

SESSION 2019

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

**NOUVEL AMÉNAGEMENT HYDROÉLECTRIQUE DE ROMANCHE-
GAVET**



Constitution du sujet :

- **Dossier sujet** (*mise en situation et questions à traiter par le candidat*)
 - **PARTIE 1** (3 heures)..... pages 2 à 9
 - **PARTIE 2** (1 heure)..... pages 10 à 11
- **Dossier technique**..... pages 12 à 19
- **Documents réponse**..... pages 20 à 24

Le dossier sujet comporte deux parties indépendantes qui peuvent être traitées dans un ordre indifférent.

Les documents réponse DR1 à DR4 (pages 18 à 22) seront à rendre agrafés avec vos copies.

Travail demandé

PARTIE 1

Comment réduire l'impact environnemental et augmenter la production énergétique de la centrale hydroélectrique de la vallée ?

Étude 1 : Comment réduire l'impact environnemental de la centrale ?

Question 1.1 | À l'aide des documents techniques, **argumenter** sur l'intérêt de
DT1, DT2, DT3 | n'avoir qu'une centrale et un barrage plutôt que 6 centrales et 5 barrages.

- La rivière retrouve son aspect naturel sur la majorité de son cours.
- Préservation de la faune et la flore grâce à la passe aux poissons et îlots végétalisés pour les castors
- Diminution de la pollution visuelle importante
- Végétalisation des digues

Question 1.2 | **Donner** les améliorations touristiques effectuées après la destruction
DT1 | des anciens barrages ?

- Création de chemin et pistes cyclables
- Création d'accès kayak
-

Question 1.3 | **Choisir** le type de passe à poisson en **complétant** le tableau DR1 à
DT4, DT7 | l'aide des DT4 et DT7. **Calculer** le total des points et **conclure** sur la solution technique retenue.

Voir DR1

Question 1.4 | **Rédiger** une conclusion argumentée (5 lignes maximum) sur l'impact
environnementale globale de la nouvelle centrale, par rapport aux
anciennes installations.

- Forte diminution de la pollution visuelle
- Développement touristique de la vallée
- Développement des activités pédestre et nautique
- Retour à une faune et flore naturel.

Étude 2 : Comment améliorer le rendement énergétique ?

Nous nous intéressons maintenant au gain énergétique de la nouvelle centrale par rapport aux constructions passées. Le fonctionnement de la centrale est expliqué figure 2, DT2, DT5, DT6 et DT8.

Question 1.5 | **Reporter** sur le DR2 les rendements de l'alternateur et des turbines Francis.

DT2, DT3
DR2

Voir DR2

Question 1.6 | **Calculer puis reporter** sur le DR2 les puissances en entrée et sortie des turbines Francis.

DR1

Voir DR2

$P_a = P_s / \eta$

Question 1.7 | **Donner** l'altitude Z_b du barrage et l'altitude Z_c de la centrale.

DT5

En déduire la hauteur de chute d'eau totale entre le barrage et la centrale.

Compléter la hauteur de chute sur le DR3

H barrage=705m

H centrale=432m

H chute= 705-432=273m

Débits moyens mensuels.

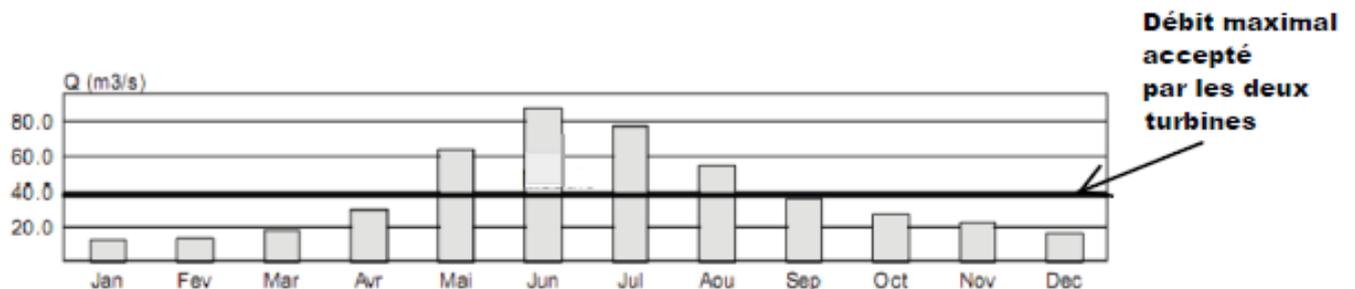


Figure 3 : régime hydrologique de la Romanche à Rochetaillé

Au-delà du débit maximum, une partie du débit est délesté dans la rivière

Question 1.8 | **Nommer** les mois où les deux turbines seront utilisées avec le débit maximum.
DT6

