dans les pâtisseries industrielles haut de gamme. Cette application est basée sur le cloud AWS.

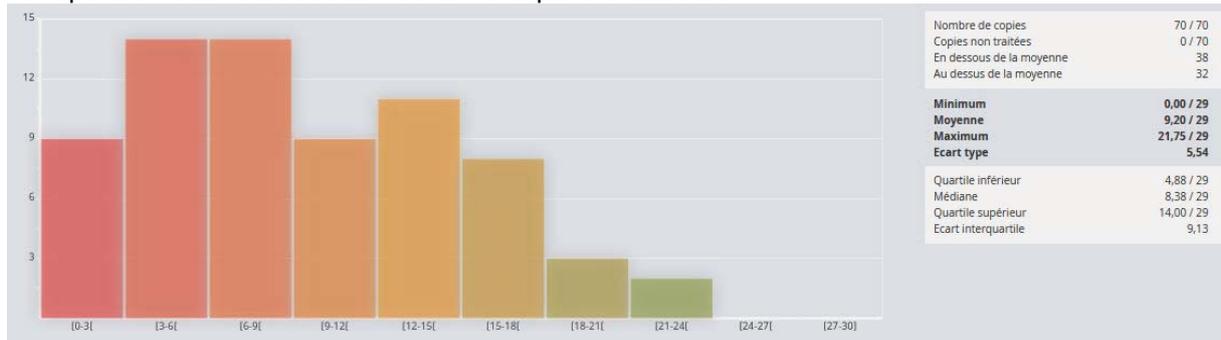
L'objectif global était de vérifier le comportement et les performances de l'application à travers la modélisation des éléments du process, du système d'information et de l'application existante.

Ce sujet est composé de quatre parties indépendantes.

La première partie consiste à explorer les différents agencements possibles pour les chaînes de production. Cette exploration permet d'extraire différents modèles possibles pour le calcul du TRS. Le modèle utilisé par l'application existante est déduit des requêtes SQL du service Athena d'AWS.

Cette partie est traitée par tous les candidats. La logique industrielle est plutôt bien comprise bien que quelques hors-sujet aient été constatés. Toutefois, le jury déplore la faible maîtrise de la modélisation SysML/UML et, en particulier, les diagrammes d'états/transitions mais aussi celle de la lecture de la syntaxe SQL.

La répartition des notes est donnée sur la capture ci-dessous.



La deuxième partie propose d'analyser des modules logiciels existant, leur modélisation UML et de modéliser le réseau local et sa partie périphérique afin de vérifier que l'application peut être déployée dans les différents réseaux possibles dans les différentes usines de l'entreprise.

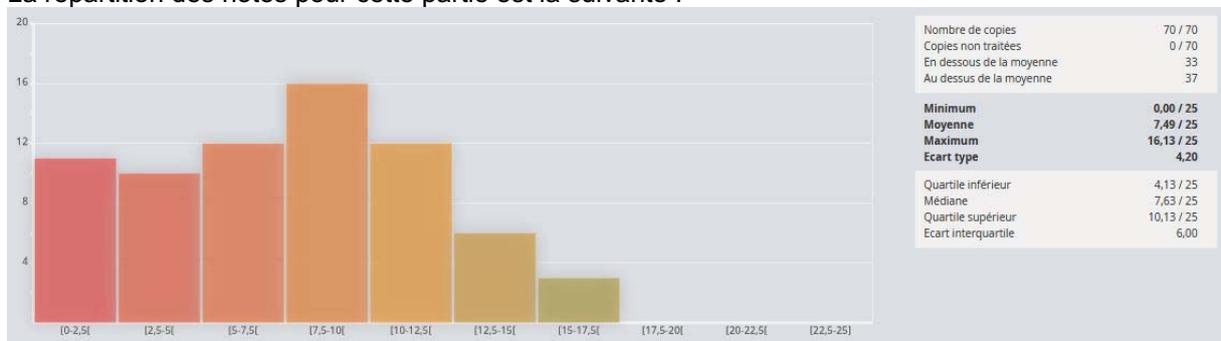
Tous les candidats ont abordé cette partie mais seulement 60 % ont traité toutes les questions. En particulier, 60% seulement ont abordé les diagrammes de séquence SysML et, souvent, de façon médiocre.

La plupart des candidats ont réussi à analyser les documents techniques pour comprendre le format des paquets Modbus TCP et le format de la trame Ethernet. Le temps d'une connexion Modbus TCP est correctement exprimé. L'application numérique pour calculer la durée d'une connexion Modbus TCP est bien faite.

Deux tiers des copies ont traité la partie du réseau Ethernet commuté. Le calcul du temps de transaction Modbus traversant un commutateur Ethernet est globalement correct. La déduction du nombre maximal d'automates dans un réseau Ethernet paraît plus difficile. L'analyse de l'impact des caméras sur la performance du réseau est difficile et n'est traité que par la moitié des copies.

La moitié des copies a répondu aux questions sur le réseau Wi-Fi. Le calcul du temps d'une connexion Modbus TCP dans le réseau Wi-Fi est bien répondu. Cependant, le concept du temps de back-off dans l'accès aléatoire semble plus difficile pour les candidats. Le dimensionnement du réseau Modbus TCP dans un environnement Wi-Fi est moins bien répondu. La question 31 est particulièrement difficile.

La répartition des notes pour cette partie est la suivante :



La troisième partie aborde la détection des défauts en sortie de four à l'aide d'une caméra thermique. Dans un premier temps, il est proposé de modéliser le comportement de l'application existante, de modéliser le refroidissement du gâteau en sortie de four et d'en déterminer une cause de mauvais fonctionnement.

Dans un second temps, un nouveau modèle de comportement est proposé. Le candidat est alors amené à analyser la documentation de la caméra et du serveur EDGE afin de déterminer les possibilités de mise en œuvre.

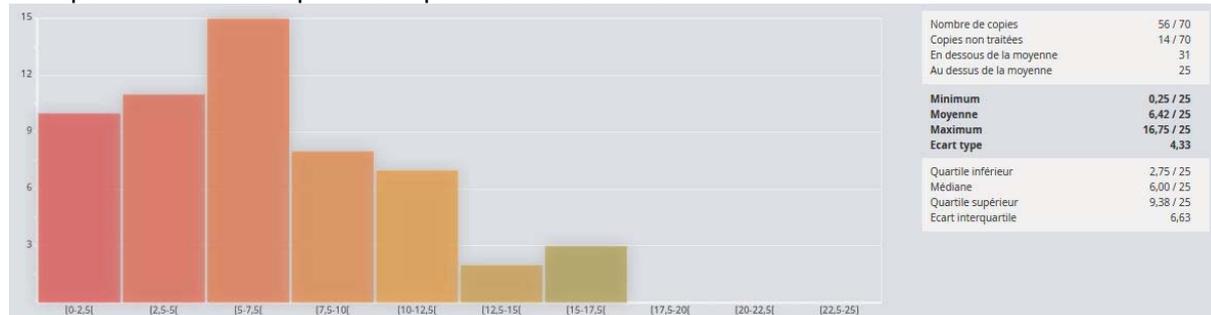
Enfin, le deep learning est envisagé.

Trois quarts des candidats ont abordé cette partie.

Un quart de ces candidats ont fourni un diagramme d'activités.

Un dixième de ces candidats ont calculé correctement l'occupation en mémoire de photos à partir d'une documentation

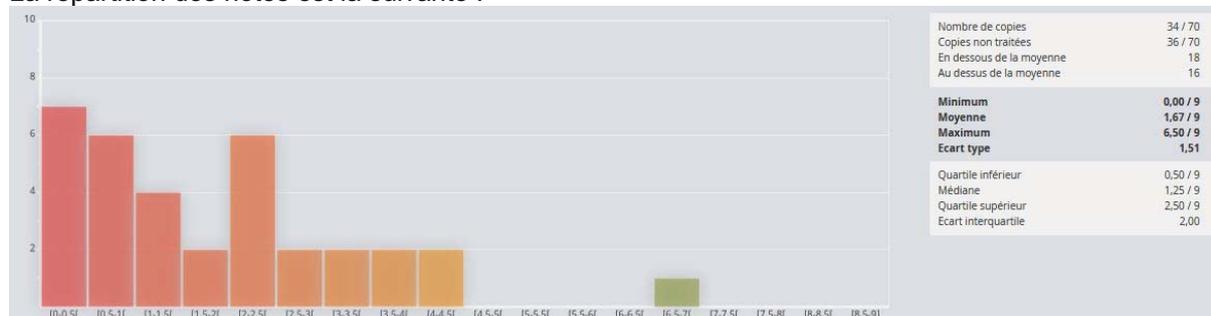
La répartition des notes pour cette partie est la suivante :



La quatrième partie a pour objectif l'analyse de l'impact du transfert du traitement des images thermique vers le cloud.

Un tiers des copies a traité cette partie. La plupart des candidats ont bien calculé le chemin le plus court en utilisant l'algorithme Dijkstra (question 49) et la probabilité de perte de paquet en passant des routeurs. Les questions liées aux files d'attente sont difficiles et ne sont traitées que par une dizaine de copies.

La répartition des notes est la suivante :



Conclusion

L'épreuve de modélisation a pour objectif de vérifier la capacité des candidats à exploiter et à définir des modèles de systèmes et de sous-systèmes dans l'objectif d'effectuer des traitements numériques et logiciels permettant ainsi leur caractérisation formelle.

Le jury conseille aux candidats, lors de la préparation de cette épreuve :

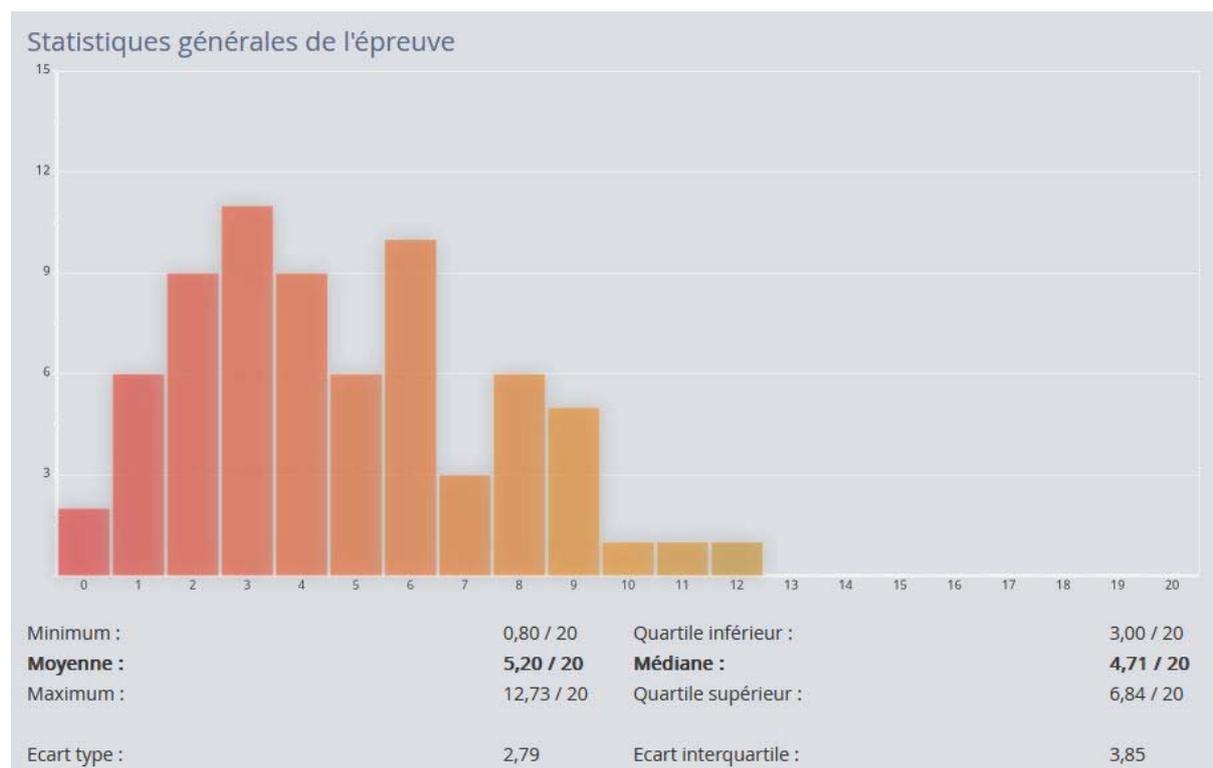
- de s'appuyer sur le programme officiel de l'agrégation de SII-Ingénierie informatique et les anciens rapports de jury ;
- de développer sa culture technologique en étudiant les applications classiques de l'informatique en ingénierie et de cibler plus précisément les savoirs et les savoir-faire du programme officiel ;
- d'acquérir les bases mathématiques de chaque thématique du programme officiel (traitement du signal et de l'information, systèmes embarqués, développement logiciel, système d'exploitation, réseaux et bases de données).

Le jury conseille aux candidats, lors de la composition :

- de traiter même partiellement toutes les parties d'un sujet d'agrégation ;
- d'exploiter de manière optimale les informations données dans un sujet d'agrégation ;
- de s'appuyer sur des données chiffrées dans les questions d'analyse et de conclusion afin d'étayer leurs raisonnements ;
- de rédiger avec soin et clarté les réponses aux questions.

Résultats

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



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

A. Présentation de l'épreuve

Arrêté du 28 décembre 2009 modifié

- 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://www.devenirenseignant.gouv.fr/media/4817/download>

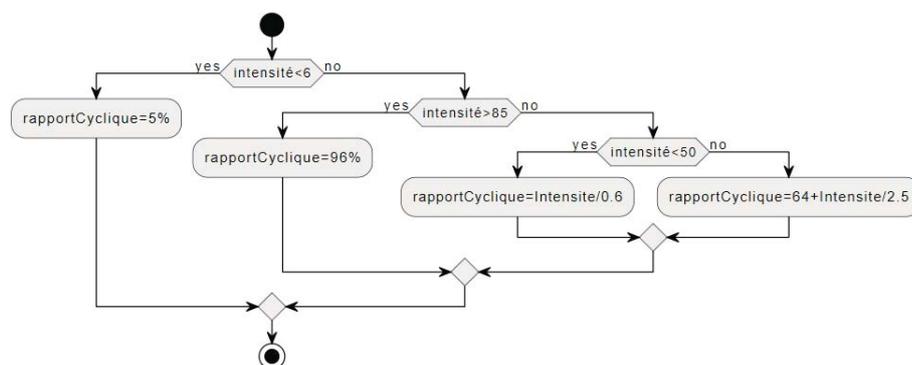
Etude de la réalisation et de la gestion d'une ou de plusieurs bornes de recharge pour véhicules électriques

Eléments de correction

Question 1 : En utilisant la courbe en annexe :

Intensité	Rapport cyclique
<6A	5%
6 à 50A	Courant/0.6
50a à 85A	Courant/2.5 +64
85A<	96%

Question 2 : On obtient l'algorithme suivant :



Question 3 : Les trois éléments d'une borne dialoguent avec le gestionnaire via un réseau de type Modbus, la gestion par Modbus permet l'ajout de plusieurs bornes. On peut ajouter un autre périphérique dans une borne, exemple un système d'authentification. Le gestionnaire est accessible à l'extérieur via son réseau interne.

Question 4 : On obtient le tableau suivant :

ORNO		
adresse	05	
fonction	03	
Donnee	01300001	
CRC	D5BD	
Exploitation Requete	register	0x0001
	dataAdress	0x0131
	type Mesure	VoltageV1

Question 5 : La valeur est 0x54 0x04 soit 21508(10) la sensibilité est de 0.01V. Donc on trouve la valeur de 215.08V.

0x02 indique que la donnée est codée sur deux octets soit un registre.

Question 6 : Une borne ne peut avoir qu'un seul Contacteur et un Contacteur n'est dépendant que d'une seule borne. Idem pour les autres Mesureur et IHM.

Question 7 :

```

on() {
    let trame=[]
    this._etat=true
    const fonction=0x05
    trame[0]=this._adresseRelais
    trame[1]=fonction
    trame[2]=0x00
    trame[3]=0x00
    trame[4]=0xFF
    trame[5]=0x00
    return trame
}
off() {
    let trame=[]
    this._etat=false
    const fonction=0x05
    trame[0]=this._adresseRelais
    trame[1]=fonction
    trame[2]=0x00
    trame[3]=0x00
    trame[4]=0x00
    trame[5]=0x00
    return trame
}

```

Question 8 :

```

static uint CRC16(const unsigned char *data,
                  unsigned int len){
    uint16_t crc = 0xFFFF;

```

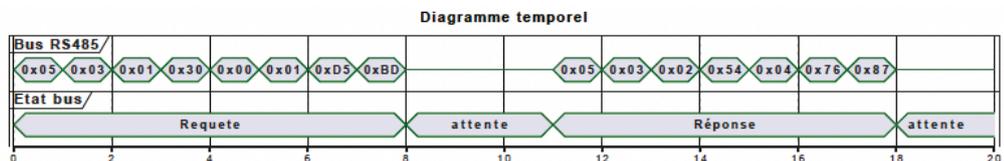
```
int i=0;

while(len--){
    crc ^= (*data++)
    for(i = 0; i < 8; i++){
        if(crc & 1){
            crc>>=1;
            crc ^= 0xA001;
        }else{
            crc>>=1;
        }
    }
}
return crc;
}
```

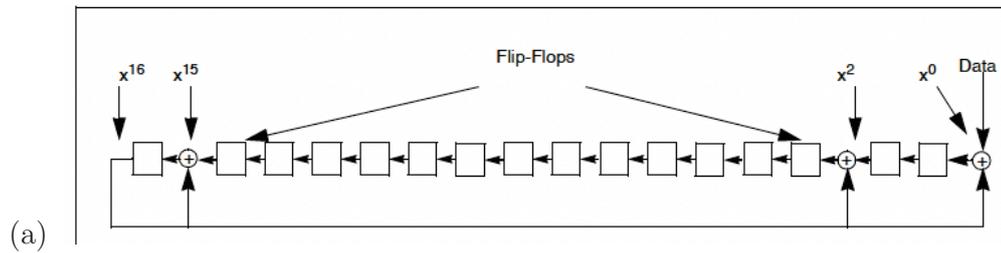
Question 9 : (a) La solution :

CRC	1111	0000	1110	0000	
0x54	0000	0000	0101	0100	
XOR	1111	0000	1011	0100	
Shift 1	0111	1000	0101	1010	0
Shift 2	0011	1100	0010	1101	0
Shift 3	0001	1110	0001	0110	1
POLY	1010	0000	0000	0001	
XOR	1011	1110	0001	0111	
Shift 4	0101	1111	0000	1011	1
POLY	1010	0000	0000	0001	
XOR	1111	1111	0000	1010	
Shift 5	0111	1111	1000	0101	0
Shift 6	0011	1111	1100	0010	1
POLY	1010	0000	0000	0001	
XOR	1001	1111	1100	0011	
Shift 7	0100	1111	1110	0001	1
POLY	1010	0000	0000	0001	
XOR	1110	1111	1110	0000	
Shift 8	0111	0111	1111	0000	0
0x04	0000	0000	0000	0100	
XOR	0111	0111	1111	0100	
Shift 1	0011	1011	1111	1010	0
Shift 2	0001	1101	1111	1101	0
Shift 3	0000	1110	1111	1110	1
POLY	1010	0000	0000	0001	
XOR	1010	1110	1111	1111	
Shift 4	0101	0111	0111	1111	1
POLY	1010	0000	0000	0001	
XOR	1111	0111	0111	1110	
Shift 5	0111	1011	1011	1111	0
Shift 6	0011	1101	1101	1111	1
POLY	1010	0000	0000	0001	
XOR	1001	1101	1101	1110	
Shift 7	0100	1110	1110	1111	0
Shift 8	0010	0111	0111	0111	1
POLY	1010	0000	0000	0001	
XOR	1000	0111	0111	0110	
	8	7	7	6	

(b) La solution :

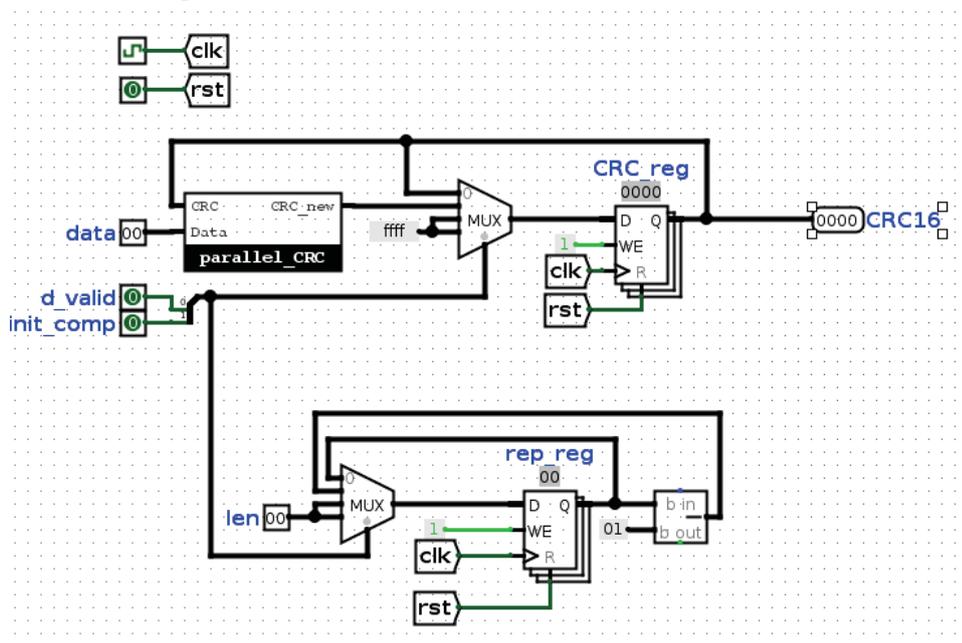


Question 10 : Voici la réponse :



(b) Le calcul prend autant de cycles que le nombre de bits dans les données + n bits de décalage où n est la longueur du polynôme générateur.

