

**Session 2016**

**BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE**  
**Sciences et Technologies de l'Industrie et du**  
**Développement Durable**

**ENSEIGNEMENTS TECHNOLOGIQUES TRANSVERSAUX**

Coefficient 8 – Durée 4 heures

Aucun document autorisé – Calculatrice autorisée

**MICRO-CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE**



**Corrigé**

**PARTIE 1** : (Durée 3 heures)**Comment augmenter la production d'une énergie renouvelable tout en préservant la biodiversité et en respectant la réglementation ?**

Exigences principales traitées : un respect de la réglementation sur l'eau, la faune et la flore.  
Question 1.1

**DOCUMENT RÉPONSES DR1****Tableau 1 :**

	Objectif	Puissance installée en 2009	Puissance potentielle en 2020	Augmentation en %
Concernant les énergies renouvelables	<b>Développement de la production d'électricité d'origine renouvelable</b>	(25.3+2+5+9) <b>41,3 GW</b>	(28+3+6+5+19) <b>~ 61GW</b>	$(61000 - 41300) * 100 / 41300 =$ <b>+ 47,7%</b>
Concernant l'énergie hydraulique	<b>Augmentation de la production d'hydroélectricité</b>	<b>25,3 GW</b>	(25,3 + 2,7) <b>28 GW</b>	$(2,7 * 100 / 25,3)$ <b>+10.67%</b>
Actions engagées par le ministère	<b>Création de nouvelles centrales</b>			
Actions engagées par le ministère	<b>Suréquipement et modernisation d'installations hydro-électriques existantes</b>			
Problématiques liées à l'utilisation de l'eau d'un canal	<b>Respect de la qualité des masses d'eau utilisées</b>			
	<b>Respect des débits d'eau réservés</b>			
	<b>Respect des poissons : plan anguilles</b>			

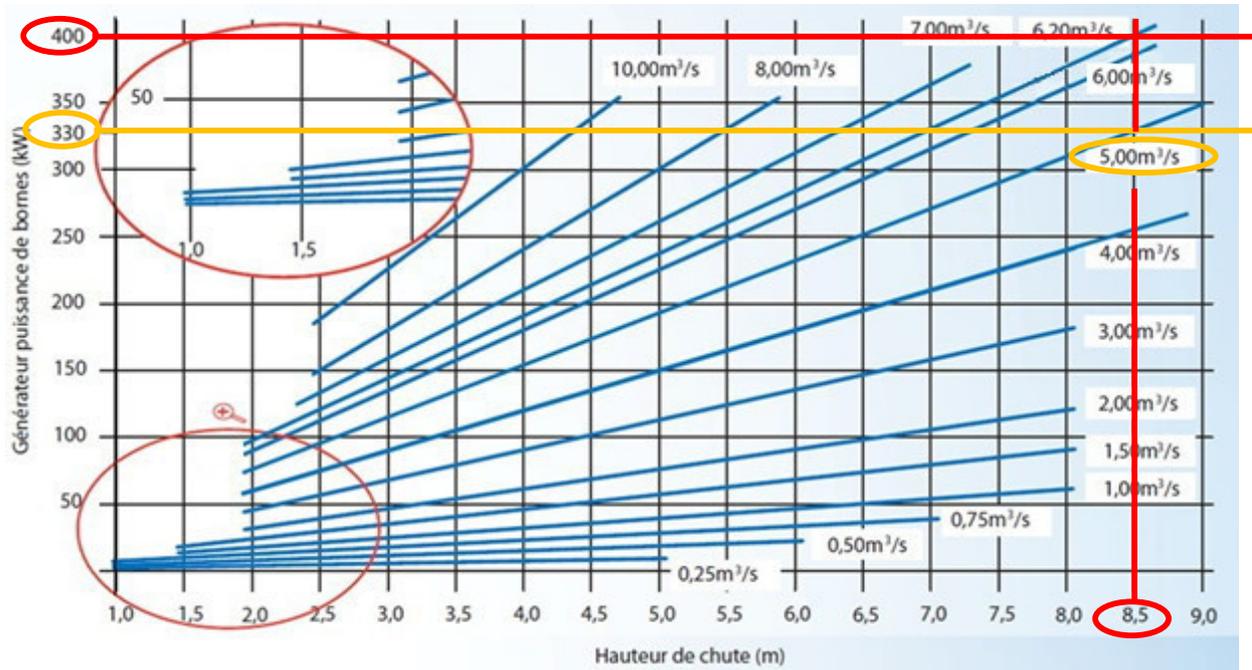
Question 1.2

Hauteur de chute : **8,5 m**

Puissance disponible : **400 kW**

## DOCUMENT RÉPONSES DR1

Graphique de production d'énergie d'une turbine Kaplan :



