



# **Concours du second degré**

## **Rapport de jury**

---

### **Concours : CAPET**

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

#### **Session 2014 exceptionnelle**

Rapport de jury présenté par : Norbert PERROT

## SOMMAIRE

Membres du jury de la session 2014 exceptionnelle	Page 3
Résultats statistiques	Page 5
Avant-propos	Page 9
Éléments de correction de l'épreuve de synthèse de sciences industrielles	Page 11
Rapport du jury de l'épreuve de synthèse de sciences industrielles	Page 24
Éléments de correction de l'épreuve d'admissibilité « étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation » - option AC	Page 26
Rapport du jury de l'épreuve d'admissibilité « étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation » - option AC	Page 40
Éléments de correction de l'épreuve d'admissibilité « étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation » - option E	Page 43
Rapport du jury de l'épreuve d'admissibilité « étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation » - option E	Page 52
Éléments de correction de l'épreuve d'admissibilité « étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation » - option IM	Page 56
Rapport du jury de l'épreuve d'admissibilité « étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation » - option IM	Page 67
Éléments de correction de l'épreuve d'admissibilité « étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation » - option IN	Page 71
Rapport du jury de l'épreuve d'admissibilité « étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation » - option IN	Page 80
Exemple de sujet pour l'épreuve d'admission de leçon et travail pratique	Page 84
Rapport du jury de l'épreuve d'admission de leçon et travail pratique	Page 89
Rapport du jury de l'épreuve d'admission sur dossier comportant deux parties	Page 94

## Membres du jury de la session 2014 exceptionnelle

### Président

PERROT Norbert – IGEN

### Vice-présidents

BERGMANN Claude – IGEN

COLLIGNON Jean-Pierre – IGEN

RAGE Michel – IGEN

SCHMITT Jean-Michel – IGEN

### Secrétaire du jury

HOUZET Eric – Chef de Travaux – Lycée Roosevelt – Reims

### Épreuves d'admissibilité

#### Épreuve de synthèse

MARTIN Baudouin – Professeur – Lycée Grandmont – Tours

ROCHE Gregory – Professeur – Lycée Vaucanson – Grenoble

VANDERPERRE Didier – IA-IPR – Toulouse

#### Étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation – option architecture et construction

DZIUBANOWSKI Cédric – Professeur – Lycée Gustave Eiffel – Talange

GABRYSIK Frédéric – Professeur – Lycée Emmanuel Héré – Laxou

#### Étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation – option énergie

CARDON François – Professeur – Lycée Léonard de Vinci – Calais

LE GALLOU Yann – Professeur – Lycée des Flandres – Hazebrouck

WISSART Rémi – Professeur – Lycée Albert Châtelet – Saint-Pol-sur-Ternoise

#### Étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation – option ingénierie mécanique

LE GOFF Jacques – Professeur – Lycée Chateaubriand – Rennes

MICHARD Francis – IA-IPR – Clermont-Ferrand

ZUMELZU Frédéric – Professeur – Lycée Jean Perrin – Saint-Ouen-l'Aumône

#### Étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation – option information et numérique

DELBOSC Serge – Professeur – Lycée Edouard Branly – Lyon

MARNEAU Florence – Professeur – Lycée La Martinière Monplaisir – Lyon

MOREL Noël – IA-IPR – Lyon

#### Leçon et travail pratique

ALLEYSSON Pierre – Professeur – Lycée Étienne Mimard – Saint-Étienne

BETTIG Bruno – Professeur – Lycée Gabriel Touchard – Le Mans

CARDON François – Professeur – Lycée Léonard de Vinci – Calais

CARROT Alex – Professeur – Lycée Étienne Mimard – Saint-Étienne

DREZET Aurélien – Professeur – Lycée Le Corbusier – Illkirch-Graffenstaden

DZIUBANOWSKI Cédric – Professeur – Lycée Gustave Eiffel – Talange

IZAC Christel – IA-IPR – Nantes

LE GALLOU Yann – Professeur – Lycée des Flandres – Hazebrouck

LE GOFF Jacques – Professeur – Lycée Chateaubriand – Rennes  
LEFEBVRE Philippe – IA-IPR – Dijon  
LEGRÉTARD Jean-Marc – Professeur - Lycée Boutet de Monvel – Lunéville  
MARNEAU Florence - Professeur – Lycée La Martinière Monplaisir – Lyon  
MARTIN Baudouin – Professeur – Lycée Grandmont – Tours  
MARTINS Sylvain – Professeur – Lycée Jacques Feyder – Épinay-sur-Seine  
MICHAUD Lionel – Professeur – Lycée Hyppolite Fontaine – Dijon  
MONIN Thierry – IA-IPR - Montpellier  
MOREL Noël – IA-IPR – Lyon  
MORICE Yannick – IA-IPR – Créteil  
PASCAL Benoit – Collège Boris Vian – Paris  
PUGNETTI Stéphane – Professeur – Lycée Victor Hugo – Caen  
ROBIN Frédéric – Professeur – Lycée Jules Verne – Mondeville  
ROCHE Gregory – Professeur – Lycée Vaucanson – Grenoble  
ROQUIER Gérard – Professeur – Lycée Saint Gatien – Joué-les-Tours  
THORAVAL Kévin – Professeur – Lycée Jules Ferry – Versailles  
THUNEVIN Sébastien – Professeur – Lycée François Arago – Reims  
VALLIAMEE Jean-Luc – Professeur – Lycée Roland Garros – Le Tampon  
WISSART Rémy – Professeur – Lycée Albert Chatelet – Saint-Pol-sur-Ternoise  
ZETTOR Max – Professeur – Lycée de Trois Bassins – Trois Bassins  
ZUMELZU Frédéric – Professeur – Lycée Jean Perrin – Saint-Ouen-l’Aumône

#### **Épreuve sur dossier**

DELBOSC Serge – Professeur – Lycée Edouard Branly – Lyon  
DUMERY Jean Jacques – IA-IPR - Créteil  
HÉDOUIN Stéphane – Professeur - Lycée Pierre Simon de Laplace – Caen  
HÉLARD David – IA-IPR – Lille  
MAHIEU Marc – IA-IPR - Reims  
MASSEY Jean-Luc – IA-IPR – Versailles  
MICHARD Francis – IA-IPR – Clermont-Ferrand  
PINAUD David – IA-IPR - Strasbourg  
PRIGENT Dominique – IA-IPR- Rennes  
TASTET VINCENT – Lycée Haroun Tazieff – Saint-Paul-les-Dax  
TERRAND François – Professeur – Collège La Champagne – Brochon  
VANDERPERRE Didier – IA-IPR – Toulouse

Les réunions préparatoires à cette session 2014 exceptionnelle du CAPET de sciences industrielles de l'ingénieur (concours externe et CAFEP) se sont déroulées au lycée Raspail à Paris. Les épreuves d'admission se sont déroulées du 02 juin au 07 juin 2014 dans de très bonnes conditions au lycée Roosevelt à Reims.

Les membres du jury adressent de vifs remerciements aux proviseurs de ces établissements et à leurs chefs de travaux ainsi qu'à leurs collaborateurs pour l'accueil chaleureux qui leur a été réservé.

## Résultats statistiques

### Option architecture et construction

#### CAPET

Inscrits	Nombre de postes	Présents à la 1 <sup>re</sup> épreuve d'admissibilité	Présents à la 2 <sup>e</sup> épreuve d'admissibilité	Admissibles	Présents aux deux épreuves d'admission	Admis
115	60	36	34	24	20	17

Moyenne obtenue par le premier candidat admissible	14,6
Moyenne obtenue par le dernier candidat admissible	6,5
Moyenne obtenue par le premier candidat admis	13,8
Moyenne obtenue par le dernier candidat admis	7,0

#### CAFEP

Inscrits	Nombre de postes	Présents à la 1 <sup>re</sup> épreuve d'admissibilité	Présents à la 2 <sup>e</sup> épreuve d'admissibilité	Admissibles	Présents aux deux épreuves d'admission	Admis
12	1	5	5	1	1	1

Moyenne obtenue par le candidat admissible	11,8
Moyenne obtenue par le candidat admis	8,04

## Option énergie

### CAPET

Inscrits	Nombre de postes	Présents à la 1 <sup>re</sup> épreuve d'admissibilité	Présents à la 2 <sup>e</sup> épreuve d'admissibilité	Admissibles	Présents aux deux épreuves d'admission	Admis
234	55	77	75	51	30	30

Moyenne obtenue par le premier candidat admissible	15,6
Moyenne obtenue par le dernier candidat admissible	6,8
Moyenne obtenue par le premier candidat admis	16,7
Moyenne obtenue par le dernier candidat admis	7,0

### CAFEP

Inscrits	Nombre de postes	Présents à la 1 <sup>re</sup> épreuve d'admissibilité	Présents à la 2 <sup>e</sup> épreuve d'admissibilité	Admissibles	Présents aux deux épreuves d'admission	Admis
32	2	10	9	2	2	2

Moyenne obtenue par le premier candidat admissible	11,9
Moyenne obtenue par le dernier candidat admissible	10,9
Moyenne obtenue par le premier candidat admis	14,55
Moyenne obtenue par le dernier candidat admis	12,33

## Option ingénierie mécanique

### CAPET

Inscrits	Nombre de postes	Présents à la 1 <sup>re</sup> épreuve d'admissibilité	Présents à la 2 <sup>e</sup> épreuve d'admissibilité	Admissibles	Présents aux deux épreuves d'admission	Admis
349	55	135	128	58	39	39

Moyenne obtenue par le premier candidat admissible	17,8
Moyenne obtenue par le dernier candidat admissible	8,4
Moyenne obtenue par le premier candidat admis	17,4
Moyenne obtenue par le dernier candidat admis	7,8

### CAFEP

Inscrits	Nombre de postes	Présents à la 1 <sup>re</sup> épreuve d'admissibilité	Présents à la 2 <sup>e</sup> épreuve d'admissibilité	Admissibles	Présents aux deux épreuves d'admission	Admis
44	3	23	21	3	3	3

Moyenne obtenue par le premier candidat admissible	15,2
Moyenne obtenue par le dernier candidat admissible	10,9
Moyenne obtenue par le premier candidat admis	13,67
Moyenne obtenue par le dernier candidat admis	10,33

## Option information et numérique

### CAPET

Inscrits	Nombre de postes	Présents à la 1 <sup>re</sup> épreuve d'admissibilité	Présents à la 2 <sup>e</sup> épreuve d'admissibilité	Admissibles	Présents aux deux épreuves d'admission	Admis
338	60	100	96	61	38	35

Moyenne obtenue par le premier candidat admissible	15,8
Moyenne obtenue par le dernier candidat admissible	7,0
Moyenne obtenue par le premier candidat admis	16,1
Moyenne obtenue par le dernier candidat admis	7,7

### CAFEP

Inscrits	Nombre de postes	Présents à la 1 <sup>re</sup> épreuve d'admissibilité	Présents à la 2 <sup>e</sup> épreuve d'admissibilité	Admissibles	Présents aux deux épreuves d'admission	Admis
40	2	17	15	2	1	1

Moyenne obtenue par le premier candidat admissible	14,0
Moyenne obtenue par le dernier candidat admissible	12,1
Moyenne obtenue par le candidat admis	10,33

## Avant-propos

Cette session exceptionnelle destinée à recruter 238 certifiés sciences industrielles de l'ingénieur n'a pas tenu ses promesses dans la mesure où seulement 135 candidats ont participé aux deux épreuves d'admission alors que 202 candidats avaient été déclarés admissibles en juillet 2013. Certes, quelques candidats ont été reçus à la session 2013, mais ils ne constituent pas la majorité des absents aux épreuves du concours 2014 exceptionnel. Ces renoncements méritent d'être analysés.

Les étudiants rejettent-ils le métier de professeur ? Peut-être, mais dans ce cas, pourquoi s'inscrivent-ils à un concours de recrutement de professeurs ? Le renoncement de candidats admissibles peut certainement s'expliquer par d'autres raisons. Pour cette session exceptionnelle, la plupart des candidats se présentait à la session d'admission après une année scolaire au cours de laquelle ils ont eu une classe en responsabilité. Il serait alors facile de tirer la conclusion que ceux qui ne se sont pas présentés ont compris, après une année d'expérience, que le métier de professeur ne leur convenait pas. Cet argument pourrait être plausible, mais le taux d'absentéisme pour cette session exceptionnelle est comparable à celui de la session 2013.

En revanche, il n'est pas impossible qu'un certain nombre de candidats admissibles aient pris connaissance de la philosophie des épreuves d'admission au moment des résultats de l'admissibilité. Or, ces épreuves sont très spécifiques : elles sont basées sur des séquences pédagogiques élaborées à partir d'activités expérimentales (1<sup>re</sup> épreuve) ou de transfert de ressources industrielles vers le système éducatif (2<sup>e</sup> épreuve). Ces deux épreuves ne peuvent s'improviser, elles nécessitent une préparation sérieuse dès l'inscription au concours. Les examinateurs constatent à chaque session un manque de préparation pour les candidats qui rencontrent des difficultés lors de ces épreuves. Il est important que les futurs candidats préparent simultanément les quatre épreuves de ce concours dès leur inscription.

Cette préparation peut s'appuyer bien largement sur ce rapport qui propose un certain nombre de conseils et de recommandations. Certes, pour les futures sessions, la définition des épreuves a évolué (voir arrêté du 19 avril 2013 publié au JORF du 27 avril 2013 et arrêté du 24 juillet 2013 paru au JORF du 22 août 2013), mais pour au moins trois épreuves sur quatre ce rapport peut être très utile. Seule, la deuxième épreuve d'admissibilité a été repensée complètement.

Pour les deux épreuves d'admission, l'accès à Internet, sur des sites publics (sans accès par mot de passe) était autorisé afin de mettre les candidats dans les conditions d'exercice du métier qu'ils envisagent d'exercer. La réflexion, la cohérence, l'appréciation du niveau des élèves et la précision pédagogique dans les argumentations sont des qualités recherchées pour un futur enseignant.

Quelques rares candidats se sont présentés à la session d'admission sans dossier. Ils ont été éliminés en vertu de l'article 16 de l'arrêté du 28 décembre 2009 fixant les sections et les modalités d'organisation du certificat d'aptitude au professorat de l'enseignement technique : *« Les épreuves sont notées de 0 à 20. Pour toutes les épreuves, la note 0 est éliminatoire. Lorsqu'une épreuve comporte plusieurs parties, la note 0 obtenue à l'une ou à l'autre des parties est éliminatoire ».*

En revanche, il est encourageant de constater qu'une majorité des candidats présents à cette session d'admission a montré de grandes qualités et un enthousiasme certain.

Compte tenu du ratio entre le nombre de candidats présents aux épreuves et le nombre de places, cette session exceptionnelle du CAPET SII peut être comparée à un examen. Cela étant, l'admission n'a pu être prononcée pour les candidats dont les prestations n'ont pas donné la garantie qu'ils étaient bien préparés à embrasser la carrière de professeurs de sciences industrielles de l'ingénieur.

Le jury attend des candidats, dans toutes les épreuves, une expression écrite et orale irréprochable. Le CAPET est un concours prestigieux qui impose de la part des candidats un comportement et une présentation irréprochables. Le jury reste vigilant sur ce dernier aspect et invite les candidats à avoir une tenue adaptée aux circonstances particulières d'un concours de recrutement de cadres A de la fonction publique.

Pour conclure cet avant-propos, j'espère sincèrement que les futurs candidats au CAPET SII liront avec attention ce rapport.

Norbert PERROT  
Président du jury

# Éléments de correction de l'épreuve d'admissibilité « épreuve de synthèse de sciences industrielles »

## Partie 1. Modélisation SysML : analyse du système

### Question 1

Les exigences 11 et 12 précisent :

- distance parcourable en autonomie sur le plat, 35 km ;
- nombre de marches que le fauteuil peut gravir, 300 marches.

### Question 2

Le diagramme de blocs est donné dans l'annexe 3 du sujet. Le diagramme montre des blocs reliés entre eux par un lien de composition (lien avec un losange plein à une extrémité qui indique un lien fort entre les blocs). L'élément de niveau supérieur se trouve du côté du losange, celui qui est inférieur de l'autre côté du lien. Il traduit le fait qu'un exemplaire de l'élément supérieur est nécessairement constitué d'un exemplaire (ou plusieurs en fonction de la multiplicité) des éléments sous-jacents.

Selon cette définition, et en prenant le système TOPCHAIR comme point de départ, il faut regarder si les blocs qui y sont raccordés sont eux-mêmes constitués d'un actionneur (moteur ou vérin). 5 blocs apparaissent :

- 1 bloc batterie mais qui n'est relié évidemment à aucun actionneur. La multiplicité donnée est de 2. Ce qui se traduit par : « Un fauteuil TOPCHAIR est constitué de 2 batteries » ;
- 1 bloc sous-système roue avant. Il est lui-même relié à un bloc vérin et un bloc roue avec une multiplicité de 2. Ce qui se traduit par : « Un ensemble de type sous-système roue avant est constitué d'un vérin et de deux roues » ;
- 1 bloc sous-système roue arrière avec une multiplicité de 2. Il est relié entre autre à un bloc moteur roue ;
- 1 bloc sous-système chenille avec une multiplicité de 2. Il est relié entre autre à un bloc moteur chenille ;
- 1 bloc sous-système assise qui est relié à un bloc vérin.

Sur les 5 blocs ci-dessus, seuls 4 ont un lien avec un bloc « actionneur ». Ces 4 blocs sont :

- sous-système roue avant de multiplicité 1 ;
- sous-système roue arrière de multiplicité 2 ;
- sous-système chenille de multiplicité 2 ;
- sous-système assise de multiplicité 1.

### Question 3

Il faut suivre les liens de chacun des blocs, ainsi pour chaque bloc :

- le sous-système roue avant est composé de 2 roues et d'un seul vérin ;
- le sous-système roue arrière est composé d'une roue, d'un moteur, d'une transmission<sup>2</sup> et d'un vérin ;
- le sous-système chenille est composé d'une chenille, d'un moteur et d'une transmission<sup>1</sup> ;
- L'assise est composée d'un siège et d'un vérin.

À ce stade, 3 vérins et 2 moteurs sont recensés. Mais en regardant la multiplicité de chaque sous-système avec le bloc TOPCHAIR, il apparaît que les sous-systèmes chenille et roue arrière en ont une

multiplicité de 2. Cela veut dire qu'il faut multiplier par 2 le nombre d'actionneurs qu'ils contiennent. Ainsi :

- un vérin pour escamoter les roues avant ;
- deux moteurs pour les roues arrière ;
- un vérin pour l'assise ;
- deux moteurs pour les chenilles ;
- un vérin pour les roues arrière.

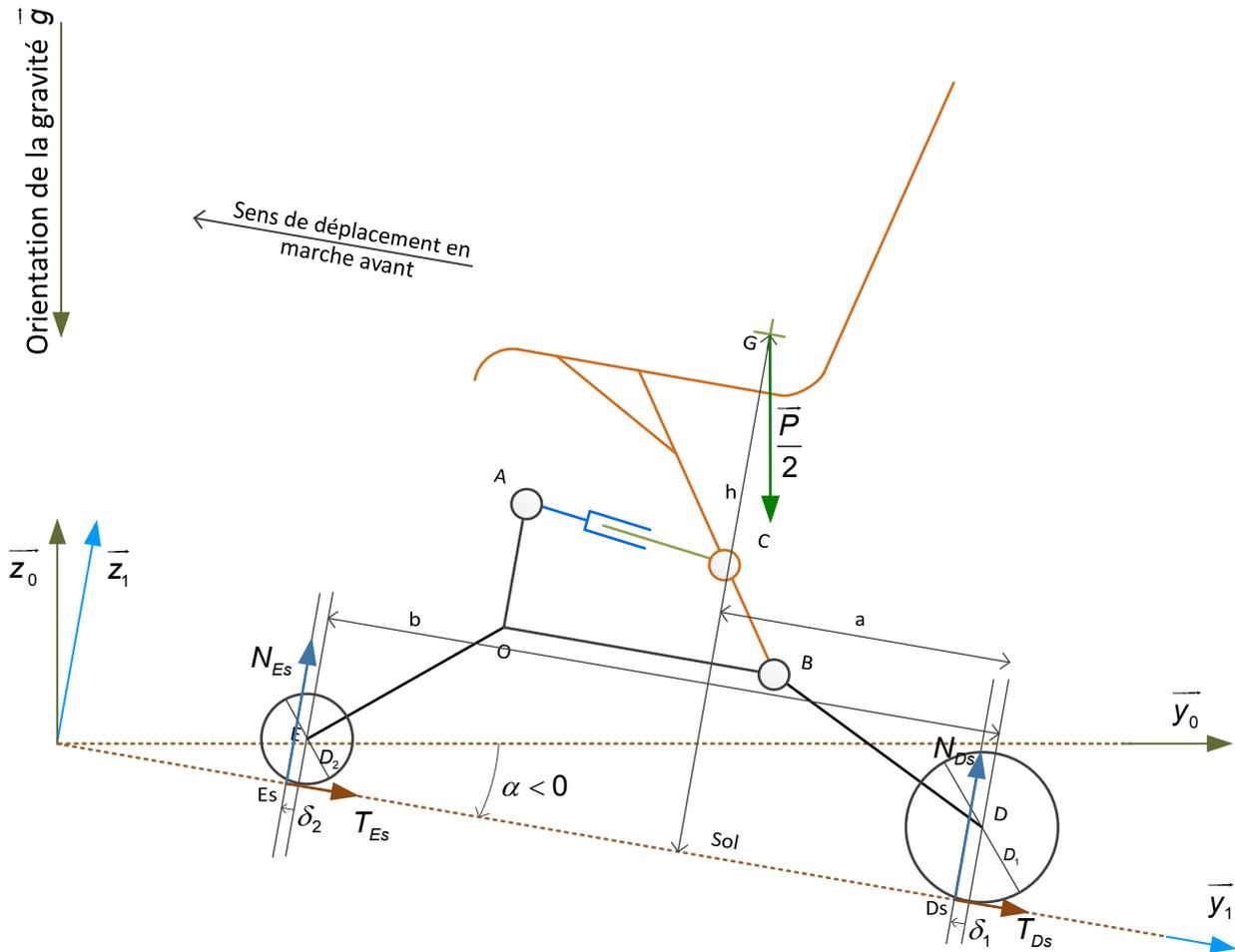
À la lecture du diagramme de blocs, il est possible de penser que le sous-système roue arrière est composé d'un vérin pour chaque roue alors que la présentation du système montre qu'il n'y en a qu'un seul. Au final, il reste donc 4 moteurs et 3 vérins donc 7 actionneurs. En regardant maintenant la multiplicité du lien entre le bloc sous-système commande et le bloc Interface puissance, c'est la valeur 7 qui est notée, c'est-à-dire une par actionneur. La réponse indiquant qu'il y a 8 actionneurs est néanmoins comptée comme correcte.

#### **Question 4**

Selon le diagramme de définition de blocs, et plus particulièrement en regardant le bloc sous-système commande, on peut voir que les éléments qui nous intéressent sont le clavier et le joystick. Les autres éléments ne sont pas impliqués dans l'interaction avec l'utilisateur.

## **Partie 2. Vérification de la conformité du fauteuil par rapport à la législation**

#### **Question 5**



La résistance au roulement est traduite par un décalage du point d'application de l'action mécanique de contact vers l'avant du véhicule (dans le sens d'avancement).

### Question 6

Les conditions les plus contraignantes concernent :

- le démarrage ; le groupe moteur doit permettre le démarrage et la propulsion aisée d'une personne de 70 kg sur une côte de 15 % goudronnée ;
- le freinage ; des systèmes de freinage et de ralentissement agissant efficacement lorsque le fauteuil est lesté d'un poids de 80 kg et se trouvant sur une pente de 15 % doivent être prévus ;
- l'immobilisation en pente ; le réglage des systèmes d'immobilisation s'effectuera sur une pente de 7 %, le fauteuil étant lesté d'un mannequin.

### Question 7

Les équations sont issues du principe fondamental de la statique appliqué au fauteuil (attention  $\alpha < 0$ , donc  $\sin \alpha < 0$  et  $\cos \alpha > 0$ ) :

- équation de résultante en projection sur  $\vec{y}_1$  :  $T_{Es} + T_{Ds} - \sin \alpha \cdot P / 2 = 0$
- équation de résultante en projection sur  $\vec{z}_1$  :  $N_{Es} + N_{Ds} - \cos \alpha \cdot P / 2 = 0$
- équation de moment en Ds en projection sur  $\vec{x}_1$  :  $(a - \delta_1) \cdot \cos \alpha \cdot P / 2 + h \cdot \sin \alpha \cdot P / 2 - (b + \delta_2 - \delta_1) \cdot N_{Es} = 0$

Puis appliqué à la roue avant « libre » :

- équation de moment en E en projection sur  $\vec{x}_1$  :  $N_{Es} / T_{Es} = D_2 / 2 \cdot \delta_2$

La résolution du système linéaire à 4 équations et 4 inconnues donne :

$$N_{Es} = \frac{P}{2} \cdot \frac{(a - \delta_1) \cdot \cos \alpha + h \cdot \sin \alpha}{b + \delta_2 - \delta_1} = 115,8 \text{ N} \quad T_{Es} = 2 \cdot N_{Es} \cdot \frac{\delta_2}{D_2} = 2,3 \text{ N}$$

$$N_{Ds} = -N_{Es} + \frac{P}{2} \cdot \cos \alpha = 902,6 \text{ N} \quad T_{Ds} = -T_{Es} + \frac{P}{2} \cdot \sin \alpha = -156,8 \text{ N}$$

Un troisième isolement de la roue motrice (équation de moment en E en projection sur  $\overline{x_1}$ ) permet d'écrire :

$$C_r = N_{Ds} \cdot \delta_1 - T_{Ds} \cdot \frac{D_1}{2} = 31,4 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Conclusion : le couple ( $C_r$ ) sur une roue arrière dans ces conditions est donc supérieur de 75 % au couple nominal (18 N·m / moteur à courant continu).

### Question 8

La décélération constante s'exprime  $a = v^2 / 2 \cdot d = -1,84 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  puisque  $d = a \cdot t^2$  et que  $v = a \cdot t$ .

Le couple de freinage peut être déterminé grâce au théorème de l'énergie cinétique (sous forme intégrée) appliqué à l'ensemble, en négligeant les inerties des pièces en rotation et la résistance au roulement entre le début de freinage (situation 1) et l'immobilisation (situation 2) :

$$\text{donc : } 0 - \frac{1}{2} m v^2 = m \cdot g \cdot d \cdot \sin \alpha - 2 \cdot C_f \cdot \frac{2 \cdot d}{D_1}$$

$$C_f = \left( \frac{1}{2} m v^2 + m \cdot g \cdot d \cdot \sin \alpha \right) \cdot \frac{D_1}{4 \cdot d} = 64,6 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Cette valeur est légèrement supérieure (+7,7 %) au

couple de freinage minimal des motoréducteurs (60 N·m), mais les frottements internes ont été négligés.

Par contre, sur le plat il n'y que l'énergie cinétique à considérer, le travail du poids étant nul, on aura :

$$C_f = \left( \frac{1}{2} m v^2 \right) \cdot \frac{D_1}{4 \cdot d} = 35,8 \text{ N} \cdot \text{m}$$

La distance de freinage obtenue avec un couple de freinage mini des

motoréducteurs (60 N·m) sera donc réduite sur le plat.

## Partie 3. Vérification de l'autonomie annoncée par le constructeur

### Question 9

$$\text{Vitesse nominale du fauteuil : } V_n = \omega_n \cdot i \cdot D_1 / 2 = \pi \cdot N_n \cdot i \cdot D_1 / 2 = 2,34 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 8,43 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$$

Le constructeur annonce une vitesse maximale de 9 km/h qui est légèrement supérieure à la valeur calculée.

### Question 10

Intensité nominale :

$$I_n = P_n / U_n = 350 / 24 = 14,58 \text{ A}$$

Perte de tension due à la résistance de l'induit :  $U_{Rn} = R \cdot I_n = 0,19 \times 14,58 = 2,77 \text{ V}$

Force électromotrice disponible :

$$E_n = U_n - U_{Rn} = 24 - 2,77 = 21,23 \text{ V}$$

Constante de force électromotrice :

$$K_e = E_n / \omega_n = 21,23 / 314,16 = 0,068 \text{ V} \cdot \text{rad}^{-1} \cdot \text{s}$$

### Question 11

Constante de couple du moteur :

$$K_T = C_n / I_n = 0,9 / 14,58 = 0,062 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}$$

Les deux constantes ont des valeurs proches, ce qui est classique dans ce genre de moteur.

### Question 12

Puissance utile sur l'arbre moteur :

$$P_{\text{moteur}} = C_n \cdot \omega_n = 0,9 \times 314,16 = 282,74 \text{ W}$$

Puissance utile sur l'arbre du réducteur :

$$P_{\text{réducteur}} = C_s \cdot \omega_s = 18 \times 13,2 = 237,6 \text{ W}$$

Rendement du réducteur :

$$\eta_{\text{réducteur}} = P_{\text{réducteur}} / P_{\text{moteur}} = 237,6 / 282,7 = 84 \%$$

Rendement du motoréducteur :

$$\eta_{\text{motoréducteur}} = P_{\text{réducteur}} / P_n = 237,6 / 350 = 68 \%$$

### Question 13

La lecture permet de trouver :

- courant moyen = 4,8 A ;
- rapport cyclique = 0,04 / 0,05 = 80 % =  $\alpha$  (attention, ici est représentée la tension aux bornes du transistor, il ne faut donc pas calculer tH/T mais tL/T) ;
- puissance moyenne consommée = 89 W.

### Question 14

La puissance dissipée dans chaque transistor est visiblement très faible, négligeable dans ce cas. Pour calculer le rendement du pont, il faut avoir la puissance absorbée et la puissance fournie.

Puissance fournie par le pont :  $P_{\text{MOY}} = I_{\text{MOY}} \cdot U_{\text{MOY}}$ . Or  $U_{\text{MOY}} = \alpha \cdot U_{\text{MAX}}$  soit  $U_{\text{MOY}} = 0,8 \times 24 = 19,2 \text{ V}$ . Le courant moyen dans le moteur est de 4,8 A.  $P_{\text{MOY}}$  vaut donc 92,2 W.

Puissance fournie en sortie du pont :  $P_S = 89 \text{ W}$ . Le rendement vaut donc  $\eta = 89/92,2 = 96,5 \%$ .

Ce résultat est très bon mais relativement rare en réalité. Le modèle simulé ne prend donc pas tous les paramètres en compte très certainement. On peut noter par exemple que la puissance dissipée dans chaque transistor est particulièrement faible pour une telle puissance fournie.

### Question 15

Il y avait plusieurs manières de répondre à cette question

#### *En passant par le calcul d'énergie*

Le document constructeur donne 2 capacités, ceci est dû au fait que plus le courant demandé à la batterie (courant de décharge) est important plus leur capacité diminue. La situation est celle d'une vitesse importante donc d'une décharge rapide. En prenant le cas le plus défavorable, c'est-à-dire celui où la capacité vaut 47,5 A·h, l'énergie contenue dans chaque batterie vaut alors  $E = U \cdot \text{Capacité} = 12 \times 47,5 = 570 \text{ W} \cdot \text{h}$ . Comme il y a deux batteries, cela donne 1140 W·h.

La puissance moyenne fournie à un pont est de 92,2 W. L'énergie fournie pendant 5 heures est donc de 461 W·h par pont, soit 922 W·h au total. Pendant ce temps le fauteuil a parcouru 35 kilomètres, et il reste encore 218 W·h. Si l'alimentation du reste des équipements du fauteuil est prise en compte, l'énergie est presque totalement consommée ce qui correspond bien à la limite basse d'autonomie annoncée par le constructeur. Il est à noter ici que la situation étudiée est particulière, c'est-à-dire le cas où le fauteuil est utilisé à vitesse constante et à 80 % de sa vitesse maximale ce qui correspond

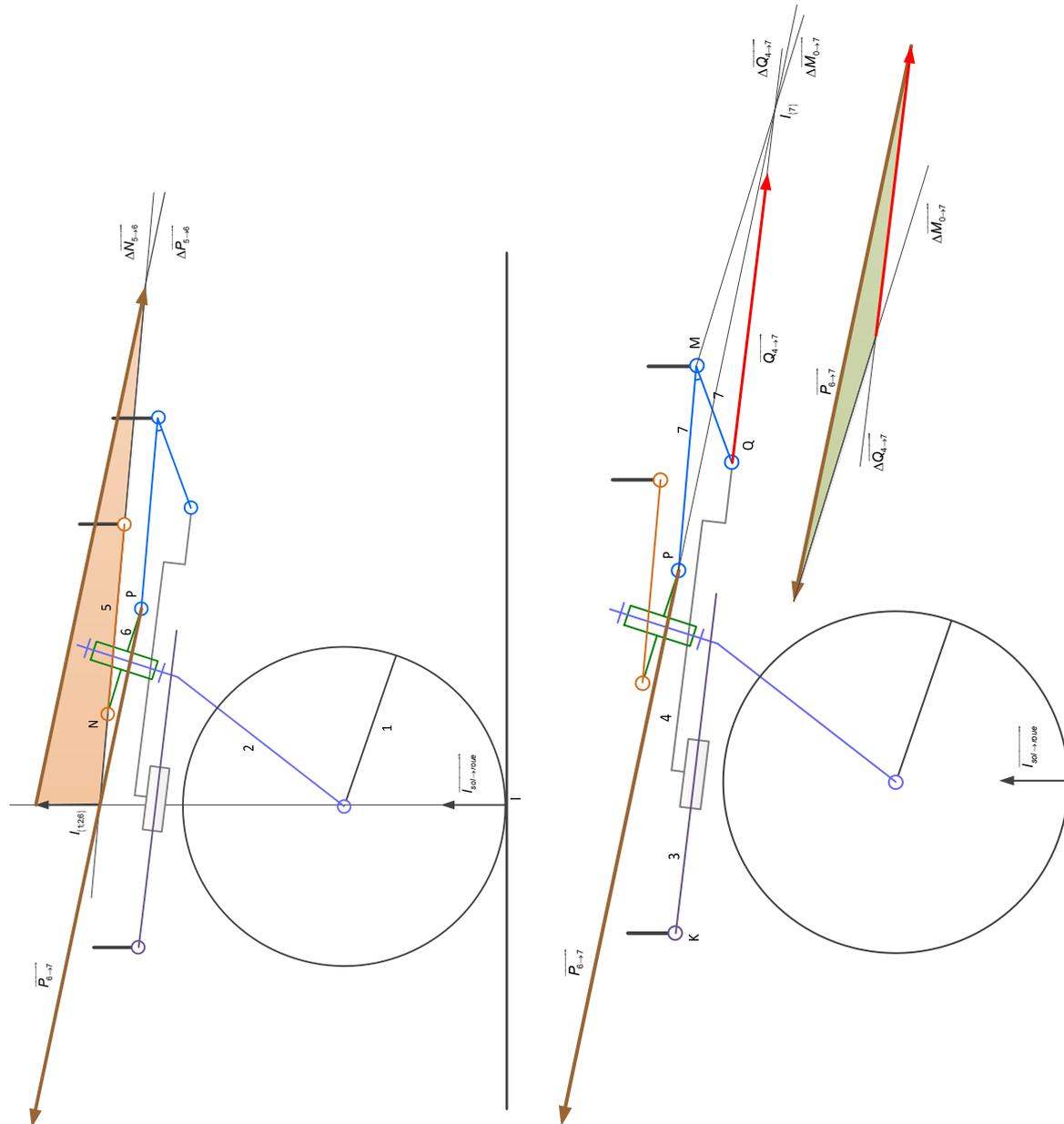
au cas où la capacité retenue pour la batterie est la plus faible. Les 35 kilomètres parcourus sont donc une limite minimale.

*En passant par la capacité*

Pour les mêmes raisons, la capacité retenue est toujours de 47,5 A·h. Attention au fait que les batteries sont câblées en série, une batterie équivalente de 47,5 A·h mais sous une tension de 24 V, l'énergie a donc bien doublé. Le courant moyen par moteur étant de 4,8 A, il est donc possible d'alimenter les 2 moteurs pendant environ 5 h. À 7 km·h<sup>-1</sup>, cela correspond au résultat ci-dessus c'est-à-dire un parcours de 35 km.

**Partie 4. Étude du dispositif d'escamotage du train avant**

**Question 16**



La résolution nécessite les isolements successifs de {5} (solide soumis à deux glisseurs en L et N) donc le support est déterminé, puis {1;2;6} (solide soumis à 3 glisseurs en N, P et I) ce qui permet de trouver le point de concours des 3 supports, ainsi que l'action  $\overline{P_{6 \rightarrow 7}}$ .

Puis l'isolement de {3;4} (solide soumis à deux glisseurs en K et Q) et enfin celui de {7} (solide soumis à 3 glisseurs en M, P et Q) permettant de déterminer le point de concours et l'action  $\overline{Q_{4 \rightarrow 7}}$ .