Question 11 : Voici la réponse :



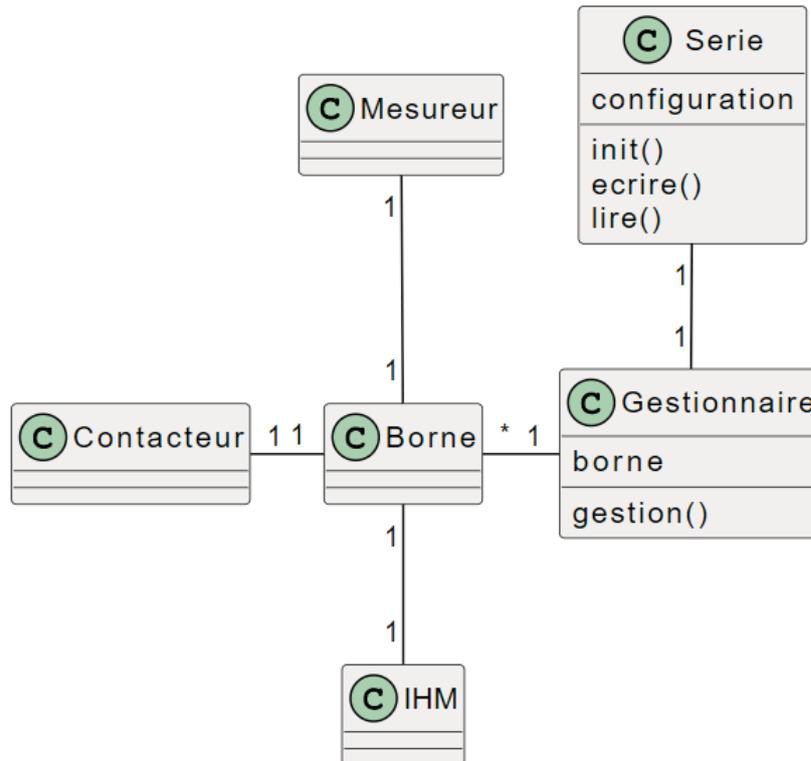
(b) Le calcul prend autant de cycles que le nombre d'octets dans les données.

Question 12 : (a) $32 + 16 = 48$ cycles

(b) 5 cycles

(c) $(\text{parallel} - \text{serie}) / \text{serie} * 100 = 5 - 48 / 48 = 89.58\%$

Question 13 : On obtient le diagramme suivant :



Question 14 : // MODIFICATION DANS LE CONSTRUCTEUR
 constructor (port){
 ..
 this .portCom=port
 ..
 }

// INSTANCIATION DE L'OBJET
 const _gestion=new _Gestionnaire ("COM3")

Question 15 : Relais On adresse borne4 0x21 soit 33(10) donnée 0xFF 0x00 pour rendre actif le relais0
 Lecture Tension adresse borne2 0x12 soit 18(10) fonction F3 ok adresse 01 49 (10) 0x01 0x31 OK lecture 1 registre
 Lecture Intensité adresse borne3 0x13 soit 19(10) fonction F3 ok adresse 01 57 (10) 0x01 0x39 OK lecture 2 registres
 Lecture Puissance adresse borne4 0x05 soit 5(10) fonction F3 ok adresse 01 64 (10) 0x01 0x40 OK lecture 2 registres

Question 16 : (a) On fait appel à la méthode powerActiveV1 du mesureur qui produit une trame ensuite on appelle la méthode ajouterCRC qui permet de calculer le CRC et de l'ajouter en fin de Trame et on renvoie la trame ainsi produite.

(b) $CRC \% 256$ modulo 256 permet d'avoir le reste car le résultat doit être sur 1 octet.
 $CRC / 256$ division par 256 permet d'avoir la partie entière sur un octet

Question 17 : (9600bds 8N1) d'après initSerie() se trouvant dans gestion.js durée = $3.5 * 10 / 9600$
 10 correspond à 1 bit de start + 8 bits donnée + 1bit de stop Soit 3.64ms.

Question 18 : Le dispositif est bloqué car il attend une réponse qui ne vient pas.

Question 19 : C create créer R read lecture U update mise à jour D delete destruction

Question 20 : (a) Le serveur API demande le fonctionnement de la machine et fournit un fichier avec les différentes Trames.

(b) On constate Trame1, 2 et 4 questionne le mesureur à l'adresse5, Trame3 et 5 le mesureur de la borne2, la réponse est nulle donc le véhicule branché sur cette borne ne consomme plus d'énergie.

Question 21 : Permet de ne pas bloquer le système si un périphérique ne répond pas.

Question 22 : On obtient le tableau suivant :

Etat en précédent	Action	Etat suivant
Arret	Travail à faire	Start
Start	Départ cycle	Emission
Emission	Trame0 émise	Reception
Reception	Trame Recue?	si non Reception
Reception	Trame Recue?	si oui Trame suivante
Trame suivante	Fin de cycle?	si oui ARRET
Trame suivante	Fin de cycle?	si non Emission
Emission	Trame1 émise	Reception
Reception	En attente	Reception
Reception	Time Out	Trame suivante
Trame suivante	Fin de cycle?	si oui ARRET
Trame suivante	Fin de cycle?	si non Emission
Emission	Trame2 émise	Reception
Reception	Trame Recue?	si non Reception
Reception	Trame Recue?	si oui Trame suivante
Trame suivante	Fin de cycle?	oui ARRET

Question 23 : $50 * 10 / 9600$ + temps de silence 52ms + 3.4ms On peut prendre une valeur de 100ms.

Question 24 : Utilisation d'un switch case

```

switch (EtatMachine) {
case ETAT.START:
    start ();
    break;
case ETAT.EMISSION:
    emission ();
    break;
.....}

```

Question 25 : Elle permet de s'affranchir des tests permanents d'une condition dans le programme, il suffit d'émettre un événement et de l'autre coté déclarer des écouteurs pour en faire le traitement. La gestion de l'émission et la réception de trame

Question 26 : Les écouteurs

Objet	Canal	Action	Role
port1	open	showPortOpen	Permet d'afficher sur la console l'état du port série "connecté"
port1	data	readSerialData	Permet le traitement de données réceptionnées dans le buffer série
port1	close	showPortClose	Permet d'afficher sur la console l'état du port série "Fermé"
port1	error	showError	Permet le traitement d'erreur
eventPortSerie	emettre	envoiDonnee	Permet d'envoyer les données sur le port COM

Les émetteurs

Objet	Canal	Données
eventPortSerie	start	"Le port série est disponible"
eventPortSerie	DataOk	data
eventPortSerie	Erreur	"erreur Com"
eventPortSerie	travail	"ok"
eventPortSerie	Erreur	"Port fermé"

Question 27 : Pour transmettre des données il suffit d'émettre l'événement eventPortSerie.emit("emettre",data) Pour recevoir des données, il suffit de mettre un écouteur eventPortSerie.on("DataOk",traitementDonnee)

Question 28 : (a) Par définition de r_v , \bar{r}_v , \underline{d}_v , \bar{d}_v et p_v , on obtient :

$$\text{inf_arr} = \text{MT.floor}(\text{inst_a} / \text{tau})$$

```

sup_arr = MT.ceil(inst_a / tau)
inf_dep = MT.floor(inst_d / tau)
sup_dep = MT.ceil(inst_d / tau)
duree = MT.ceil(energie / (w * tau))

```

(b) Il suffit de tester que la demande est compatible avec les dates de charge.

```

if (sup_arr + duree > inf_dep):
    print ("La voiture immatriculee", im,
"na pas le temps detre chargee" )
elif (sup_dep > delta):
    printf ("La voiture immatriculee", im,
"a une date de depart incorrecte")
else:
    dico_demandes[im] = Demande(inf_arr, sup_arr, inf_dep, sup_dep,
duree, im)

```

Question 29 : (a) Si les deux intervalles sont disjoints, alors deux cas sont possibles : si l'intervalle $[x_1, y_1[$ est avant $[x_2, y_2[$, alors c'est équivalent à $y_1 \leq x_2$. Sinon, $[x_2, y_2[$ est avant $[x_1, y_1[$ ce qui est équivalent à $y_2 \leq x_1$.

Ainsi, les deux intervalles sont disjoints si et seulement si $y_1 \leq x_2$ ou $y_2 \leq x_1$;

(b) **def** intervalles_disjoints(self, v):
return (self.sup_d <= v.inf_r) **or** (v.sup_d <= self.inf_r)

Question 30 : (a) On teste si l'on peut insérer v avant `self.liste_demandes[i]`.

```

if (v.sup_d <= self.liste_demandes[i].inf_r):
    self.liste_demandes.insert(i, v)
    v.lien_chargeur(self)
return True

```

(b) En sortie de la boucle principale, tous les intervalles de `self.liste_demandes` sont différents de celui de v et v est plus grand qu'eux. La demande v doit donc être insérée en fin de la liste `self.liste_demandes`, ce qui donne le code suivant :

```

self.liste_demandes.append(v)
v.lien_chargeur(self)

```

(c) Dans le meilleur des cas, l'intervalle de v intersecte celui de `self.liste_demandes[0]`. Le nombre d'instructions est alors constant, ce qui donne une complexité de $\Theta(1)$. Dans le pire des cas, v est insérée en fin de la liste `self.liste_demandes`. La complexité est alors en $\Theta(n_c)$, où n_c est le nombre de demandes de `self`.

Question 31 : (a) — Chargeur 0 : demandes A et D ;
— Chargeur 1 : demandes B et F ;
— Chargeur 2 : demande C .

La demande E n'a pas pu être allouée car aucun chargeur n'est disponible pour la traiter.

(b) L'allocation suivante permet de traiter les 6 demandes :

- Chargeur 0 : demandes A et E ;
- Chargeur 1 : demandes C et F ;
- Chargeur 2 : demande B et D .

On en déduit que une allocation qui satisfait toutes les demandes est possible. Ainsi, si le nombre de chargeurs m est suffisant, cet algorithme ne permet pas de minimiser le nombre de chargeurs suffisant pour un ensemble de demandes.

Question 32 : (a) On obtient le graphe $G_{\mathcal{D}}$ défini par :

- $V = \{A, B, C, D, E, F\}$;
- $E = \{\{A, B\}, \{A, C\}, \{C, B\}, \{B, E\}, \{C, E\}, \{C, D\}, \{E, D\}, \{E, F\}, \{D, F\}\}$.

(b) — On ne peut pas obtenir une coloration en 2 couleurs à cause du cycle A, B, C, A ;
— la fonction f définie par $f(A) = f(E) = 0$, $f(C) = f(F) = 1$ et $f(B) = f(D) = 2$ est une coloration en 3 couleurs. On en déduit que le nombre minimum de couleurs pour ce graphe est $\chi(G_{\mathcal{D}}) = 3$.

Question 33 : (a) — Supposons que l'on a une allocation des demandes de \mathcal{D} aux chargeurs c_0, \dots, c_{m-1} ; on pose, pour tout $j \in \{0, \dots, m-1\}$ et pour toute demande d allouée au chargeur c_j , $f(d) = j$.

Soit alors une arête $\{v_1, v_2\} \in E$; par définition de $G_{\mathcal{D}}$, les intervalles de v_1 et v_2 se chevauchent, ils ne peuvent donc pas être alloués au même chargeur et donc $f(v_1) \neq f(v_2)$. On en déduit que f ainsi définie est une coloration du graphe avec un nombre de couleurs $k = m$.

— Supposons maintenant que f est une coloration de $G_{\mathcal{D}}$ en k couleurs. Pour tout $j \in \{0, \dots, k-1\}$, on attribue toutes les demandes $d \in \mathcal{D}$ telles que $f(d) = j$ au chargeur c_j .

Soient alors deux demandes v_1 et v_2 qui sont allouées à un même chargeur c_j , alors $f(v_1) = f(v_2) = j$. Comme f est une coloration, les intervalles associés à v_1 et v_2 sont disjoints. On en déduit que l'allocation des demandes aux chargeurs est réalisable, et que $m = k$.

(b) D'après la question précédente, on peut associer à toute coloration de $G_{\mathcal{D}}$ en $\chi(G_{\mathcal{D}})$ couleurs une allocation des demandes utilisant $\chi(G_{\mathcal{D}})$ chargeurs, donc $\chi(G_{\mathcal{D}}) \geq m^*(\mathcal{D})$. Réciproquement, on peut associer à toute allocation des demandes utilisant $m^*(\mathcal{D})$ chargeurs une coloration de $G_{\mathcal{D}}$ en $m^*(\mathcal{D})$ couleurs, donc $m^*(\mathcal{D}) \geq \chi(G_{\mathcal{D}})$. On en déduit que $m^*(\mathcal{D}) = \chi(G_{\mathcal{D}})$.

(c) On déduit de la coloration f précédente en 3 couleurs l'allocation suivante des demandes :

- Chargeur 0 : demandes A et E ;
- Chargeur 1 : demandes C et F ;
- Chargeur 2 : demandes B et D .

Il s'agit du même résultat que la question ??(b).

Question 34 : Soit f une coloration des sommets de G en $\chi(G)$ couleurs. Soit alors \mathcal{C} une clique maximale de G . Par définition, tous les sommets de cette clique ont une couleur différente. On en déduit que $\omega(G) \leq \chi(G)$.

On suppose dans les trois questions suivantes que les demandes sont stockées dans un dictionnaire en suivant les attributs `inf_r` croissants.

- Question 35 :** (a) Les demandes sont considérées par l'algorithme dans l'ordre A, C, B, E, D, F . On obtient alors l'allocation suivante :
- Chargeur 0 : demandes A et E ;
 - Chargeur 1 : demandes C et F ;
 - Chargeur 2 : demandes B et D .
- (b) $\omega(G_{\mathcal{D}}) = 3$

- Question 36 :** (a) Si l'algorithme attribue une demande d au chargeur c_p , c'est que les chargeurs c_0, \dots, c_{p-1} ont été attribués à des demandes toujours en cours à l'instant $d.inf_r$. En considérant la demande d et ces $p-1$ autres demandes, on a donc une clique de $G_{\mathcal{D}}$ de taille p .

- (b) Supposons que l'algorithme alloue toute les demandes. Forcément, $\bar{m} \geq m^*(\mathcal{D})$. D'après la sous-question précédente, le nombre de chargeurs utilisés est inférieur à la taille maximale d'une clique, soit $m^*(\mathcal{D}) \leq \bar{m} \leq \omega(G_{\mathcal{D}})$. Or, $m^*(\mathcal{D}) = \chi(\mathcal{D})$, donc $\chi(G_{\mathcal{D}}) \leq \bar{m} \leq \omega(G_{\mathcal{D}})$. D'après la question ??, on en déduit que $\bar{m} = m^*(\mathcal{D}) = \chi(G_{\mathcal{D}}) = \omega(G_{\mathcal{D}})$.

- Question 37 :** (a) La complexité minimale d'un tri de comparaison est en $\mathcal{O}(n \log n)$;
- (b) La boucle externe est effectuée au plus n fois, la boucle interne est effectuée au plus m fois. De plus, chaque exécution de `rajoute_demande` est en $\mathcal{O}(n)$. On obtient donc une complexité en $\mathcal{O}(n^2m)$.
- (c) Il suffit de remplacer `rajoute_demande` par une insertion directement en queue de liste. Si cette insertion est en $\Theta(1)$, la fonction `allocation_demande_chargeurs` est alors en $\mathcal{O}(nm)$.

- Question 38 :** (a) La liste est constituée des couples dans l'ordre $(A, 0), (A, 1), (B, 2), (B, 3), (B, 4), (C, 1), (C, 2), (C, 3), (D, 5), (F, 6)$ et $(F, 7)$;

- (b) Comme la liste est croissante selon la relation d'ordre \preceq , il suffit de faire une recherche dichotomique sur cette liste. On obtient ainsi un algorithme en $\mathcal{O}(\log p)$;
- (c) 1. La dichotomie teste le couple au milieu de la liste, et en fonction de ce test, fait un appel récursif sur le demi sous-tableau de droite ou de gauche. Donc, le nombre de comparaisons dans le pire des cas vérifie $\alpha_p = 2 + \alpha_{\lceil \frac{p}{2} \rceil}$;
2. Si $p = 2^k$, alors $\alpha_{2^k} = 2 + \alpha_{2^{k-1}} = 2 + (2 + \alpha_{2^{k-2}}) = 2k + \alpha_1$. Donc, $\alpha_p = 2 \log_2(p) + \alpha_1$;
3. Pour tout entier $q \geq 1$, il existe l'entier $k \geq 0$ tel que $2^k \leq q < 2^{k+1}$. Ainsi, $k \leq \log_2 q < k + 1$ et donc $k = \lfloor \log_2 q \rfloor$.

Comme la suite α_p est supposée croissante, on en déduit que $u_{2^k} \leq u_q \leq u_{2^{k+1}}$, et donc $2k + \alpha_1 \leq u_q \leq 2(k + 1) + \alpha_1$. Ainsi, $u_q \leq 2(\log_2 q + 1) + \alpha_1$ et donc $u_q \in \mathcal{O}(\log_2 q)$.

On en déduit que la complexité de la recherche dichotomique dans un liste de p élément est en $\mathcal{O}(\log_2 p)$.

Question 39 : (a) A tout instant $t \in \{0, \dots, \delta - 1\}$, $\sum_{v \in \mathcal{D}} x_{v,t} \leq \widetilde{m}$;

(b) $\forall t \in \{0, \dots, \delta - 1\} - \{\bar{r}_v, \dots, \underline{d}_v\}$, $x_{v,t} = 0$;

(c) Pour toute demande $v \in \mathcal{D}$, $\sum_{t \in \{0, \dots, \delta - 1\}} x_{v,t} \leq p_v$;

(d) Il faut maximiser $\sum_{t \in \{0, \dots, \delta - 1\}} \sum_{v \in \mathcal{D}} x_{v,t}$.

Question 40 : (a) On obtient $V_X = \{A, B, C, D, E, F\} \cup \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$ et les arcs $(A, 0)$, $(A, 1)$, $(B, 2)$, $(B, 3)$, $(B, 4)$, $(C, 1)$, $(C, 2)$, $(C, 3)$, $(D, 5)$, $(E, 4)$, $(E, 5)$, $(F, 6)$, $(F, 7)$, $(2, A)$, $(4, C)$, $(6, D)$ et $(6, E)$.

(b) On obtient les deux tables suivantes (selon le sous-ensemble de sommets) :

$x \in \mathcal{D}$	A	B	C	D	E	F			
$\Gamma^+(x)_X$	{0, 1}	{2, 3, 4}	{1, 2, 3}	{5}	{4, 5}	{6, 7}			
$\Gamma^-(x)_X$	{2}	\emptyset	{4}	{6}	{6}	\emptyset			
$x \in \{0, \dots, 7\}$	0	1	2	3	4	5	6	7	
$\Gamma^+(x)_X$	\emptyset	\emptyset	{A}	\emptyset	{C}	\emptyset	{D, E}	\emptyset	
$\Gamma^-(x)_X$	{A}	{A, C}	{B, C}	{B, C}	{B, E}	{D, E}	{F}	{F}	

Question 41 : (a) Pour que Y soit associé à une solution réalisable, il faut vérifier l'ensemble des conditions suivantes :

— les arcs de Y doivent correspondre à des valeurs $x_{v,t}$ qui peuvent être égales à 1 compte tenu des contraintes liées aux intervalles de temps. Donc pour tout arc $a = (v, t)$ ou $a = (t, v)$ avec $v \in \mathcal{D}$ et $t \in \{0, \dots, \delta - 1\}$ doit vérifier $t \in [\bar{r}_v, \underline{d}_v[$;

— à tout instant, il y a au plus \widetilde{m} véhicules en charge, soit $\forall t \in \{0, \dots, \delta - 1\}$, $|\Gamma_Y^-(t)| \leq \widetilde{m}$;

— pour toute demande v , il y a au plus p_v instants de charge, soit $\forall v \in \mathcal{D}$, $|\Gamma_Y^+(v)| \leq p_v$.

(b) Le critère à maximiser ici est le nombre de périodes de charges. Comme tout chargement correspond à un arc (v, t) avec $v \in \mathcal{D}$ et $t \in \{0, \dots, \delta - 1\}$, on doit maximiser $\sum_{v \in \mathcal{D}} |\Gamma_Y^+(v)|$, qui est égal à $\sum_{t \in \{0, \dots, \delta - 1\}} |\Gamma_Y^-(t)|$.

(c) Pour le graphe X de l'exemple, on a $\sum_{v \in \mathcal{D}} |\Gamma_Y^+(v)| = 2 + 3 + 3 + 1 + 2 + 2 = 13$. On observe que on a également à $\sum_{t \in \{0, \dots, \delta - 1\}} |\Gamma_Y^-(t)| = 1 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 1 + 1 = 13$.

Question 42 : (a) Les sommets incomplets sont A , 6 et 7 ;

(b) Le graphe possède le chemin améliorant $\mu = 6, E, 4, C, 2, A$. On observe que ce chemin est unique.

Question 43 : (a) On obtient la liste des arcs $(A, 0)$, $(A, 1)$, $(A, 2)$, $(B, 2)$, $(B, 3)$, $(B, 4)$, $(C, 1)$, $(C, 3)$, $(C, 4)$, $(D, 5)$, $(E, 5)$, $(E, 6)$, $(F, 6)$ et $(F, 7)$. La solution obtenu est réalisable :

— A tout instant $t \in \{0, \dots, 7\}$, il y a au plus deux voitures qui chargent dans leur intervalle correspondant ;

— chaque demande $v \in \mathcal{D}$ à exactement p_v périodes de charge.

On observe de plus que tous les chargements sont réalisées (le critère vaut 14), la solution ainsi obtenue est donc optimale ;

(b) on démontre que la solution $x'_{\star, \star}$ associée à X' vérifie toutes les condition exprimées par la question ??.

- A l'instant t^* , on a une charge de plus qui est effectuée, donc $\sum_{v \in \mathcal{D}} x'_{v,t^*} = 1 + \sum_{v \in \mathcal{D}} x_{v,t^*}$. Or, t^* est un sommet incomplet de X , donc $\sum_{v \in \mathcal{D}} x_{v,t^*} < \widetilde{m}$ et donc $\sum_{v \in \mathcal{D}} x'_{v,t^*} \leq \widetilde{m}$. D'autre part, pour tout $t \neq t^*$, $\sum_{v \in \mathcal{D}} x'_{v,t} = \sum_{v \in \mathcal{D}} x_{v,t} \leq \widetilde{m}$;
- $\forall t \in \{0, \dots, \delta - 1\} - \{\bar{r}_v, \dots, \underline{d}_v\}$, $x'_{v,t} = 0$ par construction de X' à partir de X ;
- d'autre part, $\sum_{t \in \{0, \dots, \delta - 1\}} x'_{v^*,t} = 1 + \sum_{t \in \{0, \dots, \delta - 1\}} x_{v^*,t}$; comme $\sum_{t \in \{0, \dots, \delta - 1\}} x_{v^*,t} < p_v$, on en déduit que $\sum_{t \in \{0, \dots, \delta - 1\}} x'_{v^*,t} \leq p_v$.

Ainsi, le graphe X' obtenu est associé à une solution réalisable $x'_{*,*}$.

D'autre part, un chemin améliorant de X d'un sommet $t \in \{0, \dots, \delta - 1\}$ à $v \in \mathcal{D}$ contient $\beta > 0$ arcs de \mathcal{D} vers $\{0, \dots, \delta - 1\}$ et $\beta + 1$ arcs de $\{0, \dots, \delta - 1\}$ vers \mathcal{D} . En inversant le sens de ces arcs, on en déduit que X' a exactement un arcs de plus que X de \mathcal{D} vers $\{0, \dots, \delta - 1\}$. Donc, la solution $x'_{*,*}$ est strictement meilleure que $x_{*,*}$ de une unité de charge.