Relever le débit maximum accepté par les turbines sur le DT6 et **compléter** les débits turbinés sur le DR3.

Mai, Juin, Juillet, Aout. Remarque : Septembre peut aussi être accepté vu le graphique.

$$Q_{\max} = 41 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Formule de puissance hydraulique sans perte de charges : $P_{\text{hyd}} = \rho_{\text{eau}} \cdot g \cdot h \cdot Q$

P_{hyd} : Puissance hydraulique (W)

ρ_{eau} : Masse volumique de l'eau $1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

g : accélération terrestre $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

h : hauteur de chute (m)

Q : débit ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)

Question 1.9 | **Calculer** la puissance hydraulique maximale pour une hauteur de chute de 273 m et un débit de $41 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.
DR2, DR3

Compléter les documents réponses DR2 et DR3.

$$P_{\text{hyd}} = 1000 \times 9.81 \times 273 \times 41 = 109,8 \text{ MW}$$

Question 1.10 | **Calculer** la puissance perdue dans les ouvrages d'aménage d'eau à l'aide des résultats de la question 1.6 et de la question 1.9.
DR2

Calculer le rendement de l'aménage d'eau et le **noter** sur le DR2

$$\text{Perte} = 109,8 - 106,4 = 3,4 \text{ MW}$$

$$\eta = 106,4 / 109,8 = 0.969$$

Question 1.11 | **Calculer** à l'aide des rendements du DR2 le rendement global de la centrale hydraulique, puis **compléter** le rendement sur le DR3.
DR2, DR3

$$\eta_{\text{global}} = 0.97 \times 0.94 \times 0.95 = 0.866$$

Question 1.12 | **Calculer** la puissance électrique en sortie de la centrale pour la puissance hydraulique maximale.
DR3

Compléter les puissances sur le DR3.

$$P_c = 0.866 \times 109.8 = 95 \text{ MW}$$

Question 1.13 | **Compléter** le tableau du DR3 en calculant l'énergie électrique produite

par mois (30 jours de 24h) en MWh .

En déduire la quantité d'énergie électrique produite annuellement par la centrale.

$$E_e = 95 \cdot 30 \cdot 24 = 68400 \text{ MWh}$$

Voir DR3

Les anciennes installations avaient une production électrique annuelle maximale de 405 GWh.

Question 1.14 | **Rédiger** une conclusion argumentée (5 lignes maximum) sur le rendement global de la nouvelle centrale, par rapport aux anciennes installations.

Grace aux nouvelles installations, ils ont largement augmenté la production électrique de plus de 100 GWh

Étude 3 : Comment réguler le débit d'eau dans la turbine pour optimiser la production d'électricité ?

Question 1.15 | **Compléter** la chaine d'information et d'énergie sur le document réponse DR4 avec les termes suivants :

DR4

Acquérir, Distribuer, Convertir, Traiter, Transmettre.

VOIR DR4

Le débit maximum pour une turbine est de $Q_{\max} = 20,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ et le débit minimum est de $Q_{\min} = 8,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Question 1.16 | **Calculer** les valeurs de courant I_{\min} et I_{\max} à la sortie du débitmètre qui correspondent aux deux valeurs du débit Q_{\min} et Q_{\max} .

$$I_{\min} = (8,2 \cdot 16) / 80 + 4 = 5,64 \text{ mA}$$

$$I_{\max} = (20,5 \cdot 16) / 80 + 4 = 8,1 \text{ mA}$$

Question 1.17 | À partir du document DT9, **Déterminer** le quantum q du CAN.