### Question 17

$\frac{\|\overline{Q_{4 \rightarrow 7}}\|}{\|\overline{I_{sol \rightarrow roue}}\|} = 4,27$  L'organisation géométrique du système mécanique (liée à la compacité de celui-ci)

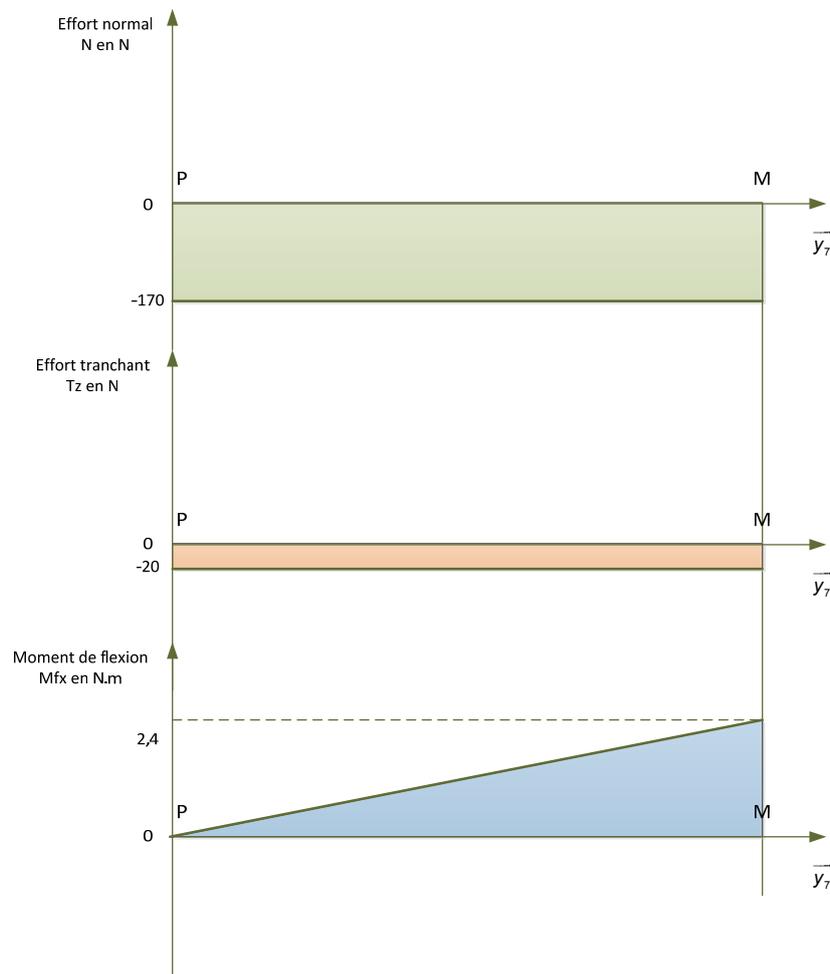
mène à un dimensionnement de l'effort fourni par le vérin nettement plus fort que l'action présente sur la roue avant, au-delà de 4 fois cette action mécanique.

### Question 18

Entre P et M, il est possible d'exprimer directement le torseur de cohésion.

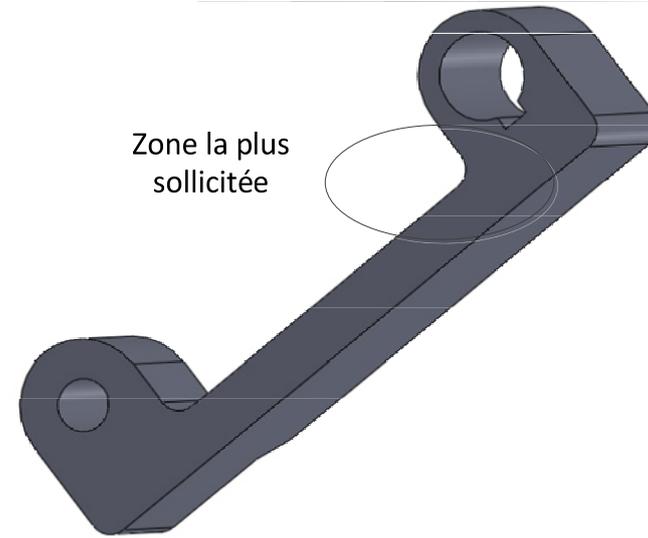
Dans le sens P vers M (poutre portée par  $\overline{y_7}$ ), on peut écrire  $\{\tau_{coh}\} = \begin{Bmatrix} -170 & 0 \\ -20 & 0 \\ 0 & 20 \cdot y \end{Bmatrix}_{G(y), \overline{y_7}, \overline{z_7}, \overline{x_0}}$  avec y

l'abscisse du centre de section  $G(y)$ . Figurent dans ce torseur de cohésion un effort normal, un effort tranchant et un moment de flexion.



Puisque l'effort normal et l'effort tranchant sont constants, l'action mécanique décisive pour le dimensionnement est le moment de flexion qui est le plus important en M.

En observant la pièce, c'est donc à proximité du point M que la matière est susceptible d'atteindre ses limites et l'évolution de l'épaisseur rend la zone désignée critique pour le dimensionnement.



Modèle volumique de la patte

### Partie 5. Vérification de la capacité de franchissement de pente maximale en « mode escalier »

#### Question 19

Il faut vérifier deux points :

- les angles d'inclinaison de ces escaliers sont tels que  $\tan(\alpha_1) = 16/28 = 0,519$  ou  $\tan(\alpha_2) = 17/28 = 0,607$ , cela fait un angle maximal pour  $\alpha_2$  de  $31,3^\circ$ , valeur inférieure à la limite de  $33^\circ$  annoncée par le constructeur ;
- d'autre part, les hauteurs de marche de 16 ou 17 cm sont bien inférieures à la limite de 20 cm annoncée par le constructeur.

Le fauteuil « Topchair » est donc capable de gravir ces types d'escaliers.

### Partie 6. Validation de la solution choisie pour garantir le maintien du passager sur son siège

#### Question 20

Fauteuil		En montée		En descente	
		accélération	décélération	accélération	décélération
En mode route	En marche avant	Risque de basculement arrière	Pas de risque	Risque de basculement arrière	Pas de risque
	En marche arrière	Pas de risque	Risque de basculement arrière	Pas de risque	Risque de basculement arrière

En mode escalier	En marche avant			Risque de basculement arrière	Risque de basculement avant
	En marche arrière	Risque de basculement avant	Risque de basculement arrière		

**Question 21**

On peut chercher les conditions telles qu'une des roues décolle, c'est-à-dire. que la composante normale de l'action du sol sur la roue (selon  $\vec{z}_1$ ) s'annule :  $N_{ES} = 0$  ou  $N_{DS} = 0$ .

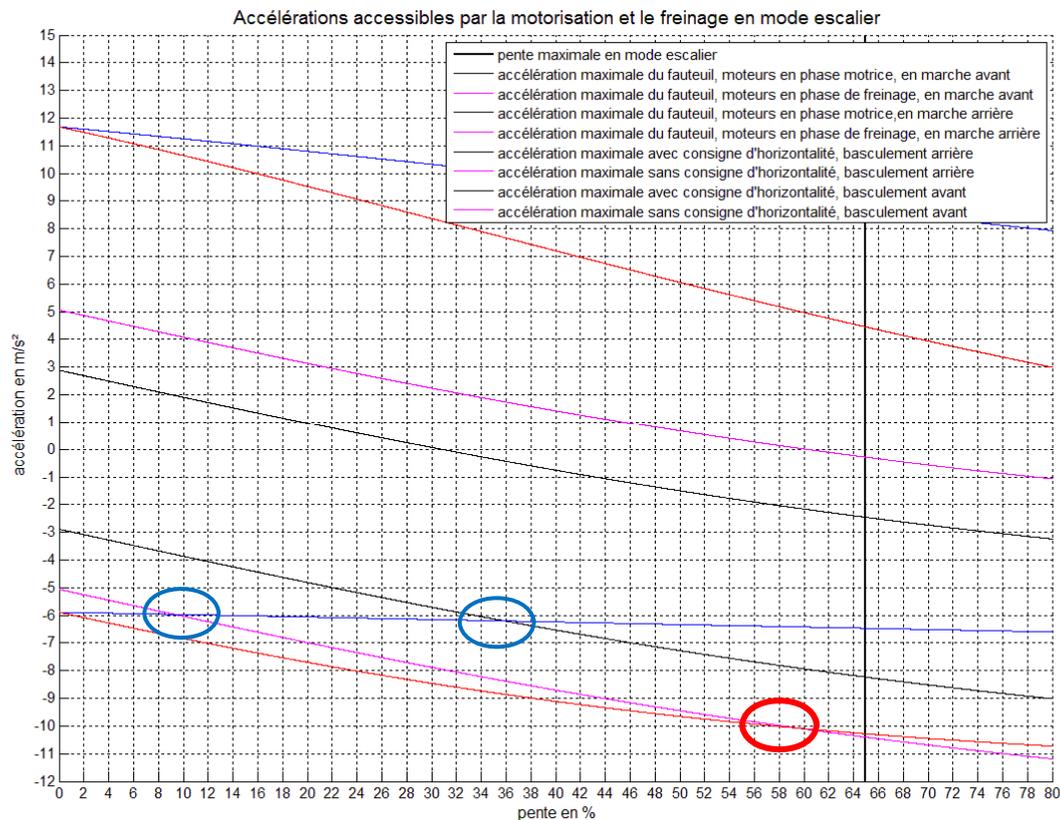
**Question 22**

La relation est  $\Gamma_{G \text{ fauteuil } / \text{ sol}} = -\frac{C \cdot \eta}{m_{\text{totale}}} \cdot \left( \frac{1}{RDc} \right) - g \cdot \sin \alpha$  si  $C$  est la somme des deux couples sur chaque roue. Cette relation est issue du théorème de l'énergie cinétique appliqué à l'ensemble mobile dans son mouvement par rapport au sol.

**Question 23**

La question précédente a permis de montrer que les courbes attendues étaient parallèles entre elles. Et en pente nulle, les accélérations du fauteuil, en avant et arrière sont identiques en valeur absolue. Le candidat est donc amené à tracer des parallèles, en connaissant la valeur pour une pente nulle ( $-5,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  (présente sur le document DR4),  $-2,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ,  $2,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ , et  $5,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ).

## DR4



Graphiquement, pour chercher la présence d'un risque de basculement, il faut observer si le fauteuil est capable d'imposer une accélération plus grande (en valeur absolue) que la limite de basculement. Sur les pentes tracées, il n'y a aucun risque de basculement avant, mais des risques de basculement arrière, dans le cas du maintien de l'horizontalité (le siège est reculé), que ce soit en freinage (marche arrière donc montée) ou en accélération motrice (marche avant donc descente), ainsi qu'un tout petit risque en absence du maintien de l'horizontalité seulement en freinage marche arrière. Remarque : le basculement arrière est le moins dangereux des deux risques.

### Question 24

Le constructeur peut faire en sorte (maîtrise de la commande, programmation) que les accélérations maximales ne soient pas atteintes.

Pour un freinage en marche arrière, sur une pente maximale de 65 %, l'accélération qui mène au basculement est de  $-6,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  alors que le freinage est susceptible d'atteindre  $-10,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ . Sur pente nulle, ce freinage est capable d'atteindre  $-5,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  donc la composante de freinage liée à la gravité est de  $-5,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ . Pour ne pas dépasser les  $-6,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ , il faut impérativement que la composante de freinage liée au couple ne dépasse pas  $-1,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  donc :

$-1,2 = -\frac{C \cdot \eta}{m_{\text{totale}}} \cdot \left( \frac{1}{RDc} \right)$ . Il ne faut pas que le couple exercé sur l'arbre des roues soit supérieur à

$$C_{\text{maxi}} = 1,2 \cdot \frac{m_{\text{totale}} \cdot RDc}{\eta}$$

### Question 25

L'équation électrique est directement lisible sur le schéma électrique proposé  $u = R \cdot i + L \cdot \frac{d}{dt} i + e$ .

L'équation mécanique est issue du théorème de l'énergie cinétique appliqué à l'ensemble des pièces mobiles de l'actionneur linéaire.

L'énergie cinétique de l'ensemble mobile dans son mouvement par rapport au repère immobile s'exprime par  $\frac{1}{2} \cdot J_{eq} \cdot \omega_m^2$ , la puissance de l'action extérieure  $F$  ramenée sur l'arbre de rotation est

$-\frac{F \cdot \dot{i}}{\eta_1 \cdot \eta_2}$  alors que la puissance développée par le moteur est  $C_m \cdot \omega_m$ . Il en résulte la relation suivante :

$$J_{eq} \cdot \dot{\omega}_m \cdot \omega_m = C_m \cdot \omega_m - \frac{F \cdot \dot{i}}{\eta_1 \cdot \eta_2}$$

### Question 26

On peut écrire  $l_{relatif} = \left(-\frac{0,08}{33}\right) \cdot \gamma_{relatif} = -0,0024 \cdot \gamma_{relatif}$  si  $\gamma_{relatif} = (\overline{OB}; \overline{OC})_{relatif}$  est en degrés et si  $l_{relatif} = [AC]_{relatif}$  est en mètres.

### Question 27

La relation cinématique évoquée s'écrit :  $\dot{i} = \frac{pas}{2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot r_2} \cdot \omega_m$  donc  $J_{eq} \cdot \dot{\omega}_m \cdot \omega_m = C_m \cdot \omega_m - \frac{F \cdot \dot{i}}{\eta_1 \cdot \eta_2}$  peut s'écrire

$$J_{eq} \cdot \ddot{i} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot r_2}{pas} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot r_2}{pas} = C_m \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot r_2}{pas} - \frac{F}{\eta_1 \cdot \eta_2} \text{ ou encore}$$

$$J_{eq} \cdot \ddot{i} \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot r_2}{pas}\right)^2 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 = C_m \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot r_2 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}{pas} - F$$

Par transformée de Laplace, nous obtenons :

$$J_{eq} \cdot p^2 \cdot L \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot r_2}{pas}\right)^2 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 = C_m \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot r_2 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}{pas} - F$$

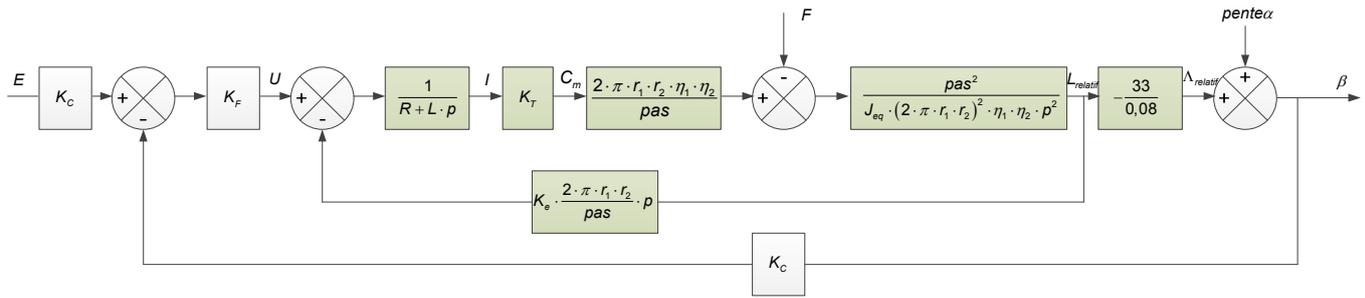
$$u = R \cdot i + L \cdot \frac{d}{dt} i + e \xrightarrow{\text{Laplace}} U(p) - E(p) = (R + L \cdot p) \cdot I(p)$$

$$l_{relatif} = \left(-\frac{0,08}{33}\right) \cdot \gamma_{relatif} \xrightarrow{\text{Laplace}} L_{relatif}(p) \cdot \left(-\frac{33}{0,08}\right) = \Lambda_{relatif}(p)$$

$$C_m = K_T \cdot i \xrightarrow{\text{Laplace}} C_m = K_T \cdot I$$

$$e = K_e \cdot \omega_m = K_e \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot r_2}{pas} \cdot I \xrightarrow{\text{Laplace}} E = K_e \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot r_2}{pas} \cdot L$$

Ce qui permet de compléter le schéma bloc proposé DR5.



### Question 28

L'influence maximale sur la phase est pour une pulsation  $\omega_m$  telle que  $\arg\left(K_{cor} \cdot \frac{1+a \cdot \tau \cdot j \cdot \omega}{1+\tau \cdot j \cdot \omega}\right)$  est maximal c'est-à-dire  $\varphi = \arctan\left(\frac{\omega \cdot \tau \cdot (a-1)}{1+a \cdot \omega^2 \cdot \tau^2}\right)$  est maximale.

$$\frac{d}{d\omega} \left( \frac{\omega \cdot \tau \cdot (a-1)}{1+a \cdot \omega_m^2 \cdot \tau^2} \right) = 0 \text{ d'où } \frac{\tau \cdot (a-1)}{1+a \cdot \omega_m^2 \cdot \tau^2} - \omega \cdot \tau \cdot (a-1) \cdot \frac{2 \cdot a \cdot \omega_m \cdot \tau^2}{(1+a \cdot \omega_m^2 \cdot \tau^2)^2} = 0 \text{ et donc}$$

$$\tau \cdot (a-1) \cdot (1+a \cdot \omega_m^2 \cdot \tau^2) - \omega_m \cdot \tau \cdot (a-1) \cdot 2 \cdot a \cdot \omega_m \cdot \tau^2 = 0 \text{ et enfin } 1 - a \cdot \omega_m^2 \cdot \tau^2 = 0$$

Pulsation recherchée 
$$\omega_m = \frac{1}{\sqrt{a \cdot \tau}}$$

Pour cette pulsation, la phase apportée est telle que 
$$\sin \varphi = \frac{K_{cor} \cdot \frac{\omega_n \cdot \tau \cdot (a-1)}{1+\omega_n^2 \cdot \tau^2}}{K_{cor} \cdot \sqrt{a}} = \frac{a-1}{a+1}$$

On cherche une marge de phase de  $M_\varphi = 45^\circ$ , il manque donc  $45^\circ - 9,94^\circ = 35,06^\circ$  à couvrir.

Donc  $\sin 35,06 = \frac{a-1}{a+1}$  d'où 
$$a = \frac{1+\sin 35,06}{1-\sin 35,06} = 3,70$$

Et donc 
$$\tau = \frac{1}{\sqrt{a \cdot 3,70}} = 0,21 \text{ s}$$

Mais il faut également que la pulsation à laquelle est mesurée cette marge de phase ne soit pas modifiée, donc il faut que le gain du correcteur à cette pulsation soit de 1.

$$|C(j \cdot \omega_n)| = K_{cor} K_C \cdot \left| \frac{1+a \cdot \tau \cdot j \cdot \frac{1}{\sqrt{a \cdot \tau}}}{1+\tau \cdot j \cdot \frac{1}{\sqrt{a \cdot \tau}}} \right| = K_{cor} \cdot \left| \frac{1+j \cdot \sqrt{a}}{1+j \cdot \frac{1}{\sqrt{a}}} \right| = K_{cor} \cdot \frac{\sqrt{1+a}}{\sqrt{1+\frac{1}{a}}} \text{ d'où } |C(j \cdot \omega_n)| = K_{cor} \cdot \sqrt{a}$$

Donc 
$$K_{cor} = \frac{1}{\sqrt{a}} = 0,52$$

Sur l'annexe 12, on peut mesurer la marge de phase de  $45^\circ$ , et une marge de gain entre 100 et 105 dB, ce qui satisfait le cahier des charges.

## Partie 7. Maintenance à distance

### Question 29

Cinq années représentent 2 628 000 minutes. Sachant que la variable de fonctionnement est incrémentée toutes les 3 minutes, et en supposant que le fauteuil fonctionne en continu sur ces cinq années, cela fait 876 000 éléments. Une variable de 32 bits en non-signé peut aller jusqu'à 4 300 000 000 environ, c'est donc très largement au-delà de ce qu'il faut.

Pour le mode escalier, en prenant les mêmes hypothèses, la valeur contenue dans la variable serait de 2 628 000, ce qui serait encore largement en deçà de ce que peut contenir une variable de 32 bits.

Pour le nombre de marches, il faudrait en monter plus de 2 300 000 par jour (soit 1415 fois la tour Eiffel) pour arriver à dépasser la capacité de la variable.

La mémoire flash est donc très largement sous-utilisée puisque seulement 3 variables sont utilisées soit 12 octets pour stocker l'ensemble de ces informations.

### Question 30

Pour que deux machines puissent communiquer ensemble en TCP/IP sans utiliser de routeur (ce qui est le cas ici), il faut qu'elles soient dans le même réseau. Pour cela il faut qu'elles aient la même adresse réseau mais des adresses machines différentes. Comme l'adresse du fauteuil est déjà fixée, il faut donc que l'ordinateur ait une adresse réseau en 192.168.0.0, adresse déduite à l'aide du masque de réseau :

192.168.0.101 ET LOGIQUE BIT A BIT avec 255.255.0.0 donne 192.168.0.0

Il n'est possible d'agir que sur les deux derniers octets, en enlevant l'adresse réseau (tous les bits machine à 0) et l'adresse de broadcast (tous les bits machine à 1). Les adresses IP valables peuvent donc valoir de 192.168.0.1 à 192.168.255.254 inclus, en excluant la valeur 192.168.0.101 (adresse prise par le fauteuil).

### Question 31

Le temps de fonctionnement réel du fauteuil est dépendant de l'utilisateur. Il n'est donc pas possible de se fier au temps passé depuis sa première mise en service pour connaître l'état d'usure des différents constituants. Le temps de fonctionnement pourra par exemple permettre de mettre en place une maintenance préventive (sur les chenilles par exemple).

## Conclusion

### Question 32

La distance parcourue à Tours (5,9 km) est très inférieure à l'autonomie annoncée du fauteuil. Il faut noter cependant que l'utilisateur a franchi 2 escaliers. Les photos montrent qu'il a franchi 8 marches au total, soit 16 marches en tout (montée et descente). Encore une fois cela reste très largement en deçà de ce qu'est capable d'accomplir le fauteuil.

Ainsi, si tous les franchissements de la journée non indiqués ici sont pris en compte (les quelques marches au cinéma Studio par exemple), et avec l'étude menée, il est possible de conclure que le fauteuil permet à une personne handicapée de parcourir de très bonnes distances tout en permettant d'accéder à des lieux non prévus au départ pour des handicapés (loi du 11 février 2005).

# Rapport du jury de l'épreuve d'admissibilité « épreuve de synthèse de sciences industrielles »

## 1. Présentation du sujet

Les évolutions successives des normes en matière d'accessibilité des bâtiments pour les personnes à mobilité réduite ont imposé l'adoption de dispositions contraignantes pour les bâtiments neufs, ainsi que l'adaptation d'une partie des bâtiments existants. Parallèlement, devant l'impossibilité d'installation de rampes d'accès, d'ascenseurs... dans certains d'entre eux, les concepteurs de moyens de mobilité ont développé des solutions innovantes permettant une augmentation de l'autonomie de ces personnes.

Ainsi la société TopChair a mis au point un fauteuil à hautes performances de franchissement, en particulier la montée et la descente d'escaliers, en s'appuyant sur une solution de motricité utilisant des chenilles, relayées par des roues escamotables sur sol plat, mais également un maintien horizontal du siège et de son pilote au cours de ces franchissements.

L'étude proposée dans ce sujet amène le candidat à valider ces solutions au travers de différents critères et à vérifier les performances annoncées par le constructeur (autonomie, pente gravie...).

## 2. Analyse globale des résultats

Les résultats à cette épreuve montrent les difficultés des candidats à élargir leurs champs disciplinaires, à être capable de mener des analyses pertinentes dans plusieurs domaines, à avoir une vision globale et à faire preuve d'une capacité de synthèse transversale.

Ces compétences ne doivent pas occulter les qualités de base du scientifique, à savoir la rigueur dans les raisonnements, dans le choix et l'utilisation des outils appropriés, sa capacité à mener une démarche scientifique jusqu'à sa conclusion et sa capacité à analyser et critiquer les résultats (unités, ordres de grandeurs, contextualisation).

Le jury a par ailleurs particulièrement apprécié la maîtrise grandissante de l'outil de description SysML.

## 3. Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux candidats

### *Partie 1. Modélisation SysML - Analyse du système*

Cette partie de présentation du système à l'aide du langage SysML a été abordée par pratiquement tous les candidats. L'annexe donnant des clés de lecture a permis à une très large majorité de candidats de décrypter les deux diagrammes proposés.

### *Partie 2. Vérification de la conformité du fauteuil par rapport à la législation*

Cette partie est abordée par de nombreux candidats.

La législation a été fidèlement analysée par les candidats, le jury a apprécié les analyses synthétiques de certains candidats.

La modélisation des actions mécaniques est souvent correcte, en revanche, la notion de résistance au roulement n'est pas toujours acquise. La vérification des performances est souvent incomplète.

Le jury rappelle qu'il est nécessaire d'analyser avec rigueur le problème avant de se lancer dans la résolution.

Le jury recommande aux candidats de vérifier les ordres de grandeur de leurs résultats.

### *Partie 3. Vérification de l'autonomie annoncée par le constructeur*

Le jury constate que la moitié des candidats n'a pas abordé cette partie alors qu'elle porte sur des fondamentaux des sciences industrielles de l'ingénieur. Pour ceux qui l'ont abordée, les calculs des caractéristiques du moteur (question 9 à question 12) ainsi que la lecture des courbes issues de la simulation sont généralement bien traités. Par contre, le jury constate une certaine confusion dans le calcul des rendements (puissance absorbée, puissance mécanique, etc.) du pont et de l'autonomie du système.

Le jury recommande également aux candidats de vérifier les ordres de grandeur de leurs résultats.

### *Partie 4. Étude du dispositif d'escamotage du train avant*

**Questions 16 et 17 :** le jury constate qu'une grande partie des candidats confond les outils graphiques de résolution des problèmes statiques et des problèmes cinématiques. Le CIR, l'équiprojectivité, le triangle des vitesses permettent de déterminer des trajectoires et des vitesses mais n'apportent aucune information à l'analyse des actions mécaniques.

**Question 18 :** les candidats ayant traité cette question ont su tirer profit des bases de leurs connaissances en résistance des matériaux.

### *Partie 5. Vérification de la capacité de franchissement de pente maximale en « mode escalier »*

Cette partie est généralement bien traitée. Cependant, certains candidats ont mal identifié les critères à utiliser pour justifier la capacité du « TopChair » à gravir un escalier.

### *Partie 6. Validation de la solution choisie pour garantir le maintien du passager sur son siège*

**Questions 20 et 21 :** une très grande majorité des candidats a traité cette question mais le jury déplore des incohérences dans l'analyse des différentes situations.

**Question 22 :** le jury a particulièrement apprécié les réponses rigoureuses et justifiées (le choix de l'outil de résolution, sa mise en place, l'identification des différents termes et la résolution).

**Questions 23 et 24 :** l'analyse pertinente du résultat précédent permet au candidat de tracer directement les courbes demandées et de proposer une amélioration du système au niveau de la stabilité.

**Questions 25 et 26 :** la réponse à ces questions nécessite une justification, sur laquelle trop de candidats font l'impasse.

**Question 27 :** cette question de synthèse et de mise en forme des résultats précédents ouvre la possibilité d'une étude d'amélioration des performances du système. Elle ne demande pas de développement poussé, malgré cela, peu de candidats ont tenté d'y répondre.

**Question 28 :** peu traitée par les candidats, faisant appel à des capacités d'initiative dans la démarche et à des connaissances de résolution.

### *Partie 7. Maintenance à distance*

La partie numérique a été généralement abordée. Le jury remarque qu'à ce niveau il y a eu des confusions entre la taille d'une variable et le nombre de variables. Il arrive trop souvent que les calculs soient mal présentés. L'adressage IP n'est pas assez compris.

### *Question de synthèse*

Cette question n'a été traitée que par la moitié des candidats. Lors d'une synthèse, le jury attend que les candidats reprennent les éléments de l'étude pour arriver à une conclusion générale sans tomber dans des banalités. Ici, trop peu de candidats ont repris ce qui était expliqué dans l'introduction pour aboutir à une conclusion dont le contexte était posé au départ.

#### 4. Conclusion

Le jury rappelle aux candidats qu'il est important d'apporter une grande importance à la présentation de la copie et à la qualité de la rédaction. Les questions doivent notamment être correctement repérées. Le jury conseille également de mettre en évidence les résultats.

Les raisonnements doivent être menés de façon lisible et explicite. Les réponses qui se limitent à l'écriture du résultat sans explication ne sont pas admises.

Sur les questions de synthèse, la capacité à aller droit à l'essentiel en faisant ressortir les points importants fait partie des qualités recherchées pour un enseignant.

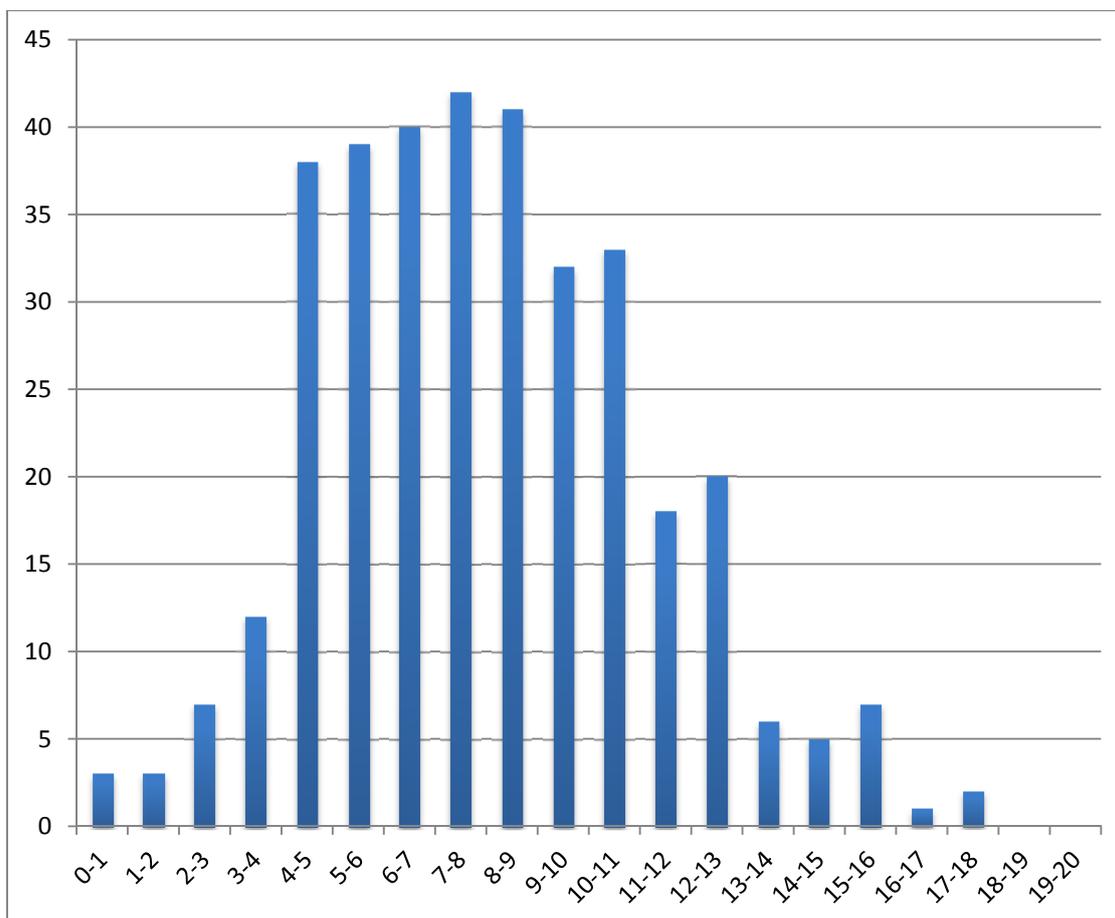
Il est nécessaire de mieux connaître les unités des différentes grandeurs usuelles (énergie, puissance...) et les relations qui les lient ainsi que les calculs élémentaires.

Enfin, nous insistons sur le fait que pour traiter cette épreuve transversale, les candidats doivent avoir un minimum de connaissances et de culture technique dans plusieurs domaines. Ce point est primordial pour des enseignants destinés à l'enseignement technologique dans sa globalité. Nous conseillons aux futurs candidats de travailler dans ce sens.

#### 5. Résultats

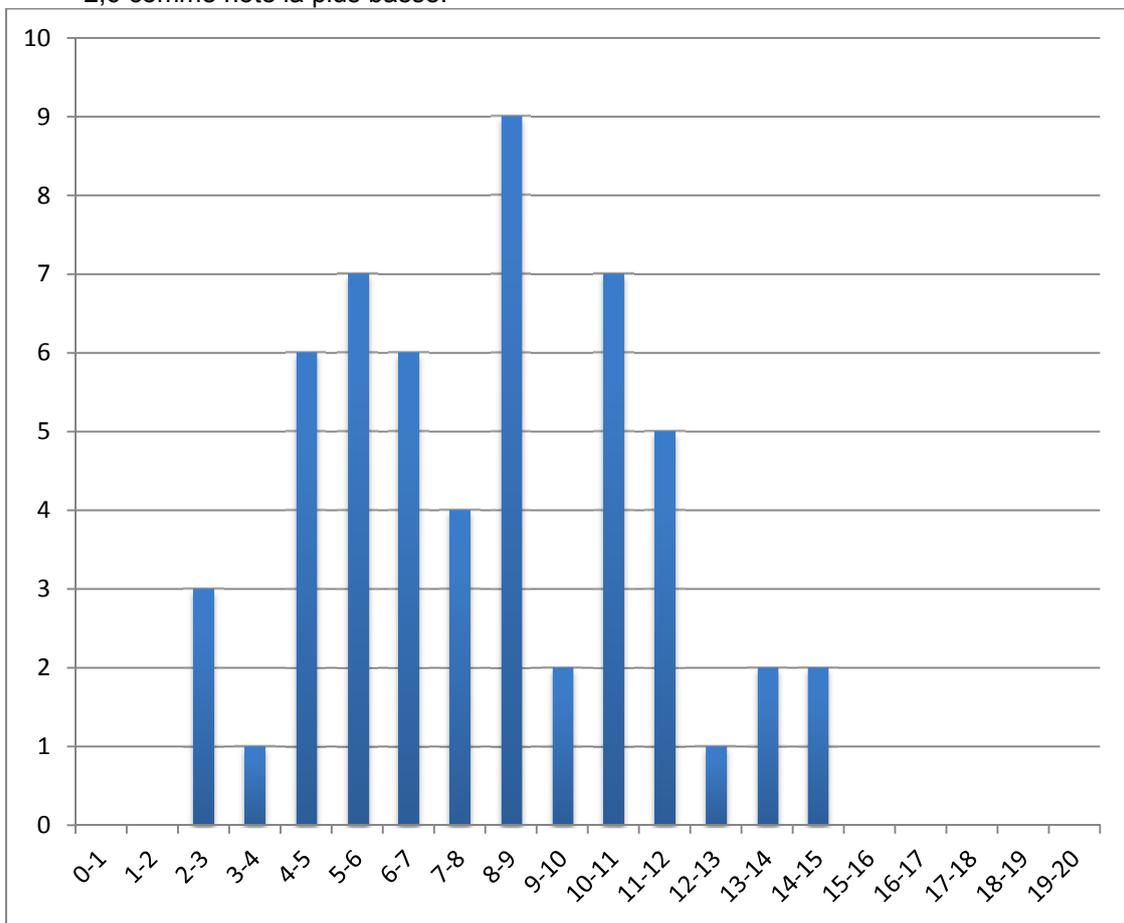
348 candidats ont composé pour cette épreuve du CAPET, la moyenne des notes obtenues est de 8,0, l'écart-type de 3,2 avec :

- 17,5 comme meilleure note ;
- 0,0 comme note la plus basse.



55 candidats ont composé pour cette épreuve du CAFEP, la moyenne des notes obtenues est de 8,0, l'écart-type de 3,1 avec :

- 14,9 comme meilleure note ;
- 2,6 comme note la plus basse.