- (c) Cette transformation améliore une allocation X , mais l'allocation obtenue n'est pas forcément optimale. Il suffit par exemple de partir d'un cas où aucune allocation n'est encore fixée, et d'augmenter la solution de une unité à partir d'un chemin améliorant.

Question 44 : (a) `typedef volatile long lock_t;`

```
lock_t test_and_set (lock_t* lock) {
    lock_t old_lock = *lock;
    *lock = 1;
    return old_lock;
}

void acquire(lock_t* lock){
    while(test_and_set(lock))
        ;
}

void release(lock_t* lock){
    *lock = 0;
}
```

- (b) Réussi à acquérir le verrou = 0, la valeur du verrou après = 1

Question 45 : `lock_t access = 0;`

```
void entry(){
entry:  acquire(&access);
        if (available_chargers == 0){
            release(&access);
            go to entry;
        }
}
```

```
        else{
            available_places = available_places - 1;
            release(&access);
        }
    }

    void exit(){
        acquire(&access);
        available_places := available_places + 1;
        release(&access);
    }
}
```

Rapport sur l'épreuve de conception

Le sujet portait sur la réalisation et la gestion d'une ou de plusieurs bornes de recharge pour véhicules électriques. Il est découpé en 4 parties. La première partie est consacrée à l'analyse de la constitution d'une borne de recharge reliée à un réseau de type **Modbus**. La seconde analyse l'organisation d'une configuration à plusieurs bornes. Ces deux premières parties ne sont pas indépendantes. La troisième partie étudie un algorithme efficace pour gérer un ensemble de places de parkings associées à des bornes de recharge. La dernière partie étudie la répartition de l'énergie à un ensemble de véhicules en charge.

La moyenne de l'épreuve se situe à 6.54/20, avec un maximum à 13.44/20 et un écart type de 2.87. On observe un bon étalement des notes (voir Figure 1). Une dizaine de candidats ont rendu une copie blanche, ce qui baisse considérablement la moyenne de l'épreuve. Le sujet était long, et les dernières parties ont été largement moins bien réussies que les premières.

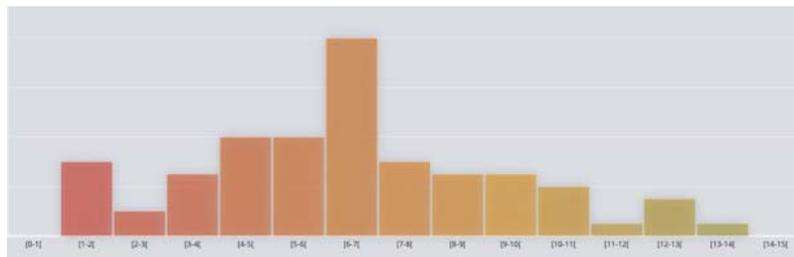


FIGURE 1 – Répartition des notes de l'épreuve sur 20.

Partie 1 L'objectif de cette partie est d'analyser la constitution d'une borne de recharge reliée à un réseau de type **Modbus**. L'étude portera sur la trame **Modbus** et l'implantation matériel d'un contrôle de redondance cyclique. Cette partie utilise des extraits de documentation nécessaire à la mise en œuvre d'une classe pour produire une trame **Modbus** de base. La modélisation UML doit être acquise pour appréhender un système. La maîtrise de cet outil de description est nécessaire. Dans l'ensemble, cette partie a été correctement traitée. La moyenne se situe à 8/20. On observe également que 57% des candidats ont atteint la moyenne sur cette partie.

Partie 2 L'objectif de cette partie est de mettre en fonctionnement plusieurs bornes de recharge sur le même lieu. Un gestionnaire est mis en place pour orchestrer la distribution d'énergie disponible. L'unité de traitement utilise un noyau Node JS permettant de gérer des applications de réseau événementiel. L'analyse de la machine d'état permet de concevoir les différentes classes pour la gestion de l'ensemble. Dans l'ensemble, cette partie a été correctement traitée. La moyenne se situe à 10.8/20. On observe également que 54% des candidats ont atteint la moyenne sur cette partie.

Partie 3 Cette partie étudie dans un premier temps la gestion des liens entre un chargeur et une liste de voitures à charger. Dans un second temps, on met en place un algorithme pour attribuer les voitures aux chargeurs disponibles en fonction des fenêtres de temps de charge associés aux véhicules. Cette partie a été très discriminante car non traitée par 30% des candidats : sa moyenne de se situe à 4.3/20. On observe également que 15% des candidats ont atteint la moyenne sur cette partie, avec quelques excellentes copies. Dans la question 33, on introduit la notion de graphe non orienté qui est un outil de base en informatique à partir d'un exemple à 6 sommets : la surprise est qu'une majorité de candidats qui ont traité cette question n'ont pas en capacité de le représenter correctement.

Partie 4 Cette partie développe dans un premier temps un algorithme pour attribuer les périodes de charge à des véhicules branchés à des bornes. Puis, on développe un mécanisme de synchronisation pour le contrôle d'accès à la station de recharge. Cette partie n'a pas été traitée par 70% des candidats, ce qui explique une moyenne de 1/20. Cependant, quelques candidats ont réussi à modéliser le problème posé par des équations linéaires, et obtenir la moyenne à cette partie. Cependant, aucun d'entre-eux n'a réussi à traiter correctement les questions algorithmiques (de la question 41 à la question 43).

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

A. Présentation de l'épreuve

Textes de référence

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

[Arrêté du 24 juin 2019 modifiant l'arrêté du 28 décembre 2009 fixant les sections et les modalités d'organisation des concours de l'agrégation](#)

- Durée totale 6 heures (activités pratiques 4 heures, préparation de l'exposé 1 heure, exposé 30 minutes maximum, entretien 30 minutes).
- Coefficient 2.
- 10 points sont attribués à la partie liée aux activités pratiques et 10 points à la partie liée à l'exposé et à l'entretien avec le jury.

L'épreuve fait appel à des connaissances technologiques et scientifiques communes à l'ensemble des options.

Le candidat est amené au cours de cette épreuve à élaborer **une séquence pédagogique dont le contexte est imposé**. Il doit notamment y intégrer le développement d'une séance à caractère expérimental. Elle sera construite autour d'activités pratiques proposées par le candidat, sur un support didactique imposé.

Pour la session 2024, l'exploitation pédagogique demandée est relative aux enseignements non spécifiques de la spécialité ingénierie, innovation et développement durable du cycle terminal sciences et technologies de l'industrie et du développement durable (STI2D) ou de l'enseignement des sciences de l'ingénieur du lycée général et des classes préparatoires aux grandes écoles.

Le support didactique fourni est un système pluritechnologique qui permet une analyse systémique globale.

Au cours de l'entretien, le candidat est conduit à préciser certains points de sa présentation. Il est amené à expliquer et justifier les choix didactique et pédagogique qu'il a opérés notamment dans l'élaboration de la séquence de formation présentée ainsi que pour les contenus de la séance à caractère expérimental conçue.

Déroulement de l'épreuve

L'objectif de la première épreuve d'admission de l'agrégation de SII est de permettre d'évaluer chez les candidats leurs compétences pour s'inscrire dans la démarche d'un agrégé de sciences industrielles de l'ingénieur capable d'élaborer une exploitation pédagogique à partir d'une activité pratique relative à l'approche globale d'un système pluritechnologique.

Le titre d'une séquence pédagogique étant imposé, le candidat doit d'abord préparer la trame détaillée de celle-ci en respectant le niveau de formation visé et les effectifs de la classe. Il doit ensuite répondre à une problématique technique et scientifique comprenant des activités pratiques. Le candidat prépare enfin une séance à caractère expérimental s'inscrivant dans la séquence imposée. **Les activités expérimentales proposées doivent être différentes de celles déjà effectuées pour répondre à la**

problématique technique et scientifique et être adaptées au niveau de formation visé précisé dans l'énoncé du sujet.

Les compétences attendues par le jury sont pédagogiques, comportementales et scientifiques.

Le candidat doit montrer ses aptitudes à :

- concevoir, organiser et décrire une séquence dans un contexte pédagogique imposé ;
- s'approprier un système réel ou un équipement et son environnement ;
- élaborer, justifier, conduire et exploiter un protocole expérimental ;
- analyser le comportement d'un système à partir d'un modèle ;
- maîtriser, conduire et exploiter une simulation numérique ;
- formuler des conclusions pour choisir et décider ;
- mener des démarches avec rigueur et évoluer avec autonomie.

L'évaluation du candidat s'effectue en trois phases.

Phase 1 – Conception et organisation d'une séquence de formation à un niveau imposé (durée 4h00)

Cette première phase d'une durée totale de 4h00 compte quatre parties.

Elle se déroule dans un laboratoire où sont mis à disposition du candidat un support d'étude, un environnement numérique de travail connecté à Internet, des moyens de mesure ou de simulation et si besoin des logiciels spécifiques d'acquisition.

➤ **Première partie (durée 0h45) – Réflexions pédagogiques sur la séquence imposée**

Pour cette première partie, le candidat doit réfléchir et proposer une séquence de formation parmi deux qui lui sont proposées. Pour chacune d'entre elles, le contexte pédagogique est imposé. Ce dernier est composé :

- du titre d'une des deux séquences imposées ;
- du niveau de formation visé ;
- d'une proposition de progression didactique liée à la formation visée ;
- du programme du niveau de formation visé ;
- d'une liste non exhaustive de supports matériels pédagogiques d'un laboratoire de Sciences de l'Ingénieur.

Le candidat doit recenser les compétences à développer, en intégrant les savoir-faire et savoirs du programme du niveau imposé en lien avec le titre d'une des deux séquences proposées au choix. Puis il doit proposer une trame détaillée de celle-ci (activités, durée, coordination). Les pré-requis de la séquence doivent être identifiés vis-à-vis de la progression didactique proposée et présentée. Le candidat doit justifier ses choix pédagogiques et didactiques (TP, TD, cours, projet...). L'ensemble de ces éléments doit être rédigé sur un support de présentation numérique, qui sera présenté et évalué lors de la troisième phase.

➤ **Deuxième partie (durée 0h30) – Prise en main du support**

Pour cette deuxième partie, les manipulations proposées ont pour objectif de faciliter la compréhension du fonctionnement global du système. À la fin de cette première partie, l'examineur s'assure que le candidat s'est bien approprié le support de TP. L'objectif de cette partie est de faire émerger une problématique technique et scientifique à résoudre.

➤ **Troisième partie (durée 2h00) – Expérimentations pour répondre à une problématique technique et scientifique imposée**

Pour cette partie, le candidat doit répondre aux activités à caractère expérimental proposées afin de résoudre la problématique technique et scientifique, par la mobilisation de compétences caractéristiques du niveau de l'agrégation, sur un spectre large permettant une approche pluritechnologique. L'exploitation des résultats obtenus (hypothèses, modèles, résultats expérimentaux, valeurs numériques...), la mise en évidence des écarts entre les performances souhaitées, les performances mesurées et les performances simulées et la proposition de solutions pour les réduire doivent permettre d'apporter une réponse aux problèmes posés.

➤ **Quatrième partie (durée 0h45) – Élaboration du scénario d'une séance à caractère expérimental**

Pour cette quatrième partie, le candidat doit décrire une séance à caractère expérimental s'insérant dans la séquence pédagogique en :

- situant la séance à caractère expérimental dans sa proposition de séquence pédagogique ;
- précisant l'organisation matérielle et pédagogique de la séance (nombre d'élèves, systèmes utilisés, travail en îlots,...) ;
- décrivant la (ou les) démarche(s) pédagogique(s) retenue(s) (démarche d'investigation, de résolution de problème technique, de projet,...) ;
- détaillant le scénario des activités que doivent réaliser les élèves ;
- proposant et en mettant en œuvre au moins un protocole expérimental différent de ceux qu'il a effectués dans la troisième partie ;
- explicitant clairement l'apport de la séance proposée dans le développement des compétences des élèves.

Pendant toute la durée de cette partie, le candidat a accès aux logiciels de simulation, au système et aux matériels de travaux pratiques. Le candidat doit donc entreprendre de réaliser de nouvelles simulations ou expérimentations utiles pour étayer et créer la trame de sa séance. Les examinateurs n'évaluent pas durant cette partie mais sont disponibles en tant qu'assistant technique.

Phase 2 – Préparation de l'exposé (durée 1h00)

Le candidat prépare son intervention devant le jury permanent en complétant son support de présentation numérique. Le candidat n'a plus accès au matériel de travaux pratiques, c'est-à-dire, ni au système, ni aux modèles associés, ni aux logiciels de simulation, mais conserve à sa disposition l'ensemble des ressources associées au sujet. Il dispose d'un poste informatique connecté à Internet et doté des logiciels courants de bureautique, et des résultats obtenus lors de la phase précédente qu'il aura stockés dans un espace dédié sur un serveur.

Phase 3 – Exposé oral et entretien avec le jury en salle (durée 1h00)

Le candidat a à sa disposition un tableau, un ordinateur et un vidéoprojecteur pour la présentation devant le jury.

L'exposé du candidat devant le jury a une durée de 30 minutes maximum sans intervention du jury. L'exposé doit comporter :

- la description du contexte pédagogique imposé ;
- la présentation de ses réflexions pédagogiques et la justification de ses choix de modalités pédagogiques ;
- la présentation de la trame de la séquence pédagogique en y intégrant l'évaluation ;
- la présentation des savoir-faire et savoirs à transmettre dans chaque séance ;
- la justification de la pertinence du support didactisé dans un contexte pédagogique (durée maximale 5 minutes) ;
- la démarche mise en œuvre dans la séance à caractère expérimental ;

- la présentation d'une ou des activités que devraient mener les élèves durant la séance d'activités à caractère expérimental ;
- la présentation de la valeur ajoutée pédagogique dans la formation de la séance proposée.

Il est à noter que durant la présentation des travaux devant le jury, il n'est absolument pas attendu des candidats qu'ils présentent à nouveau les résultats aux activités menées dans le cadre des deuxième et troisième parties de la phase 1. En effet, ceux-ci ont déjà conduit à une évaluation par le jury en salle de TP. Seule est attendue la présentation des activités envisagées de faire réaliser aux élèves lors de la séance à caractère expérimentale incluse dans la séquence pédagogique exposée. Néanmoins les résultats expérimentaux ou de simulation numérique peuvent être utilisés afin d'illustrer la séquence ou la séance expérimentale.

L'exposé du candidat est suivi d'un entretien avec le jury d'une durée de 30 minutes.

Le jury est amené à interroger les candidats, afin d'apprécier leur connaissance des principes fondamentaux du système éducatif et du cadre réglementaire de l'école, sur la manière dont ils envisagent d'accompagner les élèves dans leur parcours de formation, ou bien sur leur positionnement au sein de la communauté éducative.

Au cours de l'entretien, les candidats sont amenés à :

- préciser certains points de leurs présentations ;
- expliciter et justifier les choix de nature didactique et/ou pédagogique qu'ils ont opérés.

Utilisation des logiciels pendant l'interrogation

Aucun pré-requis ne peut être exigé du candidat concernant l'utilisation d'un logiciel. Les consignes d'utilisation sont indiquées dans le sujet ou fournies oralement. Les modeleurs volumiques ne sont pas utilisés comme outil de conception de formes mais comme un outil de lecture de documents.

Les supports retenus lors de la session 2024 étaient les suivants :

- volet roulant ;
- système de travelling ;
- imprimante 3D ;
- axe linéaire didactisé ;
- maquette didactisée d'un bras de pelleuse ;
- ventilation mécanique contrôlée double flux ;
- système de déplacement de caméra ;
- attelle de remobilisation du genou.

Ces supports ont permis aux candidats de mettre en œuvre leurs compétences à haut niveau scientifique sur les activités suivantes :

- élaboration et mise en œuvre d'un protocole expérimental ;
- identification des comportements de constituants ou d'un système ;
- mesure de comportement de constituants ou d'un système ;
- détermination des paramètres significatifs d'une chaîne de mesure ;
- détermination des paramètres significatifs d'une chaîne d'information ;
- détermination des paramètres significatifs d'une chaîne de puissance ;
- détermination des paramètres significatifs d'une modélisation ;
- analyse d'algorithmes simples ou de quelques lignes de programmes simples (en langage python, arduino, etc) ;
- recalage d'un modèle multiphysique ou non ;

- choix des modèles de comportement ou de connaissance ;
- validation de modèles ;
- simulation et prédiction de performance ;
- évaluation des écarts ;
- analogie entre différents domaines.

B. Commentaires du jury

• Analyse des résultats

Les candidats préparés mobilisent à bon escient leurs compétences pour répondre à la problématique pédagogique demandée. Le déroulement de la séquence pédagogique est structuré et cohérent. Ils positionnent convenablement la séance à caractère expérimental en présentant de nouvelles activités pratiques qu'ils ont réalisées durant la quatrième partie de la première phase. Les pré-requis, les objectifs, les démarches pédagogiques et d'évaluation sont bien assimilés et correctement décrits lors de l'exposé oral. Ces candidats ont généralement produit une présentation orale de qualité. La conduite des expérimentations pour répondre à la problématique technique et scientifique est traitée par la majorité des candidats.

Certains candidats présentent une séquence pédagogique qui ne respecte pas le contexte imposé, se plaçant ainsi hors sujet. Lors de l'exposé oral, quelques candidats présentent le système et les résultats obtenus pendant la troisième partie de la première phase, or ce ne sont pas les attendus de l'épreuve. De même, les activités pratiques réalisées pendant la troisième partie de la première phase sont souvent reprises dans la séance, alors que le jury en attend de nouvelles. L'explication de la pertinence du système, dans le cadre de la séance expérimentale proposée est souvent oubliée.

• Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

Phase 1 – Première partie : réflexions pédagogiques sur la séquence imposée

Le jury constate que :

- les déroulements des séquences sont souvent imprécis et peu approfondis ;
- les compétences et connaissances visées sont peu ciblées ;
- le choix des stratégies pédagogiques mises en œuvre est rarement pertinent et justifié ;
- l'évaluation et la remédiation sont souvent absentes de la séquence.

Le jury attend une séquence pédagogique structurée en lien avec une thématique sociétale. Elle doit faire apparaître les pré-requis, les compétences et connaissances associées, le positionnement temporel, le déroulement des différentes séances la constituant et l'évaluation adéquate.

Il est proposé au candidat le choix entre deux séquences pédagogiques associant des compétences différentes d'un même niveau. Ces deux séquences sont de difficulté équivalente. Cette possibilité laissée au candidat est bien appréhendée. Pour tous les sujets, l'une et l'autre des propositions ont été traitées.

Les outils et méthodes de l'ingénierie pédagogique doivent être connus et maîtrisés. Le jury ne peut se satisfaire d'un exposé de pédagogie formel ou d'une récitation d'un extrait de programme. Il souhaite qu'il soit fait preuve d'imagination et de créativité dans le contenu pédagogique présenté afin de susciter l'intérêt et la motivation des élèves.

Pour les futures sessions, le jury conseille aux candidats d'étudier préalablement et attentivement les programmes et les objectifs des formations dont peuvent être issus les contextes pédagogiques imposés : enseignement de spécialité « sciences de l'ingénieur », enseignements technologiques de spécialités du cycle terminal STI2D et enseignement « sciences de l'ingénieur » des CPGE. Cette étude, ainsi que la lecture des documents « ressources pour faire la classe » et des guides d'équipement, leur permettront de proposer une exploitation pédagogique en adéquation avec le niveau imposé. Une réflexion pédagogique sur les objectifs de formation de ces séries et classes post-bac est indispensable pour réussir cette partie de l'épreuve.

Le jury engage les candidats à clairement indiquer la ou les démarches pédagogiques qui structureront l'organisation pédagogique retenue (démarche d'investigation, démarche de résolution de problème technique, démarche scientifique ou encore démarche de projet technologique).

Phase 1 – Deuxième partie : prise en main du support

Pour cette partie, les manipulations ainsi que les activités proposées ont pour objectif de faciliter la compréhension du fonctionnement global du système, de s'appropriier le support du travail pratique et la problématique technique et scientifique proposée. Les candidats disposent d'un dossier technique, d'un dossier ressource, ainsi que diverses ressources numériques. Le système proposé au candidat peut être le système réel ou un système didactisé.

Les manipulations proposées sont très guidées de sorte que le candidat peut rapidement appréhender l'environnement logiciel et matériel du support. Certains candidats se trouvent en difficulté dès cette phase de prise en main. Le jury leur recommande de se confronter plus régulièrement à la manipulation de systèmes réels et/ou didactisés.

Phase 1 – Troisième partie : expérimentations pour répondre à une problématique technique et scientifique imposée

Pour cette phase, le jury tient à porter à l'attention des candidats les points suivants :

- la maîtrise du raisonnement scientifique et la caractérisation des échanges d'énergie, de matière et d'information à un niveau de généralités permettent de s'adapter à une large diversité de systèmes ;
- l'extraction des informations pertinentes dans les ressources mises à disposition constitue un préalable indispensable à l'appropriation du système et de la problématique ;
- la problématique scientifique et technique doit être comprise afin d'y répondre. Elle permet d'appréhender correctement le fil directeur des activités et manipulations proposées ;
- les analyses externes et internes des systèmes gagnent en pertinence lorsqu'elles sont appuyées sur des outils formalisés (schéma des chaînes de puissance et d'information, diagrammes SysML) ;
- une bonne culture personnelle pluritechnologique, fondée sur l'observation et l'analyse de systèmes variés et modernes, est indispensable.

Le candidat est amené à :

- utiliser une instrumentation spécifique dédiée à la mesure de grandeurs physiques sur les systèmes instrumentés ;
- mettre en œuvre différents outils informatiques (logiciels de pilotage et/ou d'acquisition dédiés aux supports, logiciels de simulation, modéleur, logiciel de calculs par éléments finis, tableurs, traitements de textes, logiciels de calcul ou de visualisation, environnements de programmation...).

Le jury assiste le candidat en cas de difficultés matérielles ou de mise en œuvre des différents outils informatiques. La maîtrise de ces logiciels n'est pas exigée.

Lors des activités pratiques, le jury souhaite que les candidats s'attachent à :

- lire et analyser l'ensemble du sujet proposé ;
- maîtriser la durée consacrée à chaque activité ;
- maîtriser les outils d'analyse courants (structurels, fonctionnels et comportementaux) ;
- exploiter et interpréter l'ensemble des résultats des expérimentations et des mesures dans leur totalité et de façon rigoureuse ;
- corréler les résultats des simulations et des expérimentations en les associant à des phénomènes physiques et à des solutions technologiques ;
- effectuer une analyse critique des résultats expérimentaux ;
- vérifier la cohérence et la pertinence des résultats expérimentaux ;
- mettre en œuvre une démarche de résolution du problème technique et scientifique posé ;
- réfléchir à de nouvelles activités pratiques pouvant nourrir la séance expérimentale qui sera présentée.