Question 1.3

Débit d'eau réellement utilisé :  **$5,00 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$**

Débit réglementaire non turbiné =  $6,20 - 5,00 = 1,20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Question 1.4

Les turbines Pelton, Kaplan, Francis, Banki sont incompatibles avec les poissons.

La turbine VLH n'est pas utilisable pour une hauteur de chute de 8,5 m.

La vis hydrodynamique conjugue donc la hauteur de chute (1 à 10 m), le débit d'eau ( $0 \text{ à } 10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ), le rendement (92%) et l'ichtyocompatibilité.

Question 1.5

Le gérant optimise sa production ( **$400 \text{ kW}$**  ( $330 + 70$ )) pour un débit d'eau de  **$6,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$**  tout en répondant aux objectifs fixés par le Grenelle. A savoir, rendement supérieur à 90 % tout en préservant l'ichtyofaune.

## Comment implanter la nouvelle unité hydroélectrique dans la digue sans la fragiliser ?

Exigence principale traitée : une construction adaptée au site.

Question 1.6

En A : **Liaison linéaire annulaire d'axe  $\vec{x}_1$**  et en B : **Liaison rotule de centre B**

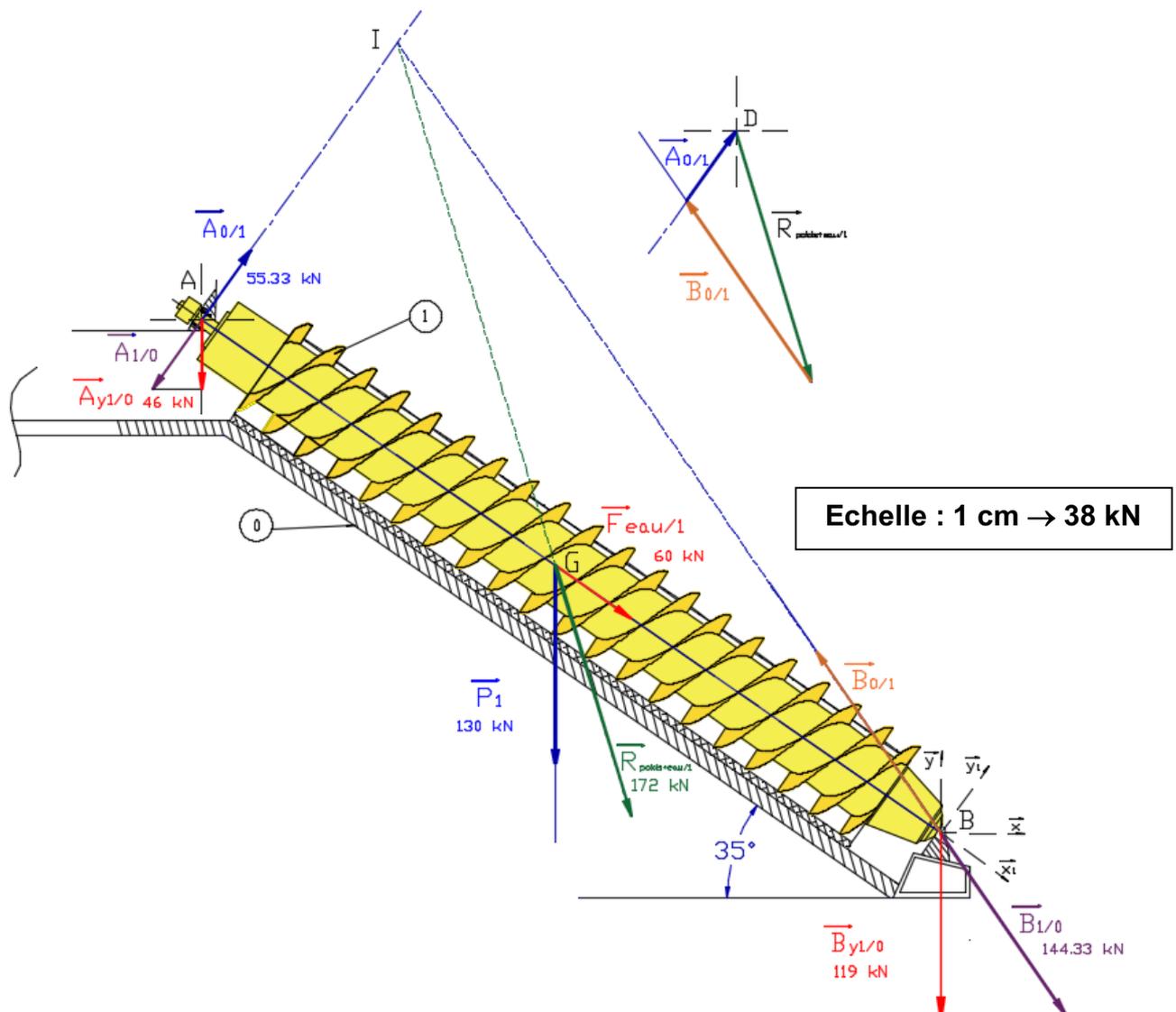
La liaison rotule encaisse les efforts axiaux. Pas d'effort axial sur la liaison linéaire annulaire