# Éléments de correction de l'épreuve d'admissibilité « étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation » - option architecture et construction

## PARTIE A ANALYSE GLOBALE DE LA CONCEPTION DU PROJET

Question 1 : éléments de réponses

	Solutions techniques choisies	Solutions techniques envisageables	Avantages	Inconvénients
<b>économie énergétique</b>	Isolation thermique par l'extérieur (ITE).		Enveloppe thermique continue. Inertie thermique accrue.	Doublages intérieurs nécessaires pour traiter : l'acoustique et le visuel.
	Chauffage et rafraîchissement par PAC et CTA pour la salle de spectacle.		Technologie éprouvée. Récupération de chaleur (limitation de la dépense énergétique).	Réactivité de la PAC aux besoins de confort (occupation intermittente) d'où la mise en œuvre de convecteurs électriques dans certains locaux. Traitement acoustique pour limiter les bruits de fonctionnement.
		Isolation thermique par l'intérieur (ITI).	Mise en œuvre de doublages intérieurs communs pour traiter : l'acoustique, la thermique et le visuel.	Inertie thermique. Ponts thermiques. Traitement des façades extérieures (enduit, ...).
		PAC géothermique.	Limitation de la dépense énergétique.	Coût (forage, ...) et emprise en fonction du type de capteurs (verticaux ou horizontaux).
<b>qualité des ambiances intérieures</b>	Panneaux et rideaux acoustiques dans la salle de spectacle		Correction acoustique : temps de réverbération.	Mise en œuvre soignée. Coûts.
	Grandes ouvertures au Sud et à l'Ouest		Confort visuel, ouverture sur l'extérieur. Apports th.	Risques de surchauffe en été. Mise en œuvre et réglages de pare-soleil.
		Mise en place de panneaux déflecteurs.	Favorise la transmission du son.	Doivent s'adapter aux diverses sources sonores.
		« Puits » de lumière en toiture.	Apport de lumière naturelle.	Traitements des seuils et des relevés. Mis en œuvre de systèmes d'occultations et de commandes.

## PARTIE B CONCEPTION D'ÉLÉMENTS DE CHARPENTE

### Question 2

#### Hypothèses

$$g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \Rightarrow 1 \text{ kg} \approx 1 \text{ daN}.$$

Inclinaison de la couverture très faible : 10,6 %  $\Rightarrow$  6,05° ( $\cos(6^\circ) \approx 1$ ), la pente est négligée.

Portée et console définies par les distances entre les axes.

Largeur d'influence de la file : 2,22 m.

Liaisons aux porteurs verticaux : articulation du PRS1 sur V7 afin de reprendre les efforts horizontaux et appui simple sur PRS4 pour limiter les risques de déversement.

Le PRS1 est modélisé en console « libre » en rive Sud, bien qu'un « effet porteur » de la ceinture UPN puisse être considérée pour limiter les déformations.

#### Actions, pondérations et schéma mécanique

$$\text{Neige : } S = 72 \cdot 2,22 = 159,9 \text{ daN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$\text{Couverture : } g_1 = 80 \times 2,22 = 177,6 \text{ daN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$\text{PRS1 : } g_2 = 30 \times 2,22 = 66,6 \text{ daN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$\text{UPN : } g_3 = 33,2 \times 2,22 = 73,7 \text{ daN}$$

$$\text{ELS : } G + S$$

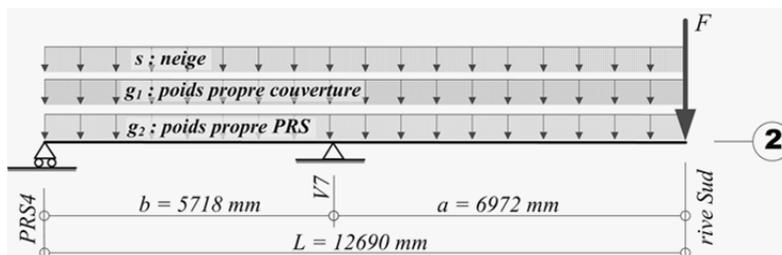
$$p_s = (177,6 + 66,6) + (159,9) \approx 404 \text{ daN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$F_s \approx 74 \text{ daN}$$

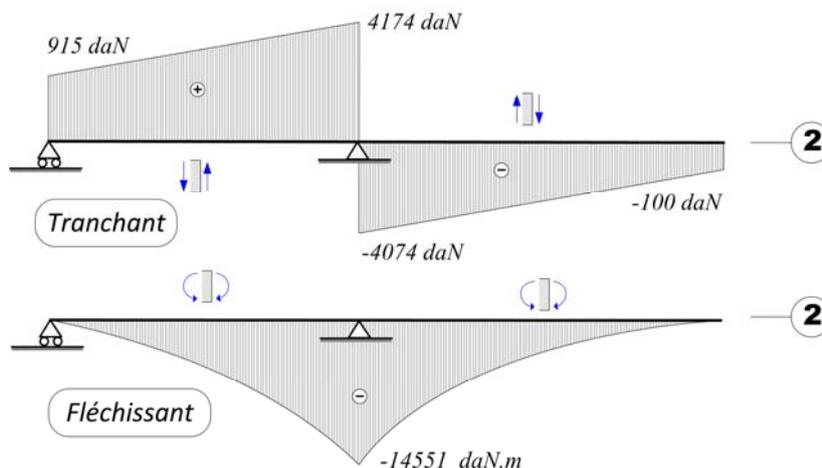
$$\text{ELU : } 1,35 \times G + 1,5 \times S$$

$$p_u = 1,35 \times (177,6 + 66,6) + 1,5 \times (159,9) \approx 570 \text{ daN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$F_u = 1,35 \times 73,7 \approx 100 \text{ daN}$$



### Question 3



#### Question 4

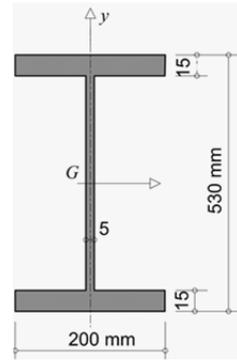
$$I_{GZ} = 200 \times \frac{530^3}{12} - \left( 195 \times \frac{500^3}{12} \right) \approx 450 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{el,z} = \frac{450 \times 10^6}{\frac{1}{2} \times 530} \approx 1,6982 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$A_A = 5 \times 500 = 2500 \text{ mm}^2$$

$$A = 5 \times 500 + 2 \times (15 \times 200) = 8500 \text{ mm}^2$$

$$p_{PRS1} = 8500 \times 7850 \times 10^{-6} \approx 67 \text{ daN/m}$$

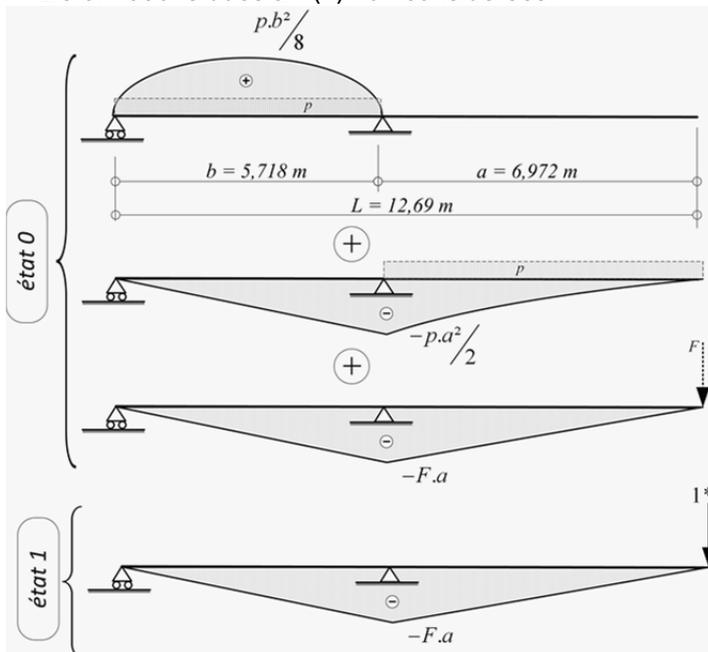


#### Question 5

En raison des portées et des actions appliquées, la flèche maximale est localisée à l'extrémité de la console (rive Sud).

Méthode énergétique et application du principe de superposition  $\Rightarrow$  simplification des schémas des états virtuels.

Déformations dues à  $V(x)$  non considérées.



$$v_{\max} \approx \frac{-2055}{EI} \quad \text{avec } E \text{ en kN/m}^2 \text{ et } I_{GZ} \text{ en m}^4$$

$$v_{\max} \approx \frac{-2055}{210 \times 10^6 \times 4,50 \times 10^{-4}} \approx 0,022 \text{ m (soit 22 mm)}$$

#### Question 6

**Critère de flexion :**  $\sigma = \pm \frac{14551 \times 10^4}{1,6982 \times 10^6} \approx \pm 85,6 \text{ MPa} \leq \sigma_e = 355 \text{ MPa}$

**Critère de cisaillement :**  $\tau = \frac{48750 \times \sqrt{3}}{2500} \approx 33,8 \text{ MPa} \leq \sigma_e = 355 \text{ MPa}$

**Critère de flèche :**  $v \approx 22^{mm} \leq f_{\max} = \frac{2}{300} \times 6972 \approx 47 \text{ mm}$

Les 3 critères de dimensionnement en élasticité linéaire sont vérifiés. Cependant, on exploite peu les capacités élastiques de la section :

- contraintes normales (traction et compression), 24 % (85,6/355) ;
- flèche, 47 % (22/47) .

Une optimisation est donc possible.

### Question 7

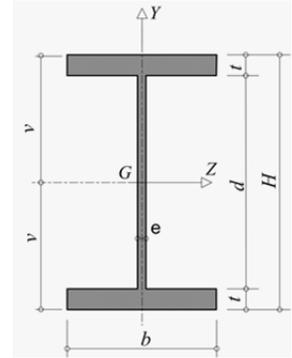
À partir du théorème d'Huygens :

$$I_{GZ} = e \times \frac{d^3}{12} + 2 \times \left( \frac{b \times t^3}{12} + b \times t \times \left( \frac{d}{2} + \frac{t}{2} \right)^2 \right)$$

### Question 8

On pose :  $As = b \times t$  ;  $t \ll H$  ;  $t \approx 0$  ;  $d \approx h$

On obtient :  $I_{GZ} = e \times \frac{H^3}{12} + b \times t \times \frac{H^2}{2}$



### Question 9

Avec les règles forfaitaires :  $b = \frac{H}{4}$  ;  $e = \frac{H}{100}$  ;  $t = \frac{H}{35}$ , on obtient :

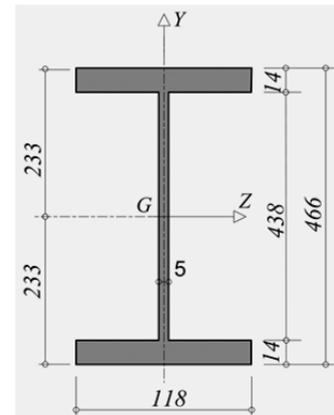
$$I_{GZ} = \frac{37}{8400} \times H^4 \quad \text{et} \quad w_{el,z} = \frac{37}{4200} \times H^3$$

### Question 10

Les dimensions du PRS1 doivent satisfaire les conditions :

$$\begin{cases} (a) \Rightarrow \frac{145,51 \times 10^{-3}}{355} \leq w_{el,z} \Rightarrow H \geq 359 \text{ mm} \\ (c) \Rightarrow \frac{2055}{0,047 \times 210 \times 10^6} \leq I_{GZ} \Rightarrow H \geq 466 \text{ mm} \end{cases}$$

nota : dimensions arrondies au mm, indépendamment des valeurs du commerce.



Le critère de flèche est prépondérant dans le cadre de ce calcul.

Vérification du cisaillement :  $\frac{48750}{5 \times 440} \times \sqrt{3} = 38,4 \text{ MPa} \leq \sigma_e = 355 \text{ MPa}$

Aire de la section :  $A_{PRS1} = 2 \times 14 \times 118 + 5 \times 438 = 5494 \text{ mm}^2$

Poids du profilé :  $p_{PRS1} = 5494 \times 7850 \times 10^{-6} \approx 43,2 \text{ daN/m}$ , soit un gain de matière par rapport à

l'APS de :  $\left( 1 - \frac{5494}{8500} \right) \times 100 \approx 35 \%$

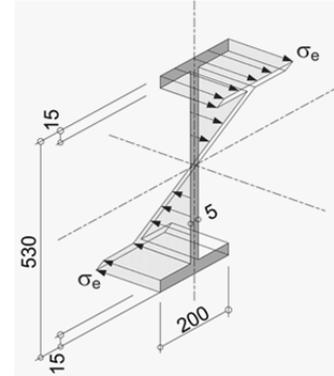
### Question 11

On a  $\|Me\| = \int_A y \times \sigma \times dA$ , si les fibres extrêmes sont à la valeur de  $\sigma_e$

ceci revient à :  $\|Me\| = \sigma_e \times w_{el,z}$ .

$$Me = 355 \times 1,6982 \times 10^6 \times 10^{-6} \approx 603 \text{ kN.m}$$

Le ratio entre les moments fléchissants est :  $\frac{Me}{Mmax} = \frac{60300}{14551} \approx 4,1$



### Question 12

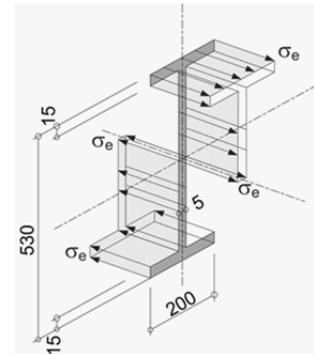
La section est entièrement plastifiée à la valeur  $\sigma_e$ .

En déterminant les résultantes des efforts dues aux contraintes normales dans les semelles et l'âme, on a :

$$\begin{cases} N_{semelle} = 3000 \times 355 = 1065000 \text{ N} \\ Z_{semelle} = 530 - 15 = 515 \text{ mm} \end{cases}$$

$$\begin{cases} N_{âme} = \frac{1}{2} \times 2500 \times 355 = 443750 \text{ N} \\ Z_{âme} = \frac{500}{2} = 250 \text{ mm} \end{cases}$$

$$Mp = (1065000 \times 515 + 443750 \times 250) \cdot 10^{-6} \approx 659 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



Adaptation plastique et réserve structurelle :  $\frac{Mp}{Me} = \frac{659}{603} \approx 1,09$  et  $\frac{Mp}{Mmax} = \frac{65900}{14551} \approx 4,5$

L'optimisation du PRS1 à la plasticité conduit à augmenter légèrement  $\psi = 1,09 \rightarrow \psi = 1,20$ .

Le moment fléchissant maximal sollicitant la section étant de 14 551 daN·m cela conduirait à adopter un moment plastique de l'ordre de  $Mp = 14551 \times 1,20 \approx 17462 \text{ daN} \cdot \text{m}$ , soit  $w_{el,z} = \frac{17462}{35,5} \approx 492 \text{ cm}^3$ .

Avec  $w_{el,z} = \frac{37}{4200} \times H^3$ , on obtient  $H \approx 380 \text{ mm}$ .

Avec les règles forfaitaires :  $b = \frac{H}{4} \approx 95 \text{ mm}$  ;  $e = \frac{H}{100} \approx 4 \text{ mm}$  ;  $t = \frac{H}{35} \approx 11 \text{ mm}$ .

Poids du profilé :  $p_{PRS1} = 3522 \times 7850 \times 10^{-6} \approx 28 \text{ daN/m}$ .

Soit un gain de matière par rapport à l'APS de :  $\left(1 - \frac{3522}{8500}\right) \times 100 \approx 58 \%$

### Question 13

Les optimisations ci-dessus ne tiennent pas compte du critère de déformation qui est déterminant dans le cas de cette étude (et qui est très souvent le critère prépondérant dans le cadre d'un calcul de structure).

Une optimisation de la section (réduction de H et donc de  $I_{GZ}$  et de  $A_T$ ) conduit à une augmentation des contraintes normales et des contraintes tangentielles dans les sections droites, pouvant donner lieu à des risques d'instabilités (déversement et voilement). Les conséquences impliquent donc de prévoir l'ajout de barres anti-déversement et de renforts d'âme, pouvant pénaliser assez lourdement le gain éventuel de matière ainsi que le coût de réalisation. L'apparition d'une rotule plastique au droit de V7 serait catastrophique. Ainsi, l'Eurocode 3 propose réglementairement, par l'adoption de différents

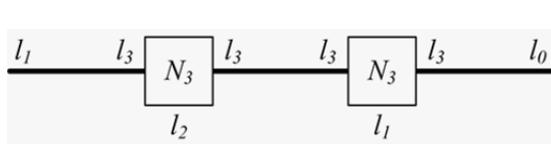
modèles de comportement (élastique, élasto-plastique, plastique) et par une approche semi-probabiliste, différentes méthodes de calculs pour la vérification de la sécurité structurale.

**Question 14**

L'évolution du moment fléchissant sur la partie en console permet d'envisager une diminution progressive de la hauteur (et donc de  $I_{GZ}$ ) du PRS corrélativement aux contraintes  $\left(\sigma(x,y) = \frac{M(x)}{I_{GZ}(x)} \cdot y\right)$ . Cela permet un gain substantiel de poids propre et une diminution de la déformation sous charges permanentes.

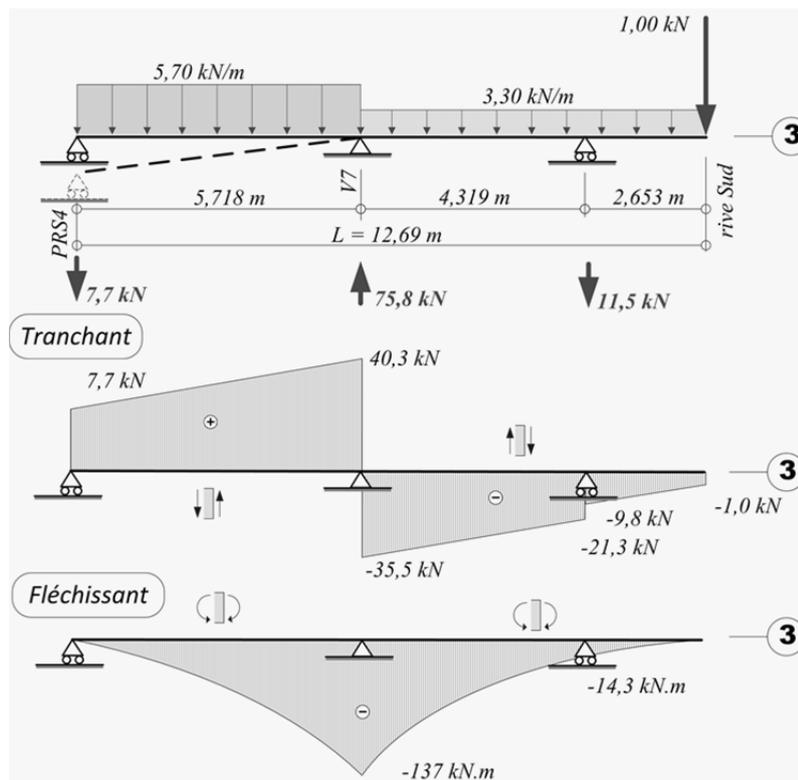
De plus, d'un point de vue architectural, cela permet « d'alléger » l'aspect (effet moins massif) des façades et de les « ouvrir sur l'extérieur », ainsi que de réduire le cumul des ombres portées.

**Question 15**



inconnues		équations	
$4 l_3 = 12$	} soit 16 inc.	$3 b = 9$	} soit 15 éq.
$1 l_2 = 2$		$2 N_3 = 6$	
$2 l_1 = 2$			
⇒ hyperstatique de degré 1°			

**Question 16**



Les fibres supérieures du PRS file 3 sont tendues.

**Question 17**

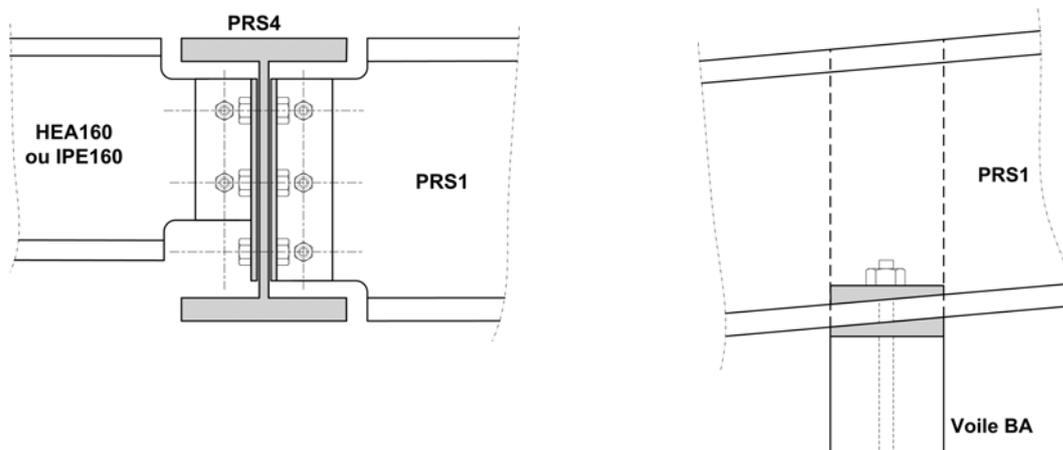
Une souplesse importante du support de rive (PRS4) des PRS1 engendre :

- une diminution de la flèche en extrémité de console (rive Sud) ;

- une augmentation du moment fléchissant sur l'appui (voile V7) et de façon connexe cela peut provoquer (le cas échéant) un dépassement de l'état limite en fibre supérieure et une instabilité au déversement accrue ;
- une redistribution des actions de liaison sur l'appui (proche rive Sud) qui peut conduire à un soulèvement.

Un calcul complet des déformations et des sollicitations prenant en compte l'ensemble des éléments pour différents cas de charges (courbes enveloppes) doit être réalisé afin de garantir la sécurité structurale et le maintien des lignes architecturales.

**Question 18** : éléments de réponses



## PARTIE C AMÉNAGEMENT EXTÉRIEUR, VRD

**Question 19**

**Réseau unitaire** : mode de collecte qui ne distingue pas les eaux pluviales et les eaux usées, les effluents sont mélangés dans les mêmes canalisations.

**Réseau séparatif** : mode de collecte où les eaux usées et les eaux pluviales transitent par des canalisations distinctes et sont traitées séparément.

**Réseau autonome** : mode de collecte et de traitement d'eaux usées d'habitations individuelles ou de petites collectivités, via des dispositifs indépendants des ouvrages communaux ; également appelé assainissement non collectif » ou « assainissement individuel ».

**Période de retour** : le risque pris lors de la conception est relatif à la période de retour des pluies contre laquelle on souhaite se prémunir. Il s'agit de l'intervalle moyen de temps séparant deux occurrences d'un événement exceptionnel caractérisé par l'intensité moyenne maximale sur une durée donnée. Cela n'exclut pas que l'événement se produise plusieurs fois sur cette période.

**Question 20**

À partir des documents fournis, on peut formuler les remarques ci-dessous :

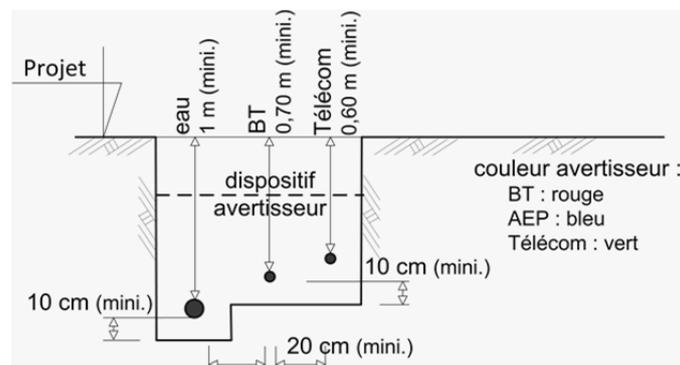
- certains sens de circulation des VL sont à revoir ;
- la largeur des traversées piétonnes (1,40 m), la largeur de croisement VL (5,00 m) et les dimensions des aires individuelles de stationnement (2,50 x 5,00 ) sont conformes aux règles en vigueur ;

- pour ce type de bâtiment, il est d'usage de prévoir un nombre de places VL de l'ordre de  $\frac{1}{2}$  place/occupant soit  $0,5 \times 240 = 120$  places. Le nombre prévu (90 places VL) sur les documents est donc insuffisant. Le nombre d'emplacements VL réservés aux PMR est conforme (1/50pl soit environ 3 places) ;
- l'accès au bâtiment est étroit et sinueux pour un véhicule d'intervention pompier (idem pour un camion de collecte d'ordures ménagères  $\ell_{\text{mini}} = 3,50$  m et  $R_{\text{courbure}} = 10,50$  m). De même, l'aire de retournement est juste suffisante pour un camion ;
- globalement, les pentes des surfaces de ruissellement (2 % et 4 %) et celles des collecteurs EP sont conformes. Cependant, il existe quelques points bas (points de rebroussement) nécessitant un traitement : caniveau ou modification ponctuelle de l'altimétrie du projet.

Il manque notamment (ou du moins ces éléments devront être précisés) :

- les panneaux de signalisation :
  - sur le parking (vitesse limitée à  $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , traversée piéton, interdiction de décharge, ...),
  - l'intersection avec RD (stop, ...);
  - le ralentisseur de vitesse (dos d'âne ou trapézoïdal),
- les marquages au sol, délimitation des zones piétonnes et des traversées, zones podotactiles, ... ;
- le portique limitateur d'accès (stationnement « sauvage »), ... ;
- l'éclairage sur « delta » d'accès au parking ;
- l'aire(s) de stationnement pour des autobus ;
- la définition de la végétation à créer - arbres, arbustes, haies, ... ;
- la définition du mobilier - bancs, poubelles, ... ;
- le dispositif séparateur d'hydrocarbures.

### Question 21



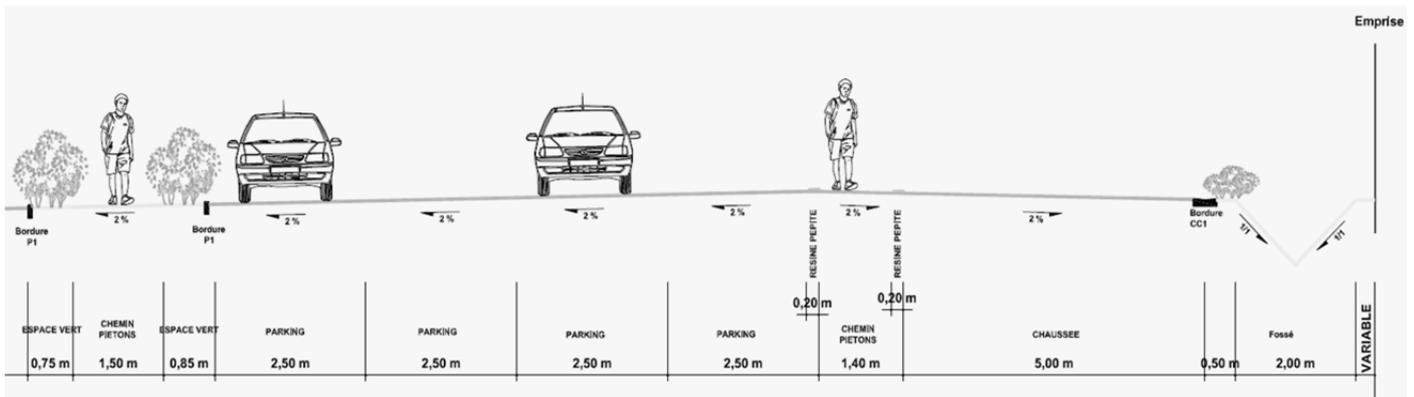
Tranchée réalisée au plus près du fossé n°2 afin de ne pas être sous la voie de circulation.

Pose selon schéma de principe ci-dessus avec purges éventuelles du fond de fouille.

Essai sous pression du réseau eau avant remblaiement.

La nature du sol permet une pose sur un lit de 10 cm de matériaux de granulométrie 0/6.

Remblaiement de la tranchée avec compactage selon les spécifications du CCTP.



### Question 22

Projet localisé en Charente-Maritime (17) en zone 2 avec  $T=10$  ans :

⇒ coefficient Montana :  $a = 6,70$  et  $b = 0,55$

Épisode de courte durée  $t = 10$  min :

- $i(10,10) = 6,70 \times 10^{-0,55} \approx 1,9$  mm/min , soit 114 mm/h ;
- débit « formule rationnelle » :  $Q = 2,78 \times 1 \times 114 \times \frac{670}{10000} \approx 21,3$  l · s<sup>-1</sup> .

Épisode de moyenne durée  $t = 60$  min :

- $i(10,60) = 6,70 \times 60^{-0,55} \approx 0,705$  mm/min ; soit 42,5 mm/h ;
- débit « formule rationnelle » :  $Q = 2,78 \times 1 \times 42,5 \times \frac{670}{10000} \approx 7,9$  l · s<sup>-1</sup> .

L'intensité de la pluie décroît avec la durée. Les phénomènes pluvieux défavorables sont souvent du type « orage », c'est-à-dire des événements de courte durée avec des hauteurs de précipitations importantes.

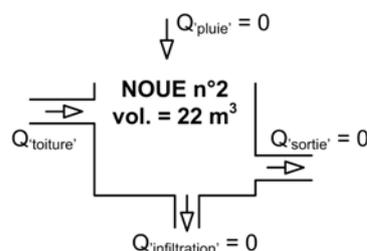
Remarque : les sections des descentes d'EP sont dimensionnées pour reprendre des débits réglementaires fixés à  $0,05$  l · s<sup>-1</sup> · m<sup>-2</sup> ; soit dans notre cas :  $0,05 \cdot 670 \approx 33,5$  l · s<sup>-1</sup> . Ce débit est toujours très largement surestimé afin d'éviter tout risque de mise en charge.

### Question 23

La noue n°2 ( $V=22$  m<sup>3</sup> avant surverse) ne reçoit que les eaux de la toiture ( $S = 670$  m<sup>2</sup>,  $Cr = 1$ ).

Raisonnons par simplification : pour un débit d'alimentation constant (temps de concentration et lag-time non considérés), et en supposant un débit d'infiltration nul et la noue initialement vide, nous

avons :  $(Q_{toiture} + Q_{pluie}) - (Q_{infiltration} + Q_{sortie}) = \frac{dVol}{dt}$  :



Épisode de courte durée  $t = 10$  min :  $T_R = \frac{22 \times 1000}{21,3} \approx 1033$  s (soit 17,2 min).

La durée estimée de remplissage est supérieure à la durée de l'averse.

Épisode de moyenne durée  $t = 60$  min :  $T_R = \frac{22 \times 1000}{7,9} \approx 2785$  s (soit 46,4 min).

La durée estimée de remplissage est inférieure à la durée de l'averse : la surverse pourrait être active dans ce cas avec :  $Q_{\text{infiltration}}=Q_{\text{sortie}}=0$ . Une résolution complète la prenant en compte, devrait être menée.

Ce mode de calcul et les hypothèses associées conduisent à une durée de remplissage assez nettement inférieure à la réalité. La noue n°2 semble donc être capable globalement de reprendre les 2 événements pluvieux.

### Question 24

Coeff. d'apport :

$$Ca = \frac{670 \times 1 + 187 \times 0,92 + 250 \times 0,95 + 3140 \times 0,90 + 1395 \times 0,25 + 985 \times 0,20}{6627} = \frac{4451,29}{6627} \approx 0,672$$

Surface active :  $Sa = Ca \times S \approx 4452 \text{ m}^2$

Débit d'EP :  $Qt = 2,78 \times 0,672 \times 114 \times \frac{6627}{10000} \approx 141 \text{ l/s}$  (0,141 m³/h)

Débit d'infiltration :  $Q_{\text{inf}} = 985 \times 10^{-5} = 0,00985 \text{ m}^3/\text{s}$  (9,85 l/s)

Le débit amené par l'événement pluvieux est  $Qt \gg Q_{\text{inf}}$  (débit d'infiltration). Il faut donc créer des ouvrages de stockage.

### Question 25

Débit spécifique de vidange :  $qs = 60000 \times \frac{Q_{\text{inf}}}{Sa} = 60000 \times \frac{0,00985}{4452} \approx 0,133 \text{ mm/min}$

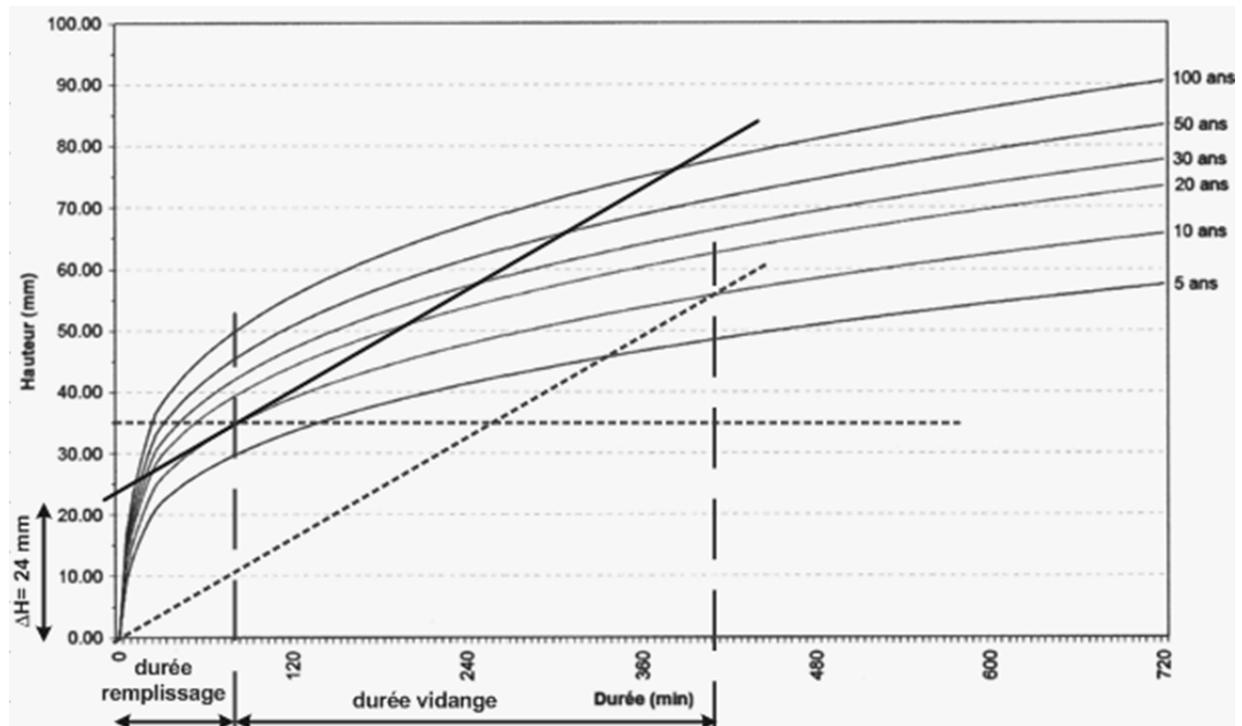
À partir des courbes de précipitation locale (cf tracé ci-après), on obtient :  $\Delta h = 24 \text{ mm}$

Le volume total d'EP à stocker est :  $V_{\text{max}} = 1,20 \times 10 \times \Delta h \times Sa = 1,20 \times 10 \times 24 \times \frac{4452}{10000} \approx 129 \text{ m}^3$

Le temps de fonctionnement est :  $Df = \frac{H(T,qs)}{qs} = \frac{35}{0,133} \approx 264 \text{ min}$

Le temps de remplissage (lecture sur le graphique) est  $Dp \approx 84 \text{ min}$

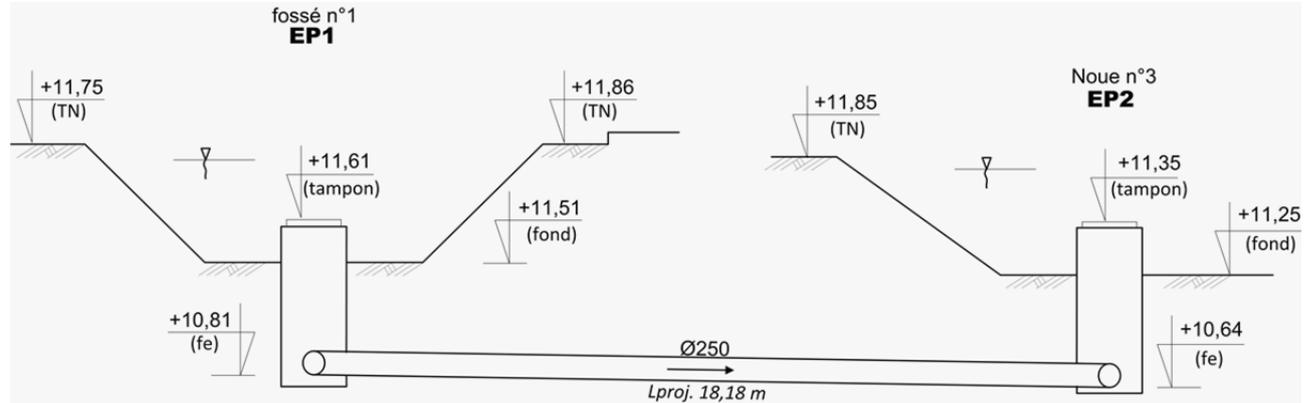
Le temps de vidange est :  $Dv \approx 264 - 84 = 180 \text{ min}$



Le potentiel de stockage de (noe n°2 + fossé n°1 + noe n°3) est de :  $22 + 32 + 102 = 156 \text{ m}^3$ . Ces trois organes à eux seuls peuvent reprendre un épisode de courte durée (tout en sachant qu'il y a le fossé n°2).