Le jury précise que les supports de travaux pratiques sont principalement issus des laboratoires SI, STI2D, CPGE et couvrent l'ensemble des champs disciplinaires transversaux des sciences industrielles de l'ingénieur.

Phase 1 – Quatrième partie : élaboration du scénario d'une séance à caractère expérimental

Le jury constate que :

- cette partie est la plus délicate pour un grand nombre de candidats ;
- la séance à caractère expérimental n'intègre pas toujours des activités pratiques différentes de celles réalisées lors de la troisième partie de la première phase ;
- les activités proposées aux élèves sont peu détaillées. Des illustrations intégrant des captures d'écran montrant les résultats obtenus permettent de rendre plus concrètes les manipulations proposées.

Le candidat doit développer une séance expérimentale contextualisée, positionnée avec pertinence dans la séquence pédagogique proposée. Il est attendu la description des activités proposées aux élèves. La configuration pédagogique choisie doit être justifiée.

Les manipulations et protocoles de mesures insérés dans la séance doivent être adaptés au niveau requis. Ils doivent être différents de ceux réalisés lors de la troisième partie « expérimentations » tout en utilisant le système de l'épreuve. Des modalités d'évaluation doivent également être présentées et justifiées pédagogiquement.

Phase 3 – Exposé oral et entretien avec le jury en salle

La majorité des candidats n'utilise pas le temps imparti pour la présentation de 30 minutes. L'utilisation de la durée prévue leur permettrait de préciser leurs réflexions pédagogiques trop souvent formatées. Il n'est pas attendu des candidats la présentation des activités réalisées lors de la première phase de cette épreuve, déjà évaluées au cours de la première phase.

Le jury attend lors de cette phase de présentation de la séquence pédagogique que le candidat soit capable de :

- présenter le contexte pédagogique imposé ;
- situer la séquence de formation en l'inscrivant dans la formation au niveau requis ;
- expliciter les connaissances et les compétences visées par la séquence ;
- décrire le déroulement de la séquence ;
- situer la séance expérimentale dans la séquence pédagogique ;
- expliciter les connaissances et compétences visées dans la séance ;

- présenter la pertinence du système pour les activités pratiques de la séance ;
- définir l'enchaînement des activités réalisées par les élèves dans la séance ainsi que les résultats attendus ;
- justifier les choix pédagogiques retenus ;
- présenter les moyens de l'évaluation des connaissances et compétences acquises par les élèves ou étudiants.

Le jury attend également du candidat qu'il mette en œuvre des compétences professionnelles telles que :

- produire un discours clair, précis et rigoureux en sachant attirer l'attention du jury ;
- être pertinent et réactif aux questions posées ;
- être capable de dégager l'essentiel, de donner du sens aux connaissances développées et de captiver l'auditoire.

Le jury conseille aux candidats qui n'en auraient pas eu la possibilité au cours de leur formation, de prendre contact avec un établissement scolaire dispensant les filières de formation visées par le concours et de s'y déplacer afin de prendre connaissance des réalités matérielles, humaines et organisationnelles du terrain.

Comportement des candidats

Les candidats doivent être méthodiques et rigoureux pour appréhender un système pluritechnologique dans sa globalité et dans sa complexité. L'exploitation pédagogique d'une activité pratique relative à l'approche globale et transversale d'un système pluritechnologique ne s'improvise pas. Elle doit se préparer tout au long des formations conduisant à l'agrégation. Les candidats doivent éviter les présentations stéréotypées ne permettant pas de mettre en valeur la qualité de leur réflexion personnelle. Les contenus scientifiques des séquences doivent être maîtrisés par les candidats, l'accès à Internet étant toujours possible sur des sites publics.

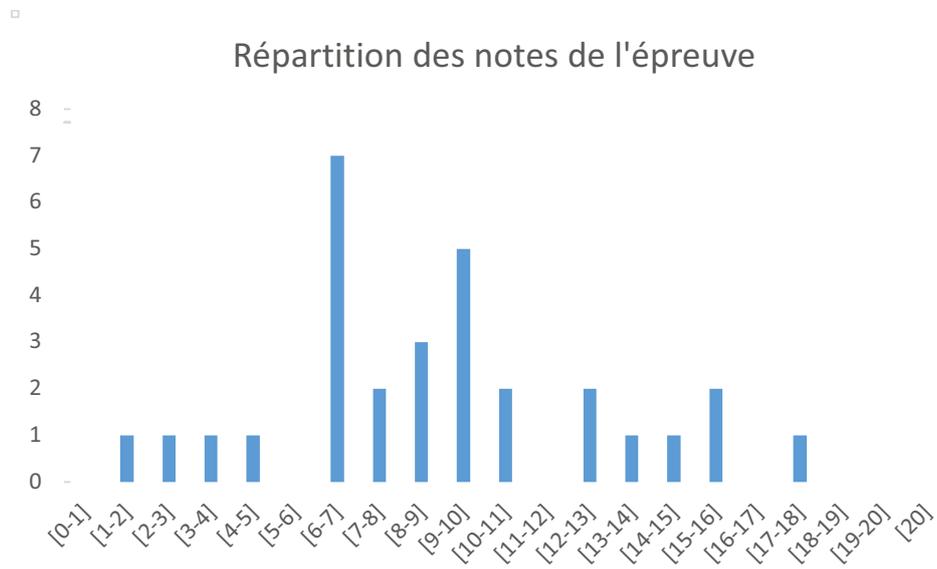
Le jury apprécie lorsque les diapositives sont numérotées lors de la présentation orale : cela lui permet de se référer plus facilement aux éléments de présentation. Le jury déplore les fautes d'orthographe dans les supports numériques présentés ; elles nuisent à l'image du candidat. Les candidats se présentant au concours de l'agrégation se destinent à être de futurs cadres de l'éducation nationale. Ils se doivent d'avoir un vocabulaire, un comportement et une tenue en adéquation avec le métier d'enseignant.

Conclusion

La session 2024 de l'agrégation externe SII confirme que l'usage d'un laboratoire unique, composé de systèmes pluritechnologiques, commun aux quatre options de l'agrégation de sciences industrielles de l'ingénieur, impose au candidat de s'appropriier tous les champs disciplinaires transversaux liés au triptyque « matière, énergie et information ». Au-delà même de la juxtaposition des savoirs pluridisciplinaires indispensables pour réussir cette épreuve, cette session met aussi en évidence toute l'importance, pour un candidat, d'être réellement apte à appréhender les systèmes dans leur globalité. Enfin, les compétences en ingénierie pédagogique attendues lui imposent une connaissance approfondie des différents programmes, des objectifs de formation associés et des stratégies pédagogiques préconisées.

C. Résultats

La moyenne des notes obtenues est de 8,75/20. L'écart-type est de 3,75. La meilleure note est 17/20. La plus faible est 1,70/20. La médiane est de 08,60.



Exemple de sujet pour l'exploitation pédagogique d'une activité pratique relative à l'approche globale d'un système pluritechnologique

Robot à câbles

Phase 1 – Conception et organisation d'une séquence de formation à un niveau imposé (durée : 4h00)

Partie 1.1 – Conception de l'architecture de la séquence de formation imposée (0h45)

Objectifs : s'approprier le besoin pédagogique imposé par le jury et concevoir l'architecture de la séquence de formation.

Contexte pédagogique de la séquence de formation imposée

La séquence pédagogique à construire est associée à un des deux contextes pédagogiques suivants, à choisir par le candidat :

	Choix 1	Choix 2
Titre de la séquence	Modéliser une chaîne électro-mécanique	Modéliser pour vérifier les performances statiques d'un mécanisme, d'une structure ou d'un ouvrage
Niveau de formation visé	Terminale générale – Enseignement de spécialité sciences de l'ingénieur	
Supports pédagogiques	Les supports suivants sont disponibles dans le laboratoire de sciences de l'ingénieur. Ils sont choisis judicieusement pour répondre au besoin pédagogique de la séquence imposée : <ul style="list-style-type: none"> - robot à câbles ; - télescope asservi Astrolab ; - robot cueilleur de fruits (MaxPid) ; - pilote hydraulique de bateau ; - projecteur de scène motorisé ; - robot holonome ; - gyropode ; - robot humanoïde Darwin - barrière Sympact 	
Effectif	Classe de 40 à 42 élèves, groupes à effectif réduit de 20-21 élèves.	
Volume horaire	4 heures hebdomadaires (1h de cours + 1h de TD + 2h de TP).	

Les documents suivants sont fournis et accessibles dans le dossier « contexte pédagogique » :

- le programme du niveau de formation visé (fichier Programme SI.pdf) ;
- une proposition de progression didactique adaptée au niveau de formation visé (fichier Progression didactique SI.xlsx).

Production attendue

Une architecture de séquence pédagogique doit être proposée en s'assurant de la cohérence, de la faisabilité et de la pertinence des choix effectués après avoir :

- contextualisé la séquence pédagogique dans une grande thématique ;
- recensé les compétences à développer et les savoir-faire et savoirs à faire acquérir aux élèves ;
- identifié les prérequis et le positionnement temporel de la séquence dans une progression pédagogique (vis-à-vis de la proposition de liste de séquences fournie) ;

- spécifié les modalités pédagogique et didactique (TP, TD, cours, projet, évaluation, remédiation, ...), leurs coordinations et leurs organisations.

Partie 1.2 – prise en main du support didactisé (durée : 0h30)

Objectif : s'appropriier l'environnement et la structure du support didactisé du laboratoire.

Le candidat dispose des éléments suivants :

- un banc robot à câbles didactisé, motorisé et instrumenté ;
- un poste informatique équipé des logiciels utiles ;
- une webcam à brancher sur le port USB du PC pour enregistrer des photos ou des vidéos ;
- un mètre ruban ;
- deux stylos feutres (2 couleurs) ;
- deux dynamomètres 5N et deux dynamomètres 20N ;
- deux masses de 500 g et 1000 g ;
- une brosse ou chiffon ;
- un rouleau de fil.

Le dossier ressource, fourni sous format numérique et papier, comprend :

- DR1 : vidéo de présentation (uniquement en version numérique à lire avec le logiciel VLC) ;
- DR2 : système réel Skycam présentation – exigences ;
- DR3 : système didactisé robot à câbles (RAC) : présentation – exigences ;
- DR4 : mise en service du système et des logiciels associés ;
- DR5 : description des fonctionnalités du robot à câbles et de la webcam ;
- DR6 : lois de commande – définition des notations ;
- DR7 : exemples d'utilisation du logiciel MotionLab.

Le dossier technique, fourni sous format numérique, comprend :

- DT1 : documentation commerciale du moteur DB59 ;
- DT2 : documentation technique du moteur DB59 ;
- DT3 : documentation commerciale du codeur ;
- DT2 : documentation technique du codeur.

Un dossier « Fichiers Simulation » contient les fichiers nécessaires à la réalisation des activités proposées.

Activité 1 Prendre connaissance du système (DR1 à 3) et mettre en œuvre le robot à câbles à l'aide de DR4 et DR5, en mode « dégradé » uniquement en utilisant les commandes « libre » et « bloquée ». Visualiser les 4 déplacements suivants : Vertical ascendant, Vertical descendant, Horizontal direction droite, Horizontal direction gauche.

Activité 2 Repérer sur le robot à câbles les composants décrits dans le diagramme de description des blocs partiel [bdd] (DR3) et décrire succinctement leur fonction. Décrire structurellement le robot à câbles et compléter sur le DRep1 le diagramme des blocs internes [ibd] avec les constituants et la nature des flux manquants. Indiquer si le système est asservi.

Activité 3 Réaliser un schéma cinématique plan du treuil gauche du système du laboratoire. Établir la relation liant la position angulaire du tambour, notée θ_{tambour} , à la position longitudinale du chariot, notée X_{chariot} , et déterminer le déplacement du chariot lorsque le tambour effectue un tour. Conclure vis à vis de l'exigence Req 6 présentée DR3.

Partie 1.3 – expérimentations pour répondre à la problématique technique et scientifique (durée : 2h00)

Problématique technique et scientifique : comment élaborer les lois de commande du robot à câbles ?

On souhaite vérifier l'exigence « Req 2 » présentée dans le DR3 : « l'effecteur doit suivre les consignes en vitesse en coordonnées cartésiennes imposées au joystick avec une erreur inférieure à 5° sur la direction du vecteur vitesse » donnée dans le classeur ressource.

Mise en évidence des limites du mode « dégradé »

Activité 4 Mettre en place un protocole expérimental permettant de vérifier l'exigence « Req 2 ». Synthétiser les observations issues des manipulations en complétant la première ligne du tableau du document réponse DRep2 pour le mode « dégradé ».

Une modélisation du comportement du système a été réalisée en langage Python : fichier simulation_1.py dans le dossier « Fichiers simulation ».

Activité 5 Exécuter le code, se placer en mode dégradé et compléter le DRep2. Conclure quant à la validité du modèle de simulation.

Activité 6 À partir du code de simulation et du DR6, donner l'expression de la loi de commande des vitesses v_1 et v_2 des treuils en mode « dégradé ». Compléter le DRep2. Conclure sur les défauts du comportement en mode « dégradé » et expliquer succinctement comment y remédier.

Étude du comportement du robot à câbles en mode « normal »

On s'intéresse à présent au comportement du robot à câbles en mode « normal ».

Activité 7 À partir du code de simulation et du DR6 en mode normal, expliquer les nouvelles lois de commande des vitesses v_1 et v_2 des treuils. Proposer une modification du diagramme [ibd] sur le DRep1 pour modéliser les flux d'informations complémentaires dus à la commande en mode « normal ». En vous aidant des documents techniques DT1 à DT4, justifier la nécessité d'une prise d'origine pour utiliser le mode « normal ».

Placer sur le robot l'effecteur au point P0. Basculer la console en mode « normal ».

Activité 8 Vérifier expérimentalement le changement de comportement et valider que le mode « normal » satisfait l'exigence attendue Req 2.

Toujours en mode normal, on travaille avec une masse embarquée de 1 kg. Faire valider si besoin le changement de masse par l'examineur.

Activité 9 À partir du point P4, réaliser un mouvement horizontal aller/retour et mesurer les coordonnées (x,y) de 7 points caractéristiques dans ce mouvement. Modifier dans le code de simulation à partir de la ligne 245, les coordonnées des points expérimentaux. Décommenter la ligne 248.

Activité 10 Expliquer le programme réalisé par la fonction « ecarts » du fichier de simulation simulation_1.py. Compléter cette fonction afin qu'elle renvoie l'écart maximum entre la simulation et les points de mesure.

Activité 11 Pour analyser les écarts entre le modèle et les relevés expérimentaux :

- lancer la simulation ;
- reproduire et tracer le mouvement de l'activité 9 sur un mouvement aller/retour horizontal ;
- fermer la fenêtre graphique ;
- exécuter la fonction « écarts » et lire la valeur maximale de l'écart affiché.

Conclure quant à l'origine des écarts. Indiquer la conséquence sur le système réel Skycam utilisé dans les stades.

Étude du comportement mécanique du système et des limites de fonctionnement

Le travail s'effectue toujours en mode « normal », avec une masse embarquée de 1 kg.

Le comportement mécanique du système et des limites de fonctionnement du robot à câbles en mode « normal » est désormais étudié.

Activité 12 Élaborer et conduire un protocole expérimental mettant en évidence l'influence de la position de l'effecteur sur la répartition des efforts dans les câbles. Exploiter les résultats et les synthétiser graphiquement (tableau ou courbe).

Activité 13 Élaborer un modèle statique permettant d'établir une relation entre le poids de l'effecteur, les tensions dans les câbles et la position de l'effecteur (méthode graphique ou analytique au choix). Pour trois points particuliers, quantifier les écarts entre ce modèle, la simulation et l'expérimentation. Synthétiser les résultats.

Activité 14 Justifier la présence des zones interdites lors de la manipulation. Conclure sur la limite d'action du robot à câbles en fonction des caractéristiques du bloc d'alimentation électrique, du motoréducteur et de la résistance élastique des câbles.

Partie 1.4 – élaboration du scénario d'une séance à caractère expérimental (durée : 0h45)

Objectif : développer une séance à caractère expérimental s'intégrant dans la séquence pédagogique proposée dans la partie 1.1.

Production attendue

Une séance à caractère expérimental pertinente doit être proposée après avoir :

- situé cette séance dans la séquence pédagogique (objectifs et prérequis) ;
- décrit l'organisation matérielle et pédagogique de la séance (nombre d'élèves, systèmes utilisés, travail en îlots ou autres) ;
- décrit et justifié la (ou les) démarche(s) pédagogique(s) retenue(s) (démarche d'investigation, de résolution de problème technique, de projet ...) ;
- détaillé le scénario des activités que doivent réaliser les élèves sur le support didactisé à l'aide des documents fournis ci-après ;
- réalisé concrètement au moins une des activités expérimentales proposées dans la séance développée. Cette activité doit être nouvelle et différente de celles réalisées dans la partie 1.3. Préciser l'objectif de la manipulation entreprise, proposer et mettre en œuvre son protocole expérimental comme le feraient les élèves et analyser les résultats obtenus ;
- explicité clairement l'apport de la séance proposée dans le développement des savoir-faire et compétences des élèves.

Les documents fournis pour mener cette partie sont les suivants :

- le fichier de simulation simulation_1.py disponible dans le dossier « Fichiers simulation » ;
- le dossier ressources, et plus particulièrement le DR7 « Exemples d'utilisation du logiciel MotionLab » qui permet de proposer des expérimentations complémentaires ;

- les documents fournis et accessibles dans le dossier « Contexte pédagogique ».

Phase 2 – préparation de l'exposé (durée : 1h00)

Objectif : finaliser le support de présentation pour l'exposé devant le jury.

Production attendue

Un document numérique doit être réalisé afin de :

- présenter la séquence pédagogique ;
- présenter la pertinence du support didactisé par rapport au besoin pédagogique ;
- présenter la séance à caractère expérimental.

Phase 3 – exposé oral et entretien avec le jury en salle (durée : 1h00)

Épreuve d'admission d'activité pratique et d'exploitation pédagogique relative à l'approche spécialisée d'un système pluritechnologique

A. Présentation de l'épreuve

Texte de référence

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

- Durée totale : 6 heures (activités pratiques : 4 heures, préparation de l'exposé : 1 heure, exposé : 30 minutes maximum, entretien : 30 minutes maximum)
- Coefficient 2

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

Le support de l'activité pratique proposée permet, à partir d'une analyse systémique globale, l'analyse d'un problème technique particulier relatif à la spécialité du concours dans l'option choisie. La proposition pédagogique attendue, directement liée aux activités pratiques réalisées, est relative aux enseignements technologiques de spécialité du cycle terminal "sciences et technologies de l'industrie et du développement durable (STI2D)" du lycée et des programmes de BTS CIEL option "Informatique et Réseau" et BUT des champs couverts par l'option choisie.

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

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

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

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

Déroulement de l'épreuve

Cette épreuve comporte trois phases.

Phase 1 – Manipulation expérimentale au laboratoire (durée 4h00)

Cette phase, d'une durée totale de 4 heures, se déroule en trois parties dans le laboratoire où sont mis à disposition les différents supports techniques qui permettent à chaque candidat de proposer une séquence pédagogique. Cette dernière s'appuie sur les activités pratiques réalisées par le candidat.

Première partie (durée ≈ 0h30)

Dans cette partie de prise en main du système, les études et activités proposées au candidat ont pour objectif de faciliter la compréhension de l'architecture globale du système et de son fonctionnement. À la fin de cette première partie, le jury s'assure que le candidat s'est bien approprié le support de l'activité pratique ainsi que la problématique proposée.

Deuxième partie (durée ≈ 2h00)

Dans cette partie d'approfondissement, le candidat doit suivre les études et les activités proposées permettant de répondre à la problématique de l'activité pratique. Cette partie doit permettre au candidat, par la mobilisation de compétences et de connaissances caractéristiques du niveau de l'agrégation, de développer/intégrer des modules logiciels, d'intégrer du code, de déverminer un programme, de résoudre les problèmes posés, puis d'en exploiter les résultats obtenus (modèles, représentation UML/SysML, algorithmes, jeu de tests, interface graphique, résultats numériques, etc).

Troisième partie (durée ≈ 1h30)

Dans cette partie, le candidat dispose librement du support de TP pour préparer la trame détaillée de sa séquence pédagogique. En s'appuyant sur les développements, les investigations et les analyses effectués durant les deux premières parties ou d'autres éléments qu'il a la possibilité de concevoir, le candidat doit proposer un ou plusieurs protocoles expérimentaux lui permettant de répondre à la fois à la problématique scientifique et à la problématique pédagogique.

Cette phase 1 se déroule dans le laboratoire dans lequel se trouve le support de TP utilisé.

L'exploitation pédagogique est relative à l'enseignement spécifique du cycle terminal :

- en lycée, de la voie technologique sciences et technologies de l'industrie et du développement durable de la spécialité système d'information et numérique (STI2D SIN) ;
- en post bac, des programmes du BTS systèmes numériques (options : informatique et réseaux, électronique et communication) et des BUT génie électrique et informatique industrielle, réseaux et télécommunication et informatique relatifs aux champs couverts par l'option ingénierie informatique.

Les candidats disposent de l'ensemble des moyens nécessaires à l'expérimentation et d'un poste informatique, relié à Internet, doté des logiciels courants de bureautique et des logiciels plus spécifiques liés au sujet qui leur est proposé.

Phase 2 – préparation de la présentation (durée 1h00)

Durant cette phase d'une heure, le candidat s'appuie sur la trame de la séquence qu'il a construite dans la troisième partie de la phase 1 et prépare l'intervention qu'il fera devant le jury. Il dispose d'un poste informatique relié à Internet doté des logiciels courants de bureautique et de tous les résultats de mesures, analyses ou investigations issus de la phase 1.

Phase 3 – présentation des travaux devant le jury (durée 1h00)

L'exposé oral est d'une durée maximale de 30 minutes. Le jury n'intervient pas pendant l'exposé du candidat. L'entretien avec le jury est d'une durée maximale de 30 minutes.

Le candidat est amené au cours de sa présentation orale à présenter :

- le système (durée maximale 5 minutes) ;
- une synthèse des activités menées dans la deuxième partie de la première phase de l'activité pratique (durée maximale 5 minutes) ;
- son exploitation pédagogique (durée maximale 20 minutes).

Au cours de l'entretien, le candidat est amené à :

- préciser certains points de sa présentation ;
- expliquer et justifier les choix de nature didactique et pédagogique.

Pour la présentation devant le jury, les candidats ont à leur disposition un tableau, un ordinateur et un vidéoprojecteur. Ils disposent d'un poste informatique doté des logiciels courants de bureautique, connecté à Internet et des résultats obtenus lors des phases 1 et 2, stockés dans l'espace qui leur est dédié.