DT9

$$q = \text{Valeur}_{\text{pleine échelle}} / 2^N \Rightarrow \text{Valeur}_{\text{pleine échelle}} = V_{\max} - V_{\min} \Rightarrow$$

$$\text{Valeur}_{\text{pleine échelle}} = 20 \text{ mA} - 4 \text{ mA} = 16 \text{ mA}$$

$$N = 10 \Rightarrow 2^N = 1024$$

$$16 \text{ mA} / 1024 = 0,015625 \text{ mA} \Rightarrow q = 0,015625.$$

On prendra $I_{\max} = 8 \text{ mA}$.

Question 1.18 | **Calculer** la valeur binaire à la sortie du CAN qui correspond à I_{\max} .

$$1) 8 \text{ mA} - 4 \text{ mA} = 4 \text{ mA} \Rightarrow 4 \text{ mA}/q = 256_{(10)}$$

qui correspond à la valeur binaire 01 0000 0000₍₂₎

$$2) 1024/16 = V_{\text{CAN}}/(8-4) \Rightarrow V_{\text{CAN}} = (1024 / 16) * 4 \Rightarrow V_{\text{CAN}} = 256_{(10)} \Rightarrow 01 \ 0000 \ 0000_{(2)}.$$

Le cahier des charges impose les éléments suivants :

- Résolution du capteur : +/- 0,5°
- Temps minimum pour transmettre les différentes valeurs numériques : 20 ms.

Question 1.19 | En utilisant le document technique DT10, **déterminer** la valeur maximale N_{\max} du nombre de pas par tour des codeurs utilisés.

DT10

- Dans le DT10 le nombre de pas par tour (bits) : 13 bits $\Rightarrow 2^{13} = 8192$ pas / tour.
- *La valeur maximale du nombre de pas par tour est donc $N_{\max}=8192$.*

Question 1.20 | **Calculer** le nombre de pas N_{pas} pour une variation d'un degré d'angle.

En déduire la valeur de la résolution du capteur $\text{PRE} = 1 / N_{\text{pas}}$
 $\left(\text{deg}/\text{pas} \right)$

Pour un tour de 360° nous avons 8192 pas, alors $N_{\text{pas}} = 8192/360 = 22.75$ (pas/deg).

La résolution angulaire $\text{PRE} = 1/22,75 = 0,043$ (deg/pas)

L'objectif maintenant est de valider le choix d'un bus de transfert d'informations.

Question 1.21 | **Déterminer** à quel débit maximal pourra être configuré ce réseau.

*La longueur du bus est de 500m < 900m < 1000m,
donc le débit maximal est de 62.5 Kbit·s⁻¹*

Question 1.22 | En **déduire** T, la durée de transmission d'un bit sur le bus CAN ainsi configuré.

$$T = 1 / 62500 = 16 \mu s$$

Question 1.23 | À partir de la trame de données précédente, **Calculer** les temps nécessaire T_{TRAME_min} et T_{TRAME_MAX} pour transmettre les données issues d'un capteur sur le bus CAN.

Justifier quel temps de transmission doit être pris en considération pour s'assurer du bon fonctionnement du système quel que soit la situation.

Le temps maximum est quand le champ de donnée sera de 64 bits, ainsi que le temps minimum est quand ce champ est de 0 bits alors la trame comportera $1+12+6+64+16+2+7 = 108$ bits dans le cas max et $1+12+6+0+16+2+7 = 44$ bits dans le cas min.

Sachant que la transmission d'un bit est de $16 \mu s$, la durée de transmission T_{TRAME_max} sera de $16 \mu s \times 108 = 1728 \mu s$ et T_{TRAME_min} sera $16 \mu s \times 44 = 704 \mu s$.

Il faut prendre le temps T_{TRAME_max} qui garantit la transmission des données dans le cas le plus défavorable (champs de donnée = 64 bits).

Dix capteurs connectés au réseau du bus CAN (parmi lesquels se trouve les codeurs de position et le débitmètre).

Question 1.24 | **Déterminer** le temps maximal nécessaire T_{TRAME_TOT} pour transmettre les données de 10 capteurs.

$$T_{TRAME_TOT} = T_{TRAME_max} \times 10 = 1728 \mu s \times 10 = 17.28 ms.$$

Question 1.25 | **Rédiger** une conclusion sur le respect du cahier des charges.