Le nouvel agencement (c'est-à-dire l'augmentation de la surface imperméable par la création de 24 places VL supplémentaires) est possible en conservant les caractéristiques du réseau défini à l'APS.

### Question 26



### Question 27

$$\text{Pente du fossé n°1 : } p_f = \frac{13,24 - 11,51}{41,84} \Rightarrow p_f \approx 4,1\%$$

$$\text{Pente du collecteur } \varnothing 250 \text{ (fil d'eau) reliant fossé n°1 à noe n°3 : } p_c = \frac{10,81 - 10,64}{18,18} \Rightarrow p_c \approx 1\%$$

$$\text{Section mouillée : } A = (b + z \times y) \times y = (2 + 5 \times 0,20) \times 0,20 = 0,60 \text{ m}^2$$

$$\text{Rayon hydraulique : } R_H = \frac{(b + z \times y) \times y}{b + 2 \times y \times \sqrt{1 + z^2}} = \frac{0,60}{2 + 2 \times 0,20 \times \sqrt{1 + 5^2}} \approx 0,15 \text{ m}$$

Capacité max. de débit du fossé n°1 pour  $n = 0,027$  :

$$Q = \frac{A}{n} \times R_H^{2/3} \times p_f^{1/2} = \frac{0,60}{0,027} \times 0,15^{2/3} \times \left(\frac{4,1}{100}\right)^{1/2} \approx 1,27 \text{ m}^3/\text{s} \quad (1270 \text{ l/s})$$

On a montré lors de l'étude globale précédente (pour l'ensemble des BV), que le débit total d'EP était de  $Q_t \approx 141 \text{ l/s}$  avec un débit d'infiltration de  $Q_{inf} \approx 9,85 \text{ l/s}$ . Le fossé n°1 est donc très largement capable de faire transiter l'ensemble des eaux jusqu'à la noe n°3.

### Question 28

La noe n°3 ( $V=102 \text{ m}^3$  avant déverse) reçoit un débit de  $\approx 135 \text{ l/s}$  d'EP via le collecteur Ø250.

Raisonnons par simplification : pour un débit d'alimentation constant, en supposant un débit d'infiltration nul, la noe initialement vide, en raison de la variation de hauteur de charge (cf coupe schématique) on a :  $T_R = \frac{102 \times 1000}{0,5 \times 135} \approx 1512 \text{ s} \quad (25,2 \text{ min})$ .

La noe n°3 est donc capable de reprendre l'événement pluvieux ( $T = 10 \text{ ans}, t = 10 \text{ min}$ ) avant de se déverser.

Les caractéristiques du réseau hydraulique défini à l'APS sont cohérentes avec le nouvel agencement (création de 24 places VL supplémentaires). Cependant, une étude complète détaillée prenant en compte un hydrogramme de ruissellement non uniforme, les temps de concentration de chaque bassin versant, les lag-time, ... devra être réalisée.

## **Question 29**

### *Éviter la stagnation de l'eau et le colmatage*

Une noue a besoin d'un entretien préventif régulier pour éviter qu'elle ne se transforme en mare ou en égout à ciel ouvert ; de la fréquence de cet entretien dépend fortement l'image d'environnement de qualité que constitue la noue. Il faut tondre la pelouse, assez souvent en été, arroser quand les sols sont secs pour que la végétation ne dépérisse pas, ramasser les feuilles à l'automne et les débris d'origine humaine, et curer les orifices.

Une vérification de l'épaisseur des boues éventuellement accumulées peut se faire après quelques années de mise en service. L'extraction des décantats et leur évacuation peuvent se faire vers une filière de valorisation ou, suivant leur composition, vers un dépôt définitif.

À long terme, la terre végétale constituant la partie superficielle des noues se tasse et diminue ainsi l'infiltration. Mais ce phénomène est souvent très limité et l'infiltration reste presque toujours possible. Le cas échéant, prévoir un réaménagement complet des espaces verts.

### *Limiter les risques d'accidents*

La profondeur des noues est faible, cependant en fonction des usages de la zone (enfants ...) il peut être nécessaire d'avertir de la fonction hydraulique du système et de limiter son accès (haies, ...).

En cas d'accident, on limitera la zone polluée en isolant les biefs (fermeture des orifices) et en pompant la pollution déversée. À la réalisation, on mettra en place au minimum une géomembrane qui isolera le sol et le protégera de toute pollution (ce qui ne semble pas être prévu dans le cadre de ce projet).

# Rapport du jury de l'épreuve d'admissibilité « étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation » – option architecture et construction

## 1. Présentation du sujet

Le support de projet est une salle des fêtes polyvalente construite en milieu non urbanisé, complétée par des travaux de voirie et de réseaux, d'aménagements extérieurs et la création d'aires de stationnement.

Les compétences attendues étaient les suivantes :

- approcher globalement la conception de solutions techniques portant sur la qualité des ambiances et sur l'économie énergétique ;
- valider la conception d'éléments de charpente métallique ;
- gérer des aménagements extérieurs, en particulier les voiries et réseaux divers.

## 2. Analyse globale des résultats

Les différentes parties sont généralement abordées, mais rarement traitées en totalité. Toutefois, certains candidats choisissent de porter leurs efforts sur deux des trois parties. Les résultats montrent que cette stratégie n'est pas la mieux adaptée.

La partie A introduit le projet au travers des solutions retenues et envisageables en matière d'économie d'énergie et de qualité des ambiances intérieures. Le sujet incitait fortement à une rédaction sous forme d'un tableau de synthèse. Une très faible minorité de candidats n'a pas souhaité suivre cette recommandation. Quelques candidats ont fourni des réponses très satisfaisantes, faisant preuve de maturité par rapport aux nouveaux enjeux en matière de développement durable.

La partie B constitue un ensemble classique en mécanique des structures. Elle fait appel à des notions de transmission des charges appliquées sur une charpente métallique, de modélisation d'un élément de structure, de vérification et d'optimisation d'un profilé métallique en mobilisant éventuellement sa capacité d'adaptation plastique et l'utilisation d'une « inertie géométrique variable ». Le jury trouve inadmissible qu'un grand nombre de candidats ne sache pas tracer les graphes des sollicitations le long d'une poutre isostatique soumise à un chargement simple. Il rappelle qu'une bonne partie des erreurs pourrait être évitée grâce à une bonne concordance des unités.

La partie C aborde le domaine de la gestion des eaux pluviales à la parcelle. Toutes les informations nécessaires étaient fournies dans le sujet. La cohérence dans les unités était primordiale pour réussir cette partie. Comme précédemment, le jury constate un manque de rigueur qui s'est avéré pénalisant. Il note également une insuffisance de réflexion et qualité graphique.

## 3. Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux candidats.

*Domaine 1 : analyse du projet relativement aux économies d'énergie et à la qualité des ambiances intérieures*

15 % des candidats ne traitent pas cette dominante. Le décodage des différentes composantes du projet demande la maîtrise de tous les équipements susceptibles d'intégrer un tel bâtiment.

Les analyses proposées par les candidats restent superficielles par manque de connaissances techniques. Tous les systèmes liés à la qualité des ambiances intérieures ou aux économies d'énergie ne peuvent convenir à un tel projet. Les candidats doivent adapter leurs solutions aux contraintes.

#### *Domaine 2 : dominante structure – optimisation matériaux*

L'étude débute par la détermination des efforts transmis à un profilé métallique isostatique support de la couverture. L'établissement d'un modèle mécanique et le calcul d'une charge linéique à partir d'une charge surfacique présentent malheureusement des difficultés pour trop de candidats. Les graphes des sollicitations ne sont pas suffisamment maîtrisés.

La suite, consiste à vérifier un profilé vis-à-vis de critères de résistance et de déformée en élasticité linéaire. L'expression littérale du moment quadratique (théorème d'Huygens) de la section du profilé présentant deux axes de symétrie a posé des difficultés à de nombreux candidats. Le manque de maîtrise des unités a conduit de nombreux candidats à ne pas trouver la hauteur optimisée du profilé selon des critères de déformation et de résistance.

La partie traitant de l'adaptation plastique du profilé a été peu et mal traitée. Le jury rappelle l'importance de maîtriser les calculs simples en plasticité afin de pouvoir appréhender l'ensemble des règles et des codes de calculs du domaine : architecture et construction.

Le sujet aborde ensuite les phénomènes d'instabilité. Si les candidats connaissent le phénomène de flambement, un faible nombre est capable de citer le déversement ou le voilement.

Une diminution progressive de la hauteur du profilé sur la partie en console était ensuite envisagée. Certains candidats ont évoqué à juste titre l'aspect esthétique sans expliquer que la diminution du moment fléchissant à l'extrémité du profilé pouvait justifier ce choix.

La question suivante concerne l'influence de la souplesse du support de rive. L'analyse proposée par les candidats manque souvent d'approfondissement.

La dernière question concerne un assemblage. Les candidats proposent des solutions sans nécessairement établir de schémas alors que ces derniers sont explicitement demandés.

#### *Domaine 3 : dominante gestion des eaux pluviales*

Cette partie demande l'appréhension des documents en annexe (de nombreuses questions de cette partie du sujet pouvant être traitées sans connaissance préalable en hydraulique). Des erreurs de lecture de plans auxquelles s'ajoutent des erreurs d'unités dans les équations ont conduit 30 % des candidats à des résultats extravagants. Le jury insiste sur la nécessité d'avoir une vue globale sur un projet et d'être capable d'analyser différentes solutions techniques.

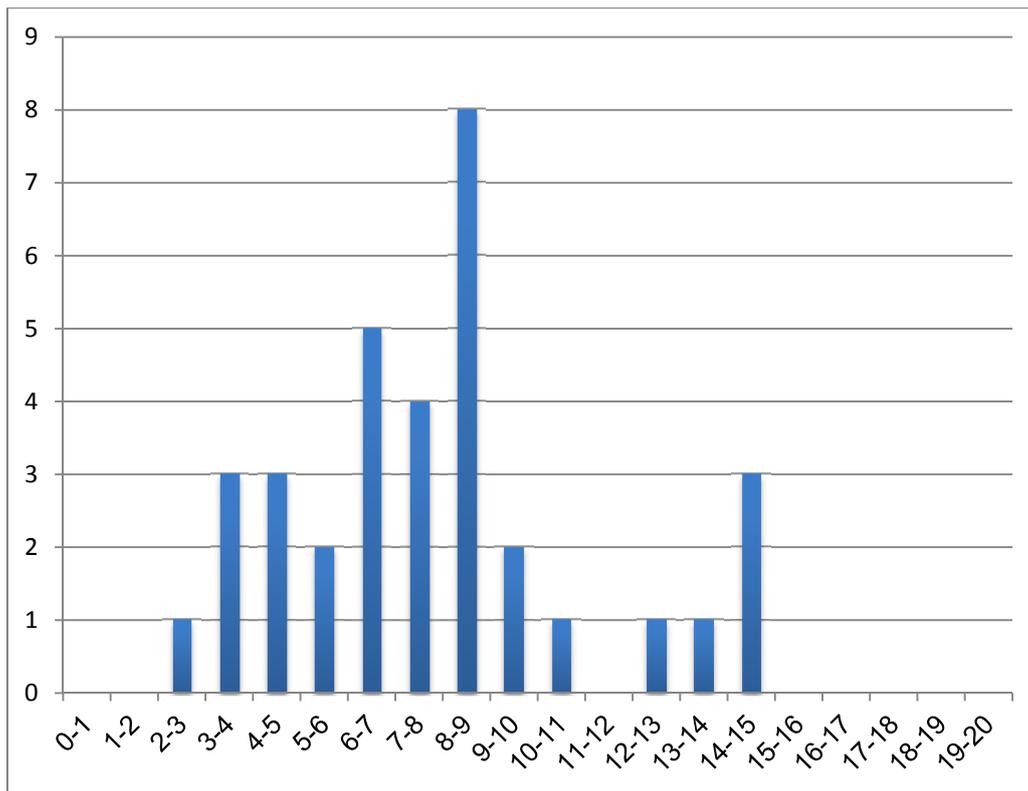
## **4. Conclusion**

Le jury encourage les futurs candidats à ne négliger aucun domaine et à approfondir leurs connaissances sur l'ensemble des champs technologiques concernant les bâtiments, les VRD, les ouvrages d'art. Il faut absolument que les candidats s'attachent à maîtriser les principes scientifiques de base, à vérifier la cohérence de leurs résultats, à augmenter la qualité de leur rédaction (lisibilité, orthographe, qualité des croquis et des schémas).

## **5. Résultats**

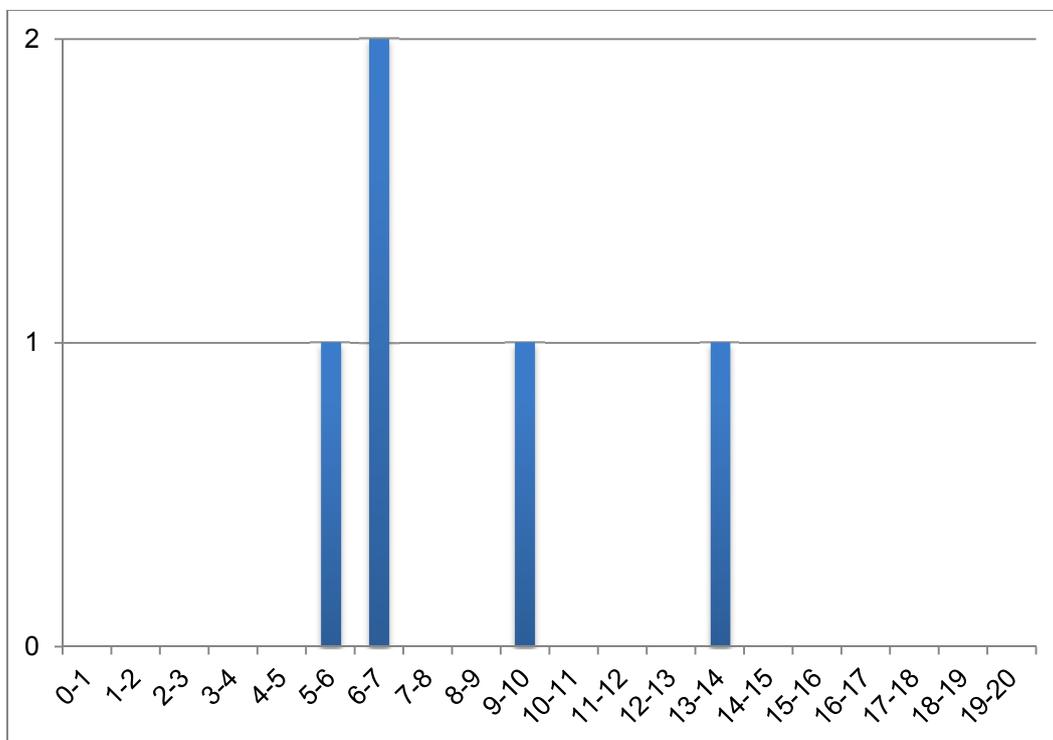
34 candidats ont composé pour cette épreuve du CAPET, la moyenne des notes obtenues est de 8,0 avec :

- 15 comme meilleure note ;
- 2,3 comme note la plus basse.



5 candidats ont composé pour cette épreuve du CAFEP, avec :

- 13,2 comme meilleure note ;
- 5,5 comme note la plus basse.



# Éléments de correction de l'épreuve d'admissibilité « étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation » - option énergie

## Question 1

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda \cdot S} \text{ en } K \cdot W^{-1}$$

## Question 2

$$r_1 = D/2 \text{ et } r_2 = r_1 + e = D/2 + e$$

$$\Phi = \frac{\lambda \cdot S_p}{e} (T_1 - T_2) \text{ avec } S_p = \frac{2\pi \cdot H \cdot e}{\ln\left(\frac{D/2 + e}{D/2}\right)}$$

$$S_p = \frac{2\pi \cdot H \cdot e}{\ln\left(1 + \frac{2 \cdot e}{D}\right)} \text{ et } 2e \ll D \text{ (0,6 m} \ll \text{15 m)}$$

$$S_p = \frac{2\pi \cdot H \cdot e}{\frac{2 \cdot e}{D}} \text{ soit finalement } S_p = \pi \cdot D \cdot H$$

ce qui correspond bien à la surface intérieure du cylindre.

## Question 3

$$\Phi_1 = \frac{\lambda \cdot S_1}{e} (T_1 - T_2) \qquad \Phi_2 = \frac{\lambda \cdot S_2}{e} (T_1 - T_2)$$

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 = \frac{\lambda \cdot (S_1 + S_2)}{e} (T_1 - T_2) = \frac{\lambda \cdot S}{e} (T_1 - T_2)$$

$$\text{soit donc } S = S_1 + S_2$$

## Question 4

$$S_{12} = S_d + 0,1 \cdot S_p$$

$$S_{34} = S_d + 0,9 \cdot S_p$$

## Question 5

$$\begin{aligned} R_h &= R_{e12} + R_{iso12} + R_{beton12} + R_{biogaz} \\ &= \frac{1}{S_{12}} \left( R_{SE} + \frac{e_{isolant}}{\lambda_{isolant}} + \frac{e_{béton}}{\lambda_{béton}} \right) + \frac{e_{biogaz}}{\lambda_{biogaz} \cdot S_d} \\ &= \frac{1}{(S_d + 0,1 \cdot S_p)} \left( R_{SE} + \frac{e_{isolant}}{\lambda_{isolant}} + \frac{e_{béton}}{\lambda_{béton}} \right) + \frac{e_{biogaz}}{\lambda_{biogaz} \cdot S_d} \end{aligned}$$

Application numérique :  $R_h = 0,3465 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$

$$\begin{aligned} R_b &= R_{e34} + R_{iso34} + R_{beton34} \\ &= \frac{1}{S_{34}} \left( R_{SE} + \frac{e_{isolant}}{\lambda_{isolant}} + \frac{e_{béton}}{\lambda_{béton}} \right) \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{(S_d + 0,9 \cdot S_p)} \left( R_{SE} + \frac{e_{isolant}}{\lambda_{isolant}} + \frac{e_{béton}}{\lambda_{béton}} \right)$$

Application numérique :  $R_b = 0,0032 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$

### Question 6

Les déperditions thermiques se situent principalement vers les parois et le sol puisque  $R_b$  est très faible (donc grande conductivité), et dans un facteur 100 par rapport à  $R_h$ .

### Question 7

$$e = \lambda_{isolant} \cdot S_d \cdot R_h$$

$$e = 0,036 \times \pi \times 7,5^2 \times 0,3465$$

$$e = 2,2 \text{ m}$$

### Question 8

Le volume de biogaz produit se comporte comme un très fort isolant du point de vue de la matière en digestion.

Ce comportement était largement prévisible puisque  $\lambda_{biogaz} = 0,0304 < \lambda_{isolant} = 0,036$  (donc biogaz plus isolant que polystyrène), et pour une épaisseur ramenée de  $0,1 \times 18 = 1,8 \text{ m}$  initiale ! Les parois hautes et le toit ne jouent finalement qu'un rôle très mineur dans l'isolation.

### Question 9

$$R_{tot} = R_b // R_h = \frac{R_b \cdot R_h}{R_b + R_h} \quad \text{or } R_h \gg R_b \text{ donc}$$

$$R_{tot} = R_b = 0,0032 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$$

### Question 10

$$\text{Sur } R_{tot} : T - T_{ext} = R_{tot} \cdot \Phi \quad (\text{convention récepteur})$$

$$\text{Sur } C_{th} : \Phi = -C_{th} \cdot \frac{dT}{dt} \quad (\text{convention récepteur})$$

soit finalement :

$$T - T_{ext} = -R_{tot} \cdot C_{th} \cdot \frac{dT}{dt}$$

$$T + R_{tot} \cdot C_{th} \cdot \frac{dT}{dt} = T_{ext}$$

$$\text{d'où : } \tau = R_{tot} \cdot C_{th}$$

### Question 11

La tangente à l'origine croise la droite asymptotique au temps  $\tau$  d'où  $\tau = 9120 \text{ h}$ .

### Question 12

$$T(t) = A \cdot t + B$$

$$\text{avec } T(0) = T_0 \text{ et } T(\tau) = T_{ext}$$

$$\text{soit } B = T_0 \text{ et } A \cdot \tau + T_0 = T_{ext}$$

$$A = \frac{(T_{ext} - T_0)}{\tau}$$

soit finalement :

$$T(t) = \frac{(T_{ext} - T_0)}{\tau} \cdot t + T_0$$

**Question 13**

$$\Delta T = T_0 - T(24) = -\frac{(T_{ext} - T_0)}{\tau} \cdot 24$$

$$\Delta T = (55 + 20) \times \frac{24}{9120}$$

$$\Delta T = 0,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Au vu des variations de températures et des constantes de temps ( $\tau > 1$  an !!), une régulation (de type P, PI ou PID) serait totalement superflue, une régulation TOR voire même une régulation manuelle sont suffisantes.

**Question 14**

$$Q = C_{th} \cdot T$$

$$\Delta Q(t) = C_{th} \cdot T(0) - C_{th} \cdot T(t)$$

$$\Delta Q(t) = C_{th} \cdot (T(0) - T(t))$$

**Question 15**

$$\Delta Q(t) = C_{th} \cdot (T(0) - T(t))$$

$$\Delta Q(t) = C_{th} \cdot \left( T_0 - \left[ (T_{ext} - T_0) \frac{t}{\tau} + T_0 \right] \right)$$

$$\Delta Q(t) = C_{th} \cdot \left( T_0 - (T_{ext} - T_0) \frac{t}{\tau} - T_0 \right)$$

$$\Delta Q(t) = \frac{C_{th}}{\tau} \cdot (T_0 - T_{ext}) \cdot t$$

et d'après la question 10 :  $\frac{C_{th}}{\tau} = \frac{1}{R_{tot}}$  d'où finalement  $\Delta Q(t) = \frac{(T_0 - T_{ext})}{R_{tot}} \cdot t$

**Question 16**

1 cycle d'injection secteur par secteur : 1 – 2 – 3 – 4 – 8 – 1 – 5 – 6 – 7 – 8 – ....

**Question 17**

Les secteurs subissant 2 injections/cycle sont les secteurs 1 et 8 :

- le secteur 1 correspond au secteur d'introduction de la matière et nécessite une homogénéisation et une avancée plus fréquente (introduction de matière compacte) ;
- le secteur 8 correspond au secteur d'extraction par gravitation du digestat, et nécessite une homogénéisation et une avancée plus fréquente, pour faciliter cette extraction.

**Question 18**

$$3 t_{ci} = 1360 \text{ s} \Rightarrow t_{ci} = 453,3 \text{ s}$$

**Question 19**

$$t_c = t_{ci} - t_{inj} = 453,3 - 15,6 = 437,7 \text{ s} = 7 \text{ min } 18 \text{ s}$$

**Question 20**

$$t_c = 0,12 \text{ h}$$

$$\Delta T = T_0 - T(0,12) = -(T_{ext} - T_0) \cdot \frac{0,12}{\tau} = (55 + 20) \times \frac{0,12}{9120}$$

soit  $\Delta T = 0,001 \text{ } ^\circ\text{C}$  !!

Le maintien en température est quasi assuré étant données les chutes de température, pour peu que le système fournisse bien à chaque cycle d'injection l'énergie nécessaire.

**Question 21**

$$\tau_c = \frac{t_c}{t_{ci}} = \frac{437,7}{453,3} = 96,47 \%$$

**Question 22**

$$t_A = 0,9647 \times 24 \times 365 = 8450 \text{ h}$$

**Question 23**

$$\Delta Q_A = \frac{(55 - 11,5)}{0,0032} \times 8450 = 115 \text{ MWh}$$

**Question 24**

$$E_A = 115 / 0,3 = 383 \text{ MWh}$$

**Question 25**

Le préchauffage des intrants n'utilise que de la vapeur produite par la cogénération issue du biogaz, ou par la chaudière de secours, elle-même alimentée en biogaz. Cette part énergétique est donc assurée en parfaite autonomie par l'unité de biométhanisation.

Seule l'énergie apportée par le compresseur consomme de l'énergie fournie par le réseau EDF pour le maintien en température du digesteur, donc l'énergie annuelle consommée pour cela vaut  $E_{MTA} = 383 \text{ MWh}$ .

**Question 26**

$$p_B = p + \rho \cdot g \cdot (z_C - z_B)$$

$$p_B = 1,49 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 1,49 \text{ bar}$$

**Question 27**

$$Q = \pi \cdot D^2 / 4 \cdot v_A = \pi \cdot D^2 / 4 \cdot v_B \quad \text{d'où} \quad v_B = (D/d)^2 \cdot v_A$$

$$v_B = 0,697 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

**Question 28**

$$p_A = p_B + \rho \cdot g \cdot (z_B - z_A) + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot (v_B^2 - v_A^2)$$

$$p_A = 149000 + 920 \times 9,81 \times 3 + \frac{1}{2} \times 920 \times (0,697^2 - 0,2^2)$$

$$p_A = 176000 \text{ Pa} = 1,76 \text{ bar}$$

**Question 29**

$$\Delta P_R = \frac{32 \times 0,85 \times 0,697 \times 15}{0,15^2} = 12700 \text{ Pa} = 0,127 \text{ bar}$$

$$\sum \Delta P_S = (0,07 + 2 \times 0,35 + 1) \times \frac{920 \times 0,697^2}{2} = 400 \text{ Pa} = 0,004 \text{ bar}$$

$$\Delta P_{Total} = 13100 \text{ Pa} = 0,131 \text{ bar}$$

**Question 30**

$$\% \Delta p = \frac{0,131}{1,76} \times 100 = 7,44 \%$$

Les pertes de charge sont significatives d'où :

$$p_A = p_B + \rho \cdot g \cdot (z_B - z_A) + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot (v_B^2 - v_A^2) + \Delta P_R + \sum \Delta P_S$$

$$p_A = 1,76 + 0,131 = 1,89 \text{ bar}$$

**Question 31**

$$P_A = p_A \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v_A$$

$$P_A = 1,89 \cdot 10^5 \times \frac{\pi \times 0,28^2}{4} \times 0,2 = 2330 \text{ W}$$

**Question 32**

$$P_{hVA} = \frac{P_A}{0,9} = 2590 \text{ W}$$

**Question 33**

$$V_{ia} = m_i / \rho = 39780 / 0,92 = 43200 \text{ m}^3$$

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v_A = \frac{\pi \times 0,28^2}{4} \times 0,2 = 12,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$T = \frac{V_{ia}}{Q} = \frac{43200}{0,0123} = 3,5 \cdot 10^6 \text{ s} = 975 \text{ h}$$

**Question 34**

$$E_{CAa} = \frac{E_{hMa} + E_{hPRa} + E_{hVAa}}{0,4} = \frac{[(15 + 4) \times 6 + 2,6 \times 2,7] \times 10^{-3} \times 365}{0,4} = 110 \text{ MWh}$$

**Question 35**

$$S_1 = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{780}{0,85} = 918 \text{ kVA}$$

$$I_1 = \frac{S_1}{U \cdot \sqrt{3}} = \frac{918 \cdot 10^3}{400 \times \sqrt{3}} = 1324,5 \text{ A}$$

**Question 36**

Un transformateur de 1000 kVA nous donne après déclassement une puissance de 860 kVA, insuffisant par rapport aux 918 kVA calculés à la question 2.1. Il faut donc prendre un transformateur de 1250 kVA.

**Question 37**

Les solutions préventives de base possibles pour atténuer les effets de ces harmoniques consistent à :

- positionner les charges polluantes en amont du réseau ;
- regrouper les charges polluantes ;
- séparer les sources ;
- utiliser des transformateurs à couplages particuliers ;
- placer des inductances dans l'installation ;
- choisir un schéma de liaison à la terre adapté ;
- mettre en place de systèmes de filtrage pour protéger l'installation (filtre passif, actif ou hybride).

**Question 38**

Optimiser le facteur de puissance permet :

- d'éviter de payer des pénalités au fournisseur de l'énergie électrique,
- d'augmenter la puissance disponible du transformateur,
- de diminuer la section des câbles,
- de diminuer les pertes en lignes,
- de réduire les chutes de tensions.

**Question 39**

Q sans compensation =  $P \cdot \tan \varphi$  avec  $\cos \varphi = 0,85$  soit  $\tan \varphi = 0,62$

Q sans compensation =  $780 \times 0,62 = 483,6$  kVAR

Q avec compensation =  $780 \times 0,31 = 241,8$  kVAR

Q batterie de condensateur =  $483,6 - 241,8 = 241,8$  kVAR

**Question 40**

Le réseau est fortement perturbé, il faut prendre dans la gamme hc une batterie de 250 kVAR.

**Question 41**

La compensation de l'énergie réactive permet d'obtenir une réserve de puissance pour le transformateur.

$$S = \sqrt{780^2 + (483,6 - 250)^2} = 814 \text{ kVA}$$

Le transformateur  $1250 \times 0,86 = 1075$  kVA

La réserve de puissance est de  $\frac{1075 - 814}{1075}$  soit d'environ 24 %.

**Question 42**

$$\frac{1}{Z_{RL}} = \frac{1}{R_{cha}} + \frac{1}{j \cdot L_{cc} \cdot \omega} \Rightarrow Z_{RL} = \frac{R_{cha} \cdot L_{cc} \cdot 2\pi \cdot f}{\sqrt{(L_{cc} \cdot 2\pi \cdot f)^2 + R_{cha}^2}}$$

Voir DR1, trait interrompu.

**Question 43**

$$V_{11} = Z_{RL11} \cdot I_{11} = Z_{RL11} \cdot \frac{I \times 9}{100} = 0,086 \times \frac{1324,5 \times 9}{100} = 10,25 \text{ V}$$

**Question 44**

Ces tensions harmoniques entraînent à leur tour une déformation de la tension d'alimentation des récepteurs, ce qui explique le mécanisme de propagation de la pollution harmonique sur les réseaux.

**Question 45**

$$\frac{Q}{3} = V^2 \cdot C \cdot \omega \Rightarrow Q = U^2 \cdot C \cdot \omega$$

$$\Rightarrow C = \frac{Q}{U^2 \cdot \omega} = \frac{150000}{400^2 \times 2\pi \times 50} = 3000 \text{ } \mu\text{F}$$

**Question 46**

$$\frac{1}{Z_{RLC}} = j \cdot C \cdot \omega + \frac{1}{R_{cha}} + \frac{1}{j \cdot L_{cc} \cdot \omega} = j \cdot \left( C \cdot \omega - \frac{1}{L_{cc} \cdot \omega} \right) + \frac{1}{R_{cha}}$$

$$\Rightarrow Z_{RLC} = \frac{1}{j \cdot \left( C \cdot \omega - \frac{1}{L_{cc} \cdot \omega} \right) + \frac{1}{R_{cha}}}$$

$$\Rightarrow |Z_{RLC}| = \frac{1}{\sqrt{\left( C \cdot 2\pi \cdot f - \frac{1}{L_{cc} \cdot 2\pi \cdot f} \right)^2 + \left( \frac{1}{R_{cha}} \right)^2}}$$

Voir DR1, trait pointillé.

**Question 47**

Le circuit est purement résistif à la résonance :

$$C \cdot 2\pi \cdot f_{rp} - \frac{1}{L_{cc} \cdot 2\pi \cdot f_{rp}} = 0$$

$$f_{rp} = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{1}{L_{cc} \cdot C}} = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{1}{0,025 \cdot 10^{-3} \times 3000 \cdot 10^{-6}}} = 581 \text{ Hz}$$

#### Question 48

$$V_{11} = Z_{11} \cdot I_{11} = 0,65 \times \frac{1324,5 \times 9}{100} = 77,48 \text{ V}$$

#### Question 49

$$\text{Dans le transformateur : } I_{11T} = \frac{V_{11}}{L_{cc} \cdot \omega_{11}} = \frac{77,48}{0,025 \cdot 10^{-3} \times 2\pi \times 11,5} = 896 \text{ A}$$

$$\text{Dans un gradin : } I_{11C} = \frac{V_{11} \cdot C \cdot \omega_{11}}{3} = \frac{77,48 \times 3000 \cdot 10^{-6} \times 2\pi \times 11,5}{3} = 268 \text{ A}$$

#### Question 50

Lorsque nous sommes proches de la fréquence de résonance, l'impédance de l'installation peut devenir importante. Les courants harmoniques imposés par les nombreux variateurs de l'unité de biométhanisation ont une fréquence proche de la résonance de l'installation, notamment les harmoniques de rang 11 et 13. Cela engendre des surtensions harmoniques, ce qui entraîne des courants harmoniques intenses dans les constituants du réseau. Ils présentent un danger pour l'appareillage, les conducteurs, les condensateurs avec un vieillissement prématuré et une dégradation de ceux-ci par échauffement, une surcharge anormale du transformateur, une dégradation de la forme sinusoïdale de la tension...

#### Question 51

Nous relevons sur la courbe  $Z_{11} = 0,075 \Omega$

$$V_{11} = Z_{11} \cdot I_{11} = Z_{11} \cdot \frac{I \times 9}{100} = 0,075 \times \frac{1324,5 \times 9}{100} = 8,94 \text{ V}$$

$$\text{Dans le transformateur : } I_{11T} = \frac{V_{11}}{L_{cc} \cdot \omega_{11}} = \frac{8,94}{0,025 \cdot 10^{-3} \times 2\pi \times 11,5} = 103,48 \text{ A}$$

$$\text{Dans un gradin : } I_{11C} = \frac{1}{3} \cdot \frac{V_{11}}{\left( L_{cc} \cdot \omega - \frac{1}{C \cdot \omega} \right)}$$

$$I_{11C} = \frac{1}{3} \times \frac{8,94}{\left( 0,194 \cdot 10^{-3} \times 2\pi \times 11,5 - \frac{1}{2824 \cdot 10^{-6} \times 2\pi \times 11,5} \right)} = 5,24 \text{ A}$$

#### Question 52

$$f_{rs} = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{0,194 \cdot 10^{-3} \times 2824 \cdot 10^{-6}}} = 215 \text{ Hz}$$

#### Question 53

La self permet de déplacer la résonance en dehors du spectre injecté. Elle supprime les risques de forts harmoniques dans les condensateurs, elle supprime aussi les fortes distorsions de la tension du réseau, sans toutefois ramener les taux à une faible valeur spécifiée.

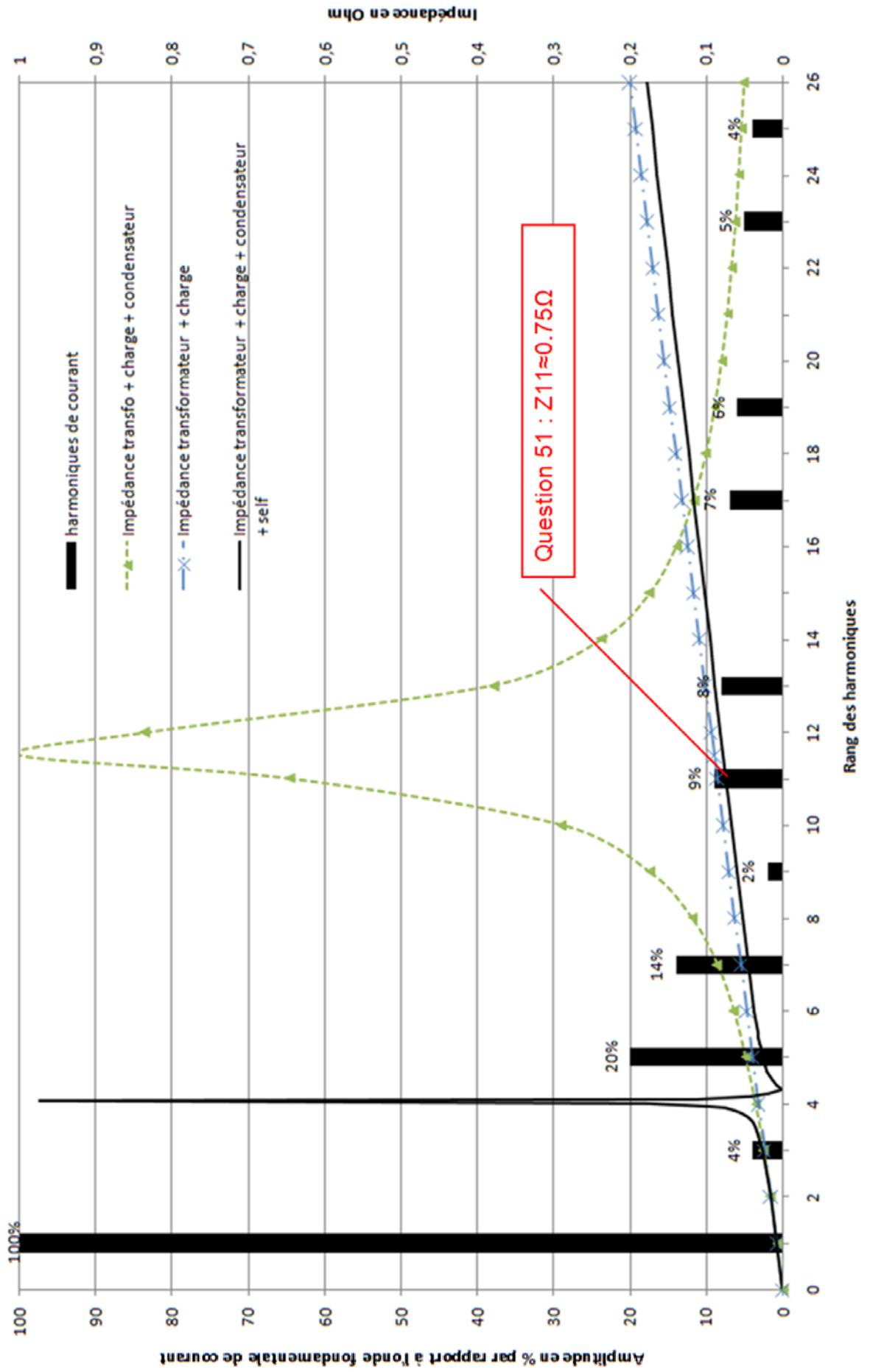
La fréquence de résonance est positionnée de manière à ne pas amplifier les courants harmoniques et ne pas perturber le signal tarifaire 175 Hz injecté par EDF.