Systèmes proposés

Pour la session 2023, les systèmes proposés sont parmi les suivants :

- drone instrumenté communicant ;
- objets connectés ;
- système de contrôle aérien ;
- réception et traitement de données issues de modules météorologiques ;
- robot pédagogique 4 axes ;
- système de contrôle d'accès RFID ;
- détection et localisation de tumeurs cérébrales par traitement d'image IRM.

Ces études permettent aux candidats de mettre en œuvre leurs compétences à un haut niveau scientifique associées aux tâches suivantes :

- modélisation de systèmes (UML/SYSML ...) ;
- analyse critique et validation de modèles (de calcul, de données, de logiciels, d'échange) et proposition de modifications ;
- programmation en langages C/C++, Java, Python, SQL ;
- déverminage de programmes et traces des variables ;
- configuration, déploiement et test de réseaux informatiques ;
- intégration et utilisation de bibliothèques logicielles (traitement d'images, interface graphique, protocoles réseaux, base de données ...) ;
- développement d'algorithmes spécifiques et prise en compte de leurs performances.

B. Commentaires du jury

Compétences attendues par le jury

Lors de cette épreuve d'activités pratiques, le jury évalue chez les candidats les compétences suivantes :

- faire preuve d'ingénierie pédagogique en élaborant une séance d'activités pratiques dans une séquence pédagogique cohérente, inscrite dans une progression pédagogique ;
- proposer des activités pratiques ou des modélisations nouvelles, adaptées au niveau imposé et aux objectifs de formation ;
- s'approprier un support, un environnement de développement, un système d'exploitation ;
- s'approprier la problématique associée ;
- élaborer, conduire et justifier un algorithme, un développement et/ou un protocole de test ;
- exploiter et analyser des résultats de tests ;
- élaborer, justifier, analyser de manière critique un modèle ;
- évoluer en autonomie en mobilisant toutes ses connaissances et ses compétences ;
- présenter oralement ses travaux avec clarté, précision et rigueur ;
- être réactif et pertinent dans les réponses aux questions posées par les membres du jury.

Analyse des résultats

Concernant la phase 1, le jury considère que les candidats répondent favorablement aux attentes quant à leur capacité :

- à suivre des protocoles de tests en utilisant des logiciels variés et/ou en exécutant des programmes (console, analyseur de trames, déverminer) ;
- à écrire du code dans des langages variés (appels de fonctions, programmation orientée objet) ;

Cependant, durant cette phase 1, le jury a constaté que certains candidats rencontraient certaines difficultés :

- à analyser le système d'un point de vue de l'architecture logicielle et de l'infrastructure informatique ;
- à explorer rapidement les différentes parties d'un logiciel selon des méthodes de recherche intégrées dans de nombreux environnements de développement et de systèmes d'exploitation ;
- à concevoir et réaliser de nouveaux développements pour leur séquence pédagogique.
- à utiliser avec aisance le système d'exploitation GNU/Linux

Concernant la phase 3, la prestation orale des candidats lors de la présentation des travaux devant le jury se révèle souvent incomplète et/ou inconsistante pour les raisons suivantes :

- la présentation du système est souvent insuffisante et les représentations UML/SysML ne sont pas proposées alors même que les candidats peuvent s'appuyer sur les éléments qui leur sont fournis ;
- l'analyse des résultats expérimentaux est trop souvent superficielle et ne permet pas au jury de percevoir ce que le candidat a compris de la problématique de l'activité pratique ;
- les temps de présentation préconisés ne sont pas toujours respectés (système, résultats expérimentaux, exploitation pédagogique) et les 30 minutes ne sont que rarement utilisées ;
- le choix des savoirs des séquences pédagogiques est très souvent cohérent mais le découpage en séances permettant d'évaluer les savoir-faire de manière progressive n'est pas maîtrisé ou proposé ;
- certains candidats présentent des activités « élèves » sans rapport avec les compétences visées ;
- l'exploitation pédagogique envisagée se limite trop souvent à proposer une séquence pédagogique incluant la seule activité de travaux pratiques conduite précédemment au laboratoire sans fil conducteur avec d'autres éléments ;
- les moyens à mettre en œuvre compte tenu du nombre d'élèves ou d'étudiants présents dans la section considérée ne sont pas souvent explicités et ne permettent pas de vérifier le réalisme de la solution pédagogique ;
- l'exploitation pédagogique n'utilise pas de manière pertinente le support proposé en travaux pratiques ou un autre support représentant des solutions techniques similaires, ce qui ne permet pas au jury d'apprécier la capacité du candidat à créer du contenu pédagogique à partir de systèmes réels ou didactiques ;
- le positionnement de la séquence pédagogique dans une progression pédagogique est très rarement proposé.
- Les prérequis de la séquence pédagogique présentée ainsi que les méthodes d'évaluation des compétences visées sont insuffisamment énumérés.

Conseils du jury

Pour réussir au mieux ces deux phases, le jury invite les candidats à maîtriser parfaitement l'utilisation des systèmes d'exploitation largement utilisés en ingénierie informatique (Windows, GNU/Linux, systèmes temps réel), les logiciels courants de bureautique (suite logicielle de conception de documents, utilitaires classiques de capture d'écran), les concepts de la programmation objet, leur modélisation en UML et leur implémentation dans les trois langages de programmation que sont le C++, Java et Python. Les futurs candidats doivent garder à l'esprit que cette agrégation demande des qualités dépassant largement le simple exercice de programmation.

Le jury conseille aux candidats d'étudier par exemple les logiciels de contrôle commande moderne qui sont très souvent construits en couches partant du bas niveau (capteur, microcontrôleur) jusqu'aux applications de haut niveau (contrôle d'une trajectoire, interface homme-machine) en passant par des couches intermédiaires (pilotes logiciels, système de messagerie, gestionnaire de tâches). Dans ces

systèmes, les concepts de la programmation orientée objet sont utilisés afin de procurer à la solution informatique des caractéristiques pertinentes pour le domaine de l'ingénierie informatique.

Le jury attend que les candidats mettent à profit le temps dont ils disposent durant la troisième partie de la phase 1 (1h30) pour conduire d'autres développements (exemples de manipulations réalisées par les étudiants) que ceux demandés précédemment, sur lesquels ils pourront s'appuyer pour proposer ensuite une exploitation pédagogique originale et personnelle.

Contrairement à la première épreuve d'admission relative à l'approche globale d'un système pluritechnologique, le jury de la seconde épreuve d'admission relative à l'approche spécialisée d'un système pluritechnologique rappelle que le candidat doit présenter le système étudié, les expérimentations effectuées et les résultats obtenus. Le jury cherche à évaluer la clarté d'expression, les facultés du candidat à s'approprier, à synthétiser et à restituer avec précision et rigueur les contenus techniques et scientifiques exploités lors de la première partie.

Le jury rappelle qu'il s'agit pour le candidat de présenter une séquence pédagogique inscrite dans une progression pédagogique. Dans cette séquence, doit apparaître de façon précise un ou plusieurs points caractéristiques des séances de formation proposées. L'ensemble doit prendre appui sur les investigations et les analyses effectuées au préalable par le candidat au cours d'activités pratiques relatives au support proposé, en tenant compte du niveau de la formation visée et en adaptant l'exploitation du support à celui-ci.

Le jury rappelle que la conception d'une séquence pédagogique visant des savoir-faire et des savoirs doit suivre une méthodologie dont les étapes peuvent être les suivantes :

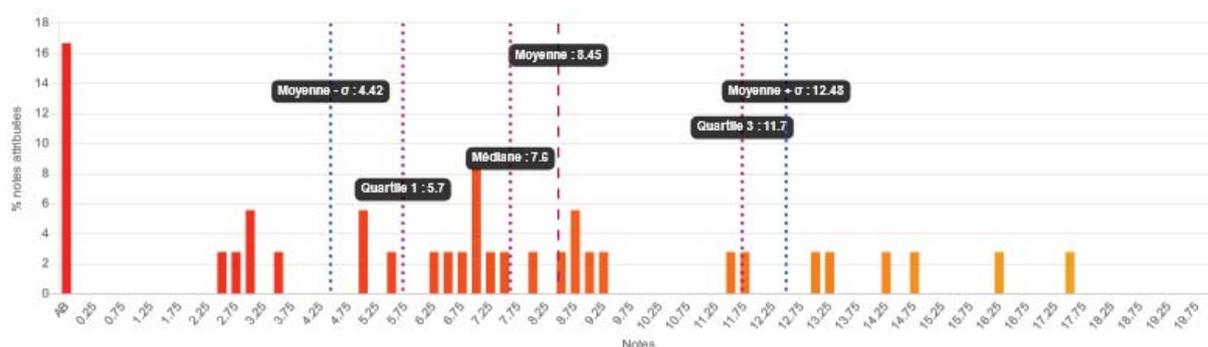
- le choix de l'objectif pédagogique qui doit s'appuyer sur un support technique représentatif des sciences de l'ingénieur. Ce dernier est imposé par le sujet de TP ;
- le choix des compétences visées par le candidat. Il n'est pas nécessaire de choisir l'ensemble des compétences définies dans le sujet de TP ;
- le choix des savoir-faire définis pour la ou les compétences choisies. L'attestation de la construction d'une compétence est obtenue en validant l'acquisition de tous les savoir-faire. Des indicateurs observables doivent permettre de les évaluer précisément ;
- le choix des savoirs associés aux savoir-faire (à positionner en prérequis, au lancement, en ressource durant les séances ou bien en synthèse) ;
- et enfin la répartition des savoir-faire et des savoirs dans chaque séance.

Le jury conseille aux candidats de préparer la partie pédagogique en utilisant les référentiels des diplômes cités dans cette épreuve et qu'ils ont à leur disposition dans les espaces de travail qui leur sont fournis.

Le jury incite également les candidats à l'agrégation à pousser la porte des lycées et des IUT ainsi que des INSPÉ ou des ENS, afin d'obtenir de la part d'enseignants de terrain ou formateurs, un maximum d'informations d'ordre pédagogique leur permettant de préparer au mieux cette épreuve.

C. Résultats

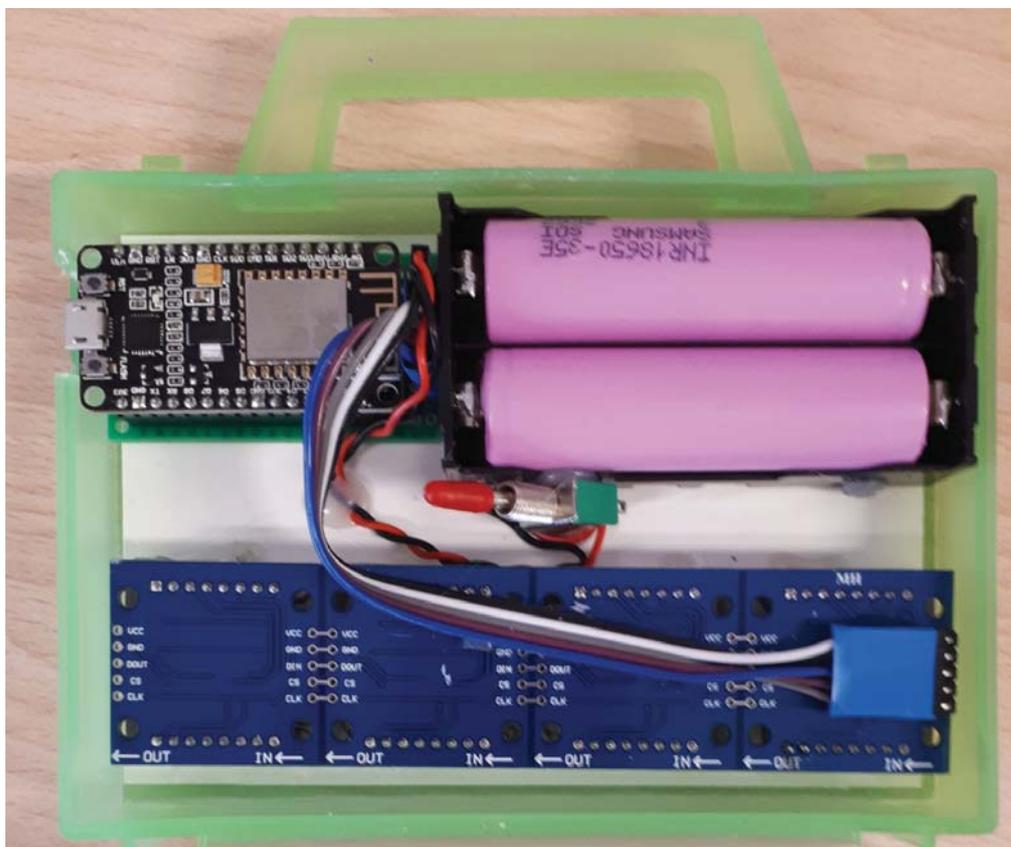
Trente-six candidats étaient inscrits à l'épreuve. Les 6 candidats absents n'ont pu s'exercer à cette épreuve. La moyenne des notes obtenues est de 8,45/20. L'écart-type est de 4,03. La meilleure note est 17,6/20 et la plus faible est 2,7/20.



AGREGATION DE SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGENIEUR

Session 2024

Objets connectés



EPREUVE D'ADMISSION
Travaux pratiques de l'option ingénierie informatique

1 Objectif de l'épreuve

1.1 Compétences de l'enseignant

L'épreuve a pour but de vérifier les aptitudes des candidats à :

- Organiser et mettre en œuvre des équipements expérimentaux, des composants matériels et logiciels ;
- Proposer une méthode d'analyse des problématiques proposées ;
- Manipuler, mesurer/tester, observer, discuter les résultats des mesure et des tests ;
- Synthétiser et exposer le travail réalisé ;
- Proposer une exploitation pédagogique.

1.2 Séquence pédagogique à développer

Le candidat pourra proposer une séquence pédagogique dans le cadre d'un des parcours du BUT GEII.

On rappelle ici les acquis d'apprentissage visés de certaines ressources. Le programme national est à la disposition du candidat.

- **Ressource R1.08 / Informatique** : À l'issue de cette ressource l'étudiant doit être capable de concevoir l'algorithme d'un programme simple à partir d'un cahier des charges, de le coder dans un langage évolué en respectant les bonnes pratiques (indentation, commentaires,...) et d'en vérifier le fonctionnement.
- **Ressource R2.07 / Informatique embarquée** : À l'issue de cet enseignement l'étudiant doit être capable de concevoir un programme organisé en fonctions (blocs/modules réutilisables) et implantable dans une cible (type microcontrôleur) dont il connaît les spécificités techniques des périphériques à utiliser. Il doit également être capable d'en valider le fonctionnement en identifiant les éventuels correctifs à apporter.
- **Ressource R3.07 / Informatique industrielle** : À l'issue de cette ressource, l'étudiant doit être capable de : – Concevoir une application en respectant les bonnes pratiques de développement ; – Optimiser les performances d'un code (algorithme et réglage du compilateur) sur microcontrôleur en lien avec l'architecture et les ressources disponibles ; – Mettre en œuvre une liaison de communication série ; – Mettre en œuvre des périphériques spécifiques sur un microcontrôleur.
- **Ressource R3.12 / Généralités sur les réseaux et la cybersécurité** : A l'issue de cette ressource, l'étudiant doit être capable de : – Lire, comprendre et savoir utiliser les termes techniques liés aux réseaux pour être capable de tenir une conversation technique (en français et en anglais) avec un technico-commercial, un ingénieur ou un client, pour une opération d'exploitation et de maintenance ; – Auditer la structure réseau mise en place, les protocoles, les services, le matériel d'interconnexion et les équipements industriels ; – Énumérer des outils de test pour valider le fonctionnement d'un réseau et vérifier la communication entre les équipements. Citer leur utilité et leur fonctionnement ; – Mettre en œuvre des procédures de test et de dépannage de réseaux IP en utilisant des outils d'analyse de paquets, de test de connectivité (par exemple Wireshark, PING, Traceroute...) ; – Comprendre l'interconnexion des réseaux au niveau de la couche 3 du modèle OSI ; – Citer les enjeux et quelques solutions liés aux cyberattaques.
- **Ressource R5.07 / Bases de données** : À l'issue de cette ressource, l'étudiant doit être capable d'exploiter une base de données.

Par ailleurs, l'exploitation pédagogique peut être réalisée dans le cadre d'une des SAÉ du parcours : *Électronique et systèmes embarqués* :

- **SAÉ 4.ESE.01** : Mettre en œuvre un système électronique communicant sans fil en intégrant un traitement numérique des données.
- **SAÉ 5.ESE.01** ou **SAÉ 6.ESE.01** : Mettre en œuvre un système électronique et/ou embarqué spécifique.

2 Déroulement de l'épreuve

2.1 Phase 1 – Manipulation expérimentale au laboratoire (durée 4h00)

Cette phase 1 se déroule en trois parties dans le laboratoire. Le support étudié permet au candidat d'élaborer une ou des séquences pédagogiques.

L'exploitation pédagogique proposée est directement liée aux activités pratiques réalisées

Le candidat dispose de l'ensemble des moyens nécessaires à l'expérimentation et d'un poste informatique, connecté à Internet, doté des logiciels courants de bureautique et des logiciels plus spécifiques liés au support.

Première partie (durée ≈ 0h30)

Pour cette partie, les manipulations ainsi que les questions ont pour objectif de faciliter la compréhension du fonctionnement global. Une synthèse orale est présentée à l'examineur, selon un plan personnel, en se limitant aux manipulations et aux questions de cette première partie. Au cours de cette synthèse, le candidat montre qu'il s'est bien approprié le support de TP.

Deuxième partie (durée ≈ 2h00)

Pour cette partie, le candidat répond aux problématiques proposées dans le TP. Cette partie permet, par la mobilisation de compétences caractéristiques du niveau de l'agrégation, de résoudre les problèmes posés puis d'exploiter les résultats obtenus (hypothèses, modèles, valeurs numériques,...).

Troisième partie (durée ≈ 1h30)

Pour cette partie, le candidat prépare la trame détaillée de sa séquence pédagogique, en s'aidant des manipulations nécessaires et en précisant et validant un ou plusieurs protocoles de mesure.

2.2 Phase 2 – Préparation de l'exposé en salle (durée 1h00)

Le candidat prépare dans la salle d'exposé son intervention devant le jury.

IMPORTANT : L'accès à la manipulation n'est plus possible durant cette heure de préparation en salle.

2.3 Phase 3 – Exposé oral et entretien avec le jury en salle (durée 1h00)

L'exposé oral, d'une durée maximale de 30 min, comporte :

- La présentation du système (5 min) ;
- Le compte-rendu des manipulations effectuées dans la deuxième partie de la première phase du TP (5 min) ;
- L'exploitation pédagogique (20 min).

Il est suivi d'un entretien avec le jury (durée maximale 30 minutes).

Le candidat est amené au cours de sa présentation orale à expliciter sa démarche méthodologique, à mettre en évidence les informations, données et résultats issus des investigations conduites au cours des activités pratiques qui lui ont permis de construire sa séquence de formation, à décrire et situer la séquence de formation qu'il a élaborée.

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

3 Mise en situation

Le travail est réalisé sur un système composé de plusieurs sous-systèmes qui communiquent à travers un réseau TCP/IP (fig. 1) :

1. une sonde de température (ESP8266 + sonde DS18B20), qui publie ses données sur un *broker* MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*)

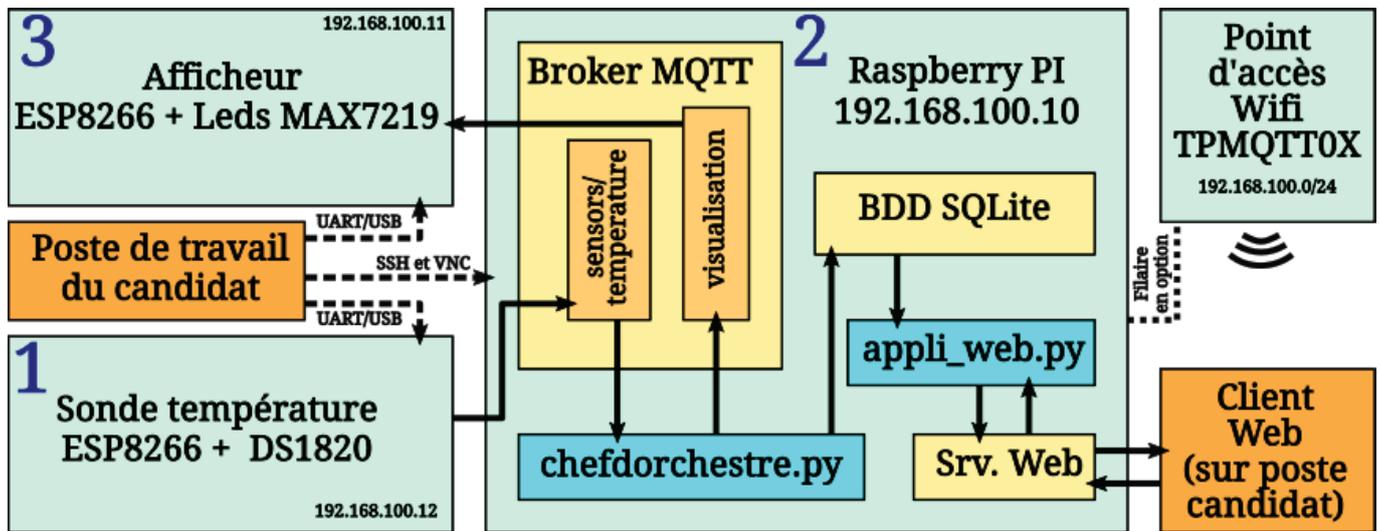


Figure 1: Vue générale des éléments du TP

2. une machine serveur (Raspberry Pi), contenant un *broker* MQTT, un serveur Web, et quelques programmes Python pour orchestrer le tout
3. un afficheur connecté à base d'une matrice de Leds (MAX7219), et d'un ESP8266, capable de souscrire à un *topic* MQTT pour obtenir les données à afficher.

Les éléments sont fonctionnels en partie seulement et doivent être modifiés pour remplir correctement leur rôle.

4 Première phase, première partie (durée 0H30)

Les fichiers à disposition (stockage amovible USB ou répertoire partagé) sont détaillés en annexe (sec. 7.1).

4.1 Consultation d'un topic MQTT à distance (10 minutes)

MQTT organise les messages en différents sujets, appelés *topics*.

Q 1 Vérification de l'accès au réseau Wifi

Lancer Powershell, puis utiliser la commande `ipconfig` pour vérifier que le poste de travail a accès au réseau IP 192.168.100.0/24 (SSID WIFI TPMQTT0X).

Une fois connue l'adresse du broker (essayer de pinguer la Raspberry Pi : 192.168.100.10), il est possible de publier dans un topic ou de souscrire à un topic (par exemple le topic `debug/test`).