Question 1.7

Voir DR2 (page 5 sur 14)

## DOCUMENT RÉPONSES DR2

### Etude statique des efforts appliqués sur la vis hydrodynamique



Force	Point d'application	Direction du support	Sens de l'action	Intensité	Valeur en projection sur $\vec{y}$
$\vec{R}_{(poids+eau) \rightarrow 1}$	G			172 kN	
$\vec{A}_{0 \rightarrow 1}$	A	$y_1$		<b>55 kN</b>	<b>46 kN</b>
$\vec{B}_{0 \rightarrow 1}$	B	<b>(IB)</b>		<b>144 kN</b>	<b>119 kN</b>

## Question 1.8

Poids linéique de l'auge = Surface de l'auge  $\times$  Masse volumique béton armée  
 $= (2 \times (2.5+0.15) \times 0.3 + 3.4 \times 0.3) \times 25$

**Poids linéique de l'auge = 65,25 kN.m<sup>-1</sup>**

Voir DR4 (page 7 sur 14).

## Question 1.9

**Poids de l'auge = Poids linéique de l'auge  $\times$  Longueur = 65,25  $\times$  15,81  $\approx$  1032 kN**

**Appui haut = Poids de l'auge / 3 = 1032 / 3 = 344 kN**

**Appui bas = Poids de l'auge  $\times$  2 / 3 = 1032  $\times$  2 / 3 = 688 kN**

**Charge verticale totale =  $\Sigma$  Charges = 2600 kN**

**Appui haut total =  $\Sigma$  Appuis haut = 1 100 kN**

**Appui bas total =  $\Sigma$  Appuis bas = 1 500 kN**

Voir DR4 (page 7 sur 14).

## Question 1.10

$Q_{\max} = 0,7 \cdot Q_{su} / 1,4 = 0,7 \times 629 / 1,4$        **$Q_{\max} \approx 315$  kN**

## Question 1.11

En partie basse :

**Nbre de micropieux = Appui en partie basse /  $Q_{\max} = 1500 / 315 = 4,76$  soit 5 micropieux**

En partie haute :

**Nbre de micropieux = Appui en partie basse /  $Q_{\max} = 1100 / 315 = 3,49$  soit 4 micropieux**

**Nombre total de micropieux nécessaires : 5 + 4 = 9**

**Conclusion : Les 10 micropieux définis par le bureau d'étude permettent donc l'implantation de la nouvelle centrale sans fragiliser la digue.**

## DOCUMENT RÉPONSES DR3

Note de calcul des charges axiales verticales à reprendre par les micropieux :