**Question 54**

Les seules pertes énergétiques restantes sont les pertes de vapeur liées à la surproduction de vapeur d'eau issue de la cogénération.

Une solution pourrait être de reventiler ce flux de vapeur d'eau chaude dans un réseau de chaleur en destination des habitations et des bâtiments publics environnants.

**Document Réponse DR1 :**



# Rapport du jury de l'épreuve d'admissibilité « étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation » – option énergie

## 1. Présentation du sujet

Le support du sujet est l'unité de biométhanisation de la ville de Calais.

Le candidat étudie la consommation énergétique nécessaire au fonctionnement de la méthanisation et les perturbations engendrées par les nombreux récepteurs de l'usine sur le réseau électrique.

## 2. Analyse globale des résultats

Le jury regrette que de nombreux candidats n'aient pas toujours le niveau scientifique nécessaire pour mener à bien les différentes démarches de résolution.

De plus, les candidats ne prêtent pas souvent attention aux unités et aux ordres de grandeur des résultats numériques.

Enfin, le jury déplore parfois un manque de qualité rédactionnelle et de soin.

## 3. Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux candidats

### Partie 1 : étude du digesteur

#### Questions 1 à 5

Traitées par la quasi-totalité des candidats.

La question 1 est bien réussie dans l'ensemble,

Seul un candidat sur deux sait mener une démarche de simplification, alors que tous les outils sont fournis. La question 3 est la mieux réussie par les candidats, bien que souvent l'expression finale obtenue exprime le flux thermique et non la surface équivalente.

La question 4 donne un taux de réussite moyen lié à un non-respect de l'énoncé : les expressions obtenues doivent être établies en fonction des variables données, ce qui aiguille la réflexion et empêche toute ambiguïté. Enfin la question 5 est bien traitée dans l'ensemble, sous forme littérale. Le passage aux applications numériques pose de grosses difficultés, souvent liées au manque de rigueur dans les notations et l'écriture.

#### Questions 6 à 8

L'interprétation des résultats est souvent aléatoire, et les raisonnements par analogie posent certaines difficultés. Le jury constate dans l'ensemble une non maîtrise du domaine de la conduction thermique.

La question 9 est souvent traitée, mais réussie par un candidat sur trois, ce qui est relativement faible eu égard aux connaissances mobilisées.

#### Questions 10 à 15

On constate une bonne réussite au début du questionnement, puis une décroissance de celle-ci au fil des questions.

Le jury regrette des erreurs fréquentes sur des calculs relativement simples. Les candidats doivent être plus critiques sur les résultats obtenus : une constante de temps négative doit interpeller. L'exploitation d'un graphique pose encore trop de difficultés aux candidats, tant au niveau lecture qu'au niveau méthode (modélisation d'un système par un premier ordre). Au niveau modélisation, les candidats cherchent souvent l'expression exacte de l'équation de la courbe, alors que l'on demande l'expression de la tangente à l'origine.

### Questions 16 à 19

La question 16 concerne la lecture d'un diagramme SysML d'états/transitions et malgré la difficulté, un candidat sur trois y arrive. La question 17, quand elle est traitée, est en général bien réussie et les entrées/sorties du digesteur bien identifiées. La lecture graphique est en général bien réussie, et le calcul qui en découle aussi.

### Questions 20 à 24

Très peu traitées, mais généralement bien réussies. Les calculs de rendement, de temps en heures ou de puissance en MWh sont généralement corrects, quand bien même les résultats peuvent être faux suite à une erreur de calcul en amont. Le calcul de l'énergie ramenée en entrée du compresseur est souvent inversé (on multiplie par le rendement au lieu de diviser). La synthèse est très peu traitée et jamais réussie.

### Question 26

Une grande partie des candidats réalise des erreurs de signe dans l'utilisation d'une formule simple :  $p + \rho g z = cste$ .

### Question 27

Concernant la conservation du débit dans les canalisations cylindriques  $Q_v = vS = v \frac{\pi d^2}{4} = cste$ , les erreurs les plus fréquentes concernent l'expression de la surface.

### Question 28

Question bien traitée.

### Question 29

Les pertes de charge régulières sont souvent exactes. Dans la recherche des pertes de charge singulières, il est indiqué que le coefficient  $K$  des singularités est défini pour la section de plus petit diamètre, donc pour la plus grande des vitesses d'écoulement. Néanmoins, une majorité des candidats n'utilise pas cette vitesse dans les calculs.

### Question 30

Question bien traitée.

### Question 31

Question peu traitée.

### Question 32

Environ 30 % des candidats inversent le rendement.

### Question 33

Question simple, bien traitée.

### Question 34:

Cette question qui nécessite d'aller rechercher des éléments dans le dossier technique n'est souvent traitée que partiellement. Peu de candidats expriment l'ensemble des énergies mises en jeu lors de l'injection.

## Partie 2 : étude du réseau électrique

### Questions 35 à 37

Ces questions sont traitées par la grande majorité des candidats, et très souvent avec réussite.

### Question 38

Question simple bien abordée.

**Questions 39 à 40**

Questions souvent traitées avec des résultats mitigés.

**Question 41**

Question de synthèse qui est souvent bien traitée.

**Question 42**

Les calculs d'impédance ne sont pas toujours maîtrisés. La courbe de l'impédance est rarement tracée.

**Question 43**

Question simple mais peu traitée.

**Question 44**

Question de synthèse qui est souvent bien traitée.

**Question 45**

La formule est connue mais souvent mal appliquée.

**Question 46: Idem question 42****Questions 47 à 53**

Questions peu traitées. Les calculs sont rarement maîtrisés.

*Question de synthèse***Question 54**

Peu de candidats ont répondu à la question de synthèse. L'analyse du système et les solutions proposées ne sont pas toujours pertinentes. Le jury déplore aussi le manque de vision globale du système.

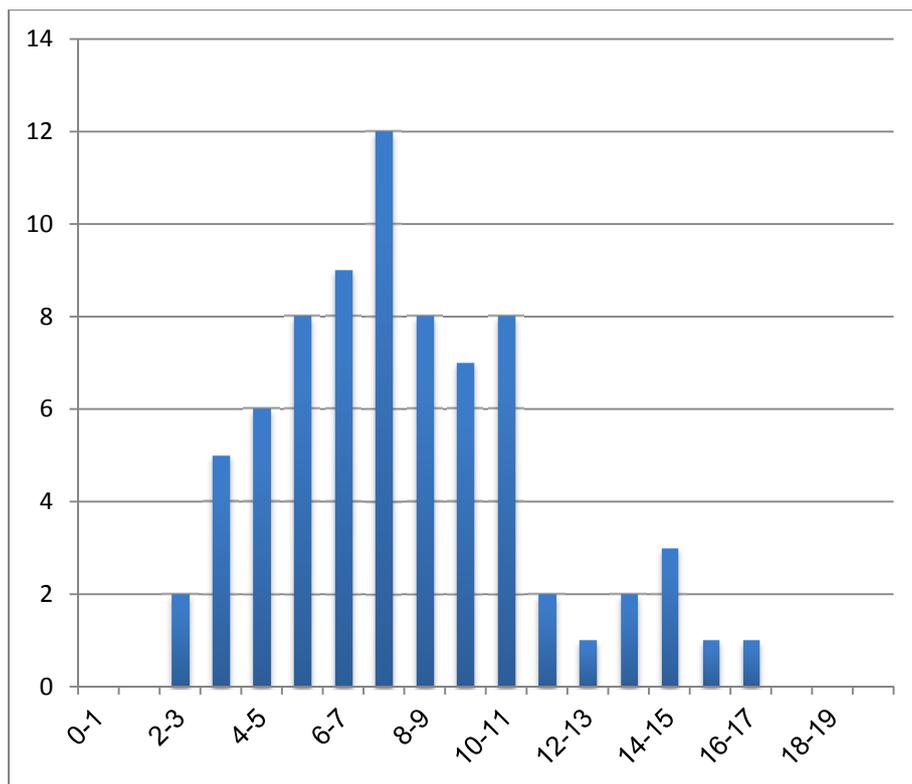
**4. Conclusion**

Les enseignements liés à l'énergie doivent être abordés de façon pluri disciplinaire. Le jury encourage les futurs candidats à approfondir leurs connaissances sur les champs technologiques « matière, énergie, information » et à maîtriser l'aspect scientifique permettant de mener à bien les différentes démarches de résolution.

**5. Résultats**

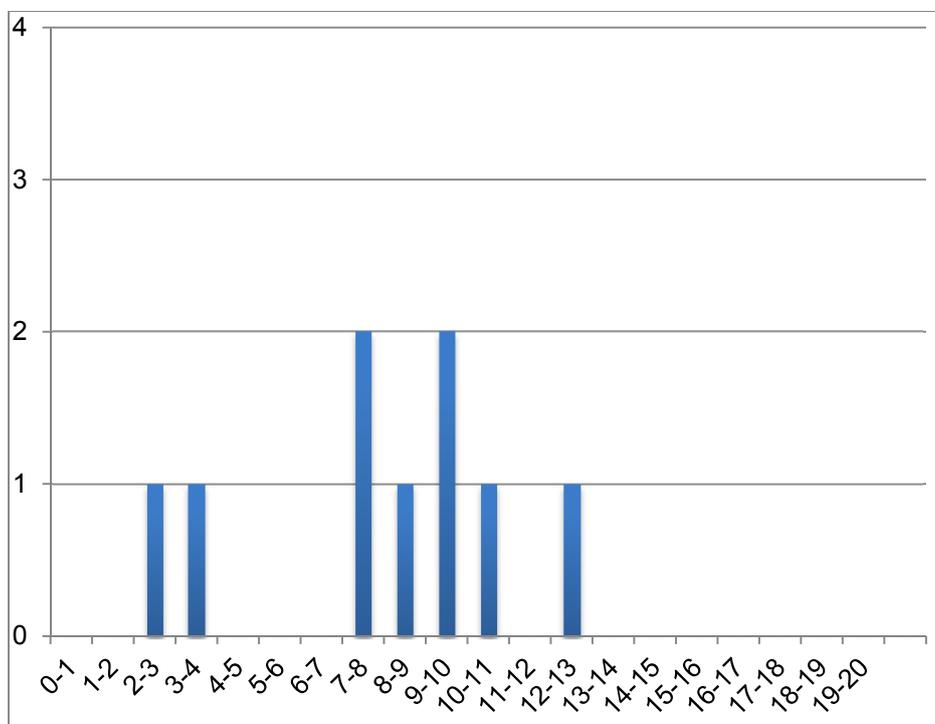
75 candidats ont composé pour cette épreuve du CAPET, la moyenne des notes obtenues est de 8,0, l'écart-type de 3,3 avec :

- 16,9 comme meilleure note ;
- 0,0 comme note la plus basse.



9 candidats ont composé pour cette épreuve du CAFEP avec :

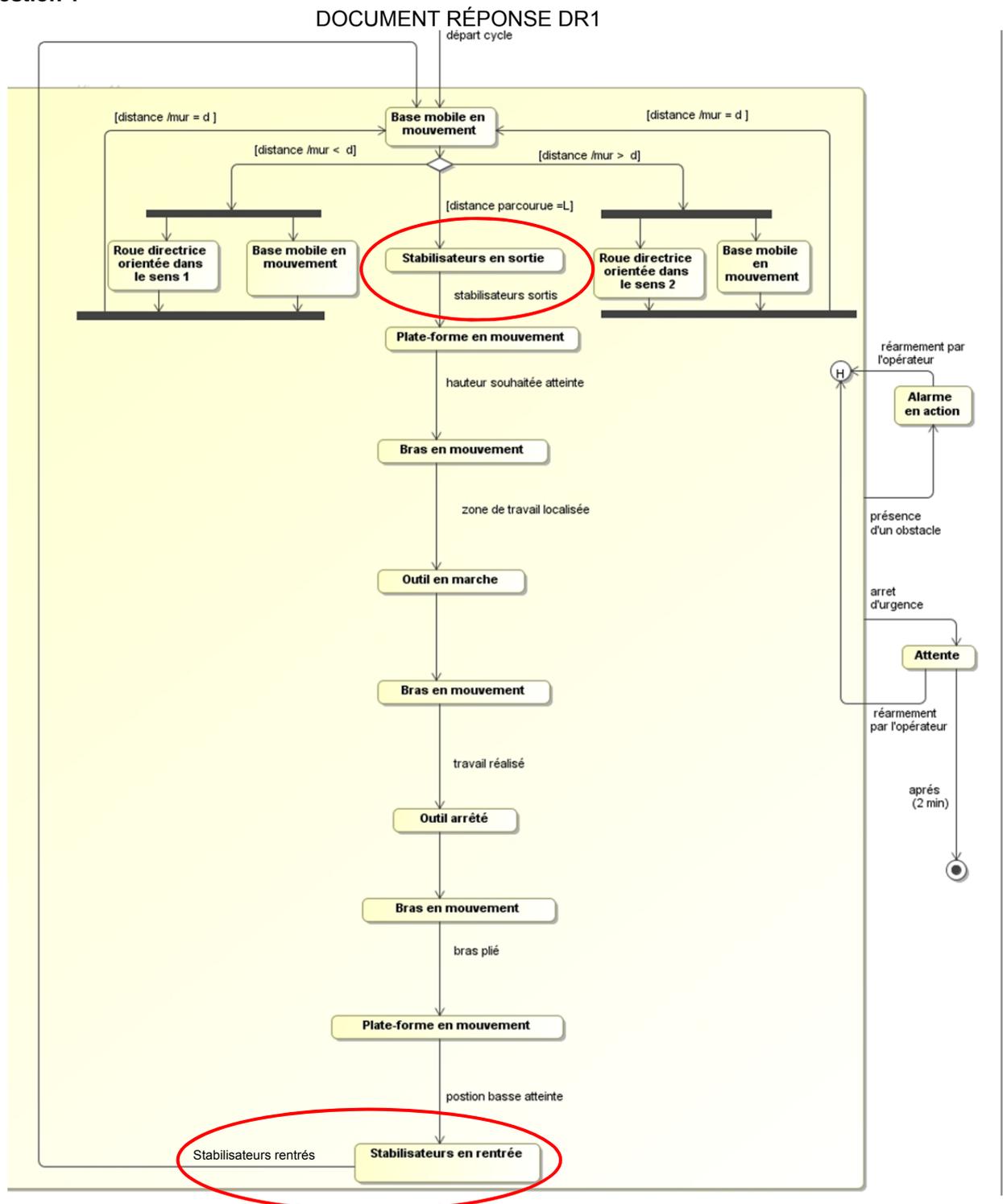
- 12,6 comme meilleure note ;
- 2,5 comme note la plus basse.



# Éléments de correction de l'épreuve d'admissibilité « étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation » - option ingénierie mécanique

## 1. Analyse du fonctionnement

### Question 1



### Question 2

1 : cela permet de limiter les risques de basculement du ROBO-BAT, en particulier lors des phases d'accélération ou de décélération de la base mobile.

2 : cela permet de limiter les risques de collision avec du personnel.

3 : cela permet de faciliter les déplacements du ROBO-BAT dans le chantier (virage, passage de portes...).

### Question 3

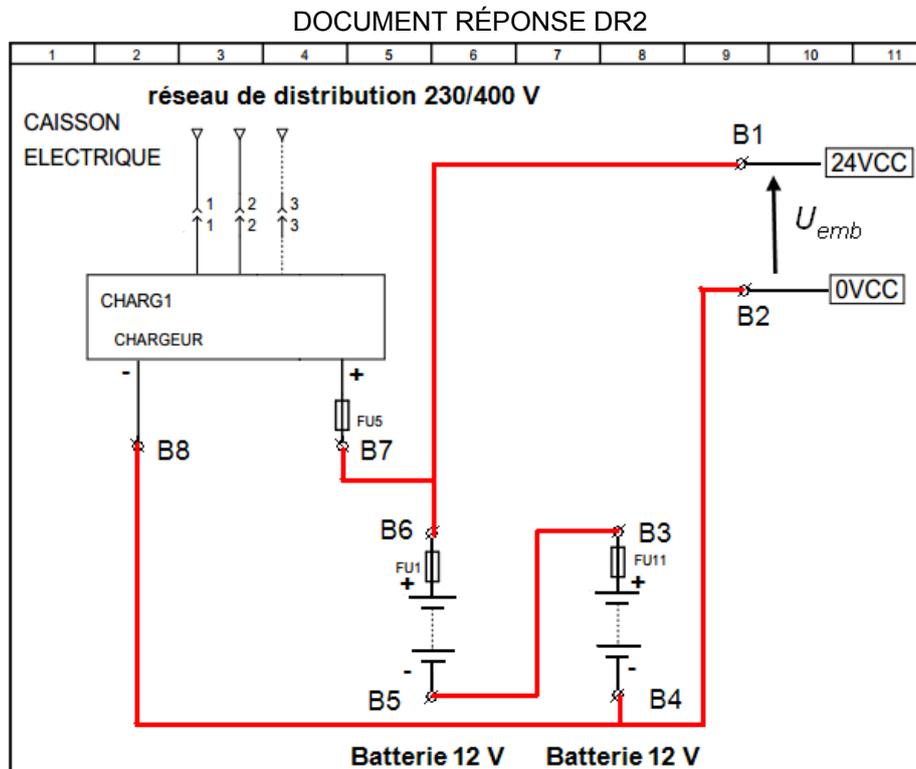
On dispose de deux batteries de 12 V. Pour obtenir, conformément au cahier des charges, une tension  $U_{emb} = 24 \text{ V}$ , il faut connecter les batteries en série (voir document réponse DR2).

Pour un courant débité  $I_b = 20 \text{ A}$ , la capacité de la batterie est de  $C = 120 \text{ A} \cdot \text{h}$ , soit une autonomie

$\Delta t = \frac{C}{I_b} = 6 \text{ h}$ . L'autonomie est supérieure à une heure donc le cahier des charges est respecté.

### Question 4

La borne repérée « + » du chargeur doit être connectée au +24VCC et la borne « - » au 0VCC (voir document réponse DR2).



### Question 5

On envisage une autonomie énergétique du ROBO-BAT et en utilisant les batteries comme seule source d'énergie pour les tâches du cycle de travail sans modifier ni les actionneurs ni les pré actionneurs

Les actionneurs et pré actionneurs fonctionnent avec des tensions alternatives sinusoïdales et les batteries délivrent une tension continue, d'où la nécessité d'utiliser l'onduleur CONV 1 (convertisseur continu-alternatif).

### Question 6

Conformément au cahier des charges, le contacteur inverseur KM10-KM11 permet de laisser la possibilité de sélectionner de manière exclusive la source d'énergie électrique embarquée ou l'alimentation extérieure raccordée au câble ombilical.

### Question 7

La puissance délivrée par les batteries lors de l'utilisation simultanée de la de la ponceuse et de l'aspirateur est :  $P_{bat} = \frac{P_{asp} + P_{ponc}}{\eta_{conv}} = \frac{5\,500 + 6\,000}{0,90} = 12\,777\text{ W}$ .

Or  $P_{bat} = nU_{bat} \times I_{bat}$

Pour une heure d'autonomie, il faut limiter  $I_{bat}$  à 92,3 A soit  $n \times U_{bat} \geq 138,4\text{ V}$ , d'où  $n = 12$  batteries.

### Question 8

Masse totale :  $m = 43,5 \times n = 522\text{ kg}$ .

Encombrement :  $V = 0,485 \times 0,170 \times 0,240 \times 12 = 0,237\text{ m}^3$ .

Une autonomie complète est peu réaliste avec les batteries initialement utilisées vu la masse totale de batteries à transporter.

Pour envisager une autonomie complète, il faut :

- diminuer la consommation d'énergie (optimiser le déplacement et réduire les masses transportées) ;
- permettre la récupération d'énergie lors des phases de freinage et lors de la descente de la plate-forme ;
- disposer de batteries avec une énergie massique et volumique beaucoup plus élevée.

### Question 9

La description doit comporter un électro-aimant, une surface appartenant à la partie mobile et une surface appartenant à la partie fixe qui sont naturellement mises en contact avec l'effort presseur mécanique (ressort).

La construction du frein par manque de courant assure que le contact n'ait pas lieu quand le système est sous tension, car l'action de l'électro-aimant est opposée et supérieure à l'effort mécanique.

Quand le courant est coupé, cette action mécanique plaque les surfaces de contact, et le freinage s'effectue.

La vis à billes étant réversible, le frein par manque de courant permet d'assurer le maintien de la plate-forme en cas de coupure de courant.

### Question 10

On isole S2, ce qui conduit à faire l'inventaire des actions mécaniques extérieures suivant :

- action de S0 par l'intermédiaire de la liaison glissière équivalente à deux liaisons pivot glissant en parallèle et modélisée par :  $\{T_{S0 \rightarrow S2}\} = \underset{\forall P}{\left\{ \begin{array}{l} \bar{R}_{0 \rightarrow 2} \\ \bar{M}_{P,0 \rightarrow 2} \end{array} \right\}}$  avec

$$\bar{R}_{0 \rightarrow 2} \cdot \bar{z}_0 = 0$$

- action de S1 modélisée par :  $\{T_{S1 \rightarrow S2}\} = \underset{\forall P \in (O_1, \bar{z}_0)}{\left\{ \begin{array}{l} \bar{R}_{1 \rightarrow 2} \\ \bar{M}_{P,1 \rightarrow 2} \end{array} \right\}}$  ;
- action de la pesanteur modélisée par :  $\{T_{pes \rightarrow S2}\} = \underset{G_2}{\left\{ \begin{array}{l} -M_2 \cdot g \cdot \bar{z} \\ \bar{0} \end{array} \right\}}$  ;
- action du plafond.

Le solide isolé est en équilibre, le théorème de la résultante statique en projection sur  $\bar{z}_0$  nous donne :

$$\bar{R}_{2 \rightarrow 2} \cdot \bar{z}_0 = 0 .$$

Ce qui conduit à l'équation suivante :  $Z_{1 \rightarrow 2} - M_2 \cdot g - F = 0 .$

$$\text{D'où } Z_{1 \rightarrow 2} = M_2 \cdot g + F .$$

### Question 11

On isole S1, ce qui conduit à faire l'inventaire des actions mécaniques extérieures suivant :

$$- \text{ action de S0 modélisée par : } \{T_{S0 \rightarrow S1}\} = \forall P \in (O_1, \bar{z}_0) \left\{ \begin{array}{l} \bar{R}_{0 \rightarrow 1} \\ \bar{M}_{P,0 \rightarrow 1} \end{array} \right\} \text{ avec } \bar{M}_{P,0 \rightarrow 1} \cdot \bar{z}_0 = 0 ;$$

$$- \text{ action de S2 modélisée par : } \{T_{S2 \rightarrow S1}\} = \forall P \in (O_1, \bar{z}_0) \left\{ \begin{array}{l} \bar{R}_{2 \rightarrow 1} \\ \bar{M}_{P,2 \rightarrow 1} \end{array} \right\} \text{ avec}$$

$$\bar{M}_{P,2 \rightarrow 1} \cdot \bar{z}_0 = -Z_{2 \rightarrow 1} \frac{\rho}{2 \cdot \pi} ;$$

- action de S3 par l'intermédiaire de la courroie :

$$\{T_{S3 \rightarrow S1}\} = \forall P \in (O_1, \bar{z}_0) \left\{ \begin{array}{l} \bar{R}_{3 \rightarrow 1} \\ \bar{M}_{P,3 \rightarrow 1} \end{array} \right\} \text{ avec } \bar{M}_{P,3 \rightarrow 1} \cdot \bar{z}_0 = 0 ;$$

- action de la pesanteur négligée ;
- action du frein.

Le solide isolé est en équilibre, le théorème du moment statique au point  $O_1$  en projection sur  $\bar{z}_0$  nous donne :  $\bar{M}_{O_1, \bar{z}_0} \cdot \bar{z}_0 = 0 .$

$$\text{Ce qui conduit à l'équation suivante : } -Z_{2 \rightarrow 1} \frac{\rho}{2 \cdot \pi} + C_f = 0 .$$

$$\text{D'où } C_f = Z_{2 \rightarrow 1} \frac{\rho}{2 \cdot \pi} = -Z_{1 \rightarrow 2} \frac{\rho}{2 \cdot \pi} = -(M_2 \cdot g + F) \cdot \frac{\rho}{2 \cdot \pi} .$$

$$\text{Application numérique : } C_f = -20,4 \text{ N} \cdot \text{m} .$$

### Question 12

Le couple nécessaire au maintien de la plate-forme est inférieur au couple du frein par manque de courant choisi par le concepteur ce qui permet d'avoir un coefficient de sécurité de 1,5.

En effet, un arrêt d'urgence lors d'une phase de mouvement de la plate-forme pourrait impliquer un couple plus important en raison des efforts dynamiques.

On peut aussi imaginer que les masses à maintenir en position puissent être plus importantes en cas de changement du bras et/ou de l'outil.

### Question 13

En cas de rupture de la courroie durant le déplacement, il y a chute de la plate-forme.

Pour éviter ce problème, on peut, par exemple :

- utiliser un capteur pour détecter la présence de la courroie et commander, en cas de rupture de celle-ci, le frein à manque de courant ;
- doubler la courroie.

### Question 14

Les figures et explications doivent faire apparaître les effets combinés des poids des éléments en mouvement, et les effets générés par les accélérations dans les différents cas de mouvements.

Les configurations, où ces deux composantes « résistantes » se cumulent, désignent les phases pendant lesquelles le couple moteur doit être maximal. Il s'agit :

- de la phase 1 (accélération en montée) car il doit permettre de mettre les différentes masses en mouvement en plus de s'opposer à l'action de la pesanteur qui est résistante ;
- de la phase 6 (décélération en descente) car il doit permettre de freiner les différentes masses en mouvement en plus de s'opposer à l'action de la pesanteur qui est entrainante.

### Question 15

Énergies cinétiques des différents solides en mouvement :

$$E_{cS1/R} = \frac{1}{2} \cdot J_1 \cdot \omega_{1/0}^2 = \frac{1}{2} \cdot J_1 \cdot \omega_{3/0}^2 = \frac{1}{2} \cdot J_1 \cdot (k \cdot \omega_{4/0})^2$$

$$E_{cS2/R} = \frac{1}{2} \cdot M_2 \cdot v_{2/0}^2 = \frac{1}{2} \cdot M_2 \cdot \left( \frac{\omega_{1/0} \cdot p}{2 \cdot \pi} \right)^2 = \frac{1}{2} \cdot M_2 \cdot \left( \frac{\omega_{3/0} \cdot p}{2 \cdot \pi} \right)^2 = \frac{1}{2} \cdot M_2 \cdot \left( \frac{\omega_{4/0} \cdot k \cdot p}{2 \cdot \pi} \right)^2$$

$$E_{cS3/R} = 0 \text{ (inertie négligée)}$$

$$E_{c\text{courroie}/R} = 0 \text{ (masse négligée)}$$

$$E_{cS4/R} = \frac{1}{2} \cdot J_4 \cdot \omega_{4/0}^2$$

On a donc :

$$E_{cE/R} = \frac{1}{2} \cdot \left( J_1 \cdot k^2 + \frac{M_2 \cdot k^2 \cdot p^2}{4 \cdot \pi^2} + J_4 \right) \cdot \omega_{4/0}^2 = \frac{1}{2} \cdot J_{eq} \cdot \omega_{4/0}^2$$

$$\text{avec } J_{eq} = J_1 \cdot k^2 + \frac{M_2 \cdot k^2 \cdot p^2}{4 \cdot \pi^2} + J_4.$$

### Question 16

Puissances des actions mécaniques extérieures à l'ensemble des solides en mouvement :

$$P_{S0 \rightarrow S1/0} = 0 \text{ (liaisons parfaites)} \text{ et } P_{S0 \rightarrow S3/0} = 0 \text{ (liaison parfaite)}$$

$$P_{S0 \rightarrow S4/0} = C_m \cdot \omega_{4/0}$$

$$P_{pes \rightarrow S2/0} = -M_2 \cdot g \cdot v_{2/0} = M_2 \cdot g \cdot \frac{p}{2 \cdot \pi} \cdot \omega_{1/0} = M_2 \cdot g \cdot \frac{p \cdot k}{2 \cdot \pi} \cdot \omega_{4/0}$$

$$\vec{V}_{O2 \in 2/0} = \vec{V}_{O2 \in 2/1} + \underbrace{\vec{V}_{O2 \in 1/0}}_0 = \omega_{2/1} \cdot \frac{p}{2\pi} \text{ or } \omega_{2/1} = \underbrace{\omega_{2/0}}_0 - \omega_{1/0}$$

### Question 17

Théorème de l'énergie cinétique appliqué à l'ensemble des solides en mouvement :

$$\frac{dE_{cE/R}}{dt} = P_{\vec{E} \rightarrow E/0} + P_{int} \text{ avec } P_{int} = 0 \text{ car toutes les liaisons sont considérées comme parfaites}$$

Ce qui conduit à :

$$J_{eq} \cdot \dot{\omega}_{4/0} \cdot \omega_{4/0} = \left( C_m + M_2 \cdot g \cdot \frac{p \cdot k}{2 \cdot \pi} \right) \cdot \omega_{4/0}$$

D'où :

$$C_m = J_{eq} \cdot \dot{\omega}_{4/0} - M_2 \cdot g \cdot \frac{p \cdot k}{2 \cdot \pi}$$

$$\text{Application numérique : } C_m = -2,18 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

### Question 18

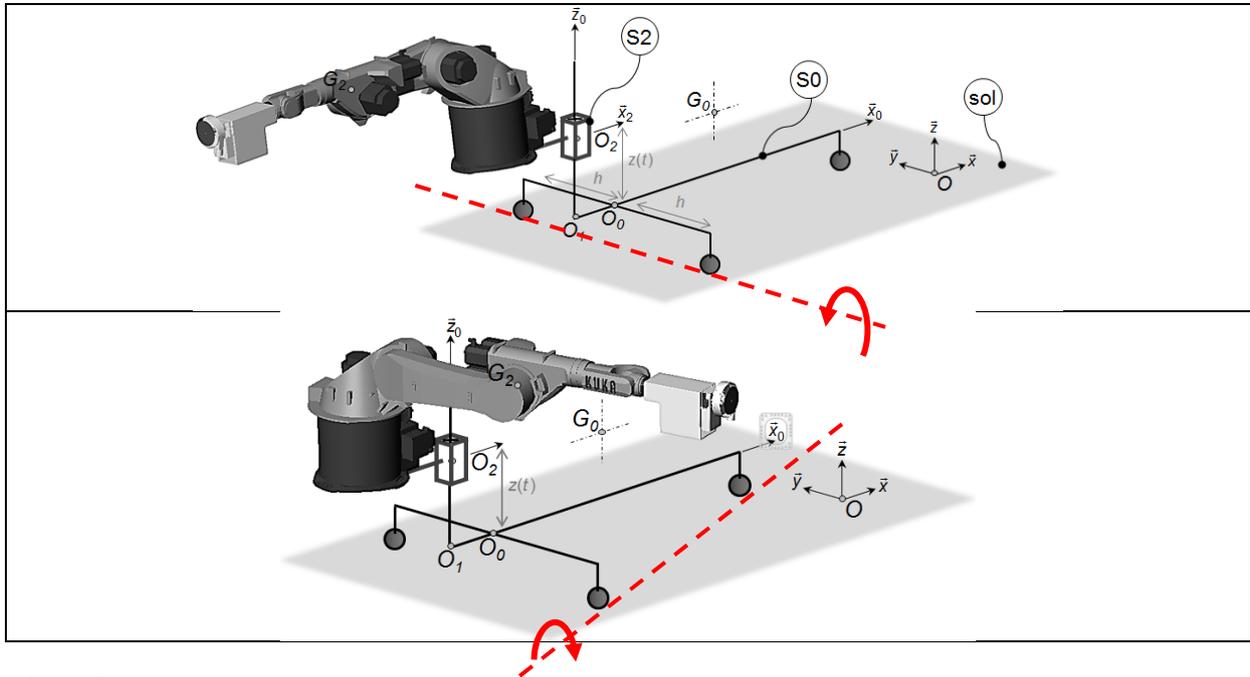
Le couple moteur nécessaire dans cette phase est inférieur au couple du moteur choisi par le concepteur, ce qui permet d'avoir un coefficient de sécurité de 4. En effet, on peut imaginer que les masses à mettre en mouvement puissent être plus importantes en cas de changement du bras et/ou de l'outil.

Selon les besoins, l'évolution des vitesses de la plate-forme en fonction du temps peut, elle aussi, évoluer et conduire à des phases où l'accélération serait plus importante.

Il ne faut pas oublier non plus que certaines inerties ont été négligées et certaines liaisons ont été considérées comme parfaites.

**Question 19**

DOCUMENT RÉPONSE DR3



**Question 20**

Caractéristiques géométriques qui influent sensiblement sur le risque de basculement :  $a_3$ ,  $e$  et  $f$

**Question 21**

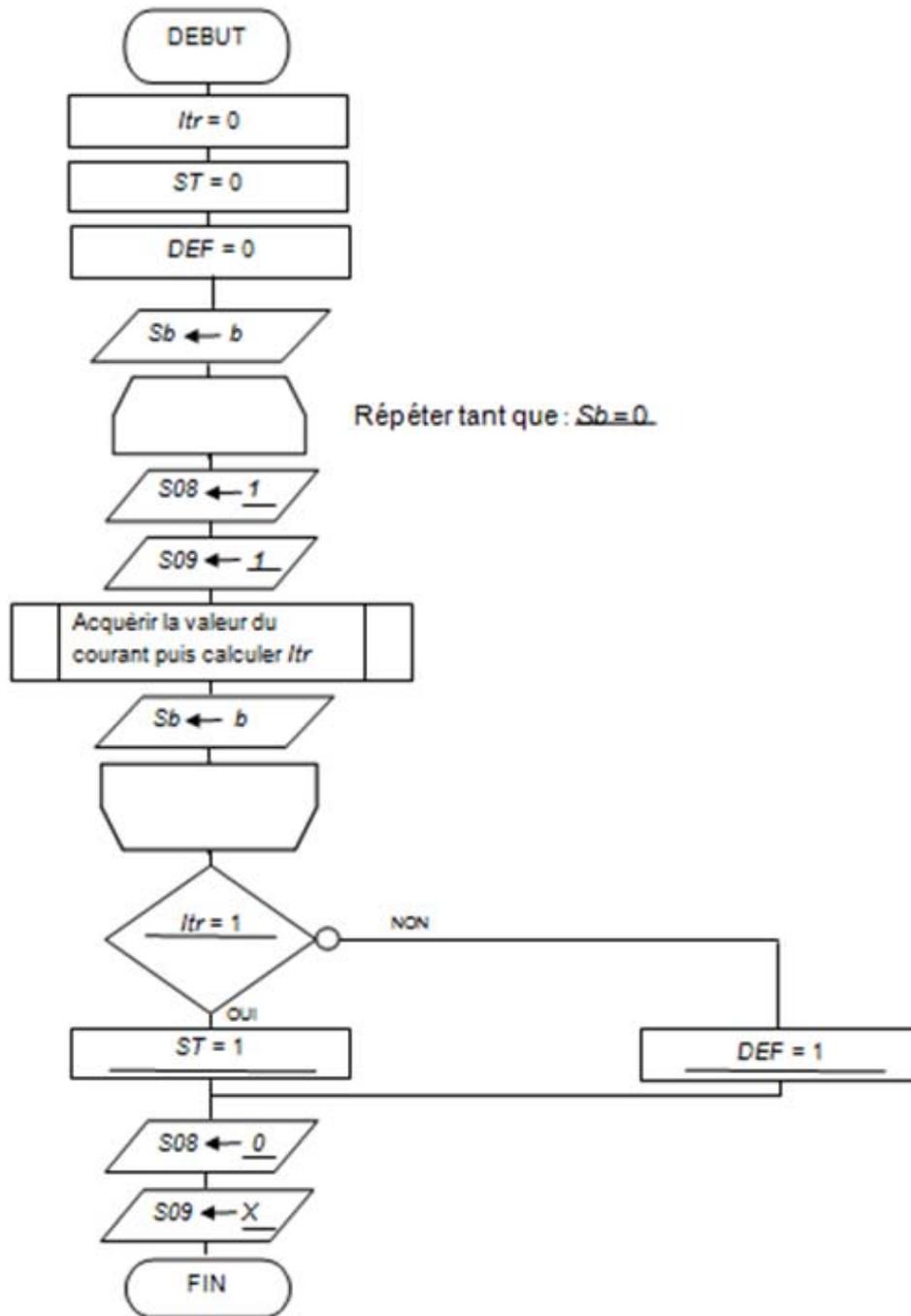
S 08	S 09	Bobine KA11	Bobine KA12	Tension Um5 (V)	Mouvement du stabilisateur
0	0	0	0	0	Aucun
0	1	0	1	0	Aucun
1	0	1	0	$-U_{emb}$	Rentrer (*)
1	1	1	1	$U_{emb}$	Sortir (*)

(\*) : voir carte de sorties de l'automate programmable (document annexe A2).