Q 2 Publier et souscrire avec le logiciel `mqtt_fx`

Le logiciel `mqtt_fx` est un logiciel open source multi-plateformes disponible sur le poste de travail. Il permet d'écrire dans un topic, ou de s'abonner à un topic.

Exécuter `mqtt_fx`, et cliquer sur l'engrenage puis régler le profil avec l'adresse IP du broker MQTT (voir fig. 2).

Se connecter sur le broker MQTT. Sur l'onglet *Subscribe*, s'abonner au topic `debug/test` (fig. 3).

Sur l'onglet *Publish*, publier un message sur ce même topic (fig. 4).

Le message doit apparaître sous l'onglet *Subscribe* (fig. 5).

Remarque : Les programmes `mosquitto_pub` et `mosquitto_sub` utilisables en ligne de commande permettent aussi de réaliser les opérations de publication dans un topic et d'abonnement à un topic sur un serveur distant.

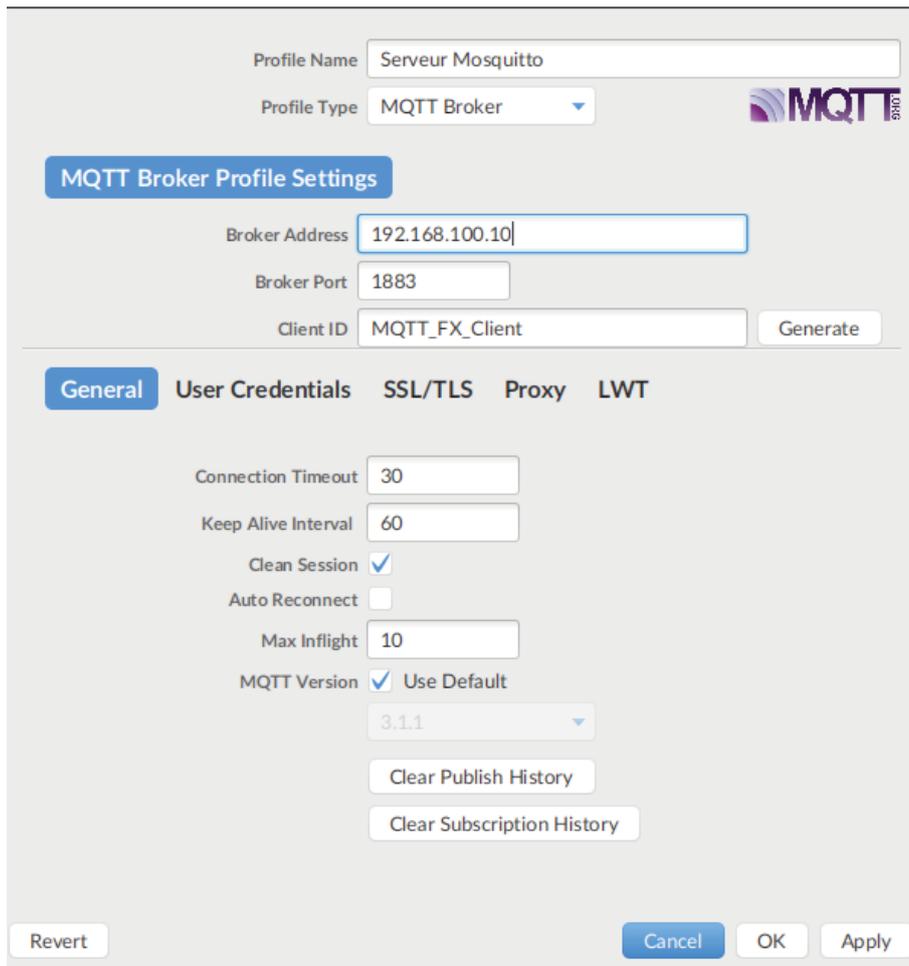


Figure 2: Réglage du profil

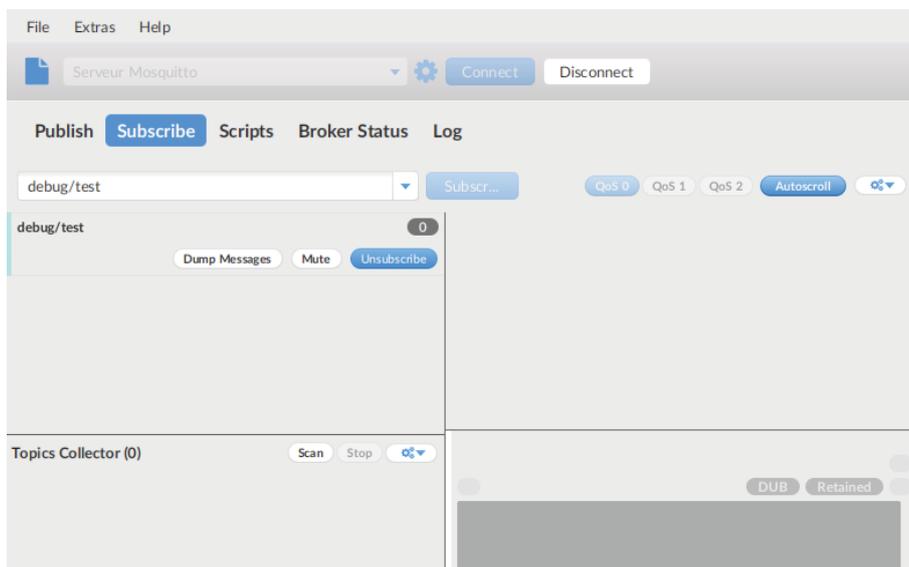


Figure 3: S'abonner à un topic

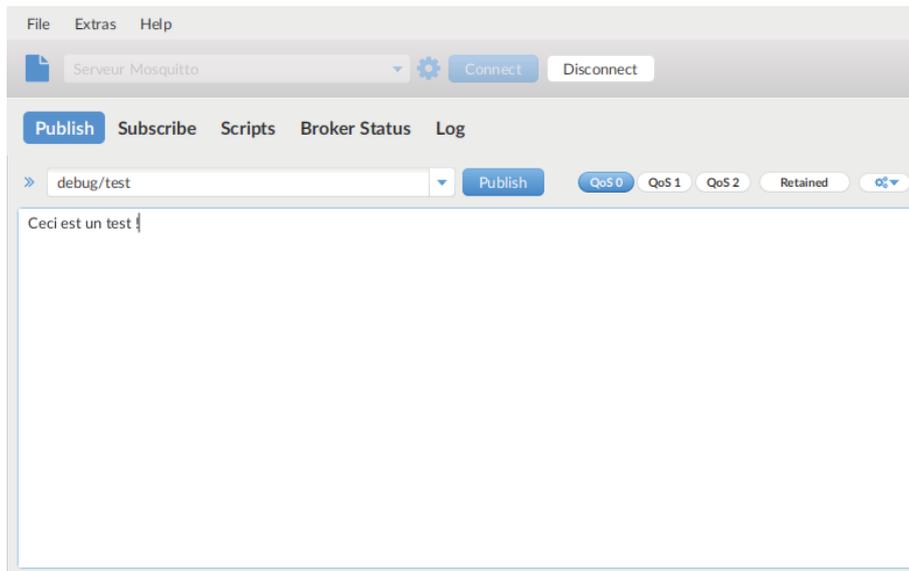


Figure 4: Publier un message sur un topic

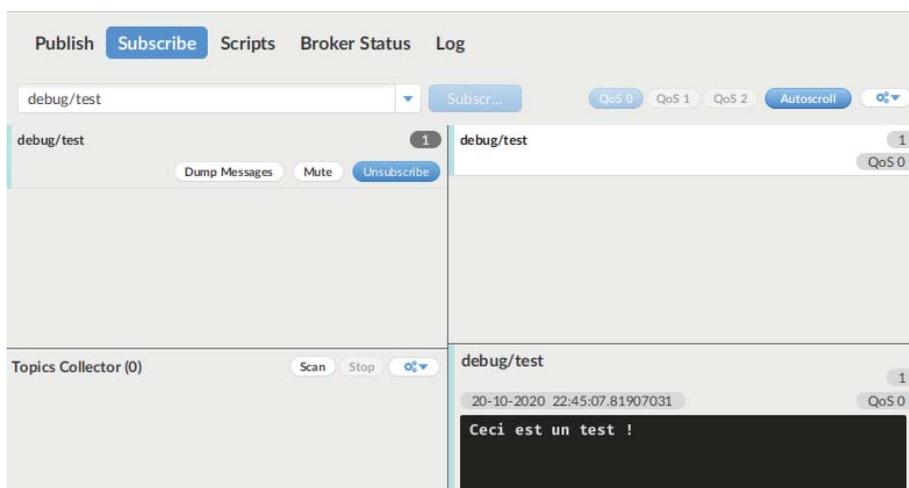


Figure 5: Visualiser un message publié

4.2 Communication sonde de température / broker / afficheur (10 minutes)

Description du système :

■ La carte à microcontrôleur reliée à la sonde de température est configurée pour se connecter au réseau WiFi `TPMQTTOX`. Une fois connectée au réseau WiFi, elle accède au broker MQTT à l'adresse `192.168.100.10` et poste une chaîne de caractères contenant des données (ici un nombre aléatoire). Ces données sont envoyées sur le topic `sensors/temperature` à raison d'une valeur toutes les une à deux secondes.

■ L'afficheur à matrice de Leds est basé sur la même carte à microcontrôleur. Une fois connecté au réseau WiFi `TPMQTTOX`, l'afficheur souscrit au topic `visualisation` du broker `192.168.100.10`. L'afficheur a pour objectif de présenter sous une forme appropriée les informations qui arrivent sur ce topic.

Pour l'instant l'afficheur n'est pas complètement fonctionnel. En l'état, chaque fois qu'une donnée est publiée sur le topic `visualisation`, il affiche simplement des messages de debug sur le port série (et pas sur la matrice de Leds). De plus, il affiche un message de bienvenue sur la matrice de Leds à la mise sous tension.

■ Le code initialement téléversé sur les cartes est disponible sur le poste utilisateur.

Q 3 Vérifier que la sonde communique avec le broker

Mettre la carte sonde de température sous tension, et vérifier avec un client MQTT que le broker reçoit bien les informations postées par la sonde (il suffit de s'abonner au topic `sensors/temperature`).

Actuellement, la sonde envoie des nombres aléatoires à la place de la température.

Q 4 Afficher les informations de debug de l'afficheur

Débrancher la sonde du poste de travail, connecter l'afficheur au poste de travail.

Depuis l'environnement Arduino, afficher dans le moniteur ce que l'afficheur envoie sur le port série (115200 bauds) à la mise sous tension. L'ESP peut être redémarré avec le bouton RST de la carte. Le port série est aussi affichable avec MobaXterm (voir sec. 7.5).

Q 5 Vérifier que l'afficheur communique avec le broker

À présent, avec un client MQTT, poster un message sur le topic `visualisation` et vérifier que l'afficheur produit bien un message de debug sur le port série, montrant qu'il a bien reçu l'information.

4.3 Orchestration et application Web (10 minutes)

Sur la Raspberry Pi (`192.168.100.10`), un programme Python, `chefdorchestre.py` se charge d'orchestrer le flux d'informations :

- réception des messages des capteurs (par exemple sur le topic `sensors/temperature`)
- publication des messages sur le topic de l'afficheur `visualisation`
- enregistrement des données des capteurs dans une base de données SQLite

Ce programme est fourni, mais il sera nécessaire de le modifier dans la suite.

Actuellement, le programme se connecte au broker MQTT local, s'abonne au topic `sensors/temperature`, enregistre une donnée horodatée dans une base de données SQLite (fichier `data.sqlite`) à chaque réception de température, et republie l'information telle qu'elle sur le topic `visualisation`.

Q 6 Prise en mains de la Raspberry Pi

Se connecter sur la Raspberry Pi en `192.168.100.10` (voir sec. 7.4).

Les outils suivants seront disponibles pour éditer des fichiers, selon le mode de connexion choisi :

- `vim`, `emacs` ou `nano` avec une connexion SSH (MobaXterm) en mode texte.
- éditeur graphique `geany` au travers du serveur X de MobaXterm

- toute l'interface graphique de la Raspberry Pi avec VNC

Sur la Raspberry Pi, à la racine du répertoire `CODE_RPI`, on trouve le programme `chefdorchestre.py` qui réalise les opérations mentionnées plus haut.

Le second programme `clear_bdd.py` permet d'effacer les données éventuellement présentes dans la base de données.

Q 7 Vérification de la base de données

Commencer par effacer la base de données avec `./clear_bdd.py`. Puis lancer le programme `./chefdorchestre.py`.

Dans une seconde fenêtre de terminal, sur la Raspberry, se placer dans `CODE_RPI` et accéder à la base de données :

```
$ sqlite3 data.sqlite
```

Aperçu des tables :

```
.schema
```

Il est possible d'afficher le contenu d'une table (elle est initialement vide) :

```
select * from data;
```

Vérifier que `chefdorchestre.py` est lancé et que la sonde de température est sous tension. Vérifier que de nouvelles données apparaissent dans la table `data` de la base de données à chaque émission du capteur de température (il y en a une toutes les une à deux secondes).

On quitte `sqlite` avec la commande `.quit`

Q 8 Passage des informations entre plusieurs topics

Dans les mêmes conditions (sonde allumée, `chefdorchestre.py` en cours d'exécution), vérifier par ailleurs (avec un client MQTT ou avec la sortie console de l'afficheur) que les informations émanant du capteur de température arrivent effectivement sur le topic `visualisation`.

À présent, arrêter le programme `chefdorchestre.py`. (Ctrl+C), et constater que les informations ne sont plus relayées. Ne pas redémarrer `chefdorchestre.py` pour le moment.

Q 9 Exécution de l'application flask

Sur la Raspberry Pi, une application Web (`flask`) est disponible dans `CODE_RPI`. Le script Python est nommé `webapp.py`.

Dans un terminal connecté à la Raspberry Pi, exécuter cette application :

```
$ python3 webapp.py
* Serving Flask app "webapp" (lazy loading)
* Environment: production
  WARNING: Do not use the development server in a production environment.
  Use a production WSGI server instead.
* Debug mode: on
* Running on http://0.0.0.0:5000/ (Press CTRL+C to quit)
* Restarting with stat
* Debugger is active!
* Debugger PIN: 555-235-234
```

Depuis le poste de travail, consulter la page accessible par l'URL `http://192.168.100.10:5000` et vérifier qu'elle s'affiche sans erreur (la page contient seulement le titre *Menu*).

Cette application Web permettra d'afficher les derniers relevés de température.

5 Première phase, 2e partie : expérimentations guidées

Faire en sorte que seule la sonde de température soit maintenant reliée au poste de travail de manière à identifier facilement le port COM.

5.1 Sonde de température”

La programmation de la sonde peut être réalisée à partir de l’IDE Arduino. Le programme actuellement sur la carte est `sonde_esp.ino`. Il est écrit en C/C++.

Ce code, ainsi que les bibliothèques utilisées sont placés sur le poste utilisateur.

Q 10 Téléverser le code sur la carte ESP8266

Avant d’opérer la moindre modification, vérifier que le code peut être téléversé sur la carte.

Régler de la carte cible : (Outils, Type de Carte : NodeMCU 1.0 (ESP-12E)). Vérifier que les réglages sont corrects (fig. 6), puis téléverser le code (fig. 7). La compilation et le téléversement peuvent durer quelques minutes.

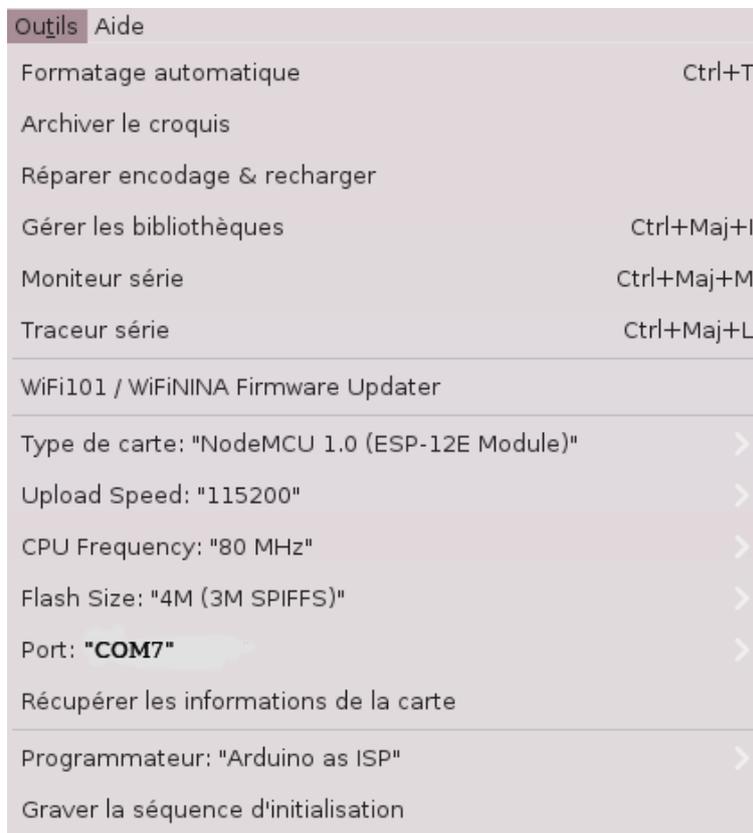


Figure 6: Réglage de la carte cible

Q 11 Récupérer les données de la sonde de température dans `getTemp()`

La sonde de température est une sonde DS18B20 qui utilise le bus One-Wire. Une partie de la fonction d’acquisition est déjà écrite, et des informations complémentaires sur le pilotage du bus et le fonctionnement de la sonde sont fournies en annexe (sec. 7.8)

Il n’est pas nécessaire de gérer le cas des températures négatives pour terminer ce travail.

Modifier la fonction `getTemp()` pour qu’elle renvoie la température issue du capteur.

Ajuster la fonction `loop()` pour afficher la température sur le port série. À ce stade, il est inutile d’envoyer les données vers le broker.

```

/home/signac/.arduino15/packages/esp8266/tools/esptool/0.4.9/esptool -vv -cd nodemcu -cb 115200 -cp /dev/ttyUSB0 -ca 0x000000 -cf /tmp/arduino_build_829481/sonde_mqtt.ino.bin
esptool v0.4.9 - (c) 2014 Ch. Klippel <ck@atelier-klippel.de>
  setting board to nodemcu
  setting baudrate from 115200 to 115200
  setting port from /dev/ttyUSB0 to /dev/ttyUSB0
  setting address from 0x00000000 to 0x00000000
  espcmm_upload_file
  espcmm_upload_mem
opening port /dev/ttyUSB0 at 115200
  tcsetattr
  tcsetattr
  serial open
opening bootloader
resetting board
trying to connect
  espcmm_send_command: sending command header
  espcmm_send_command: sending command payload
trying to connect
  espcmm_send_command: sending command header
  espcmm_send_command: sending command payload
  espcmm_send_command: receiving 2 bytes of data
  espcmm_send_command: receiving 2 bytes of data
Uploading 238480 bytes from /tmp/arduino_build_829481/sonde_mqtt.ino.bin to flash at 0x00000000
  erasing flash
  size: 03a390 address: 000000
  first_sector_index: 0
  total_sector_count: 59
  head_sector_count: 16
  adjusted_sector_count: 43
  erase_size: 02b000
  espcmm_send_command: sending command header
  espcmm_send_command: sending command payload
  setting timeout 15000
  setting timeout 100
  espcmm_send_command: receiving 2 bytes of data
  writing flash
..... [ 34% ]
..... [ 68% ]
..... [ 100% ]

```

Figure 7: Téléversement du code

Q 12 Envoyer les données sur le serveur

La partie connexion au serveur MQTT est déjà réalisée, mais la sonde envoie actuellement un nombre aléatoire. Modifier le code pour que la température soit envoyée vers le broker à chaque nouvelle mesure et régler la période des mesures à 5 secondes environ.

Proposer une manipulation permettant de vérifier le fonctionnement de la chaîne entre le capteur de température DS18B20, et le topic `sensors/temperature` du broker MQTT.

Q 13 Visualisation des communications

À l'aide de Wireshark, on souhaite observer les trames correspondant à l'envoi des messages MQTT. Avec la configuration réseau utilisée, sur quelle machine Wireshark doit-il être lancé ?

Quel est le numéro de port utilisé par le broker MQTT (il est visible dans le code source de la sonde de température) ? Dans Wireshark, filtrer les trames (à la capture ou à l'affichage) utilisant le port TCP en question.

Combien de trames sont échangées lors de la publication d'une donnée de température ? Expliquer le rôle de ces trames.

Dans ces trames, retrouver le *payload* contenant la valeur de la température.

Combien d'octets sont envoyés **dans la couche application** lors de la publication d'une donnée de température ?

5.2 Afficheur

Brancher l'afficheur au poste de travail à la place de la sonde.

Le pilotage de l'affichage est essentiellement logiciel. Le code téléversé sur la carte est `afficheur_esp`, disponible dans les fichiers fournis.

Dans ce code, prêter tout particulièrement attention aux fonctions `write` et `update`. En cas de besoin, la datasheet du driver MAX7219 des matrices de LEDs est dans les fichiers fournis.

Q 14 Fonctionnement de l’affichage

L’affichage se fait par l’intermédiaire de la fonction `write`. Détailler les mécanismes de cette fonction, et en particulier les liens entre le composant d’affichage, la variable `ecran`, et le contenu du fichier `myfonts.h`.

Q 15 Programmation événementielle

La fonction `loop()` du code fourni est exécutée en boucle, et ne contient aucun appel aux fonctions relatives à MQTT. Pourtant, lors de l’arrivée d’un message sur le bon topic, il est effectivement traité par l’afficheur. Expliquer comment cela fonctionne.

Q 16 Téléverser du code

Le code actuellement sur l’afficheur est `afficheur_esp`. Vérifier que le téléversement du code sur la carte de l’afficheur fonctionne correctement. Les paramètres pour téléverser sont les mêmes que pour la sonde de température (excepté éventuellement le port à utiliser).

Changer les caractères affichés sur la matrice de LEDs lors de l’allumage.

Q 17 Affichage des messages

Tout en conservant l’affichage de debug (sur le port série), modifier le code pour qu’à la réception d’un message du broker MQTT, il l’affiche sur la matrice de LEDs. Dans un premier temps, il n’est pas nécessaire de gérer le défilement horizontal du message : s’il est trop long, le message sera simplement tronqué.

Proposer un moyen pour tester que cette partie fonctionne.

Q 18 Messages arbitrairement longs

La fonction `write` du code de l’afficheur permet de donner un *offset* à l’affichage. Utiliser cette possibilité (variation de l’*offset*) pour afficher des messages arbitrairement longs qui défilent sur l’afficheur. **La suite du travail peut être faite sans que cette étape soit fonctionnelle.**

5.3 Test complet

Q 19 Tester le système sans la partie Web

Proposer un protocole de test permettant de mettre en évidence que le système est fonctionnel, de la mesure de température jusqu’à son affichage sur la matrice de LEDs.