La résolution des codeurs absolus est 10 fois supérieur ($0,043^\circ$) à la résolution imposée par le cahier des charges ($0,5^\circ$) ainsi la durée totale de transmission de l'information de 10 capteurs ($17.28 ms$) est inférieure à 20 ms. Donc le cahier des charges a bien été respecté.

PARTIE 2

Problématique : Les vérins choisis sont-ils correctement dimensionnés ?

$$\vec{F}_{(\text{eau} \rightarrow \text{vanne})} = \rho_{\text{eau}} \cdot g \cdot L \cdot 0,5 \cdot h^2$$

ρ_{eau} : Masse volumique de l'eau $1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

g : accélération terrestre $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

h : hauteur de la vanne (m)

L : longueur de la vanne $= 10 \text{ m}$

Question 2.1

Relever la hauteur de la vanne sur le DT3.

DT3

Effectuer le calcul de l'effort $\vec{F}_{(\text{eau} \rightarrow \text{vanne})}$

$H=3.4\text{m}$

$F=1000 \cdot 9.81 \cdot 10 \cdot 0.5 \cdot 3.4^2=567\text{kN}$

Pour les questions 2.2 et 2.3, nous ne prendrons pas en compte le poids de la vanne.

Question 2.2

Sur le DR5 **positionner** en C l'effort calculer en 2.1.

DR5

Vous utiliserez une échelle de **1 cm pour 100 kN**

Tracer la direction de l'effort en A.

Voir DR5

Question 2.3

Trouver les efforts \vec{F}_A et \vec{F}_B en appliquant le principe fondamental de la statique à 3 forces.

DR5

Noter vos résultats sur le DR5

Voir DR5

Pour la suite de l'étude nous utiliserons un effort $\|\vec{F}_B\|$ de 300 kN soit 150 kN pour chaque vérin (en prenant en compte aussi la masse de la vanne)

Nous allons vérifier si le coefficient de sécurité du vérin est suffisant.

Question 2.4 | Sachant que le vérin a une tige extérieure de 10 cm de diamètre **calculer** sa section.
Calculer la contrainte normale dans la tige d'un vérin.
 Sachant que la limite élastique de l'acier du vérin est de 220 MPa **calculer** le coefficient de sécurité.

$$S = \pi \cdot R^2 = \pi \cdot 0,05^2 = 0,0078 \text{ m}^2$$

$$\sigma = N/S = 150000/0,0078 = 19,23 \text{ Mpa}$$

$$CS = Re / \sigma = 220/19,23 = 11,44$$

Nous allons maintenant vérifier si la pression est suffisante pour soulever la vanne.

Le vérin a une tige de diamètre $d=10$ cm et un tube de diamètre $D=18$ cm

On utilisera la formule suivante :

$$p = \frac{4 \cdot F_{\text{vérin}}}{\pi \cdot (D^2 - d^2)}$$

p : pression dans le vérin (Pa)

D : diamètre du tube (m)

d : diamètre de la tige (m)

$F_{\text{vérin}}$: effort du vérin ($150 \cdot 10^3$ N)

Question 2.5 | **Calculer** la pression dans le vérin.

$$p = \frac{4 \cdot 150000}{\pi \cdot (0,18^2 - 0,1^2)}$$

$$p = 8,5 \text{ Mpa}$$

Pour ce genre d'ouvrage, un coefficient de sécurité de dix est utilisé pour les contraintes.

La société d'exploitation utilise une pression de 120 bar (12 MPa) pour les vérins.

Question 2.6 | **Conclure** sur le dimensionnement des vérins.

Le CS est supérieur à 10 il ne devrait pas il y avoir de problème même avec une certaine surcharge.