Question 22

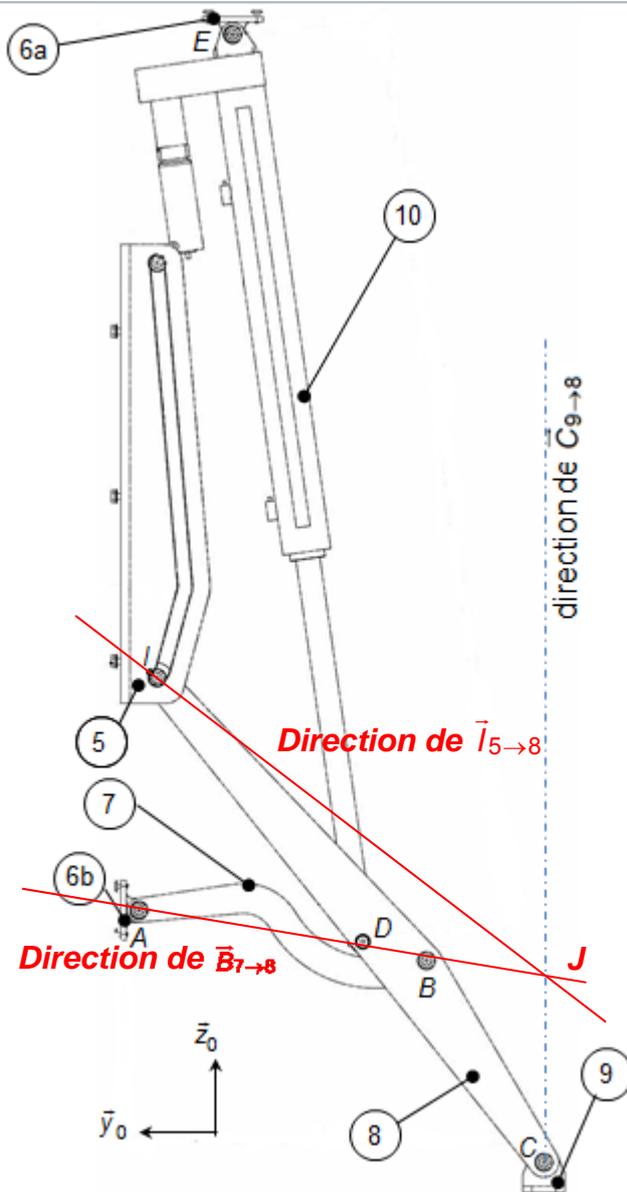
DOCUMENT RÉPONSE DR4

En utilisant les indications du schéma de la carte de sorties de l'automate programmable, document annexe A2 :



**Questions 23 à 24**  
DOCUMENT RÉPONSE DR5

Question 23 :



**Hypothèses et données :**

- le problème est plan ( $\bar{y}_0, \bar{z}_0$ ) ;
- 6a, 6b et 5 sont solidaires de la base mobile qui est à l'arrêt ;
- la liaison entre 10 et 6a est une liaison pivot d'axe ( $E, \bar{x}_0$ ) ;
- la liaison entre 10 et 8 est une liaison pivot d'axe ( $D, \bar{x}_0$ ) ;
- la liaison entre 8 et 9 est une liaison pivot d'axe ( $C, \bar{x}_0$ ) ;
- la liaison entre 7 et 8 est une liaison pivot d'axe ( $B, \bar{x}_0$ ) ;
- la liaison entre 6b et 7 est une liaison pivot d'axe ( $A, \bar{x}_0$ ) ;
- la liaison entre 8 et 5 est une liaison cylindre plan de contact ( $I, \bar{x}_0$ ) et de normale  $\bar{n}$  ;
- toutes les liaisons sont parfaites sauf la liaison entre 8 et 5 (facteur d'adhérence  $\mu_a = 0,14$ ) ;
- la résultante de l'action mécanique du vérin 10 sur le bras 8 est nulle ;
- les poids des pièces 7 et 8 sont négligés.

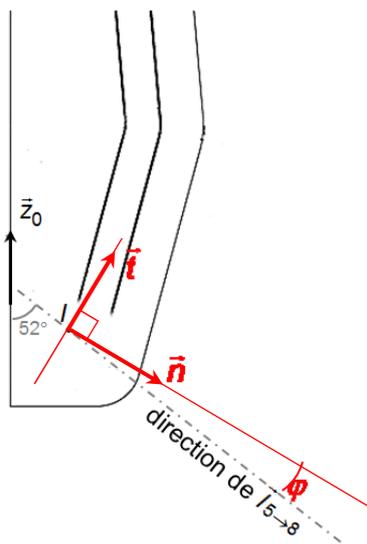
**Justification des tracés (questions 23)**

*Théorème de la résultante statique appliqué à 7*  
7 est soumis à 2 actions mécaniques modélisables par des glisseurs. Lorsqu'il est à l'équilibre, ces 2 glisseurs ont comme support la droite (AB)

Donc :  $\Delta \bar{B}_{8 \rightarrow 7} = \Delta \bar{B}_{7 \rightarrow 8} = (AB)$

*Théorème du moment statique appliqué à 8*  
8 est soumis à 3 actions mécaniques modélisables par des glisseurs. Lorsqu'il est à l'équilibre, les supports de ces 3 glisseurs sont concourants en un même point J .

Question 24 :



**Question 24 :**

Si on se place à la limite de la perte d'adhérence entre 8 et 5,  $\bar{I}_{5 \rightarrow 8}$  est sur le cône d'adhérence. Connaissant le facteur d'adhérence et le sens de la tendance au mouvement de 8 par rapport à 5 (dirigé suivant  $+\bar{t}$ ), on peut en déduire le support de la normale au contact et donc le support de  $\bar{t}$  .

$\alpha = 180 - (\delta + \arctan(\mu_a) + 90)$

AN :  $\alpha = 30^\circ$

### Question 25

À cet instant, on a  $\vec{i} = \vec{y}_{2b}$

### Question 26

On isole S, ce qui conduit à faire l'inventaire des actions mécaniques extérieures suivant :

- action du sol en  $C_1$  modélisée par :  $\{T_{sol \rightarrow C_1} \rightarrow S_0\} = \forall P \in (C_1, \vec{z}_0) \begin{Bmatrix} \vec{R}_{sol \rightarrow C_1} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}$  ;
- action du sol en  $C_2$  modélisée par :  $\{T_{sol \rightarrow C_2} \rightarrow S_0\} = \forall P \in (C_2, \vec{z}_0) \begin{Bmatrix} \vec{R}_{sol \rightarrow C_2} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}$  ;
- action du sol en  $C_3$  modélisée par :  $\{T_{sol \rightarrow C_3} \rightarrow S_0\} = \forall P \in (C_3, \vec{z}_0) \begin{Bmatrix} \vec{R}_{sol \rightarrow C_3} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}$  ;
- action de la pesanteur sur S0 modélisée par :  $\{T_{pes \rightarrow S_0}\} = G_0 \begin{Bmatrix} -M_0 \cdot g \cdot \vec{z} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}$  ;
- action de la pesanteur sur S2a modélisée par :  $\{T_{pes \rightarrow S2a}\} = G_{2a} \begin{Bmatrix} -M_{2a} \cdot g \cdot \vec{z} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}$  ;
- action de la pesanteur sur S2b modélisée par :  $\{T_{pes \rightarrow S2b}\} = G_{2b} \begin{Bmatrix} -M_{2b} \cdot g \cdot \vec{z} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}$  .

### Question 27

Théorème du moment dynamique au point  $C_3$  et en projection sur  $\vec{i}$  :

$$\overline{M}_{C_3, \vec{S} \rightarrow S} \cdot \vec{i} = \overline{\delta}_{C_3, S/R} \cdot \vec{i} \Rightarrow \overline{M}_{C_3, \vec{S} \rightarrow S} \cdot \vec{y}_{2b} = \overline{\delta}_{C_3, S/R} \cdot \vec{y}_{2b}$$

$$\text{Avec } \overline{\delta}_{C_3, S/R} \cdot \vec{y}_{2b} = \overline{\delta}_{C_3, S_0/R} \cdot \vec{y}_{2b} + \overline{\delta}_{C_3, S2a/R} \cdot \vec{y}_{2b} + \overline{\delta}_{C_3, S2b/R} \cdot \vec{y}_{2b}$$

- $\overline{\delta}_{C_3, S_0/R} \cdot \vec{y}_{2b} = \underline{0}$  car  $(\vec{V}_{G_0, S_0/R} = \vec{0} \text{ et } \vec{\Omega}_{S_0/R} = \vec{0})$
- $\overline{\delta}_{C_3, S2a/R} \cdot \vec{y}_{2b} = \underline{0}$  car  $(\vec{V}_{G_{2a}, S2a/R} = \vec{0} \text{ et } \vec{\Omega}_{S2a/R} = \vec{0})$
- $\overline{\delta}_{C_3, S2b/R} \cdot \vec{y}_{2b} = (\overline{\delta}_{G_{2b}, S2b/R} + \overline{C_3 G_{2b}} \wedge M_{2b} \cdot \overline{A}_{G_{2b}, S2b/R}) \cdot \vec{i}$

$$\text{Or } \overline{\delta}_{G_{2b}, S2b/R} = \left[ \frac{d\overline{\sigma}_{G_{2b}, S2b/R}}{dt} \right]_R = C \cdot \ddot{\theta} \cdot \vec{z}_0 = \underline{0}$$

$$\text{avec } \overline{\sigma}_{G_{2b}, S2b/R} = \overline{I}_{G_{2b}, S2b} \cdot \vec{\Omega}_{S2b/R} = C \cdot \dot{\theta} \cdot \vec{z}_0$$

$$\text{et } \overline{A}_{G_{2b}, S2b/R} = \left[ \frac{d\overline{V}_{G_{2b}, S2b/R}}{dt} \right]_R = a_{2b} \cdot \ddot{\theta} \cdot \vec{y}_{2b} - a_{2b} \cdot \dot{\theta}^2 \cdot \vec{x}_{2b} = -a_{2b} \cdot \dot{\theta}^2 \cdot \vec{x}_{2b}$$

$$\text{avec } \overline{V}_{G_{2b}, S2b/R} = \overline{V}_{O_{2b}, S2b/R} + \overline{G_{2b} O_{2b}} \wedge \vec{\Omega}_{S2b/R} = -(a_{2b} \cdot \vec{x}_{2b} + c_{2b} \cdot \vec{z}_0) \wedge \dot{\theta} \cdot \vec{z}_0 = a_{2b} \cdot \dot{\theta} \cdot \vec{y}_{2b}$$

D'où

$$\begin{aligned} \overline{\delta}_{C_3, S2b/R} \cdot \vec{i} &= \left( (a_{2b} \cdot \vec{x}_{2b} - (m + e + k) \cdot \vec{x}_0 + (n + z(t) + c_{2a} + c_{2b}) \cdot \vec{z}_0) \wedge -M_{2b} \cdot a_{2b} \cdot \dot{\theta}^2 \cdot \vec{x}_{2b} \right) \cdot \vec{y}_{2b} \\ &= \left( (m + e + k) \cdot a_{2b} \cdot \dot{\theta}^2 \cdot \sin \theta \cdot \vec{z}_0 - (n + z(t) + c_{2a} + c_{2b}) \cdot M_{2b} \cdot a_{2b} \cdot \dot{\theta}^2 \cdot \vec{y}_{2b} \right) \cdot \vec{y}_{2b} \\ &= -(n + z(t) + c_{2a} + c_{2b}) \cdot M_{2b} \cdot a_{2b} \cdot \dot{\theta}^2 \end{aligned}$$

$$\text{On a donc : } \overline{\delta}_{C_3, S/R} \cdot \vec{i} = -(n + z(t) + c_{2a} + c_{2b}) \cdot M_{2b} \cdot a_{2b} \cdot \dot{\theta}^2$$

$$\begin{aligned} \text{De plus } \overline{M}_{C_3, \bar{S} \rightarrow S} \cdot \bar{y}_{2b} &= \left( \overline{M}_{C_3, sol \xrightarrow{c_1} S0} + \overline{M}_{C_3, sol \xrightarrow{c_2} S0} + \overline{M}_{C_3, sol \xrightarrow{c_3} S0} \right) \cdot \bar{y}_{2b} \\ &\quad + \overline{M}_{C_3, pes \rightarrow S0} + \overline{M}_{C_3, pes \rightarrow S2a} + \overline{M}_{C_3, pes \rightarrow S2b} \\ - \quad \overline{M}_{C_3, sol \xrightarrow{c_3} S0} \cdot \bar{y}_{2b} &= 0 \\ - \quad \overline{M}_{C_3, sol \xrightarrow{c_2} S0} \cdot \bar{y}_{2b} &= 0 \quad \text{car } \overline{M}_{C_3, sol \xrightarrow{c_2} S0} = \frac{cte \cdot \bar{y}_{2b}}{C_3 C_2} \wedge \overline{R}_{sol \xrightarrow{c_2} S0} \\ - \quad \overline{M}_{C_3, pes \rightarrow S2b} \cdot \bar{y}_{2b} &= (a_{2b} \cdot M_{2b} \cdot g \cdot \bar{y}_{2b} - (m + e + k) \cdot M_{2b} \cdot g \cdot \bar{y}_0) \cdot \bar{y}_{2b} \\ &= a_{2b} \cdot M_{2b} \cdot g - (m + e + k) \cdot M_{2b} \cdot g \cdot \cos \theta \end{aligned}$$

$$\text{avec } \overline{M}_{C_3, pes \rightarrow S2b} = \overline{C_3 G_{2b}} \wedge -M_{2b} \cdot g \cdot \bar{z} = (a_{2b} \cdot \bar{x}_{2b} - (m + e + k) \cdot \bar{x}_0 + ? \cdot \bar{z}_0) \wedge -M_{2b} \cdot g \cdot \bar{z}$$

$$= a_{2b} \cdot M_{2b} \cdot g \cdot \bar{y}_{2b} - (m + e + k) \cdot M_{2b} \cdot g \cdot \bar{y}_0$$

$$\begin{aligned} \text{On a donc : } \overline{M}_{C_3, \bar{S} \rightarrow S} \cdot \bar{i} &= \overline{M}_{C_3, sol \xrightarrow{c_1} S0} \cdot \bar{i} + (f - m) \cdot M_0 \cdot g \cdot \cos \theta - (m + e + a_{2a}) \cdot M_{2a} \cdot g \cdot \cos \theta \\ &\quad + a_{2b} \cdot M_{2b} \cdot g - (m + e + k) \cdot M_{2b} \cdot g \cdot \cos \theta \end{aligned}$$

Ce qui nous conduit à :

$$\overline{M}_{C_3, \bar{S} \rightarrow S} \cdot \bar{i} = \overline{\delta}_{C_3, S/R} \cdot \bar{i}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \overline{M}_{C_3, sol \xrightarrow{c_1} S0} \cdot \bar{i} &= [(m - f) \cdot M_0 \cdot g + (m + e + a_{2a}) \cdot M_{2a} \cdot g + (m + e + k) \cdot M_{2b} \cdot g] \cdot \cos \theta \\ &\quad - [(n + z(t) + c_{2a} + c_{2b}) \cdot M_{2b} \cdot a_{2b}] \cdot \theta^2 - a_{2b} \cdot M_{2b} \cdot g \end{aligned}$$

### Question 28

$$\text{On a } \bar{i} = \bar{y}_b, \text{ donc } \theta = \beta - \frac{\pi}{2} \Rightarrow \cos \theta = \sin \beta = \frac{H}{\sqrt{H^2 + m^2}}.$$

### Question 29

Dans la configuration étudiée, il y a basculement si  $\overline{M}_{C_3, sol \xrightarrow{c_1} S0} \cdot \bar{i} = 0$  car cela signifie qu'il n'y a plus d'action de contact au point  $C_1$ .

À la limite du basculement, on a :

$$\overline{M}_{C_3, sol \xrightarrow{c_1} S0} \cdot \bar{i} = 0 \Rightarrow S \cdot \cos \theta - R \cdot \omega_{2b/2a}^2 - T = 0 \Rightarrow \omega_{2b/2a} = \sqrt{\frac{S \cdot \cos \theta - T}{R}} = 1,725 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

Il faut donc limiter la vitesse de l'axe du lacet à  $\frac{1,725 \cdot 180}{\pi} = 98,9^\circ \cdot \text{s}^{-1}$ , ce qui correspond à un

bridage de  $\frac{98,9}{128} = 78\%$  de la vitesse de l'axe du lacet.

### Question 30

Appréciation sur l'adaptation envisagée dans ce projet, pour chacune des parties étudiées :

- l'autonomie énergétique n'est pas envisageable actuellement avec les choix constructifs adoptés. Sa réalisation conduirait probablement à une modification profonde des solutions techniques utilisées (batteries, actionneurs...);
- les solutions retenues pour le maintien en position et la mise en mouvement de la plateforme sont correctes, elles semblent sûres et robustes;
- le test sur l'intensité du courant consommé par le moteur lors de la sortie des stabilisateurs permet de vérifier que le patin est bien au contact du sol, ce qui constitue une bonne

réponse technique au risque qui apparaîtrait dans le cas où le patin serait en face d'un trou dans le sol ;

- pour respecter des contraintes de sécurité et limiter la consommation énergétique, la solution retenue (forme de la rainure dans le rail 5) permet d'assurer que le stabilisateur, une fois déployé, remplit sa fonction d'appui sur le sol sans que soit mis à contribution l'effort de sortie de tige du vérin ;
- les risques de basculement « dynamiques » existent, malgré l'ajout des stabilisateurs. Ils sont maîtrisés par limitation de vitesse des mouvements des axes du bras.

# Rapport du jury de l'épreuve d'admissibilité « étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation » – option ingénierie mécanique

## 1. Présentation du sujet

Le support utilisé est un robot destiné à des entreprises du domaine de la construction. Ce robot est utilisé pour réaliser des opérations automatisées de perçage ou de ponçage des sols, des murs et des plafonds sur un chantier.

De nombreuses solutions techniques, mises au point sur un robot de manutention automatisé conçu par la même entreprise, ont été réinvesties dans le système étudié. Le sujet porte sur l'évaluation des adaptations ou des modifications mises en œuvre lors de la conception de ce robot pour satisfaire aux contraintes d'utilisation imposées par les entreprises du domaine de la construction.

Le sujet est composé de quatre parties indépendantes et d'une appréciation synthétique au regard de la problématique générale.

1. Analyse du fonctionnement.
2. Évaluation de l'autonomie énergétique.
3. Évaluation des solutions constructives retenues pour le dispositif de mise en mouvement de la plate-forme.
4. Évaluation des risques de basculement.

Ces parties permettent aux candidats de comprendre le fonctionnement global du système puis de valider certains choix technologiques.

Les compétences attendues sont, en plus de celles qui sont propres à l'ingénierie mécanique, des aptitudes à l'analyse et à la synthèse de documents.

## 2. Analyse globale des résultats

Le jury remarque que la grande majorité des candidats a le temps de traiter l'ensemble du sujet et qu'aucune partie n'est particulièrement délaissée.

Dans chacune des parties, les candidats suivent la démarche proposée afin de répondre aux objectifs visés avec parfois un léger manque de rigueur, ce qui les empêche de conclure efficacement.

En ce qui concerne la forme, le jury rappelle aux candidats qu'il est important de prendre en compte les consignes énoncées au début du sujet de l'épreuve et en particulier :

- d'apporter une grande importance à la présentation de la copie et à la qualité de la rédaction (orthographe et syntaxe) ;
- d'utiliser une numérotation rigoureuse ;
- de dégager et d'encadrer les résultats.

Par ailleurs, le jury conseille aux candidats de lire intégralement le sujet (y compris les documents réponses et les annexes) au début de l'épreuve afin d'avoir une vision globale du sujet et de découvrir toutes les données qui peuvent aider à la compréhension du fonctionnement du système étudié et permettre de répondre à certaines questions.

Il est à noter que certains candidats donnent leurs résultats sans expliquer leur démarche.

### **3. Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux candidats**

#### **Analyse du fonctionnement**

Cette partie est bien traitée par la grande majorité des candidats. Le fonctionnement et les contraintes spécifiques du système sont bien appréhendés.

La modification du diagramme d'états ne pose pas de problèmes particuliers. Il est conseillé aux futurs candidats de se familiariser avec cet outil de description et globalement avec les principaux diagrammes du langage de modélisation graphique SysML.

#### **Évaluation de l'autonomie énergétique**

Les raccordements électriques des batteries et du chargeur ne posent pas de problèmes particuliers aux candidats.

L'autonomie lors du déplacement est correctement évaluée. Si l'utilité du convertisseur associé à l'alimentation par batteries est bien justifiée, celui-ci est souvent mal désigné. Il est conseillé aux futurs candidats de connaître le nom et la fonction des convertisseurs statiques fréquemment utilisés : redresseur, hacheur, onduleur...

L'étude d'une autonomie complète du robot est convenablement menée et la conclusion sur les évolutions technologiques nécessaires avant de l'envisager est souvent pertinente.

#### **Évaluation des solutions constructives retenues pour le dispositif de mise en mouvement de la plate-forme**

Les candidats réussissent à utiliser les différentes représentations (réelles et modélisées) du système afin d'identifier les composants de la chaîne d'énergie.

Au niveau de l'étude du comportement statique, le jury attend des candidats qu'ils soient capables :

- de faire un inventaire des actions mécaniques sous forme de torseurs en y faisant apparaître toutes les informations importantes (solides mis en jeu, point où est exprimé le torseur...);
- de modéliser correctement l'action mécanique de la pesanteur ;
- de modéliser correctement les actions mécaniques transmissibles par une liaison hélicoïdale en tenant compte de la relation existant entre les deux éléments de réduction qui sont liés ;
- d'énoncer correctement le principe fondamental de la statique à l'aide d'une équation utilisant des torseurs ou de deux équations vectorielles ;
- d'identifier la ou les équations scalaires du principe fondamental de la statique qui sont nécessaires pour répondre à la problématique donnée.

À la vue des difficultés rencontrées dans l'étude du comportement dynamique, il est demandé aux futurs candidats qu'ils soient capables :

- d'exprimer correctement la puissance développée par une action mécanique sur un solide en mouvement simple (translation rectiligne, rotation autour d'un axe) ;
- de connaître les dérivées des fonctions usuelles.

Comme pour tout le reste de l'épreuve, le jury rappelle aux candidats qu'ils doivent impérativement indiquer l'unité de leur résultat lors d'une application numérique et vérifier l'ordre de grandeur du résultat obtenu avant de conclure.

#### **Évaluation des risques de basculement**

Les candidats mettent correctement en évidence le risque de basculement statique et identifient les paramètres influents.

L'analyse de la commande des stabilisateurs permettant de limiter ce risque est correctement réalisée.

Au vu de la diode de protection représentée sur le schéma du document annexe A2 et de la polarité indiquée, les candidats sont évalués pour la question 21 en fonction de la cohérence des réponses indiquées dans le tableau à compléter et des hypothèses éventuellement proposées.

La majorité des candidats indique bien qu'il suffit d'inverser le signe de la tension aux bornes du moteur pour inverser le sens de rotation.

L'algorigramme est généralement bien complété.

Les questions, concernant la solution retenue pour assurer que le stabilisateur permet une fonction d'appui sur le sol sans consommation d'énergie, sont plutôt mal traitées. Le jury rappelle aux candidats que les phénomènes d'adhérence et de glissement avec frottement doivent être maîtrisés car ils permettent de répondre à de nombreuses problématiques en ingénierie mécanique.

En ce qui concerne la stabilité dynamique, la complexité des calculs à réaliser justifie certainement que de nombreux candidats ne traitent pas ou peu les questions qui y sont associées. Pour ce type de calculs, le jury conseille aux candidats de réaliser les opérations sur les vecteurs (produit scalaire, produit vectoriel) à l'aide d'une écriture *en ligne* et en utilisant des figures de changement de base réalisées au préalable.

Même s'ils n'ont pas trouvé le *moment de basculement* à l'aide du principe fondamental de la dynamique, les indications données dans le sujet permettent aux candidats de proposer une solution de bridage de la vitesse de l'axe du lacet permettant de limiter le risque de basculement dans la configuration étudiée.

Le jury rappelle aux candidats que les sujets sont conçus pour qu'une question pas ou mal traitée ait peu de conséquences sur la réussite de la suite de l'épreuve. Il est donc conseillé d'essayer d'aborder toutes les questions sans exception, quelle que soit la réussite aux questions précédentes.

#### **4. Conclusion**

Le jury estime que cette épreuve d'admissibilité a permis d'évaluer chez les candidats les connaissances scientifiques et techniques dans le domaine de l'ingénierie mécanique.

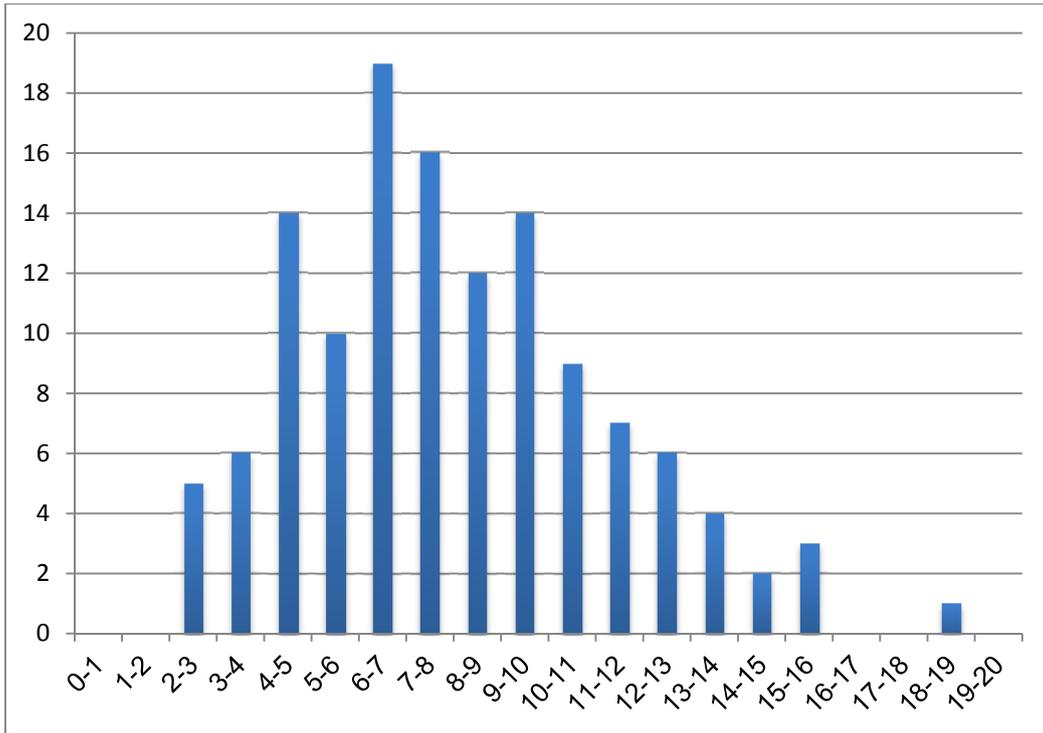
Elle a permis de vérifier que les candidats retenus pour l'épreuve d'admission sont capables de mobiliser les compétences et les connaissances requises dans le cadre de l'analyse d'un système pluri-technique complexe.

Enfin, le jury rappelle à tous les futurs candidats de ne pas oublier que l'évaluation de cette épreuve porte notamment sur la rigueur des démarches utilisées, l'exactitude des résultats ainsi que la qualité de l'expression et de l'argumentation.

#### **5. Résultats**

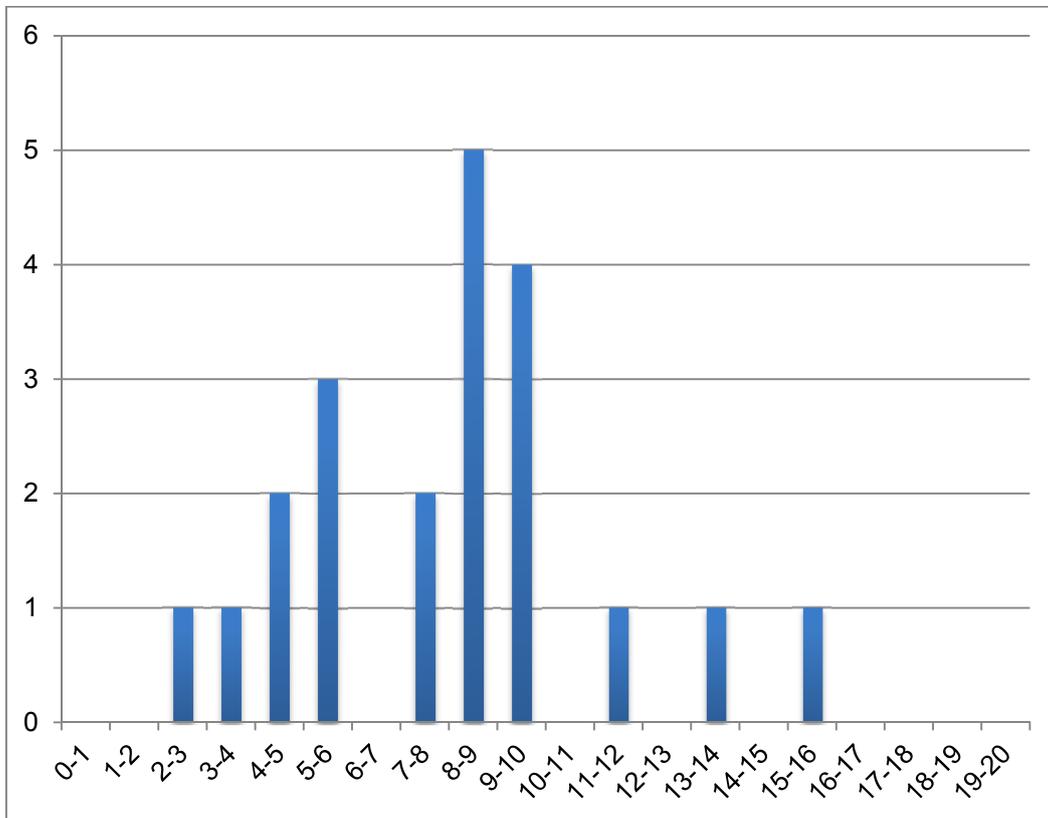
128 candidats ont composé pour cette épreuve du CAPET, la moyenne des notes obtenues est de 8,0, l'écart-type de 3,2 avec :

- 18,5 comme meilleure note ;
- 2,2 comme note la plus basse.



21 candidats ont composé pour cette épreuve du CAFEP, la moyenne des notes obtenues est de 8,0 avec :

- 15,8 comme meilleure note ;
- 2,8 comme note la plus basse.



# Éléments de correction de l'épreuve d'admissibilité « étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation » - option information et numérique

## 1<sup>re</sup> PROBLÉMATIQUE : ORGANISER L'ÉVÈNEMENT SPORTIF

### PARTIE 1.1 : détecteur RFID

#### Question 1

La taille de la trame est de 38 caractères (octets).

#### Question 2

Date/time est contenu dans les octets 20 à 33, soit : 01 12 30 18 45 59 38.

Le temps complet et exact est donc : 30 décembre 2001 à 18 h 45 min 59 s et 560 ms (38)<sub>16</sub>

#### Question 3

Le format en mode binaire du message-RFID est le suivant (le nombre d'octets est entre parenthèses et les valeurs sont en hexadécimal) :

- entête (1) : aa (un seul nombre hexadécimal) ;
- ReaderID (1) : 40 (ASCII hex → hex.) ;
- TagID (6) : 00 00 00 01 23 45 (ASCII hex → hex.) ;
- Q(2) : 0a 2a (ASCII hex → hex.) ;
- date(3) : 01 12 30 (ASCII → BCD) ;
- heure(3) : 18 45 59 (ASCII → BCD) ;
- centième(1) : 38 (ASCII hex → hex.) ;
- LRC(1) : xx (valeur comprise entre 0 et 0xff) ;
- EOF(2) : 0d 0a (ASCII → hex.).

Soit : "aa 40 00 00 00 01 23 45 0a 2a 01 12 30 18 45 59 38 xx 0d 0a".

La taille de la trame dans ce format est de 1+1+6+2+3+3+1+1+2=20 octets.

Note : il n'est pas demandé de déterminer la valeur des octets, la réponse doit être : il faut un octet pour 2 caractères sauf pour les deux derniers caractères soit :  $(38 - 2) / 2 + 2 = 20$ , en justifiant que les codages « ASCII hex » vers hexadécimal et ASCII vers BCD, traduit deux caractères (donc deux octets) en un seul octet.

#### Question 4

Le mode ASCII :

- permet pour une liaison série d'autoriser l'utilisation du contrôle de flux XON/XOFF ;
- est un format lisible (facilité le débogage).

Le mode binaire :

- permet une transmission plus rapide, la trame est plus courte (20 octets au lieu de 38) ;
- la présence de la suite de caractères <CR><LF> dans le format binaire est possible.

#### Question 5

La rapidité de transmission du mode binaire n'a pas d'influence sur le chronométrage puisque les messages contiennent l'heure de passage.

Par contre, lors de la réception, la délimitation des message-RFID est obtenue uniquement par la présence de <CR><LF>. Or en mode binaire la présence des valeurs correspondant à <CR><LF> dans les données est possible (bien que peu probable) ce qui se traduirait par la mauvaise réception du message-RFID. Le mode ASCII est donc un bon choix.

## **PARTIE 1.2 : configuration réseau**

### **Question 6**

Il est peu probable d'avoir une attaque sur ce type de réseau car :

- la connexion est sécurisée par une identification ;
- les données sont chiffrées (cryptage) ;
- l'intégrité des données est assurée.

### **Question 7**

Toutes les machines du réseau local (domaine de diffusion) reçoivent la trame 134, il s'agit d'une trame de diffusion (Broadcast) sur toutes les adresses MAC (ff : ff : ff : ff : ff : ff).

### **Question 8**

Le rôle du protocole « arp » est de permettre la résolution d'une adresse physique par l'intermédiaire de l'adresse IP correspondante de l'host distant.

L'adresse MAC du tapis RFID est 00 : 90 : e8 : 11 : 44 : b0

Le nom du fabricant, identifié par les 3 premiers octets de l'adresse MAC, est : MoxaTech

### **Question 9**

Serveur RFID	
Nom du serveur	Serveur RFID 4
IP address	192.168.2.53
Netmask	255.255.255.0
Gateway	aucun (ne doit pas sortir du LAN)
DNS server	aucun
SNMP	inutilisé
Time server (NTP)	inutilisé
Port	10 000

Interface Ethernet IPv4 sur le PC	
Nom du PC	PC1
IP address	192.168.2.216
Netmask	255.255.255.0

Gateway	192.168.2.1
---------	-------------

### Question 10

Protocoles utilisés :

- couche 3 / réseau : IP (Internet Protocol) ;
- couche 4 / transport : TCP (Transmission Control Protocol).

### Question 11

La connexion s'effectue en 3 étapes (three-way handshake) :

- client, demande d'ouverture d'une session client (SYN) ;
- serveur, confirmation de la session client (ACK) et demande d'ouverture d'une session serveur (SYN) ;
- client, confirmation de la session serveur (ACK).

La déconnexion client et serveur est la suivante:

- client, indication de fin de session client (FIN) ;
- serveur, confirmation de fin de session client (ACK) et indication de fin de session serveur (FIN) ;
- client, confirmation de fin de session serveur (ACK).