5.4 Serveur Web

L’application Web Python/flask est contenue dans le fichier `webapp.py`.

Pour modifier le code Python, plusieurs options sont disponibles :

1. le modifier et le tester au travers d’une connexion SSH (éditeur en ligne de commande, `vim` ou `emacs` ou `geany` en utilisant le serveur X de MobaXterm.
2. utiliser l’interface graphique de la Raspberry au travers de VNC pour éditer et tester votre code (plus convivial, mais pas toujours disponible).

Q 20 Test de l’application Web

Après avoir lancé l’application Web (voir partie 1), vérifier que ces différentes pages sont accessibles depuis votre poste de travail.

- `http://192.168.100.10:5000/`
- `http://192.168.100.10:5000/data/sensors!temperature`

Q 21 Modification de l'application serveur

Éditer le fichier `webapp.py`. Le principe est d'associer une fonction Python à une URL (appelée *route* dans le vocabulaire flask). La consultation de l'URL provoque l'exécution de la fonction associée, et ce que renvoie la fonction est affiché dans le navigateur (il s'agit généralement d'une page HTML). Par exemple :

```
@app.route('/data/<capteur>')
def data(capteur):
    data = get_data(capteur, 10)
    ...
    return <chaîne de caractère contenant du HTML>
```

Rechercher les deux fonctions qui correspondent aux URLs :

- `http://192.168.100.10:5000/`
- `http://192.168.100.10:5000/data/sensors!temperature`

Noter que la fin de la seconde URL est variable, et se trouve *injectée* dans la fonction Python, en tant que paramètre (le paramètre s'appelle `capteur`).

Dans la fonction correspondant au menu (`index`), la variable `page` contient l'essentiel du corps de la page Web. Modifier le contenu de cette variable de manière à ce qu'elle contienne un lien cliquable vers :

- `http://192.168.100.10:5000/data/sensors!temperature`

Ce lien ne doit pas être un lien absolu, mais un lien relatif, car l'application pourrait être déplacée.

Vérifier que votre modification est prise en compte en consultant à nouveau la page. Si ce n'est pas le cas, couper l'application serveur avec `Ctrl+C`, puis la relancer.

Q 22 Mise en forme des données

Visiter l'URL `http://192.168.100.10:5000/data/sensors!temperature` en cliquant sur le lien récemment ajouté. Trois données (toujours les mêmes) sont affichées, mais de manière assez peu lisible. Dans la fonction `data`, modifier le contenu de la variable `page` pour afficher les données (l'horodatage et la valeur) dans un tableau ou une liste à puces.

Ces données ne sont pour le moment pas celles récupérées dans la base de données.

Sur la même page, afficher la température moyenne obtenue avec ces trois valeurs. Faire un code générique, de manière à ce qu'il fonctionne encore si les données (et leur nombre) changent.

Q 23 Récupération des données dans la base

La fonction `get_data` est appelée pour prendre les données dans la base. Pour le moment, elle renvoie toujours les trois mêmes valeurs. Compléter cette fonction pour qu'elle récupère réellement les `last_n` dernières valeurs du capteur dans la base de données `sqlite`. Pour utiliser le module `sqlite` de Python, consulter l'annexe (sec. 7.9).

Q 24 Sécurité

Il est possible que l'application Web soit sensible aux injections SQL (rechercher de l'aide sur Internet). Si c'est le cas, expliquer pourquoi et indiquer comment exploiter la faille. Si ce n'est pas le cas, indiquer comment la sécurité a été gérée, du point de vue des injections SQL.

Q 25 Passage en mode production

Arrêter le programme serveur `webapp.py`.

L'objectif est de faire tourner l'application Web en utilisant `uwsgi`, derrière le serveur Web `nginx` configuré en reverse proxy. Le service Web doit être démarré automatiquement au boot de la Raspberry.

L'essentiel de la configuration est déjà réalisé.

- Le fichier de configuration de uwsgi est `/etc/uwsgi/apps-available/webapp.ini`
- Le fichier de configuration de nginx est `/etc/nginx/sites-available/default`.

Dans ces deux fichiers, identifier le préfixe sous lequel sera montée l'application Web.

Démarrer les deux service `uwsgi` et `nginx` (voir annexe sur la configuration de `systemd` sec. 7.7)

Vérifier que l'application fonctionne encore, en y accédant par le port 80 (donc au travers de `nginx`) : `http://192.168.100.10/préfixe` (en remplaçant `préfixe` par le préfixe identifié précédemment).

Si tout fonctionne correctement, faire en sorte que les services soient actifs au boot (voir annexe sur la configuration de `systemd`, [sec:config-systemd]). Rebooter la Raspberry Pi (`sudo reboot`) et vérifier que les pages Web sont effectivement accessibles sans aucune intervention sur la Raspberry.

5.5 Sécurité du système

Le système est composé de plusieurs composants, qui communiquent en utilisant la pile TCP/IP. Même si les différentes parties du système fonctionnent ici dans le même réseau local, rien ne s'oppose à ce qu'elles soient dispersées. Dans ce cas, la protection/sécurisation des communications peut devenir critique.

Q 26 Confidentialité des échanges Web

Le serveur `nginx` est capable de servir des pages en utilisant le protocole *HTTPS*. Indiquer quelles seront les communications impactées par ce changement (entre quelles parties du système les communications seront-elles chiffrées ?).

Q 27 Authentification, serveur MQTT

Actuellement, le serveur MQTT est accessible sans authentification. Il est possible d'activer l'authentification, qui nécessite alors que les clients, pour se connecter, utilisent le bon couple *login/mot de passe*. Les couples *login/mots de passe* sont entrés dans un fichier texte, dont la manipulation est détaillée en annexe (sec. 7.10).

Créer un tel fichier et ajouter les trois utilisateurs :

- `sonde`, avec le mot de passe `QF234`
- `afficheur`, avec le mot de passe `EDFK2`
- `passerelle` avec le mot de passe `KJLM34`

Dans le fichier de configuration `/etc/mosquitto/mosquitto.conf`, activer l'authentification. Modifier le code de la sonde de température, de l'afficheur, et de `chefdorchestre.py`, pour qu'ils s'authentifient respectivement comme `sonde`, `afficheur` et `passerelle`.

Q 28 Confidentialité, serveur MQTT

Réaliser une manipulation permettant de constater que les trames contenant les données d'authentification transitent en clair.

L'authentification est généralement couplée avec une couche de chiffrement, pour que les données d'authentification ne soient pas accessibles.

Actuellement, activer cette couche de chiffrement dans le broker, avec Paho MQTT, et sur les ESP est assez délicat, nous ne l'utiliserons pas ici.

Q 29 Intégrité des communications MQTT

Si la communication entre les différents composants MQTT n'est pas chiffrée, et que les clients ne sont pas authentifiés ou que les identifiants ont été découverts, cela signifie :

- qu'il est possible d'espionner les communications entre les différentes parties du système (confidentialité)
- mais qu'il est aussi possible qu'une entité non autorisée interagisse avec le système (intégrité), en provoquant par exemple un comportement erroné de l'afficheur.

Si la confidentialité des valeurs de température n'est pas nécessairement primordiale, assurer l'intégrité du système l'est sûrement.

Imaginer un moyen, inspiré des techniques de signature électronique, qui permet d'assurer dans une certaine mesure l'intégrité des données, alors même que le serveur MQTT ne chiffre pas ses données, et ne requiert pas que le client s'authentifie. Pour cela, il est possible d'envisager une modification du contenu des messages.

5.6 Format des messages et amélioration

Q 30 Proposer un format pour les messages

L'afficheur prend ses informations dans le topic `visualisation`. On souhaite pouvoir afficher des messages textuels, ou des images (sur la matrice de leds). Il faut donc définir le format des messages MQTT en conséquence : message textuel ou message *binaire* (pour afficher une image arbitraire).

Proposer un tel format, permettant de simplement gérer les deux options d'affichage de manière évolutive.

Q 31 Affichage des messages

Modifier le code de l'afficheur pour qu'à la réception d'un message du broker MQTT, il en analyse le format et, si c'est un message textuel (voir le format des messages qui a été défini plus haut), l'affiche sur la matrice de LEDs.

Dans le cas où le format des messages **n'est pas** textuel, mais binaire, faites en sorte que l'afficheur affiche BINM.

Dans le cas où le format de message n'est pas reconnu, faites en sorte que l'afficheur indique ERRM.

Il est conseillé, mais pas requis, de supprimer le mode de défilement du texte, s'il a été réalisé, afin de simplifier un peu le code à produire.

Proposer un moyen pour tester que cette partie fonctionne (l'authentification MQTT peut aussi être désactivée si nécessaire).

Q 32 Modification du chef d'orchestre pour prendre en compte le format

Modifier le code `chefdorchestre.py` pour qu'il reposte les données de température, comme message textuel sur le topic `visualisation` en suivant le format de messages connu de l'afficheur.

Vérifier que l'affichage de la température est toujours fonctionnel.

Q 33 Mode «graphique» de l'afficheur 1

Utiliser la fonctionnalité d'affichage binaire pour produire un affichage de la température utilisant le binaire : la ligne du haut de la matrice de gauche (8 pixels) peut coder la partie entière de la température, et la ligne juste en dessous la partie décimale.

À défaut de pouvoir tout implémenter, décrire une solution.

Q 34 Mode «graphique» de l'afficheur 2

En utilisant une échelle appropriée, représenter une courbe correspondant à la variation de température sur les 64 dernières mesures (en mode fenêtre glissante).

À défaut de pouvoir tout implémenter, décrire une solution.

Q 35 Envoi de messages textuels

On propose d'ajouter une page au serveur Web qui permet de saisir un message qui, une fois validé, sera affiché par l'afficheur.

À défaut de pouvoir tout implémenter, décrire une solution.

6 Première phase, troisième partie (durée 1H30)

Remarque : Comme il n'y a plus d'accès possible au système lors de l'heure de préparation en salle, le candidat est invité à réaliser prioritairement durant les 90 minutes de la troisième partie les mesures, codage, configuration et tests qui lui permettront d'organiser et d'illustrer la présentation orale.

Pour cette troisième partie, le candidat doit concevoir et organiser le plan d'une séquence de formation pour un objectif pédagogique imposé à un niveau de classe donné.

Cette séquence prend appui sur les investigations et les analyses effectuées au préalable par le candidat au cours des activités pratiques.

Le candidat est amené au cours de sa présentation orale à expliciter sa démarche méthodologique, à mettre en évidence les informations, données et résultats issus des investigations conduites au cours des activités pratiques qui lui ont permis de construire sa séquence de formation, à décrire et situer la séquence de formation qu'il a élaborée.

6.1 Contenu de la présentation orale

La présentation orale du candidat, d'une durée maximale de 30 minutes, devra comporter :

- la présentation du système (5 min) ;
- le compte-rendu des manipulations effectuées dans la deuxième partie de la première phase du TP (5 min) ;
- l'exploitation pédagogique (20 min).

6.2 Entretien avec le jury

Un entretien avec le jury (durée maximale 30 minutes) suit l'exposé du candidat. Au cours de cet entretien, le candidat est conduit à préciser certains points de sa présentation ainsi qu'à expliquer et justifier les choix de nature didactique et pédagogique qu'il a opérés dans la construction de la séquence de formation présentée.

Plus précisément, l'exposé oral de l'exploitation pédagogique doit permettre au candidat de :

- présenter la pertinence du système par rapport à la séquence pédagogique demandée (à partir des activités menées dans la partie I) ;
- présenter le ou les protocoles expérimentaux mis en œuvre, analyser succinctement les résultats obtenus en cohérence avec la séquence demandée (à partir des activités de la partie II) ;
- situer la séquence de formation en l'inscrivant dans la formation au niveau requis ;
- expliciter les connaissances et les compétences visées par la séance ;
- situer l'activité expérimentale dans la séquence pédagogique ;
- définir l'enchaînement des activités réalisées par les élèves dans la séance ;
- présenter les moyens de l'évaluation des connaissances et compétences acquises par les élèves ou étudiants.

7 Annexes

7.1 Contenu du support de stockage amovible ou du répertoire partagé

- `CODE_RPI` : dossier présent sur la Raspberry Pi
 - `chefdorchestre.py` : programme Python capable de relayer des messages sur le serveur MQTT et d'écrire des informations dans la base de données
 - `clear_bdd.py` : script Python pour vider la base de données
 - `data.sqlite` : base de données *sqlite*, initialement vide, ne contenant qu'une seule table

- `tp_utils.py` : fonctions utilitaires pour accéder à la base de données sqlite.
- `webapp.py` : squelette fonctionnel d'une application Web utilisant le framework *Flask*.
- `paquets.txt` : liste des paquets installés sur la Raspberry Pi
- `md5sum.txt` : hash des fichiers du répertoire
- DOCUMENTS :
 - `DS18B20.pdf` : datasheet *Dallas* du capteur de température DS18B20
 - `DS18B20-2.pdf` : datasheet *Maxim Integrated* du capteur de température DS18B20
 - `MAX7219-MAX7221-Datasheet.pdf` : datasheet *Maxim Integrated* du driver de matrice de Leds MAX7219
- LOGICIELS_INSTALLES :
 - `WiresharkPortable_XXX.paf.exe` : Wireshark en version portable, pour Windows 32 bits
 - `Wireshark-win64-XXX.exe` : Wireshark pour Windows 64 bits (installation requise)
 - `mosquitto-XXX-install-windows-x64.exe` : client en ligne de commande `mosquitto_pub` et `mosquitto_sub` pour Windows
 - `MobaXterm_Portable_vXXX.zip` : version portable de MobaXterm pour Windows
 - `mqttfx-X.X.X-windows-x64.exe` : client Java MQTT pour Windows
 - `VNC-Viewer-X.X.X-Windows-64bit.exe` : client VNC pour Windows
 - `CP210x_Universal_Windows_Driver.zip` : driver Windows pour le convertisseur série/USB des ESP8266
 - `dwa-127_drv_reva_1-02_eu_multi_20151021.zip` : driver Windows de l'adaptateur Wifi pour windows 8 ou moins.
- RACCOURCIS_LOGICIELS_AGREG : pour accéder plus rapidement aux logiciels utilisés
- REPERTOIRE_ARDUINO : logiciels pour les microcontrôleurs ESP (sonde et afficheur) :
 - `afficheur_esp` : répertoire du projet pour l'afficheur
 - `sonde_esp` : répertoire du projet pour la sonde de temp
 - `libraries` : bibliothèques utilisées par les projets

7.2 Schémas de câblage

Les figures 8 et 9 indiquent comment sont câblés les deux objets connectés.

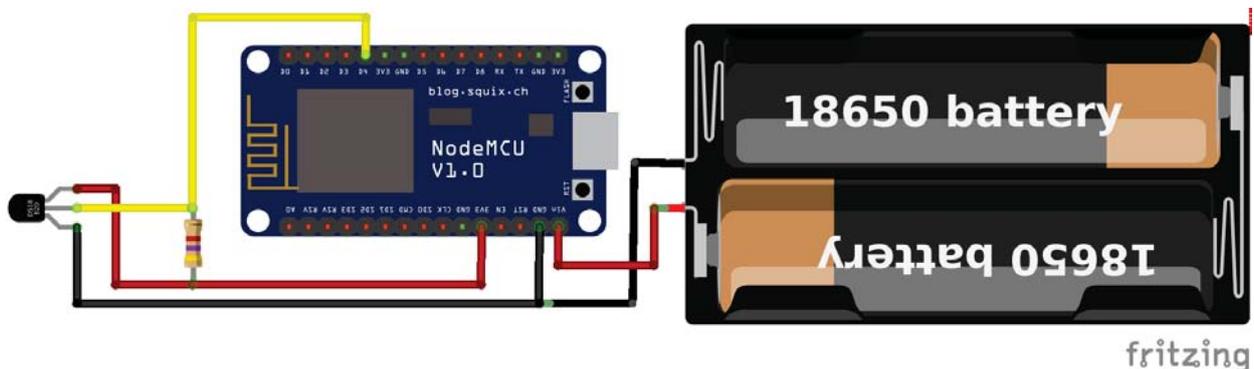


Figure 8: Schéma de câblage de la sonde de température

7.3 Cartes ESP8266

La figure 10 donne le brochage des carte ESP8266.

D'autres documentations sont disponibles facilement. Par exemple :

<https://microcontrollerslab.com/esp8266-pinout-reference-gpio-pins/>

7.4 Connexion à la Raspberry Pi

Les identifiants sont ceux utilisés par défaut sur la Raspberry Pi : (`pi/raspberry`)

Attention, en cas de connexion en SSH, pour lancer une application graphique, avec la commande `sudo`, faire auparavant :

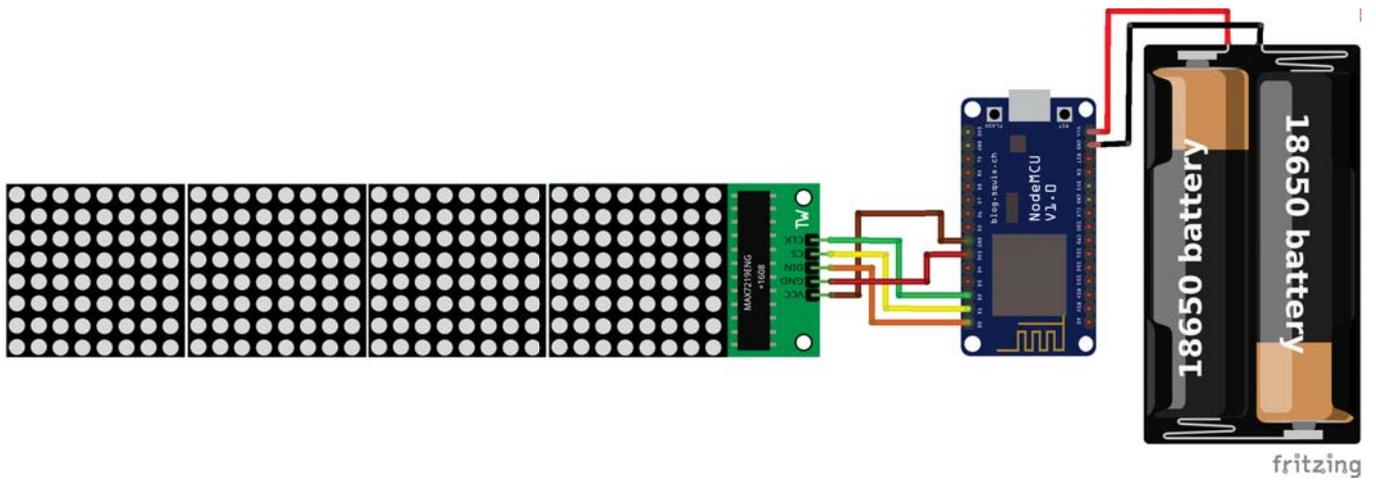


Figure 9: Schéma de câblage de l'afficheur

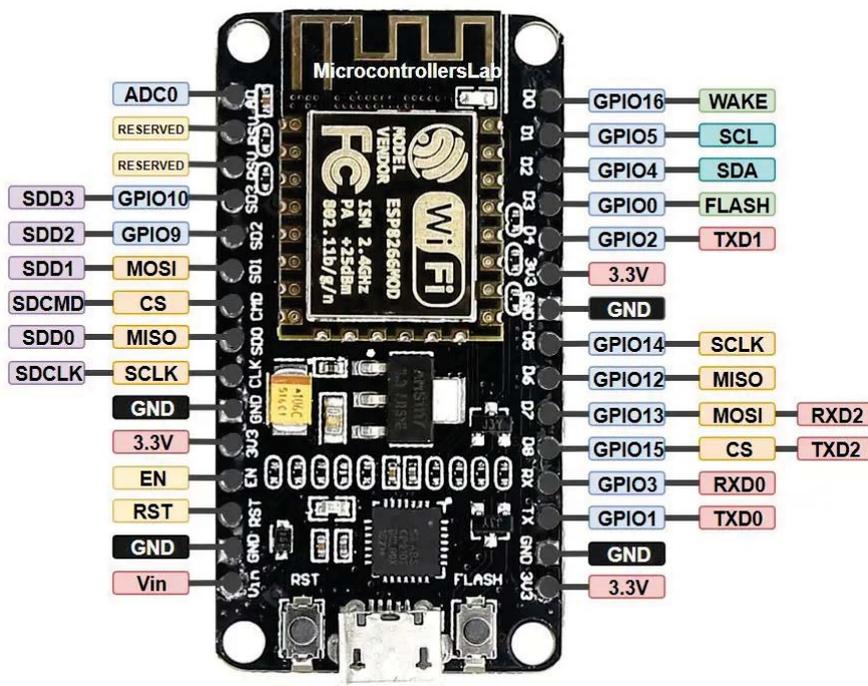


Figure 10: Brochage de la carte ESP8266

```
sudo xauth add $(xauth -f ~pi/.Xauthority list|tail -1)
```

■ Connexion en utilisant SSH avec MobaXterm

On peut se connecter sur la Raspberry Pi en créant une nouvelle session SSH dans MobaXterm (figure 11).

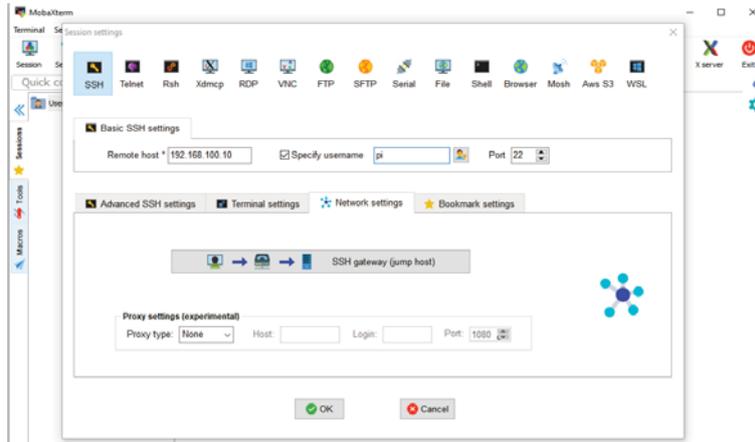


Figure 11: Nouvelle session SSH dans MobaXterm

On a ensuite accès au shell de la Raspberry Pi et on peut tout à fait lancer des programmes graphiques (MobaXterm inclut un serveur X), comme ici l'éditeur `geany` (figure 12).