		Longueur (m)	Poids linéique (kN.m <sup>-1</sup> )	Charge verticale (kN)	Répartition de la charge verticale	
					En appui haut (kN)	En appui bas (kN)
Action de la vis sur la structure		X	X	164	46	119
Poids propre du bac métallique		14,71	2,58	38	13	25
Poids propre de l'auge en béton armée <i>(question 1.8 et 1.9)</i>		15,81	<b>65,25</b>	<b>1 032</b>	<b>344</b> <sup>(1)</sup>	<b>688</b> <sup>(1)</sup>
Poids propre du béton de scellement du bac		14,71	<b>34,39</b>	<b>506</b>	<b>169</b>	<b>337</b>
Poids propre de l'eau dans la vis		14,71	12,6	185	62	123
Poids propre structure + eau	Appui haut	5	93,2	466	466	0
	Appui bas	3	69,30	208	0	208
Effort vertical total <i>(question 1.9)</i>				<b>2 600</b>	<b>1 100</b>	<b>1 500</b>

(1) Répartition : 1/3 en appui haut, 2/3 en appui bas

### Dimensionnement des micropieux :

Questions 1.10 et 1.11 :

Pour un micropieu en diamètre 200 mm descendu à 18,50 m de profondeur, les charges axiales admissibles maximale est de :

**315** kN.

L'appui en partie basse doit reprendre environ 1500 kN, ce qui correspond à la mise en œuvre de :

**5** micropieux descendus à 18,50 m.

L'appui en partie haute doit reprendre environ 1100 kN, ce qui correspond à la mise en œuvre de :

**4** micropieux descendus à 18,50 m

## Comment exploiter l'énergie de la rotation lente de la vis hydrodynamique ?

Exigence principale traitée : une technologie adaptée à la production d'énergie et au passage des poissons migrateurs.

Question 1.12

Voir DR4 (page 9 sur 14)

Question 1.13

Voir DR4 (page 9 sur 14)

$$P = C \cdot \omega \quad \Rightarrow \quad C = P / \left( \frac{2\pi N}{60} \right) = 85,79 / \left( \frac{2\pi \times 25,25}{60} \right) = 32,4 \text{ kNm}$$

Question 1.14

**6 pôles - 1000 min<sup>-1</sup>**  
**IP55 - CLASSE F - ΔT80K - S1 - CLASSE IE2**




Type	RÉSEAU 400 V 50 Hz								
	Puissance nominale	Vitesse nominale fonct. génératrice	Moment nominal	Intensité nominale	Facteur de puissance	Rendement CEI 60034-2-1 2007	Moment d'inertie	Masse	Bruit
	P <sub>N</sub> kW	N <sub>N</sub> min <sup>-1</sup>	M <sub>N</sub> N.m	I <sub>N(400V)</sub> A	Cos φ	η %	J kg.m <sup>2</sup>	IM B3 kg	LP db(A)
<b>LSES 315 SN</b>	75	1018	729	119	0,85	93,7	1,4	460	65