### Question 12

Le champ « Data » contient : ab00070111051702133710e8<CR><LF>

Les informations sont les suivantes :

- Hdr = ab ;
- ID=00 ;
- Len =07 ;
- Cmd=01 ;
- Mise à l'heure : 2011/05/17 mardi 13 h 37 m10s ;
- LRC = e8.

### Question 13

Il n'y a pas de réponse d'acquiescement du serveur au niveau applicatif, l'heure n'est donc pas modifiée.

### Question 14

Si la trame 63 n'est pas reçue, à la réception de la trame FIN client (64), le serveur transmet une trame de non acquiescement (n° seq. 27 non reçu) et le client retransmet la trame perdue.

### Question 15

Une cause possible de l'erreur de chronométrage constatée peut-être une mise à l'heure non effectuée par un serveur RFID. Solution, le serveur devrait fournir un acquiescement indiquant que l'heure a bien été changée.

## 2° PROBLÉMATIQUE : SUIVRE LES PERFORMANCES DES CYCLISTES

### PARTIE 2.1 : étude de la puissance développée par un athlète

#### Question 16

$PAL = 400 \text{ W}$  à  $t = 1 \text{ min}$

$PA = 200 \text{ W}$  à  $t > 30 \text{ min}$

**Question 17**

$$PMA = 400 / 70 = 5,6 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$PA = 200 / 70 = 2,85 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$$

→ Niveau fair

**Question 18**Loi de coulomb :  $T_A \leq f_a \cdot N_A$  et  $C_{\text{res\_roul}} = f \cdot N_A$ **Question 19**Théorème de la puissance cinétique :  $\frac{dEc}{dt} = P_{\text{ext}} + P_{\text{int}}$ 

$$Ec = \frac{1}{2} \cdot M \cdot V^2 \quad \frac{dEc}{dt} = 0 \text{ car le mouvement est uniforme.}$$

$$P_{\text{int}} = P_{\text{méca}}$$

$$P_{\text{ext}} = -F_A \cdot V - P \cdot V \cdot \sin(\alpha) + f \cdot (N_A + N_B) \cdot \omega_{\text{roue}}$$

$$P_{\text{ext}} = -\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_x \cdot S \cdot V^3 - M \cdot g \cdot V \cdot \sin(\alpha) - \frac{f \cdot M \cdot g \cdot V \cdot \cos(\alpha)}{R_{\text{roue}}}$$

$$P_{\text{méca}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_x \cdot S \cdot V^3 + M \cdot g \cdot V \cdot \sin(\alpha) + \frac{f \cdot M \cdot g \cdot V \cdot \cos(\alpha)}{R_{\text{roue}}}$$

**Question 20**

$$\text{Distance} = 21 - 6 = 15 \text{ km}$$

$$\text{Dénivelé} = 783 - 346 = 437 \text{ m} \quad \sin \alpha = 437/15000 \Rightarrow \alpha = 2,9 \%$$

**Question 21**

$$V = \frac{d}{t} = \frac{(21-6)}{[(84 \cdot 60 + 26) - (44 \cdot 60 + 50)]} = 6,31 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$P = 53 + 140 + 193 = 386 \text{ W}$$

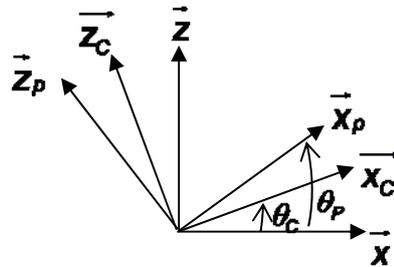
**Question 22**

$$P = 5,51 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1} \Rightarrow \text{coureur niveau excellent}$$

**Question 23****Question 24**

$$\vec{OO'} = \vec{OA} + \vec{AO'} = e \cdot y_p - Lm \cdot \vec{z}_c$$

$$\vec{M}_{O'} = \vec{M}_O + \vec{O'O} \wedge \vec{F} = \begin{pmatrix} -e \cdot Fz - Lm \cdot \cos(\theta_c - \theta_p) \cdot Fy \\ Fx \cdot Lm \cdot \cos(\theta_c - \theta_p) - Fz \cdot Lm \cdot \sin(\theta_c - \theta_p) \\ Fx \cdot e + Fy \cdot Lm \cdot \sin(\theta_c - \theta_p) \end{pmatrix}_{Rp}$$

**Question 25**

$$Cp = Fx \cdot Lm \cdot \cos(\theta_c - \theta_p) - Fz \cdot Lm \cdot \sin(\theta_c - \theta_p) \quad Cp$$

**Question 26**

$$Cp_{\text{max}}(\text{mesuré}) = 55 \text{ N} \cdot \text{m} \text{ pour } \theta_c = 80^\circ \text{ et } \theta_p = -20^\circ$$

**Question 27**

$$Fx = -40 \text{ N}$$

$$Fz = -320 \text{ N}$$

**Question 28**

$C_p(\text{calculé}) = 50,2 \text{ N}\cdot\text{m}$

### Question 29

On trouve une valeur  $C_{p\max}(\text{calculé})$  inférieure à  $C_{p\max}(\text{mesuré})$ .

### Conclusion

La mesure sur le moyeu de la roue arrière donne la mesure du couple propulsif moins le couple perdu dans la chaîne de transmission moins le couple perdu dans les liaisons pédale/pédalier.

La mesure sur le pédalier correspond au couple propulsif moins le couple perdu dans les liaisons pédale/pédalier.

La mesure sur la pédale correspond au couple propulsif tout seul mais cette solution est compliquée, car il y a deux pédales, et donc difficile à mettre en œuvre.

Il n'y a pas de pertes par frottement au niveau du pédalier. Donc le mieux est de mettre l'appareil de mesure sur le pédalier.

### Question 30

Le temps entre deux impulsions est  $T_i = \frac{\pi \cdot D_{\text{roue}}}{2 \cdot V}$  ( $V$  en  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ).

### Question 31

La durée minimale entre deux impulsions est obtenue pour la vitesse maximale  $V = 95 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  ce qui donne  $T_{\text{imin}} = 41,7 \text{ ms}$ .

### Question 32

Le nombre de commutations est de  $\frac{2 \cdot 50\,000\,000}{\pi \cdot D_{\text{roue}}} = 45,5$  millions.

### Question 33

Effet Hall : lorsqu'un courant traverse un barreau en matériau semi-conducteur et un champ magnétique est appliqué perpendiculairement au sens de passage de ce courant, une tension, appelée tension Hall, proportionnelle au champ magnétique et au courant apparaît sur les faces latérales du barreau.

ILS : interrupteur électromagnétique. En présence d'un aimant, l'interrupteur en matériau magnétique (non rémanent, fer doux) va se fermer pour réduire la réluctance du circuit magnétique.

- temps de réaction très courts (pas de données constructeur) ;
- pas d'usure ;
- courant : consommation électrique permanente : (4 mA sous 5 V) ;
- composant de très petites dimensions ;
- sensibilité importante (100 Gauss  $\rightarrow$  10 mT) (Le gauss correspond à  $10^{-4}$  T) ;
- mouvement mécanique et contacts électriques : usure (50 millions de cycles) ;
- inertie mécanique : durée de fermeture et ouverture (0,3 et 0,1 ms) ;
- rebonds des contacts ;
- sensibilité aux accélérations / vibrations (10g) ;
- consommation d'énergie nulle au repos.

### Question 34

	Détecteur à effet Hall	Détecteur ILS
Sensibilité magnétique	X	
Temps de commutation	X	

Tension supportée		X
Durée de vie	X	
Consommation énergétique		X
Dimension (encombrement)	X	
Sensibilité aux vibrations	X	

### Question 35

**Conclusion** : l'ILS est préférable uniquement pour sa consommation d'énergie quasi nulle.

Ses inconvénients étant acceptables :

- la fréquence de commutation faible (600 Hz) est cependant très supérieure à la fréquence d'utilisation,  $\frac{2 \cdot 100}{3,6\pi \cdot D_{roue}} = 25 \text{ Hz}$  ;
- les rebonds peuvent être supprimés numériquement ;
- l'usure est acceptable, 50 millions de cycles soit environ 50 000 km.

### Question 36

20 vitesses

### Question 37

$$\frac{\omega_p}{\omega_b} = \frac{Z_b}{Z_p} = \frac{42}{24} = 1,75$$

### Question 38

$$V = R_{roue} \cdot \omega_p ; V = D_{roue} \cdot \frac{Z_b \cdot \pi \cdot N_p}{2 \cdot 30 \cdot Z_p}$$

### Question 39

$$N_p = 108 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$$

### Question 40

$$N_{ideal} = 65 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$$

### Question 41

meilleur rapport pignon 14 / braquet 42

## 3e PROBLÉMATIQUE : ASSURER L'ENTRAÎNEMENT DES CYCLISTES

### Question 42

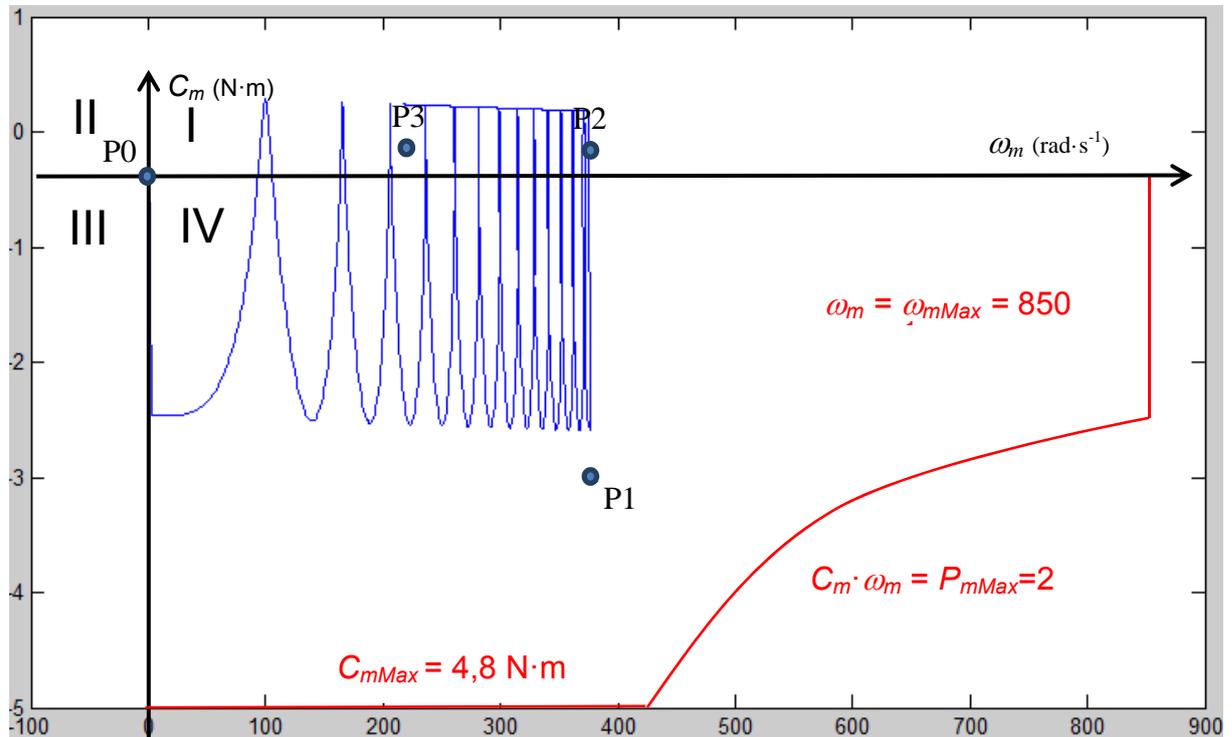
Quadrant de fonctionnement de la MCC :

- quadrant IV, fonctionnement générateur, le cycliste fournit l'énergie à la MCC ;
- quadrant I, fonctionnement moteur, le moteur fournit de l'énergie pour compenser les pertes du galet et simuler la descente et l'inertie.

Tracer des limites d'évolution de  $C_m$  et  $\omega_m$  :  $\omega_m < \omega_{mMax}$  ( $850 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ ) ;

- $C_m < C_{mMax}$  ( $4,8 \text{ N} \cdot \text{m}$ ) ;

- $C_m \cdot \omega_m < P_{mMax}$  (2 000 W)  $\rightarrow$  pour  $\omega_m > 416$  rad·s<sup>-1</sup> et  $C_m > 2,35$  N·m.



#### Question 43

Relations reliant les grandeurs électriques aux grandeurs mécaniques :

- $U_m = K_e \cdot \omega_m$  ;
- $I_m = 1 / (K_i) \cdot C_m$  ;
- $U_m \cdot I_m = C_m \cdot \omega_m$ .

$K$  (N·m·A<sup>-1</sup> ou V·s) =  $K_e = K_t$  : coefficient de couplage proportionnel au flux de l'inducteur de la machine donc constant dans le cas d'une excitation à aimants permanents.

Plages de courant et tension que doit pouvoir délivrer le convertisseur :

- $0 < U_m < 425$  V ( $K_e \cdot \omega_{mMax} = 0,5 \cdot 850$ ) ;
- $-9,6$  A  $< I_m < 9,6$  A ( $C_{mMax} / K_i = 4,8 / 0,5$ ).

#### Question 44

P0 : machine à l'arrêt et à couple nul (le cycliste ne force pas sur les pédales) donc  $I_m$ ,  $U_m$ ,  $I_b$ ,  $I_r$  sont nuls dans les conditions sans perte énoncé,  $\phi$  est indéterminable pour  $I_r$  nul.

P3 : sur le graphique  $C_m = -0,25$  N.m et  $\omega_m = 220$  rad·s<sup>-1</sup> ce qui donne :

- $I_m = C_m / K_i = 0,5$  A ;
- $U_m = K_e \cdot \omega_m = 0,5 \cdot 220 = 110$  V ;
- $I_b = C_m \cdot \omega_m / U_b = 0,25 \cdot 220 / 450 = 0,122$  A ;
- $\phi = 0$  imposée par le principe de fonctionnement du convertisseur ;
- $I_r = C_m \cdot \omega_m / U_r = 0,25 \cdot 220 / 230 = 0,239$  A ( $\phi = 0$ ).

### Question 45

**Conclusion** : la chaîne d'énergie permet de répondre aux besoins du système en récupérant l'énergie du cycliste (moins les pertes du système) lors du pédalage et en fournissant de l'énergie lors des phases de descente (faible couple de pédalage et basse vitesse) ou de ralentissement (simulation de l'inertie)

En effet :

- la MCC dans son principe autorise les 4 quadrants, seuls deux seront utilisés ;
- un hacheur DC/DC 2Q permet de délivrer la plage de tension positive et la plage de courant positif ou négatif nécessaire pour la MCC. Ce hacheur par sa structure nécessite une tension d'alimentation supérieure à la tension maximale de la machine ;
- le hacheur AC/DC fonctionne en entrée dans les 4 quadrants pour absorber un courant sinusoïdal et échanger de la puissance dans les deux sens.

### Question 46

Le rapport de réduction :  $k = \omega_{roue} / \omega_m = R_{galet} / R_{roue}$

A.N. :  $k = 20 / 350 = 1/17,5 = 0,0571$

### Question 47

$$C_{cyc} - C_m - C_{roulPG} = J_G \cdot \frac{d\omega}{dt}$$

### Question 48

$$\frac{1}{2} \cdot M \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot J_{cv} \cdot \omega_m^2$$

$$V = R_{roue} \cdot \omega_{roue}$$

$$\omega_{roue} = \omega_m \cdot k$$

Ce qui donne :  $J_{cv} = M \cdot R_{roue}^2 \cdot k^2$

A.N. :  $J_{cv} = 80 \cdot 0,35^2 / 17,5^2 = 32 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

### Question 49

$$C_{cyc} - C_{pente} - C_{roulPR} - C_{aéro} = J_{cv} \cdot \frac{d\omega_m}{dt}$$

### Question 50

$$C_m = C_{pente} + C_{roulPR} + C_{roulPG} + C_{aéro} + (J_{cv} - J_g) \cdot \frac{d\omega_m}{dt}$$

### Question 51

Le modèle donne la relation suivante :  $\Omega_m = H_j g \cdot (C_{cyc} - C_m - C_{roulPG})$

En identifiant avec la relation de la question 47, on obtient :  $H_j g = 1 / (J_g \cdot p)$ .

Le modèle donne la relation suivante :

$$C_m = H_m \cdot U_{cm} = H_m \cdot (U_{pente} + U_{roulPR} - U_{roulPG}) + H_{air} \cdot H_{cap} \cdot \Omega_m + H_{js} \cdot H_{cap} \cdot \Omega_m$$

En identifiant avec la relation de la question 50 on obtient :  $H_{js} = (J_{cv} - J_g) \cdot p$ .

### Question 52

Le modèle de la figure 15 du home-trainer avec l'élaboration de la loi de commande, permet une représentation des équations précédentes établies pour obtenir un comportement du home-trainer identique à celui du vélo sur route (avec les hypothèses simplificatrices données).

La partie à programmer est celle qui permet d'obtenir la tension de commande de couple de la MCC ( $U_{cm}$ ) en fonction de l'image de la vitesse ( $U_{\Omega}$ ). Dans cette partie programmée :

- la pente est obtenue par un paramètre indépendant de la vitesse ;
- l'inertie est simulée en dérivant la vitesse ;
- le couple de roulement du pneu sur la route est pris en compte et celui du galet est soustrait ;
- l'effet aérodynamique est pris en compte et est fonction de la vitesse

### **Question 53**

Organisateur de course : il est nécessaire de vérifier la mise à l'heure effective des tapis de course afin d'augmenter la précision du chronométrage.

Entraîneur : des capteurs de couple placés au niveau du pédalier des vélos permettraient d'obtenir une valeur précise de la puissance développée par les coureurs pour les conseiller sur la fréquence de pédalage et le braquet à utiliser lors de l'ascension du Pilat.

Sportif : un home-trainer avec une chaîne d'énergie réversible et une loi de commande programmable vous permettrait de vous entraîner dans des conditions quasi identiques à celle de la course.

# **Rapport du jury de l'épreuve d'admissibilité « étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation » – option information et numérique**

## **1. Présentation du sujet**

Le Duathlon est une activité sportive qui combine deux épreuves de course à pied et une épreuve de cyclisme. Pour qu'une épreuve de Duathlon puisse exister, deux exigences principales doivent être satisfaites : organiser l'évènement sportif et entraîner l'athlète à l'épreuve sportive.

La première problématique étudiée, « organiser l'évènement sportif », consiste à valider le choix d'une détection RFID pour la mesure des temps intermédiaires de course. Il s'agit de vérifier la configuration du réseau de communication, d'analyser les transmissions et de valider les choix de codage pour remédier aux défaillances de chronométrage constatées.

La deuxième problématique proposée est « suivre les performances des cyclistes ». Après avoir évalué la puissance mécanique développée par un cycliste à partir des performances physiologiques, il s'agit de déterminer le couple fourni par le sportif à partir du modèle proposé. Les résultats expérimentaux fournis permettent alors de le valider. Un choix de technologie de capteur doit être justifié pour mesurer la vitesse du vélo. Une solution braquet/pignon pour assurer une cadence de pédalage optimale est choisie.

La troisième problématique étudiée, s'assurer l'entraînement du cycliste », conduit à analyser la chaîne d'énergie d'un Home-trainer et à valider son modèle multi physique par rapport à sa capacité à simuler un comportement au plus proche du réel du vélo sur la route.

## **2. Analyse globale des résultats**

Globalement, tous les candidats ont abordé chacune des trois problématiques. La partie réseaux a été traitée par l'ensemble des candidats avec succès. Concernant le codage, le vocabulaire est connu mais les connaissances associées ne sont pas suffisamment maîtrisées. La deuxième problématique a été réussie de manière plus inégale. Et enfin la dernière problématique a été plus sélective alors qu'elle ne présentait pas de difficultés particulières.

Le jury tient à rappeler qu'il est important de bien numéroter les questions, d'avoir le souci permanent d'une écriture compréhensible, et enfin de bien mettre en évidence les résultats.

## **3. Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux candidats**

### **Questions 1 à 5**

Les candidats savent extraire les informations demandées dans les trames, le repérage des différents champs est généralement bien réalisé. L'exploitation qu'ils en ont faite est sujette à quelques erreurs. Il leur est donc conseillé de s'approprier les principes de transcodage, par exemple la traduction d'un caractère ASCII sous sa forme binaire.

### **Questions 6 à 8**

On constate que les termes utilisés dans le sujet évoquent des connaissances de cours chez les candidats. Cependant, ils ne les restituent pas toujours à bon escient. Les mécanismes associés sont rarement bien maîtrisés.

**Question 9**

La configuration réseau des machines est acquise pour la plupart.

**Questions 10 à 11**

Les candidats savent identifier certaines couches du modèle OSI. Ils possèdent aussi des bases sur les communications entre client et serveur.

**Questions 12 à 15**

Les solutions à la problématique évoquée ne sont pas toujours traitées avec justesse à cause d'une vision parcellaire du fonctionnement d'un réseau.

**Questions 16 à 17**

Globalement ces deux questions sont très bien traitées. Les candidats ont su lire et interpréter les courbes.

**Questions 18 à 19**

Trop peu de candidats connaissent le théorème de la puissance cinétique. Attention à l'homogénéité des expressions des différentes puissances.

**Questions 20 à 22**

La lecture de la figure donnant le dénivelé du parcours est correcte. En revanche, trop peu de candidats ont fait le calcul de la vitesse moyenne. Peu de candidats concluent à la question 22 faute d'application numérique à la question 21.

**Questions 23 à 25**

Peu de candidats connaissent la formule du champ des moments.

**Questions 26 à 29**

La lecture du couple et des efforts a été bien traitée. Attention tout de même au respect des unités : force en N et couple en N·m.

Certains ont su conclure de manière pertinente sans avoir une expression exacte du couple.

**Questions 30 à 32**

Ces questions ne nécessitent pas de connaissances spécifiques et sont largement traitées ; attention à l'impact de la présence de deux aimants.

**Questions 33 à 35**

Environ les deux tiers des candidats connaissent les capteurs ILS et à effet Hall.

**Questions 36 à 41**

Certains candidats ne savent pas déterminer un rapport de réduction. Il faut bien identifier la vitesse angulaire de sortie et la vitesse angulaire d'entrée. La question 38 est bien traitée et le choix d'un rapport de réduction optimal est réussi.

**Questions 42 à 43**

La moitié des candidats aborde cette partie. Les quatre quadrants de la machine sont connus mais ils ne savent pas les associer aux différentes phases de fonctionnement du système.

On retrouve bien les formules de comportement de la MCC, cependant les candidats ne réussissent pas toujours à choisir celles qui sont appropriées aux questions posées.

**Questions 44 à 45**

Les éléments constitutifs de la chaîne d'énergie sont parfois énumérés mais leurs rôles y sont peu précisés. Les conclusions sont donc partielles.

**Question 46**

Le rapport de réduction est souvent inversé malgré une définition précise dans l'énoncé.

**Questions 47 à 51**

Trop peu de candidats ont écrit avec succès le théorème du moment dynamique suivant un axe fixe. Il en est de même pour déterminer le moment d'inertie équivalent  $J_{cv}$ . Par conséquent la question 51 n'a pratiquement pas été traitée.

**Question 52**

Question très peu abordée.

**Question 53**

Les réponses proposées sont originales et montrent l'intérêt des candidats pour le sujet.

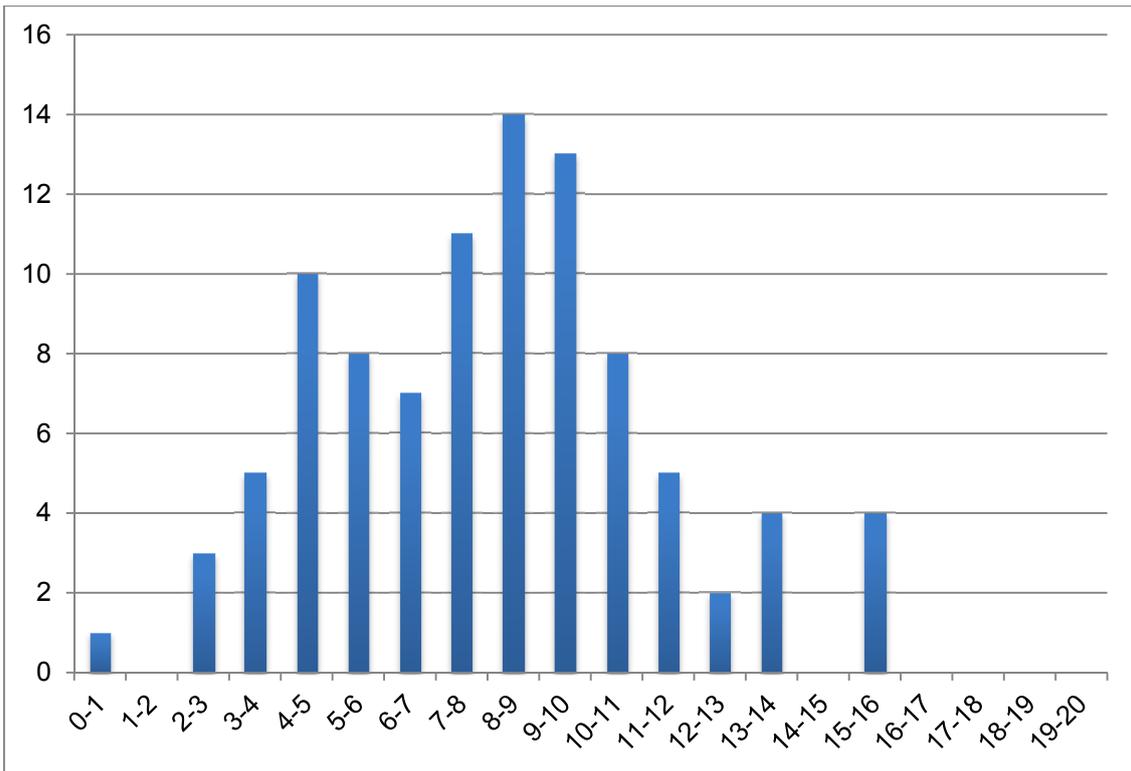
**4. Conclusion**

Pour former les futurs ingénieurs, techniciens et scientifiques, le futur professeur de technologie au collège, de STI2D et de sciences de l'ingénieur doit pouvoir analyser, modéliser, expérimenter et concevoir des systèmes pluri techniques. Même si l'épreuve se rapporte à l'option information et numérique de ce concours, il est incontournable qu'elle comporte du traitement de l'Information mais également de la chaîne d'énergie.

**5. Résultats**

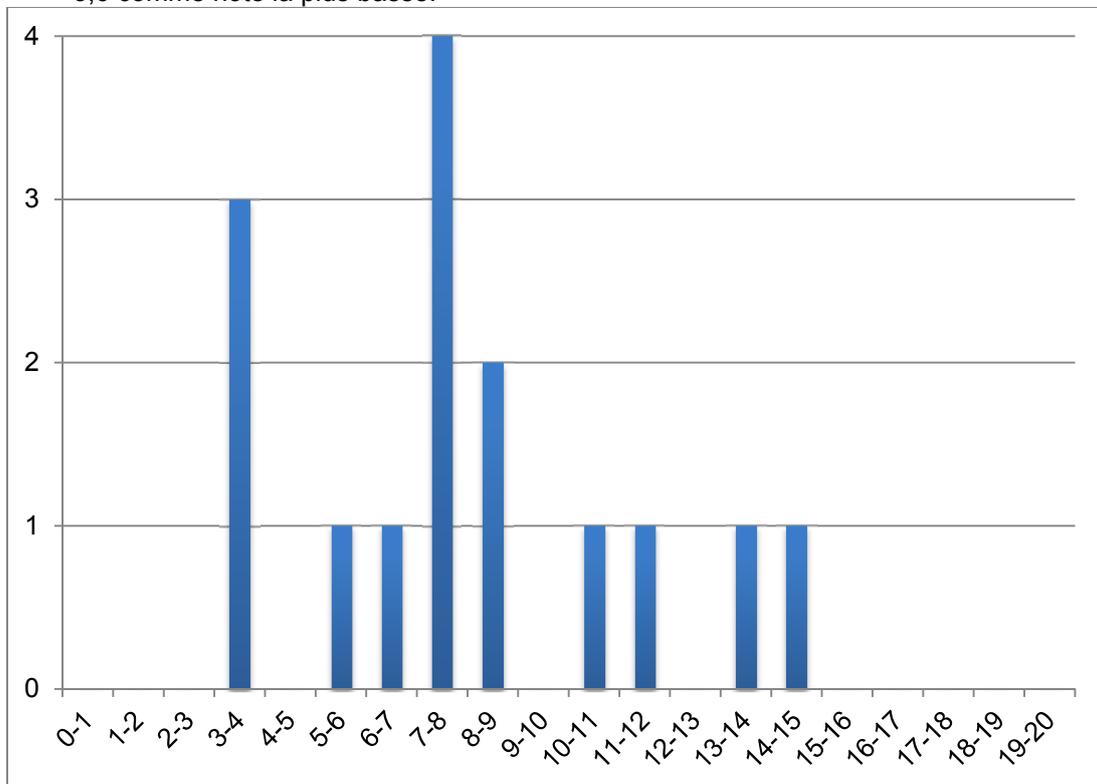
96 candidats ont composé pour cette épreuve du CAPET, la moyenne des notes obtenues est de 8,0, l'écart-type de 3,2 avec :

- 15,7 comme meilleure note ;
- 0,0 comme note la plus basse.



15 candidats ont composé pour cette épreuve du CAFEP, la moyenne des notes obtenues est de 8,0 avec :

- 14,1 comme meilleure note ;
- 3,6 comme note la plus basse.



# Exemple de sujet pour l'épreuve d'admission de leçon et travail pratique

## PILOTE AUTOMATIQUE DE BATEAU

Cette épreuve n'est pas une épreuve écrite, il n'est donc pas demandé de rédiger un compte-rendu. Toutefois, il est demandé d'élaborer avec soin les dessins, les schémas, les graphes et les documents décrivant les méthodes qui seront utilisées comme illustrations lors des prestations orales. Pour préparer les réponses aux questions posées, il faut utiliser les feuilles remises comme brouillon en début d'épreuve. À la fin de l'épreuve le matériel sera rangé sur les tables mais l'ordinateur restera allumé.

### 1. Définition de l'épreuve

*JORF n°0078 du 2 avril 2011 page 5884 texte n°32*

*Arrêté du 17 mars 2011 modifiant certaines modalités d'organisation des concours de recrutement de personnels enseignants du second degré relevant du ministre chargé de l'éducation nationale.*

*Chapitre III : modification de l'arrêté du 28 décembre 2009 fixant les sections et les modalités d'organisation des concours du certificat d'aptitude au professorat de l'enseignement technique.*

*Durée :*

- études expérimentales - quatre heures ;
- préparation de l'exposé - une heure ;
- exposé - 40 minutes ;
- entretien - 20 minutes.

*Le support du travail pratique proposé est pluritechnique et permet une démarche systémique globale. La leçon, directement liée aux activités pratiques réalisées, est relative aux enseignements de technologie du collège ou aux enseignements technologiques du cycle terminal « sciences et technologies de l'industrie et du développement durable (STI2D) » ou aux sciences de l'ingénieur de la voie scientifique du lycée.*

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

- concevoir et organiser une séquence de formation pour un objectif pédagogique imposé et un niveau de classe donné. Elle prend appui sur les investigations et les analyses effectuées au préalable par le candidat au cours de travaux pratiques relatifs à un système technique ;
- analyser et vérifier les performances de tout ou partie d'un système pluritechnique, notamment à partir de modèles de comportement et de mesures ;
- conduire une expérimentation, une analyse de fonctionnement d'une solution ;
- mettre en œuvre des matériels ou équipements, notamment des systèmes informatiques associés à des logiciels de traitement, de simulation, de représentation ;
- justifier les solutions constructives retenues et les choix relatifs à la réalisation (hypothèses, comparaison multicritère des choix techniques et des organisations, évaluations économiques...);
- exploiter les résultats obtenus et formuler des conclusions.

*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 travaux pratiques pour construire une séquence de formation. Il doit décrire la séquence élaborée et présenter de manière détaillée une des séances constitutives de la séquence.*

*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.*

## **2. Objectif pédagogique et niveau de classe**

La séquence de formation sera conçue et organisée pour être proposée à des élèves d'une classe de cycle terminal S option sciences de l'ingénieur.

L'objectif pédagogique de la séquence attendue consiste à développer chez les élèves des capacités parmi celles listées dans le Bulletin Officiel.

## **3. Description du support et du sujet d'étude**

### **3.1. Contexte**

La navigation s'ouvrant à une large population, parfois néophyte, les équipements électroniques d'aide à la navigation permettent de décharger les équipages de tâches fastidieuses renforçant ainsi la sécurité.

Le pilote automatique est utilisé sur les voiliers pour :

- soulager le barreur et réduire la fatigue que produit l'effort de concentration pour maintenir un cap précis ;
- libérer le barreur qui aura les mains libres lors des manœuvres à équipage réduit (virement de bord, changement de voile...).

Le pilote est fixé en deux points du bateau (coque du bateau et barre) et peut être associé à divers instruments de navigation, GPS ou traceur/lecteur de carte, girouette électronique, etc., via un bus de données.

### **3.2. Description des modes « Manuel », « Auto » et « Vent »**

#### **Description du mode « Manuel » :**

C'est le mode par défaut. Le vérin peut être rentré ou sorti à l'aide des touches du pilote automatique et soulager ainsi le navigateur.

#### **Description du mode « Auto » :**

Le pilote automatique navigue suivant une consigne de cap à suivre. Il joue alors le rôle d'un équipier en gardant ce cap automatiquement. Pour cela, il utilise les données provenant d'un compas (interne ou externe) qui lui indique en permanence le cap suivi par le bateau.

Tant que le bateau est sur le cap souhaité par l'équipage, la barre reste en position. Si le bateau quitte sa route, le pilote automatique actionne sa tige en liaison avec la barre, et ramène le bateau sur son cap.

### **Description du mode « Vent »**

Le pilote automatique peut naviguer selon l'angle du vent apparent plutôt que le cap compas en utilisant des informations sur le vent (direction et/ou vitesse) en provenance d'une girouette/anémomètre via le bus de communication. La direction du bateau est alors déterminée relativement à l'angle du vent apparent, plutôt qu'au cap compas comme cela se fait en mode « Auto ».

## **4. Découverte de l'objet technique et expérimentations**

### **4.1. Découverte de l'objet technique**

*L'objectif de cette partie est l'appropriation de l'objet technique à partir de différentes manipulations et expérimentations.*

*Il n'est pas demandé de répondre strictement aux questions dans l'ordre proposé ci-après et il ne faut pas hésiter à faire appel à un examinateur en cas de problème (lors de l'utilisation du système, incompréhension des questions posées ou des manipulations proposées...).*

***Il est conseillé de ne pas consacrer plus d'une demi-heure à cette phase d'appropriation qui se conclura par un premier échange avec l'examineur.***

*Il est recommandé au candidat de signaler à l'examineur que cette phase d'appropriation est achevée.*

### **Mise en œuvre du système**

**Question 1 :** découvrir et observer le fonctionnement du pilote dans les différents modes décrits précédemment. Expliquer dans quels cas il peut être intéressant d'effectuer un virement de bord automatique.

### **Analyse fonctionnelle interne - Chaînes d'énergie et d'information**

**Question 2 :** à partir des différentes ressources mises à disposition et des observations réalisées sur le support, présenter une analyse fonctionnelle interne du pilote automatique. Il est proposé d'utiliser les documents réponses.