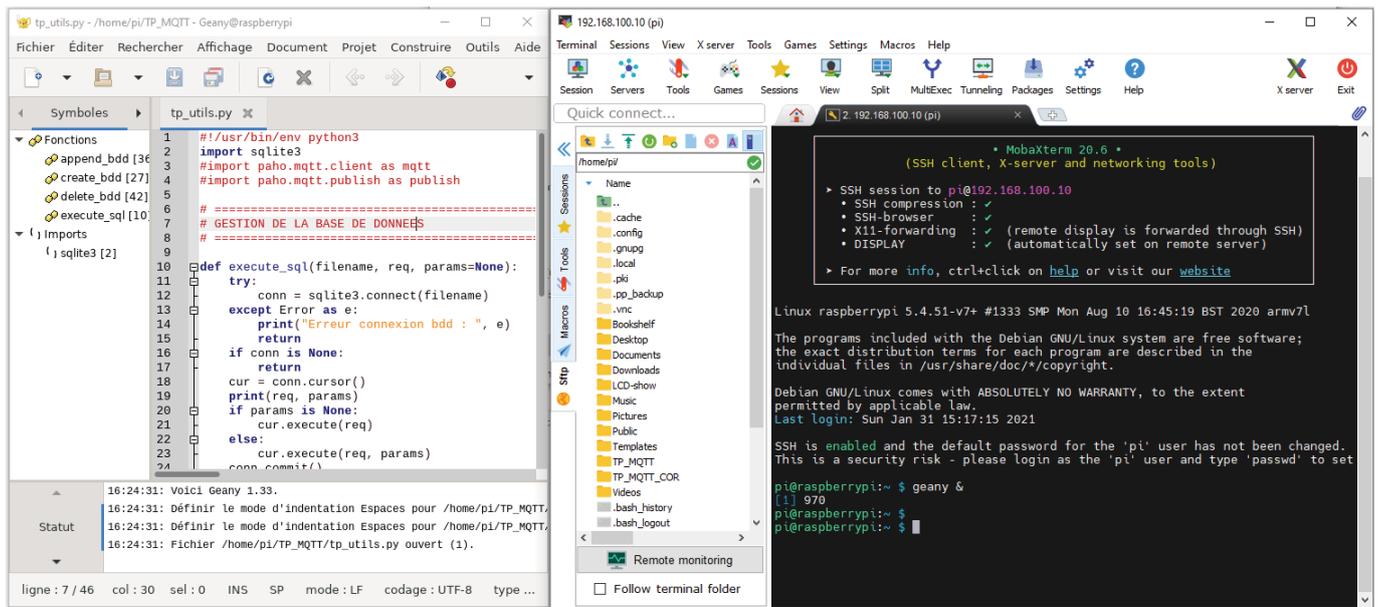


Figure 12: shell sur la Rapsberry + éditeur geany

■ Connexion avec VNC Viewer

Au démarrage du logiciel cliquer sur : *Utiliser RealVNC Viewer sans ouvrir de session* au bas de la fenêtre.

Des exemples d'utilisation sont donnés figure 13 à 15.

7.5 Lecture du port série

■ Utilisation de screen sous Linux

Le programme `screen` permet entre autres de monitorer une liaison série (ou série over USB). Si le périphérique est `/dev/ttyUSB0` et que la vitesse de transmission est 115200, il suffit d'entrer dans un terminal : `screen /dev/ttyUSB0 115200`.

Ce qui arrive sur la liaison série s'affichera sur le terminal.

On quitte le programme `screen` avec `Ctrl+A :quit` (c'est un peu long...).



Figure 13: Connexion sur le serveur VNC de la Raspberry Pi : 192.168.100.10:5900

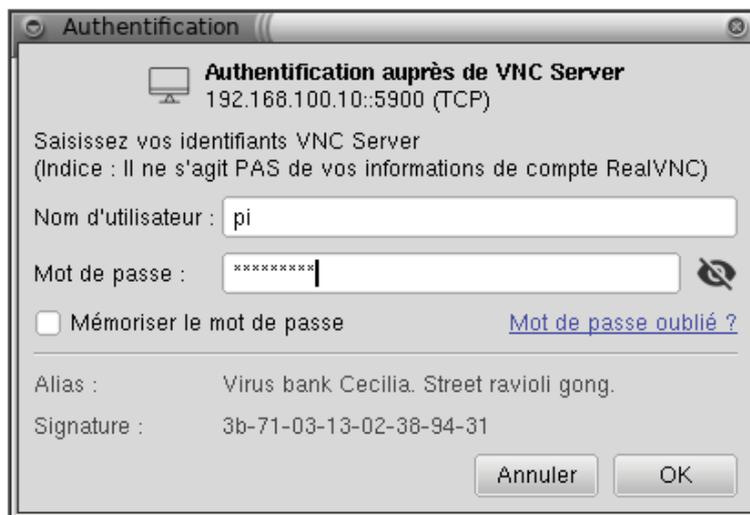


Figure 14: Authentification avec l'identifiant et le mot de passe par défaut

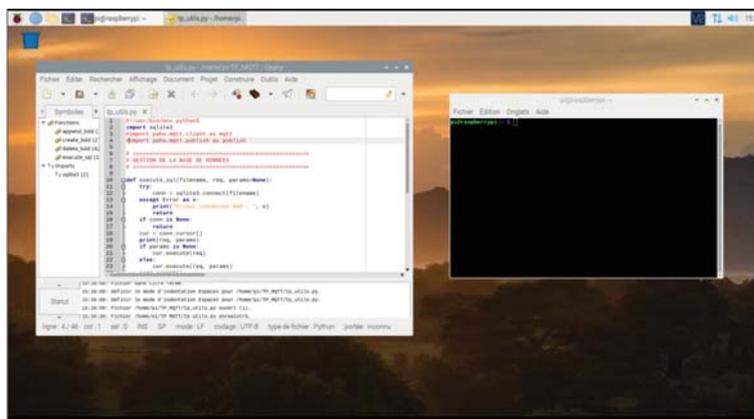


Figure 15: Accès au bureau de la Raspberry Pi depuis votre PC (ici un terminal et l'éditeur Geany)

■ Utilisation de MobaXterm

Sous Windows, il faut éventuellement utiliser un driver pour utiliser les convertisseurs série/USB des ESP8266 (chipsets CP210x).

On détecte facilement le nom du port COM avec le panneau de configuration des périphériques ou le gestionnaire de périphériques (s'il est accessible).

Puis on peut se connecter avec MobaXterm sur le port en question (vitesse 115200, figure 16) pour obtenir les sorties affichées par le module (figure 17)

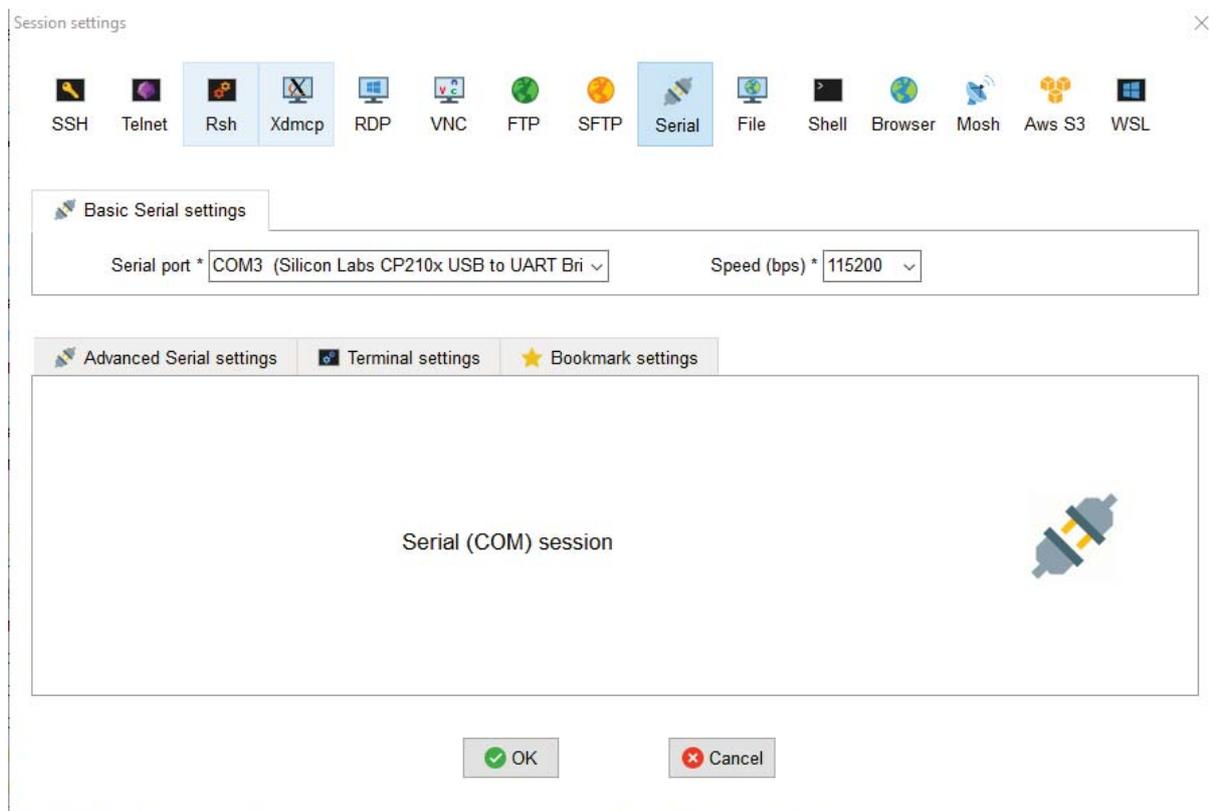


Figure 16: Création d'une session *Serial* dans MobaXterm

7.6 Configuration de nginx/uwsgi

Les fichiers de log de `nginx` sont dans `/var/log/nginx`

Le fichiers de log de l'application `uwsgi` est `/var/log/uwsgi/app/webapp.log`. S'il y a des exceptions levées par le code Python de l'application Web, c'est ici qu'on peut retrouver le *traceback*.

7.7 Configuration de systemd

`systemd` est maintenant le gestionnaire par défaut des services sur la plupart des distributions Linux (il remplace les scripts System V). Voici quelques commandes utiles, le nom `<service>` est à remplacer par le service ciblé (par exemple `nginx`). La plupart de ces commandes doivent être préfixées par `sudo`.

- `systemctl status <service>` : affiche l'état du service (démarré, arrêté)
- `systemctl start <service>` : démarre le service
- `systemctl restart <service>` : redémarre le service
- `systemctl stop <service>` : arrête le service
- `systemctl enable <service>` : configure le service pour qu'il démarre automatiquement au prochain reboot (mais ne le démarre pas tout de suite)
- `systemctl disable <service>` : configure le service pour qu'il ne démarre pas automatiquement au prochain reboot (mais ne l'arrête pas tout de suite)
- `systemctl` : liste tous les services

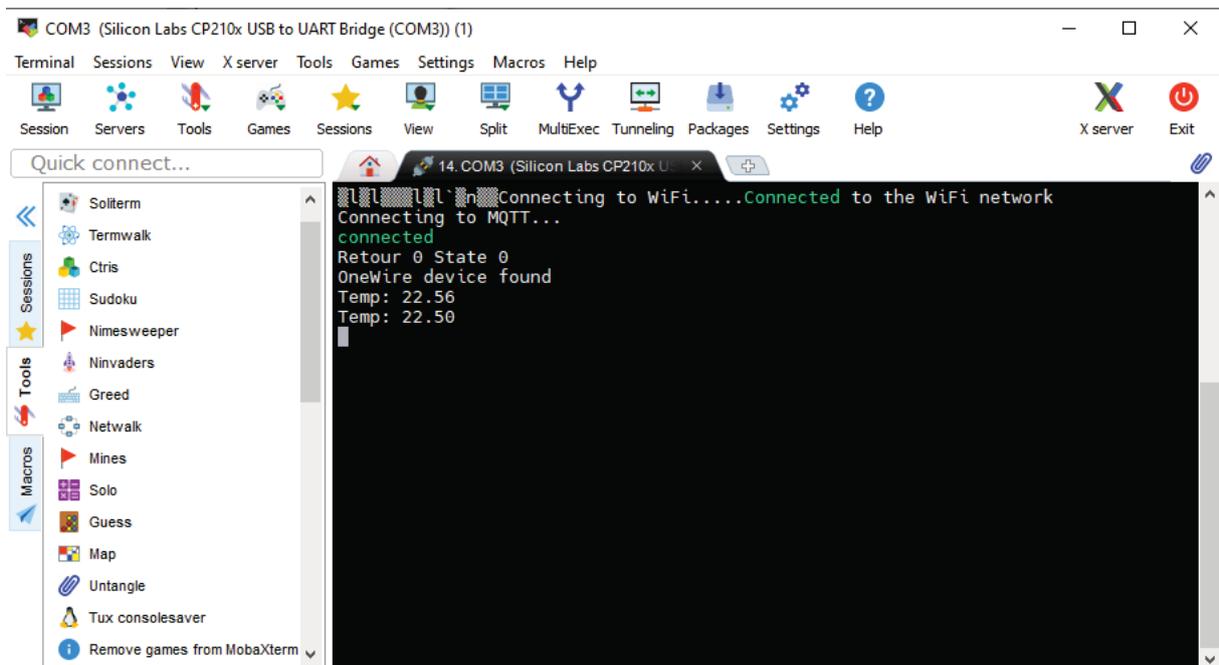


Figure 17: Affichage de la température du module sonde

- `journalctl -u <service>` : affiche les logs relatifs au service
- `journalctl --since "1 hour ago"` : affiche les logs enregistrés depuis la dernière heure

7.8 Capteur DS18B20

La datasheet du capteur est fournie. Les informations les plus importantes sont rappelées ici (les informations sur les températures négatives sont dans la datasheet).

Le DS18B20 fonctionne sur un bus One-Wire. C'est un capteur digital qui fournit une donnée sur 12 bits par défaut. La valeur binaire de la température est obtenue en divisant l'entier sur 12 bits lus par 2^4 (autrement dit, le bit de poids faible des 12 bits correspond à 2^{-4}).

Par exemple, la valeur sur 12 bits suivante : 001110110011 correspond, en binaire, à la température : 00111011,0011 c'est à dire à 59,1875°C.

L'initialisation du capteur est donnée dans le code (dans `setup()`), nous la rappelons ici :

```
byte addr[8];
OneWire ds(D4); // initialisation de l'objet OneWire
ds.reset_search();
ds.search(addr);
```

Le dialogue avec le capteur est réalisé en envoyant des commandes. L'envoi de **chaque commande** sera précédé d'un appel à `reset` et de la sélection du capteur :

```
ds.reset()
ds.select(addr)
ds.write(0x??) // envoi de la commande
```

La commande 0x44 réalise la conversion de température (la valeur est écrite dans les deux premiers octets du scratchpad du capteur).

La commande 0xBE permet d'initier la lecture du scratchpad qui est lu octet par octet par un appel à la fonction `ds.read()` de la bibliothèque OneWire.

Le premier octet lu est l'octet de poids faible de la donnée température. Le second octet lu est l'octet de poids fort de la donnée température. Les sept octets suivants du scratchpad ne nous seront pas utiles.

7.9 Exemple Sqlite

La documentation de sqlite est disponible en ligne :

<https://docs.python.org/3/library/sqlite3.html>

Voici un exemple qui suffit pour démarrer :

```
import sqlite3
db = sqlite3.connect("data.sqlite")
# pour obtenir un dict plutôt qu'une liste :
# db.row_factory = sqlite3.Row
c = db.cursor()
req = c.execute("select * from data LIMIT 5")
res = req.fetchall()
db.close()
print(res)
print(res[0])      # Première ligne
print(res[0][1])  # Deuxième élément de la première ligne
```

7.10 Gestion des mots de passe mosquito

La commande qui permet de créer et gérer le fichier de mots de passes est : `mosquitto_passwd`. La page de manuel (`man mosquitto_passwd`) est courte et donne les informations utiles.

Le fichier généré (vérifier qu'il contient bien les entrées demandées) sera placé de préférence dans `/etc/mosquitto/` puis on ajoutera dans `/etc/mosquitto/mosquitto.conf` les deux directives :

```
allow_anonymous false
password_file /etc/mosquitto/fichier_de_mots_de_passes
```

Le client `PubSubClient` utilisé sur les ESP permet de fournir les éléments d'authentification : <https://pubsubclient.knolleary.net/api>

Le client `Paho Mqtt` utilisé en Python permet de faire la même chose : <https://pypi.org/project/paho-mqtt/#usage-and-api>

Épreuve d'admission de soutenance d'un dossier industriel

A. Présentation de l'épreuve

Texte de référence

<http://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 technique dont la dominante est choisie par le candidat.

Cette épreuve ayant 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 ». Il est conseillé aux candidats qui se représentent au concours, de renouveler lesdits supports.

L'exposé et l'entretien permettent d'évaluer l'authenticité du dossier, la pertinence de l'enjeu sociétal choisi par le candidat, ainsi que sa capacité à formuler une problématique scientifique en lien avec l'option de l'agrégation.

Il présente la mise en œuvre d'une démarche de résolution de problème incluant une analyse critique. Les développements scientifiques et technologiques attendus doivent être de niveau Master 2 dans l'option choisie et s'appuyer sur des outils numériques pertinents propres au domaine.

Le candidat justifiera le choix du support d'étude et les investigations conduites qui pourraient, selon lui, donner lieu à des exploitations pertinentes en pré-bac ou en post-bac.

La ou les séquences pédagogiques développées s'intègrent dans une progression pédagogique sur le cycle de formation choisi en lien avec le référentiel ou le programme. La ou les activités détaillées seront justifiées, des modalités d'évaluation proposées en relation avec d'autres disciplines. Une connaissance des évaluations certificatives (CCF, contrôle continu, projet, SAE, etc.) et de leur mise en œuvre est attendue. Il est conseillé de développer une séquence pédagogique en pré-bac et une en post-bac.

Le candidat propose des modalités prenant en compte la diversité et l'hétérogénéité des élèves.

Le jury cherche également à apprécier la capacité du candidat, en qualité de futur agent du service public d'éducation, à prendre en compte la diversité des conditions d'exercice du métier et les valeurs qui le portent, dont celles de la République.

Le dossier consiste en une présentation structurée et claire, mettant en évidence les questionnements qu'il suscite ainsi que les points remarquables et caractéristiques. Il permet également au candidat de mettre en valeur 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.

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 trente minutes de présentation doivent permettre au candidat d'apporter des précisions sur le dossier et montrer ainsi comment il a pu mobiliser les différentes compétences du référentiel de compétences des métiers du professorat et de l'éducation. Les candidats n'ont pas à présenter leur parcours professionnel lors de cette épreuve.

Les éléments constitutifs du dossier sont précisés par la 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. Attendus de l'épreuve

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 liées au système 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 master 2 avec une démarche et des fondements scientifiques (théories, publications référencées, brevets, etc.) La modélisation, l'implémentation, la programmation, l'architecture des systèmes, la communication (réseaux, IoT, IHM, IA, etc.) 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 (qualitative, quantitative), 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 ;
- les exploitations pédagogiques développées doivent être liées aux référentiels ou programmes choisis au regard de la spécialité ingénierie informatique, les compétences et connaissances associées et l'organisation matérielle des activités d'enseignement ;
- les séquences proposées doivent s'inscrire dans une progression générale formalisée dans le cycle de formation choisi en lien avec le référentiel ou programme ciblé ;

- au moins une activité est développée en cohérence avec une des séquences pédagogiques proposées ;
- les documents proposés aux élèves sont à présenter avec si possible des réponses d'élèves qu'il convient d'analyser ;
- la description des activités doit permettre aux membres du jury de percevoir ce que font les élèves ;
- une attention particulière sur les stratégies pédagogiques est attendue ;
- des propositions d'exploitation pédagogique dans une perspective d'activités pluritechnologiques ou interdisciplinaires sont appréciées ;
- il est attendu la mise en place de modalités d'évaluation des compétences argumentées prenant en compte la diversité des élèves et l'inclusion scolaire ;
- l'innovation pédagogique utilisant des outils numériques « métiers » et connexe est appréciée s'ils apportent une valeur ajoutée pédagogique ;
- le développement pédagogique est l'occasion de mettre en évidence comment faire partager les valeurs de la république.

- **Réalisation du dossier numérique**

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. Il est conseillé de distinguer les parties scientifique/technologique et pédagogique en deux sous-répertoires différents ;
- 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 présent en annexes ;
- le dossier doit résulter d'un travail personnel du candidat.

- **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 vidéoprojetés doivent être de qualité et lisibles. Il est conseillé de numéroter les diapositives pour faciliter les échanges avec les membres du jury.

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 pour répondre aux problématiques sociétales ;
- les liens 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. Commentaires du jury

Pour la session 2024, le jury constate :

- qu'il est incompréhensible que quelques dossiers puissent être hors du périmètre de l'ingénierie informatique ou à sa marge ce qui est fortement pénalisant ; il est rappelé que le candidat doit réaliser un dossier technique et scientifique où la part d'ingénierie informatique est prépondérante ;
- que le candidat doit énoncer clairement la ou les problématiques traitées ainsi que la méthodologie utilisée pour y répondre ;
- qu'une majorité de développements scientifique et technique ne sont pas d'un niveau M2 voire M1 ;
- que les séquences ne prennent pas toujours en compte la diversité des élèves et ne s'intègrent pas dans une progression pédagogique mobilisant les compétences sur un cycle de formation ;
- que pour des développements pédagogiques où la pluridisciplinarité est mise en évidence dans les programmes ou référentiels, elle est peu envisagée par les candidats ;
- que peu de candidats proposent des outils de suivi des compétences pour chaque élève, des activités pédagogiques détaillées comprenant des documents et des productions d'élèves.

Le jury apprécie :

- les dossiers dans lesquels il y a un développement pédagogique en pré-bac et en post-bac ;
- les dossiers contenant un développement scientifique de niveau master en informatique mettant en œuvre la démarche de l'ingénieur et la démarche de projet.

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 1^{er} 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.

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

- les droits et obligations du fonctionnaire présentés sur le portail de la fonction publique (<https://www.fonction-publique.gouv.fr/droits-et-obligations>) ;
- les articles L 111-1 à L 111-4 et l'article L 442-1 du code de l'Éducation ;
- le vade-mecum « la laïcité à l'École » (<https://eduscol.education.fr/1618/la-laicite-l-ecole>) ;
- le vade-mecum « Agir contre le racisme et l'antisémitisme » (<https://eduscol.education.fr/1720/agir-contre-le-racisme-et-l-antisemitisme>) ;
- « Qu'est-ce que la laïcité ? », Conseil des sages de la laïcité, janvier 2020 (<https://www.education.gouv.fr/le-conseil-des-sages-de-la-laicite-41537>) ;
- le parcours magistère « faire vivre les valeurs de la République » (<https://magistere.education.fr/f959>) ;
- « L'idée républicaine aujourd'hui », Conseil des sages de la laïcité ;
- « La République à l'École », Inspection générale de l'éducation, du sport et de la recherche ;
- le site IH2EF (<https://www.ih2ef.gouv.fr/laicite-et-services-publics>).