Voir DR4

Question 1.15

$$N_m / N_v = 1018 / 25,25 = 40,3$$

Question 1.16

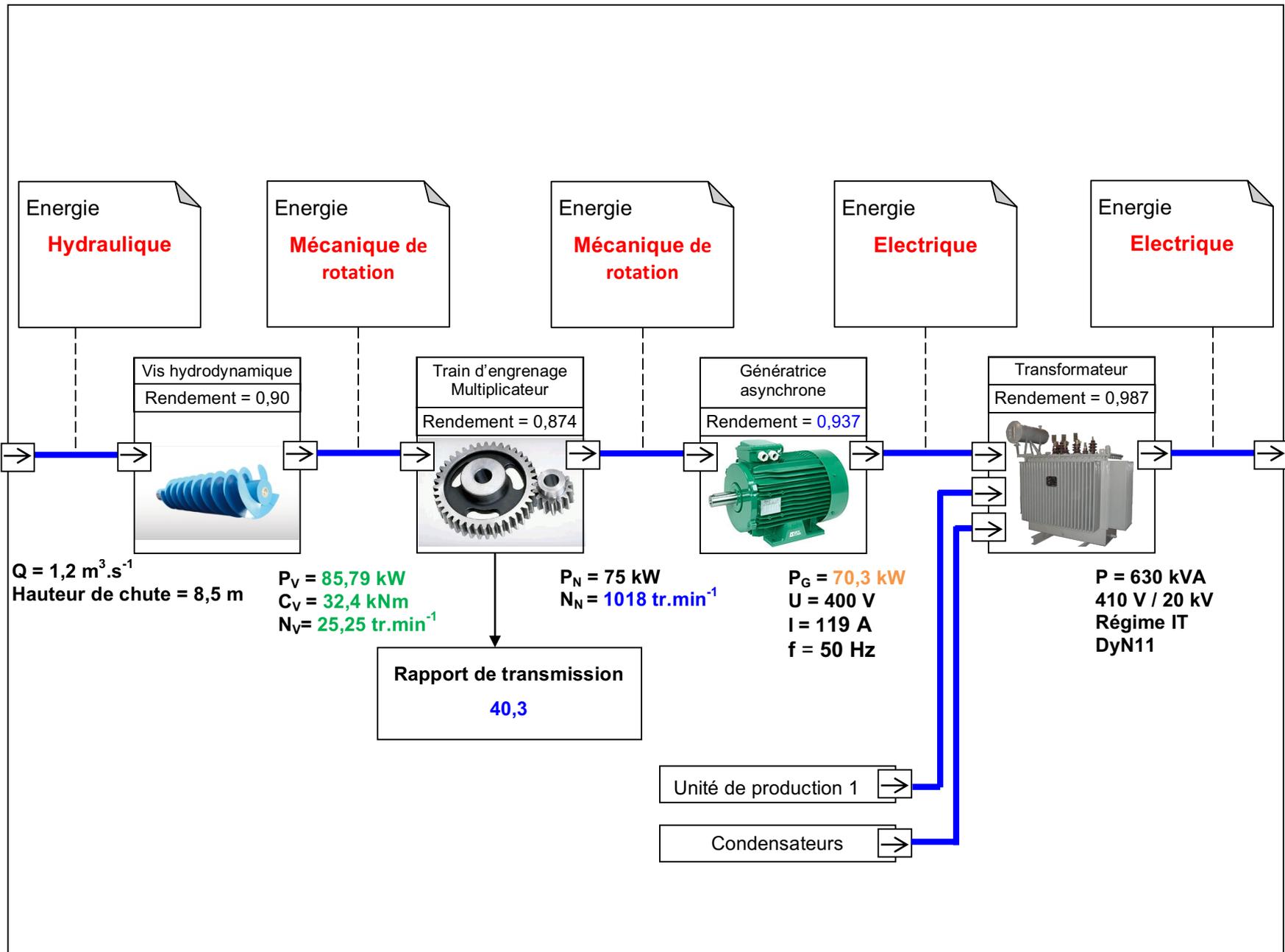
$$P_G = P_v \cdot (\eta_M \cdot \eta_G) = 85,79 \times (0,874 \times 0,937) = 70,3 \text{ kW} \quad \text{ou} \quad 75 \text{ kW} \times 0,937 = 70,3 \text{ kW}$$

Voir DR4

La chaîne d'énergie mise en place permet de produire les 70 kW prévus malgré la vitesse de rotation lente de la vis.

## DOCUMENT RÉPONSES DR4

Diagramme de blocs de l'unité de production 2 :



## Comment gérer à distance la production totale d'énergie de la nouvelle centrale ?

---

Exigence principale traitée : Une technologie adaptée à la production d'énergie.

Question 1.17

Technologie sans fil de type WIFI

Question 1.18

	En binaire :	En décimal :
IP carte réseau API vis hydrodynamique	1100 0000.1010 1000.0000 0010.0011 0010	192.168.2.50
Masque du réseau	1111 1111.1111 1111.111 1111.0000 0000	255.255.255.0
ET logique pour déterminer l'adresse réseau	1100 0000.1010 1000.0000 0010.0000 0000	192.168.2.0

Conclusion : L'adresse IP 192.168.2.50 n'appartient pas au réseau 192.168.1.0

Question 1.19

Plage d'adresses IP : 192.168.1.1 à 192.168.1.254

IP : Toutes sauf l'adresse de la turbine, du dégrilleur, du poste d'informatique et celle de l'imprimante (exemple : 192.168.1.50)

Question 1.20

D'après la capture d'écran, les tests sont concluants car 4 paquets sont envoyés et 4 paquets sont reçus. Donc la communication est bien établie entre la vis et le réseau.