***Avant de passer à la suite, appeler l'examineur pour lui présenter une synthèse du travail effectué dans cette partie.***

### **4.2. Expérimentations sur l'objet technique**

*Objectifs de l'étude expérimentale :*

*Pour un plus grand confort du navigateur, il est souhaitable que le pilote automatique soit capable d'assurer sa fonction le plus longtemps possible. L'objectif est de mesurer les performances du pilote automatique et proposer des solutions pour les optimiser.*

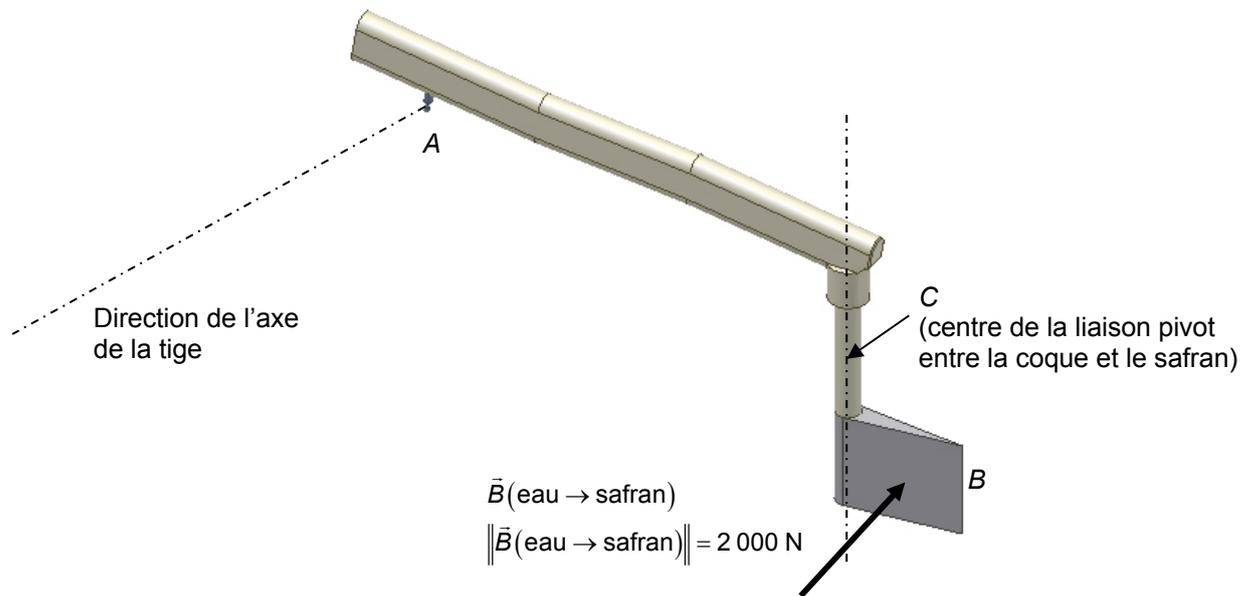
L'alimentation en énergie du système de pilotage (pilote, GPS, appareils de navigation, etc.) est assurée par une batterie qui assure également l'alimentation des autres appareils (réfrigérateur, lampes, etc.).

La batterie ne devra pas être déchargée au-delà de 80 %.

**Question 3 :** proposer des pistes pour augmenter l'autonomie du système de pilotage.

Dans un premier temps, une étude statique sera réalisée lorsque la barre est dans une position médiane.

Hypothèse : on néglige l'action de la pesanteur et les frottements.



**Question 4 :** mettre en place sur le document réponse et de manière qualitative la force de la tige du pilote sur la barre :  $\vec{A}(\text{tige} \rightarrow \text{barre})$  et déterminer sa norme.

*L'objectif est ici de déterminer la variation de l'effort subi par la tige du pilote en fonction de l'angle de manœuvre, pour un effort de l'eau fixe sur le safran. Pour cela vous devrez utiliser un logiciel de simulation mécanique.*

En utilisant un logiciel de simulation, on souhaite déterminer la valeur de l'effort exercé par le pilote sur la barre en fonction de la position de celle-ci, et ce pour un effort donné exercé par l'eau sur le safran de 2 000 N.

**Appeler l'examineur pour réaliser :**

- la construction automatique du mécanisme sous le logiciel ;
- la modélisation de l'effort de l'eau sur le safran.

**Question 5 :** créer un effort de type « vérin inconnu » pour modéliser l'action de la tige du pilote sur la barre, cet effort se situe entre les deux points centre des rotules.

Lancer une « étude statique » pour une position de la barre variant de  $-16^\circ$  à  $16^\circ$  par rapport à sa position centrale avec 30 points de calcul.

Relever la courbe donnant la norme de l'effort de la tige sur la barre en fonction de la position de la barre (courbes paramétrées).

**Question 6 :** conclure sur la validité du modèle et sur les résultats obtenus. Préciser quelle valeur de l'effort doit être retenue pour la suite de l'étude.

**Question 7 :** proposer un mode opératoire permettant d'évaluer l'efficacité énergétique du pilote.

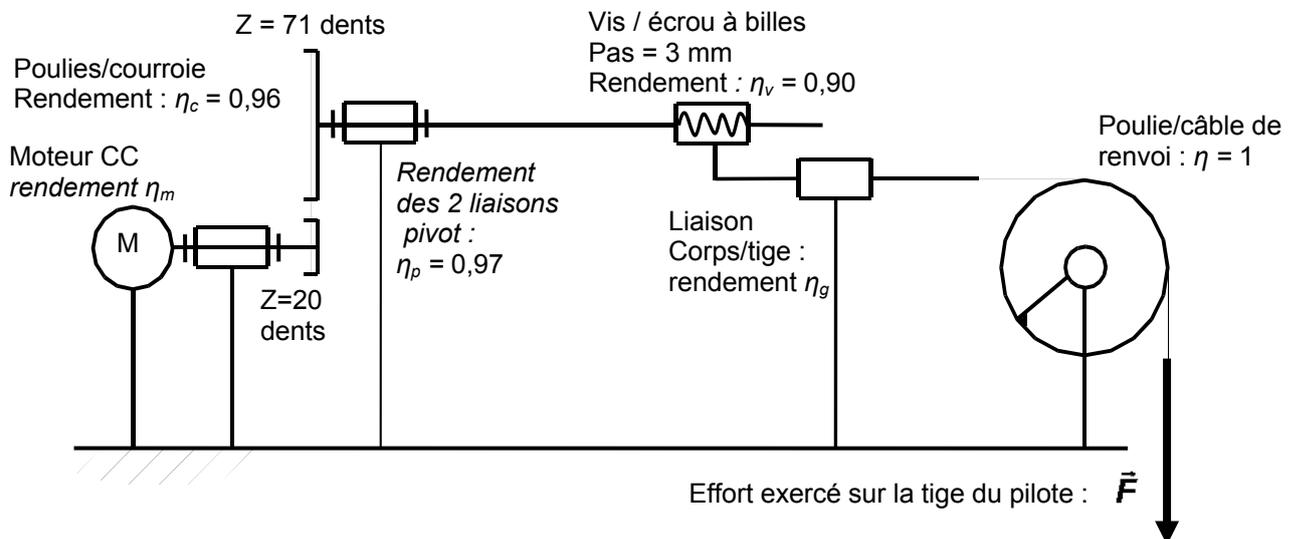
**Appeler l'examineur pour valider vos choix.**

On suppose dans les questions suivantes que la mer est moyennement agitée (vent de force 4 Beaufort). Dans ces conditions, l'effort exercé par l'eau sur le safran du pilote peut être simulé par une charge de 25,6 kg (25 kg + la masse du plateau porte-masses 600 g).

**Question 8 :** expliquer s'il faut réaliser les mesures en rentrée ou en sortie de tige (mode manuel).

**Question 9 :** réaliser les mesures nécessaires afin de déterminer le rendement global du pilote TP32, sachant que la vitesse sera obtenue grâce aux relevés des signaux des capteurs à effet Hall pour avoir une bonne précision.

**Question 10 :** à partir du schéma cinématique ci-dessous, donner l'expression littérale du rendement global  $\eta_{\text{pilote}}$  de cette chaîne cinématique.



**Question 11 :** évaluer le rendement  $\eta_m$  à l'aide de la documentation du moteur, en déduire une évaluation du rendement de la liaison entre le corps et la tige.

**Question 12 :** proposer des solutions permettant d'améliorer le rendement de l'ensemble.

On suppose que dans les conditions de mer précédentes et sur le parcours du bateau, le pilote automatique fonctionne l'équivalent de 2 heures par jour.

**Question 13 :** déterminer l'énergie consommée par le pilote pour 24 h de fonctionnement dans les conditions précédentes.

**Question 14 :** déterminer la consommation totale du bateau pour 24 h.

On souhaite une autonomie de 8 jours et la décharge de la batterie ne doit pas dépasser 80 %.

**Question 15 :** donner la capacité nécessaire pour une batterie de 12 V.

**Question 16 :** Proposer des solutions permettant de recharger la batterie.

# Rapport du jury de l'épreuve d'admission de leçon et travail pratique

## 1. Présentation de l'épreuve

La durée de cette épreuve est de 6 heures. Elle est scindée en trois temps :

- 4 heures de travaux pratiques sur un système ;
- 1 heure en loge pour concevoir une application pédagogique et sa présentation ;
- 1 heure organisée en 40 minutes de soutenance et 20 minutes d'échanges avec le jury.

Les supports utilisés sont des systèmes pluri techniques actuels :

- un solex électrique ;
- un pilote automatique de bateau ;
- une barrière de péage ;
- une pompe à chaleur ;
- un banc d'expérimentation de résistance des matériaux ;
- une boîte de vitesse robotisée ;
- un banc d'étude des structures de charpentes bois ;
- un banc d'étude d'interaction sol/paroi ;
- un télescope.

L'évaluation des compétences est indépendante des supports.

Les candidats disposent :

- d'un espace numérique personnel qu'ils conservent pendant les six heures de l'épreuve ;
- d'un poste informatique équipé des logiciels classiques ;
- d'une connexion Internet (accès autorisé à toutes ressources non protégées par un code d'accès, à l'exclusion de l'utilisation des messageries ou forums...) ;
- de toutes les ressources numériques en lien avec le TP.

Les postes de travaux pratiques sont équipés des matériels usuels de mesure des grandeurs physiques, par exemple des oscilloscopes numériques, des multimètres, des dynamomètres, des tachymètres, éventuellement des cartes d'acquisition associées à un ordinateur. Cette liste n'est pas exhaustive.

## 2. Analyse des résultats

Le jury tient à souligner la qualité de préparation de la plupart des candidats. Certains candidats ont malheureusement un niveau scientifique et technologique très faible qui les pénalise fortement dans cette épreuve qui demande autonomie et prise d'initiatives dans la démarche de résolution d'un problème technique et dans la conception d'une séquence pédagogique.

Le jury relève encore beaucoup trop de lacunes sur des capacités élémentaires, erreurs d'unités (unités de puissance, d'énergie, de pression), application numérique d'une formule donnée.

Le jury tient également à noter que la culture technologique de nombreux candidats est insuffisante pour de futurs professeurs de sciences industrielles de l'ingénieur. Le vocabulaire technique est limité, les termes employés sont souvent imprécis.

### **3. Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux candidats**

#### **Préparation – Formation aux épreuves**

Le jury conseille au candidat de :

- consulter avant l'épreuve les référentiels de technologie au collège, de S-SI, de STI2D et les documents d'accompagnement ;
- s'informer des pratiques pédagogiques et des modes de fonctionnement d'un collège ou d'un lycée, organisation de l'emploi du temps, séances en classe entière ou groupes à effectif réduit (travaux pratiques, activités, projet) en sciences de l'ingénieur, STI2D ou technologie ;
- revoir et se remémorer les fondamentaux avant l'épreuve orale, se reporter aux contenus des programmes de technologie au collège, S-SI et STI2D.

#### **Qualité des documents de présentation**

Le jury est bien conscient que le temps imparti à la préparation de la séquence pédagogique ne permet pas de concevoir tous les documents s'y rapportant. Cependant, les moyens informatiques mis à disposition (logiciels et accès à Internet, ressources numériques fournies par le jury ou collectées pendant le travail pratique, etc.) permettent au candidat de montrer qu'il est capable de produire des documents de qualité et pertinents par rapport aux objectifs de sa séquence.

#### **Maîtrise de la finalité de l'épreuve**

Le jury ne peut que renouveler les conseils qui ont été donnés lors des précédentes sessions : connaître la description de l'épreuve (voir arrêté du 17 mars 2011 publié au JORF du 2 avril 2011), lire les rapports de jury des sessions précédentes, suivre une préparation proposée par les ESPE.

#### **Pour la partie travaux pratiques**

##### **Organisation des candidats lors de l'épreuve (gestion du temps...)**

Il est judicieux de commencer la conception de la séquence pédagogique en salle de travaux pratiques. La majorité des candidats a suivi ce conseil donné par le jury. En revanche, le jury tient à informer les candidats que les activités proposées dans le sujet de travaux pratiques doivent être effectuées avec un souci d'efficacité, car les activités non réalisées sont pénalisantes pour la note sur 10 se rapportant à cette partie de l'épreuve.

##### **Mise en œuvre du système (durée conseillée 30 minutes)**

La majorité des candidats n'a pas de difficultés pour prendre en main le système. La connaissance du système et des logiciels n'est pas demandée. Des aides sont fournies dans le dossier remis au candidat, et au besoin, le candidat peut toujours faire appel à l'accompagnateur pour une information liée à la mise en œuvre du système ou d'un logiciel. Cette demande d'aide n'est pas pénalisante pour le candidat.

##### **Exploitation des conseils du jury**

Pendant la durée du travail pratique, le candidat est conseillé par le jury sur l'exploitation qu'il doit réaliser sur le système qu'il a tiré au sort. Il ne doit pas perdre de vue qu'au final, le jury attend de lui qu'il conçoive une séquence pédagogique à un niveau imposé qui pourra reprendre tout ou partie des démarches et des résultats qu'il a obtenus pendant le travail pratique. Il est alors important qu'il réfléchisse, pendant le travail pratique, à la structure de sa séquence pédagogique, et au réinvestissement de tout ou partie des activités et des résultats obtenus.

### **Aptitude à mener un protocole expérimental**

La mise en œuvre du matériel de mesurage ne pose pas de souci particulier. Un mode d'emploi (ou une aide) est fourni pour les matériels spécifiques (oscilloscope). En revanche, on attend du candidat qu'il soit capable de concevoir un protocole expérimental et de le justifier,

### **Utilisation des modèles numériques**

Globalement, les candidats utilisent correctement les modèles numériques fournis, soit parce qu'ils connaissent déjà les logiciels, soit parce qu'ils s'appuient sur le tutoriel fourni avec l'énoncé du sujet. En revanche, de nombreux candidats ne font pas preuve d'esprit critique par rapport à la simulation numérique et aux hypothèses qui ont été réalisées pour la construction du modèle. Au niveau du concours, on attend du candidat, qu'il soit capable de critiquer et justifier le modèle, de préciser ses données d'entrée et de sortie. Dans la plupart des travaux pratiques, le jury attend une analyse critique de l'écart entre les résultats de simulation et les résultats expérimentaux.

### **Analyse des résultats obtenus**

De nombreux candidats ont du mal à exploiter les résultats en analysant les écarts par rapport aux résultats théoriques. Ils se bornent à vouloir absolument trouver la même chose. Nous rappelons qu'il s'agit de relevés expérimentaux, et qu'il est important de pouvoir formuler des hypothèses sur les origines de ces écarts qui ne sont pas de simples erreurs de mesure : frottements, jeux dans les liaisons, déformations des pièces, etc.

### **Autonomie**

Nous rappelons que l'autonomie dans la mise en œuvre et la réalisation des activités du TP est un critère qui est pris en compte dans la note finale. Il est donc conseillé aux candidats de prendre des initiatives en s'appuyant sur les conseils délivrés par le jury.

## **Pour l'exposé devant le jury**

### **Appropriation des démarches technologiques (investigation, résolution de problème technique, projet)**

Il est essentiel que la problématique soit contextualisée dans une situation réaliste adaptée au niveau des élèves et de la séquence pédagogique, ceci dans un souci de capter l'attention des élèves et d'éveiller leur curiosité et leur intérêt pour les activités qui vont suivre. Le jury conseille aux candidats de faire une lecture attentive des documents ressources pour faire la classe des programmes de technologie, STI2D et S-SI. Ils y trouveront les informations liées à la mise en œuvre des démarches d'investigation, de résolution de problème technique ou de projet.

### **Utilisation du numérique**

Le jury note qu'une majorité de candidats fait appel aux ressources et usages du numérique dans les activités proposées aux élèves. Néanmoins, le jury conseille aux candidats de bien identifier les points de leur séquence pédagogique où l'usage du numérique apportera une réelle plus-value dans les apprentissages des élèves et de décrire l'utilisation de ces outils numériques.

### **Description de la séquence**

Le candidat doit concevoir une séquence pédagogique, il est donc important de la situer dans la progression pédagogique, même si celle-ci n'est pas à détailler, et de préciser le niveau et la position dans l'année scolaire. Le candidat doit faire des hypothèses sur ce qui a été traité en amont et ce qui sera traité en aval de sa séquence. Celles-ci permettent au jury de mesurer la cohérence du scénario proposé. Une séquence est elle-même composée de plusieurs séances qu'il convient de décrire : objectifs, organisation, durée des séances, modalité (classe entière ou groupe à effectif réduit),

modalités pédagogiques (cours, TD, TP, projet), stratégie pédagogique (déductif, inductif, différenciation pédagogique), liste des systèmes mobilisés, activités des élèves, production attendue, évaluation...

Quelques candidats se sont contentés de décrire une séance à la place d'une séquence.

### **Identification des compétences et connaissances visées**

Le jury insiste sur le fait qu'une séquence doit répondre à des compétences déclinées en savoirs et capacités du programme officiel. Il est indispensable que la description de la séquence fasse référence de manière explicite à celui-ci.

### **Adéquation entre objectifs visés et séquence**

Le choix des objectifs pédagogiques n'est pas sans conséquence sur l'organisation de la séquence. Le jury attend du candidat qu'il justifie son organisation par une argumentation étayée.

### **Exploitation des résultats de travaux pratiques**

Les activités du travail pratique proposées au candidat pendant 2 h 30 sont très généralement d'un niveau supérieur à celui de l'exploitation pédagogique visée. Il est important que le candidat puisse justifier comment il compte les utiliser à un niveau adapté au collège ou lycée qui lui est imposé, et de montrer la cohérence de ses choix. Le jury ne peut se satisfaire d'une réexploitation sans valeur ajoutée des activités proposées pendant le TP.

### **Réalisme de l'organisation de classe**

Le jury attend du candidat qu'il émette des hypothèses réalistes sur les conditions d'enseignement, nombre d'élèves dans la division, taille des groupes à effectif réduit. Ces hypothèses doivent rendre cohérente l'organisation de la séquence pédagogique proposée.

### **Connaissances des voies de formation (collège – STI2D - S-SI)**

Le jury rappelle que le CAPET SII permet d'enseigner au collège et au lycée. À ce titre, il est indispensable que les candidats appréhendent correctement le continuum de formation dans toute sa diversité.

### **Synthèse**

Les synthèses ne sont pas systématiquement présentées lors de l'exposé des candidats. Il est pourtant très important de relier les objectifs de formation énoncés des séquences (ou séances) aux structurations de connaissances.

### **Évaluation**

Le processus retenu pour l'évaluation de l'atteinte des objectifs de la séquence doit être décrit (formatif, sommatif, normatif, certificatif) ainsi que les modalités et les outils qui permettent de la mener à bien. Les modalités de remédiation ou de différenciation pédagogique doivent être explicitées.

### **Qualité des documents de présentation**

Le jury recommande l'utilisation des outils numériques (diaporama ou autres) sur lesquels le candidat pourra s'appuyer lors de son exposé oral.

Le jury est attentif à la qualité de la syntaxe et de l'orthographe des présentations.

### **Réactivité au questionnement**

Le jury attend une honnêteté intellectuelle dans les réponses formulées.

Le candidat se doit d'être réactif sans chercher à éluder les questions. Plus qu'une réponse exacte instantanée, le jury attend une capacité à argumenter, expliquer une démarche ou un point de vue. Les candidats doivent être conscients que la qualité de l'élocution et la clarté des propos sont primordiales pour de futurs professeurs. Le souci de la compréhension par l'interlocuteur de son discours est une condition *sine qua non* d'une bonne transmission des savoirs : le discours doit donc être structuré et logique.

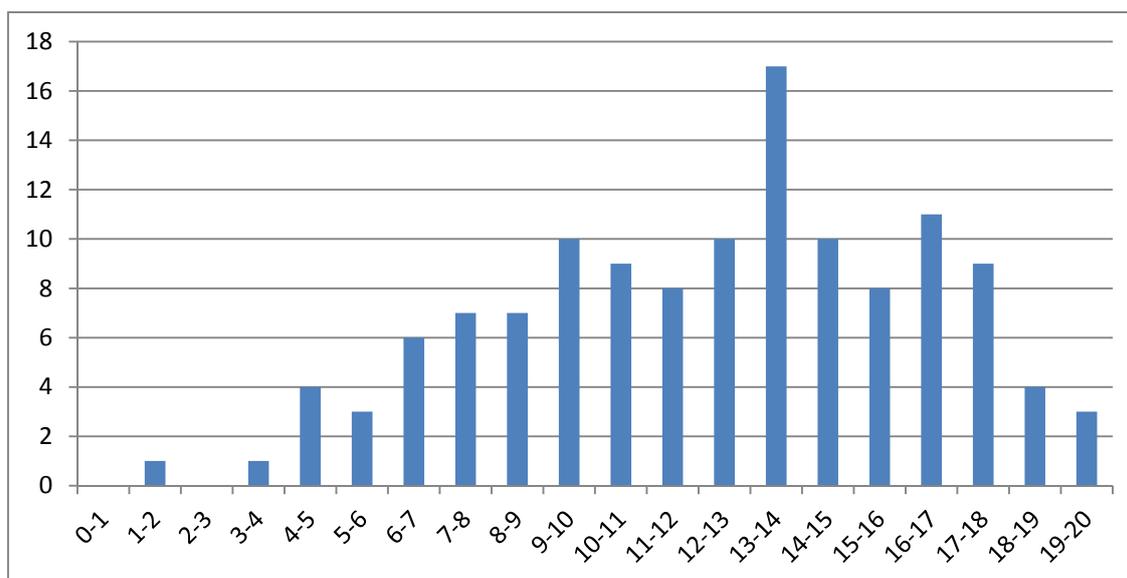
#### 4. Conclusion

Cette épreuve nécessite une préparation sérieuse réalisée en amont de l'admissibilité. Cette préparation doit porter tout autant sur la partie travaux pratiques que sur la partie leçon, les deux épreuves étant complémentaires. Les compétences nécessaires à la réussite de cette épreuve sont à développer lors de stages en situation et de périodes d'observation ou d'enseignement. Le métier d'enseignant exige une exemplarité dans la tenue et la posture ainsi que dans le discours ; cette épreuve permet la valorisation de ces qualités.

#### 5. Résultats

128 candidats ont composé pour cette épreuve du CAPET, la moyenne des notes obtenues est de 12,2 et l'écart-type de 4,07 avec :

- 19,8 comme meilleure note ;
- 1,7 comme note la plus basse.



7 candidats ont composé pour cette épreuve du CAFEP, la moyenne des notes obtenues est de 11,4 avec :

- 18,0 comme meilleure note ;
- 4,2 comme note la plus basse.

# Rapport du jury de l'épreuve d'admission de l'épreuve sur dossier comportant deux parties

## 1. Présentation de l'épreuve

Le candidat dispose d'une heure et trente minutes pour préparer le sujet relatif à l'interrogation portant sur la compétence « agir en fonctionnaire de l'État de façon éthique et responsable (AEFE) » et installer l'environnement matériel de son exposé sur le dossier technique et pédagogique. Il dispose pour cela d'un poste informatique multimédia avec accès à l'Internet. Le sujet AEFE comporte des liens hypertextes vers des textes susceptibles d'être exploités comme ressources.

Le candidat est libre de présenter les deux parties de l'épreuve dans l'ordre de son choix et d'utiliser les moyens multimédia mis à disposition pour ses présentations.

## 2. Analyse globale des résultats

Les deux parties de cette épreuve ne conduisent pas à des résultats identiques. L'analyse de l'étude de cas de la partie AEFE donne des résultats globalement convenables prouvant une bonne préparation de cette épreuve par la plupart des candidats. En revanche, la présentation du dossier donne des résultats plus mitigés. En effet, le dossier remis par le candidat ne doit pas être un rapport de stage en entreprise ou un compte rendu d'échanges téléphoniques mais doit préciser des transferts de technologie et leurs exploitations de l'industrie vers l'éducation. La présentation de la partie scientifique et technologique ne peut pas non plus se limiter à une simple analyse de niveau pré-bac. Ce point mérite toute l'attention des futurs candidats.

En ce qui concerne la forme, si dans la grande majorité la présentation est tout à fait rigoureuse, le jury constate, encore fréquemment, de trop nombreuses fautes d'orthographe.

Le jury a apprécié l'utilisation par les candidats des moyens multimédia mis à leur disposition pour exposer leurs réponses aux questions posées.

## 3. Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux candidats

### 3.1. Première partie : soutenance du dossier technique et scientifique

Cette partie de l'épreuve doit permettre au candidat de démontrer :

- sa connaissance des contenus d'enseignement et des programmes de la discipline au collège et au lycée ;
- sa réflexion quant aux finalités et à l'évolution de la discipline ainsi que sur les relations de celle-ci aux autres disciplines ;
- ses aptitudes à l'expression orale, à l'analyse, à la synthèse et à la communication.

L'épreuve a pour but :

- d'apprécier, pour la discipline, la connaissance que le candidat a de son évolution, de ses enjeux dans la société, de ses applications, de sa situation vis-à-vis des autres disciplines ;
- de vérifier les aptitudes à la relation, à la communication et à l'expression orale du candidat.

L'épreuve permet de valoriser les expériences et/ou les réflexions du candidat sur les objectifs, les contenus et les méthodes susceptibles d'être appliquées à la discipline.

Il est important – sans réciter un texte appris par cœur – de présenter de façon fluide son dossier et de respecter les durées proposées. Ainsi, un diaporama de près de quarante diapositives ne permet pas au candidat de respecter le temps imparti ou de tout présenter.

Le candidat expose, dans un premier temps, sans être interrompu par le jury, le résultat de ses travaux. Il doit mettre en évidence :

- les raisons qui ont présidé au choix du support ;
- la pertinence du support choisi pour une exploitation pédagogique ;
- la documentation technique rassemblée ;
- dans le cas d'un travail de groupe, son travail personnel repéré clairement dans le dossier et mis en évidence lors de l'exposé, tant dans les développements scientifiques et techniques que dans l'exploitation pédagogique ;
- les objectifs pédagogiques choisis ;
- la structure de la (ou des) séquence(s) choisie(s), en particulier le travail demandé aux élèves et les connaissances nouvelles apportées ainsi que leur évaluation.

Le jury, au cours de l'entretien, pose des questions destinées à :

- approfondir certains points du projet ;
- demander la justification de solutions adoptées ;
- faire préciser les exploitations pédagogiques possibles.

### **3.1.1. Dossier : partie scientifique et technologique**

Les candidats doivent veiller à proposer une étude prenant appui sur un système technique réel commercialisé (ou en voie de commercialisation) ou un ouvrage resitué dans son contexte.

La richesse technologique et scientifique du support retenu est valorisée par le jury (le choix ne peut se limiter à l'étude d'un simple composant en dehors de tout contexte).

**Le choix de systèmes déjà didactisés et l'exploitation des dossiers pédagogiques fournis avec ces équipements ne sont pas recommandés.**

**De même le principe du développement *ex-nihilo* par le candidat d'une maquette ayant vocation à constituer un support de cours n'est pas recommandé.**

Le jury a regretté le peu de développements scientifiques et technologiques constatés dans certains dossiers et le manque d'un fond documentaire attaché au support. Il conseille fortement aux candidats de ne pas multiplier les modèles de description fonctionnelle inutilement, au risque de ne pas pouvoir garantir leur cohérence.

Les futurs candidats sont invités à orienter le temps consacré à l'élaboration du dossier vers :

- le transfert de technologie de l'industrie vers l'enseignement ;
- une réflexion les conduisant à concevoir des séquences pédagogiques à partir de systèmes techniques réels.

Bien que le dossier s'appuie sur un support permettant des développements caractéristiques de la spécialité choisie par le candidat, celui-ci ne doit absolument pas négliger les autres champs technologiques. Les aspects liés au développement durable sont encore très inégalement pris en compte.

Le jury a apprécié la préoccupation des candidats à exploiter dans la partie pédagogique les problématiques techniques identifiées, lorsqu'elles l'ont été, dans la partie technologique.

### **3.1.2. Dossier : partie pédagogique**

Il est indispensable que, pour la séquence choisie, les candidats expriment clairement :

- leurs intentions pédagogiques en lien avec le référentiel et la problématique retenue ;
- l'adaptation des documents techniques ;
- l'organisation pédagogique et les situations d'apprentissage ;
- le positionnement de la séquence au sein de la progression du cycle de formation ;
- la description de l'activité de synthèse ;
- l'évaluation des acquis.

Il est nécessaire de préciser les compétences à développer aux autres niveaux de formation afin de valider ou d'invalider la pertinence du support à ces niveaux. Pour autant, il n'est pas nécessaire de développer de façon précise des activités élèves à tous les niveaux.

Le travail d'équipe pluridisciplinaire, et pas uniquement pluritechnologique, n'est quasiment jamais abordé, bien que les thèmes d'études exposés par des candidats rendent toujours possible ce travail transversal sur les contenus d'enseignement.

### **3.1.3. Exposé**

Le temps imparti pour cette partie d'épreuve est toujours utilisé et rend la présentation du dossier argumentée. Le jury conseille cependant aux candidats de garder un temps suffisant pour présenter l'exploitation pédagogique.

La plupart des candidats a utilisé de manière opportune un diaporama de qualité. Le jury recommande toutefois de veiller à la lisibilité des informations projetées ainsi qu'au respect de l'orthographe. De même la numérotation des diapositives est de nature à faciliter les échanges avec le jury.

Le jury a noté un effort dans l'expression et le vocabulaire utilisés. Pour certains candidats, des lacunes ou un manque de rigueur dans ce registre persistent (terminologie technique, expressions inadaptées, etc.).

### **3.1.4. Entretien**

Le manque d'investigation scientifique et technologique et de maîtrise des solutions utilisées dans le support présenté a fortement pénalisé certains candidats.

Quelques candidats se sont malheureusement limités à une description externe des constituants du système ou de l'ouvrage sans approche scientifique et/ou technologique.

Les candidats doivent démontrer qu'ils maîtrisent les démarches pédagogiques (investigation, résolution de problèmes techniques, projet) utilisées dans l'enseignement de la technologie et des sciences de l'ingénieur, ainsi que les outils didactiques employés.

### **3.1.5. Recommandations générales**

Il est demandé aux candidats de lire attentivement les textes relatifs à ce concours afin de s'informer, d'appréhender et de respecter les modalités et les contenus à mettre en œuvre pour chaque partie de l'épreuve. Il est impératif de prendre connaissance des programmes d'enseignement du collège au lycée.

Sur le plan de l'organisation pédagogique, les activités des élèves doivent être au centre des préoccupations du candidat. Trop de candidat limitent l'approche pédagogique à une identification des objectifs de formation tels que définis dans les programmes et ne développent pas ensuite la démarche nécessaire pour construire les situations d'apprentissage correspondantes. La réflexion à engager pourrait être la suivante :

- définition d'objectifs de formation en adéquation avec le programme, en prenant en compte les acquis des élèves et la continuité des travaux réalisés ;

- démarche utilisée (leçon, application, expérimentation, démonstration, etc.), méthodologie envisagée pour atteindre les objectifs visés (démarche d'investigation, démarche de résolution de problèmes techniques) ;
- mise en activité des élèves, niveau d'autonomie ;
- utilisation et exploitation des productions des élèves et de leurs savoir-faire ;
- différenciation pédagogique ;
- procédure d'évaluation pour les productions écrites et pratiques ;
- remédiations éventuelles.

### **3.2. Seconde partie : « agir en fonctionnaire de l'État et de façon éthique et responsable »**

Le jury constate une bonne préparation de cette partie de l'épreuve par les candidats en amont du concours et observe que ces derniers ont su tirer profit des ressources mises à leur disposition. Il regrette une analyse parfois trop succincte du sujet et un exposé de propositions d'actions très réduit. Il attend de la part des candidats une plus grande implication personnelle dans l'expression de leurs recommandations et conclusions.

## **4. Conclusion**

Cette épreuve demande une préparation spécifique qui gagne à être entreprise le plus en amont possible.

Le dossier doit être élaboré à partir d'un produit « grand public », porteur d'innovation de type « équipement industriel » non unitaire ou sur un ouvrage. La richesse et la pertinence de son contenu sont à construire au travers des relations réelles avec les professionnels ; les candidats doivent donc prévoir de consacrer du temps pour le constituer, et se l'approprier profondément. Le dossier ne s'élabore pas uniquement à partir de ressources recueillies sur l'Internet. Les candidats qui se sont limités à une analyse superficielle du support étudié se sont pénalisés. Le jury propose aux candidats d'explorer plutôt la piste de l'amélioration des performances.

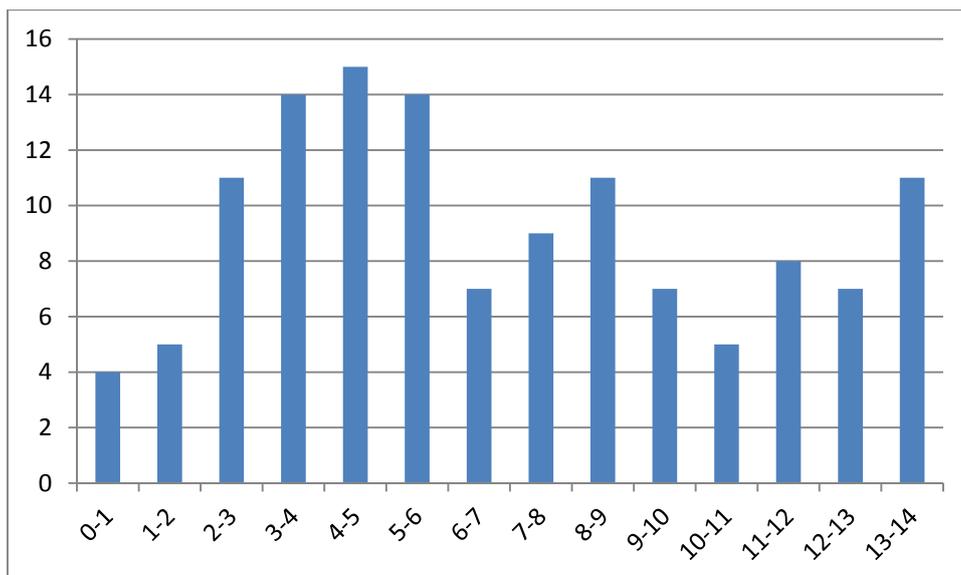
Pour les prochaines sessions, la seconde partie de l'épreuve portant sur la compétence « Agir en fonctionnaire de l'état et de façon éthique et responsable » sera intégrée à l'épreuve d'entretien à partir d'un dossier. Cet entretien permettra également d'apprécier la capacité du candidat à prendre en 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 et les valeurs qui le portent dont celles de la République.

Cette épreuve ne s'improvise pas, elle doit se préparer dès l'inscription au concours.

## **5. Résultats**

128 candidats ont composé pour la première partie de cette épreuve du CAPET, la moyenne des notes obtenues (sur 14) est de 6,8 et l'écart-type de 3, 8 avec :

- 14,0 comme meilleure note ;
- 0,4 comme note la plus basse.

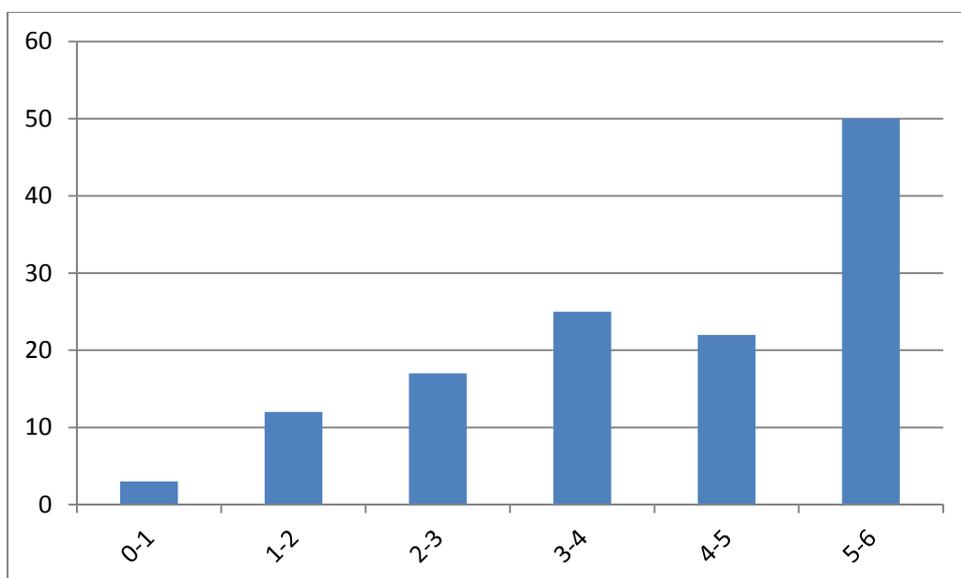


7 candidats ont composé pour la première partie de cette épreuve du CAFEP, la moyenne des notes obtenues (sur 14) est de 6,6 avec :

- 13,0 comme meilleure note ;
- 1,0 comme note la plus basse.

129 candidats ont composé pour la seconde partie de cette épreuve du CAPET, la moyenne des notes obtenues (sur 6) est de 3,9 et l'écart-type de 1,6 avec :

- 6,0 comme meilleure note ;
- 0,5 comme note la plus basse.



7 candidats ont composé pour la seconde partie de cette épreuve du CAFEP, la moyenne des notes obtenues (sur 6) est de 3,9 avec :

- 6 comme meilleure note ;
- 1,5 comme note la plus basse.