## L'investissement engagé est-il rentable, l'entreprise viable et le choix technologique viable ?

---

Question 1.21

$$W_{\text{aug}_\text{été}} = 1857936 - 1591152 = 266784 \text{ kWh}$$

$$W_{\text{aug}_\text{hiver}} = 1449672 - 1264680 = 184992 \text{ kWh}$$

$$\text{Gain} = 266784 \times (0,0607 + 0,025) + 184992 \times (0,0607 + 0,025 + 0,0168) = 41825 \text{ €}$$

Question 1.22

$$T_{\text{retour}} = (C_{\text{Total}} - 40\%) / (\text{Gain} - C_{\text{d'entretien}}) = (595\ 000 \times 0,6) / (41\ 825,07 - 1000)$$

$$T_{\text{retour}} = 8,8 \text{ ans} \quad \Rightarrow \quad \text{Temps de retour sur investissement : environ 9 ans.}$$

Question 1.23

Au vu de l'impact environnemental, il n'y a pas de commune mesure entre les deux moyens de production. La vis hydrodynamique est de loin la plus respectueuse de l'environnement.

D'un point de vue économique, l'installation est rentable rapidement, en moins de 9 ans.

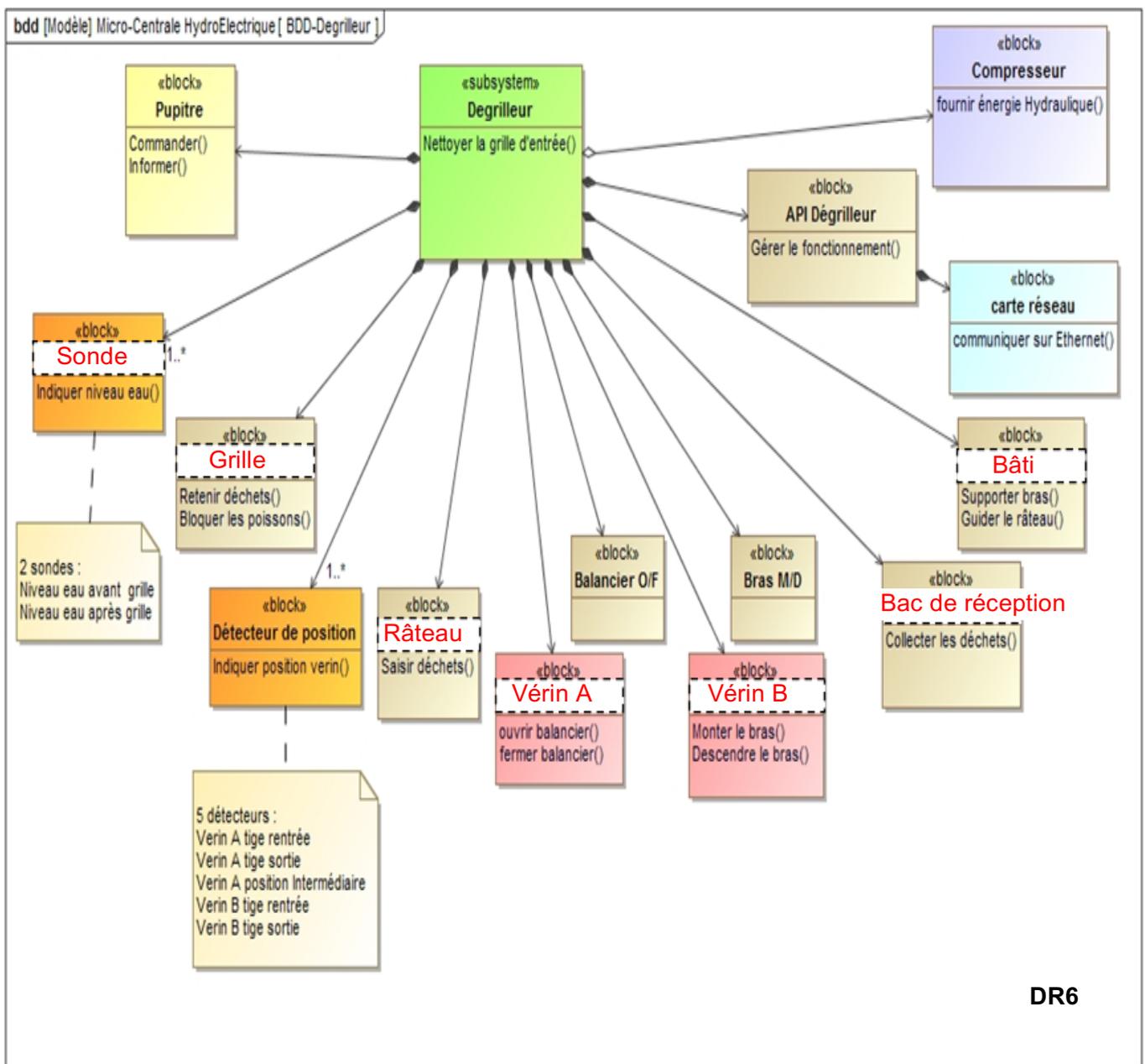
**PARTIE 2** : (Durée 1 heure)**Comment garantir un débit d'eau nécessaire au bon fonctionnement de l'unité de production initiale (type Kaplan) ?**

Exigence principale traitée : une technologie adaptée à la production d'énergie.

## Question 2.1

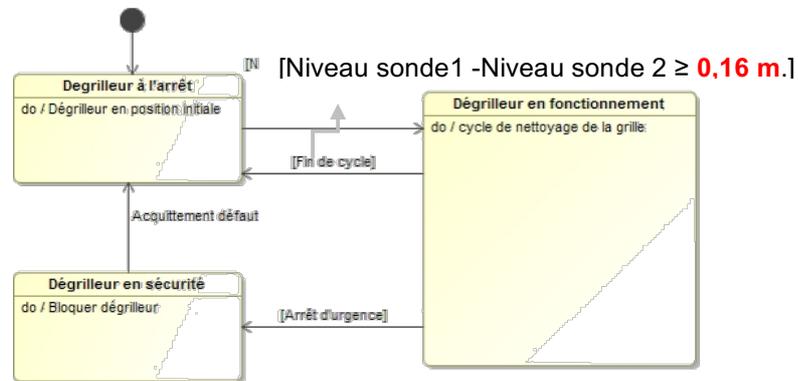
La turbine Kaplan a un taux de mortalité directe des poissons de 70 %. La grille permet de bloquer donc de protéger les poissons et de retenir des déchets éventuels. Le dégrilleur est là pour nettoyer la grille pour assurer le débit dans la turbine.

## Question 2.2



## Question 2.3

- a) **18,3 mA et 16,7 mA**  
 b) **HS1 =  $18,3 \times 2 / 20 = 1,83 \text{ m}$       HS2 = 1,67 m**  
 c)  **$1,83 - 1,67 = 0,16 \text{ m}$**



## Question 2.4

Voir DR8 (page 14 sur 14)

## Question 2.5

Coefficient de sécurité CS : 6,14      et      Contrainte maximum :  $\sigma_{\max i} = 44,91 \text{ MPa}$

$$\sigma_{e \text{ mini}} = \sigma_{\max i} \cdot \text{CS} = 44,91 \times 6,14 = 275,7 \text{ MPa}$$

Choix : Acier inoxydable ( $\sigma_e=280 \text{ MPa}$  suffisant et matériau résistant à l'eau)

## Question 2.6

Puisque dans la phase de remontée du vérin (états 6 et 7), pour le calcul et la simulation on a négligé les frottements dans le système, l'effort réel du bras sur la tige de  $\varnothing 70 \text{ mm}$  sera supérieur à 40 kN donc l'allongement réel de la tige du vérin est de ce fait normalement plus grand que celui trouvé dans la simulation.

## Question 2.7

Le système dégrilleur permet bien de garantir un débit d'eau suffisant à l'unité de production.

## DOCUMENT RÉPONSES DR8