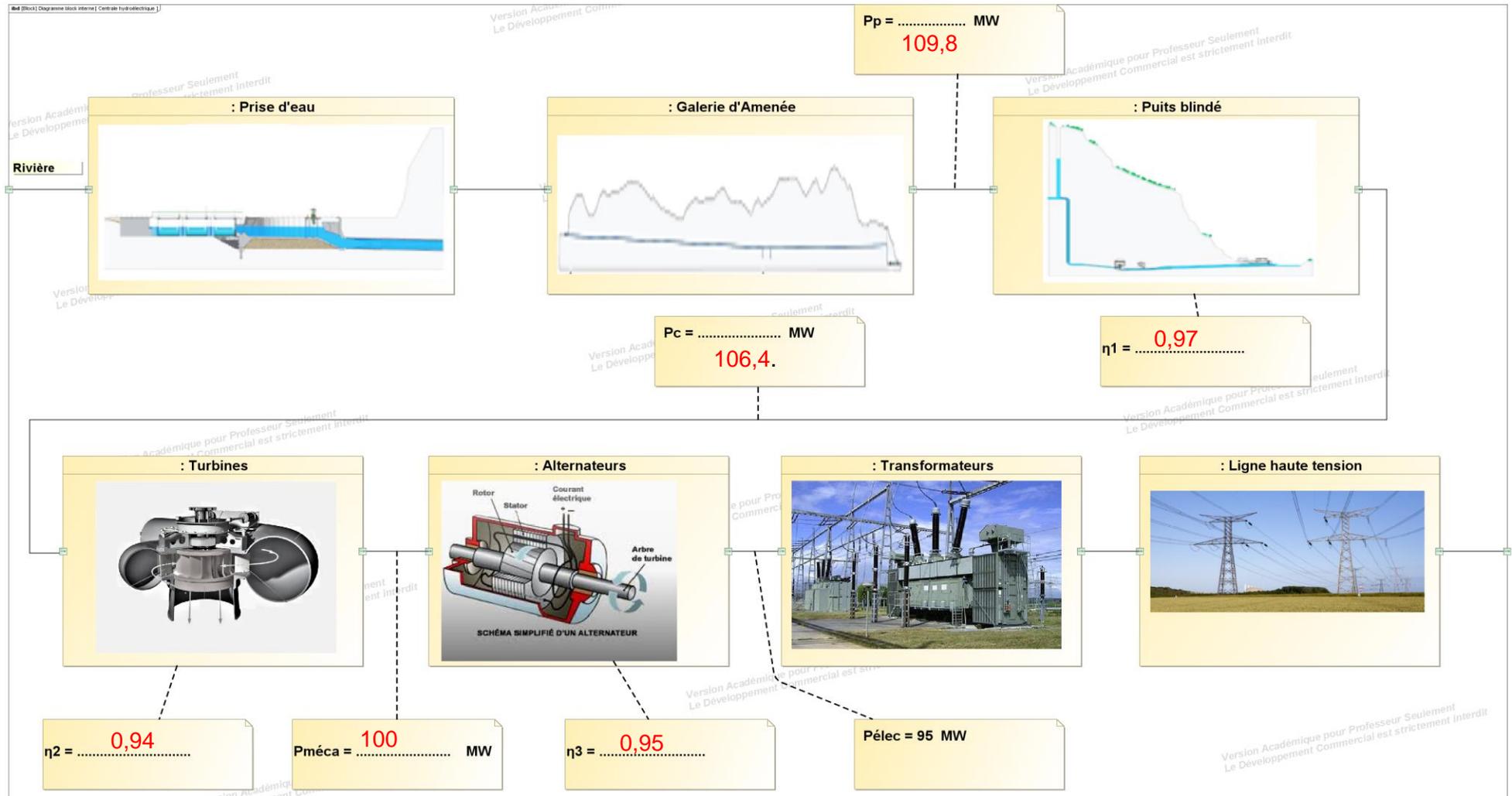
Avec 12Mpa de prévue par EDF nous avons encore une marge de manoeuvre de 3MPa soit 30 bar.

DOCUMENT RÉPONSES DR1

	Passé à bassins successifs	Passé à ralentisseurs	Les écluses et ascenseurs	Passé dite rivière artificielle
Mettre +1 si le critère est respecté, sinon indiquer -1				
Permettre la remontée de toute les espèces aquatiques	+1	-1	+1	+1
Permettre la remontée des poissons migrants	+1	+1	+1	+1
Impact visuel	-1	-1	-1	+1
Maintenance	+1	+1	-1	+1
Coût	+1	+1	-1	-2
Espace occupé	+1	+1	+2	-1
TOTAL	4	2	1	1

Conclusion : La passe a poisson a bassin successif est clairement la plus pratique sur tous les points. L'impact visuel n'étant pas grave à côté des vannes.

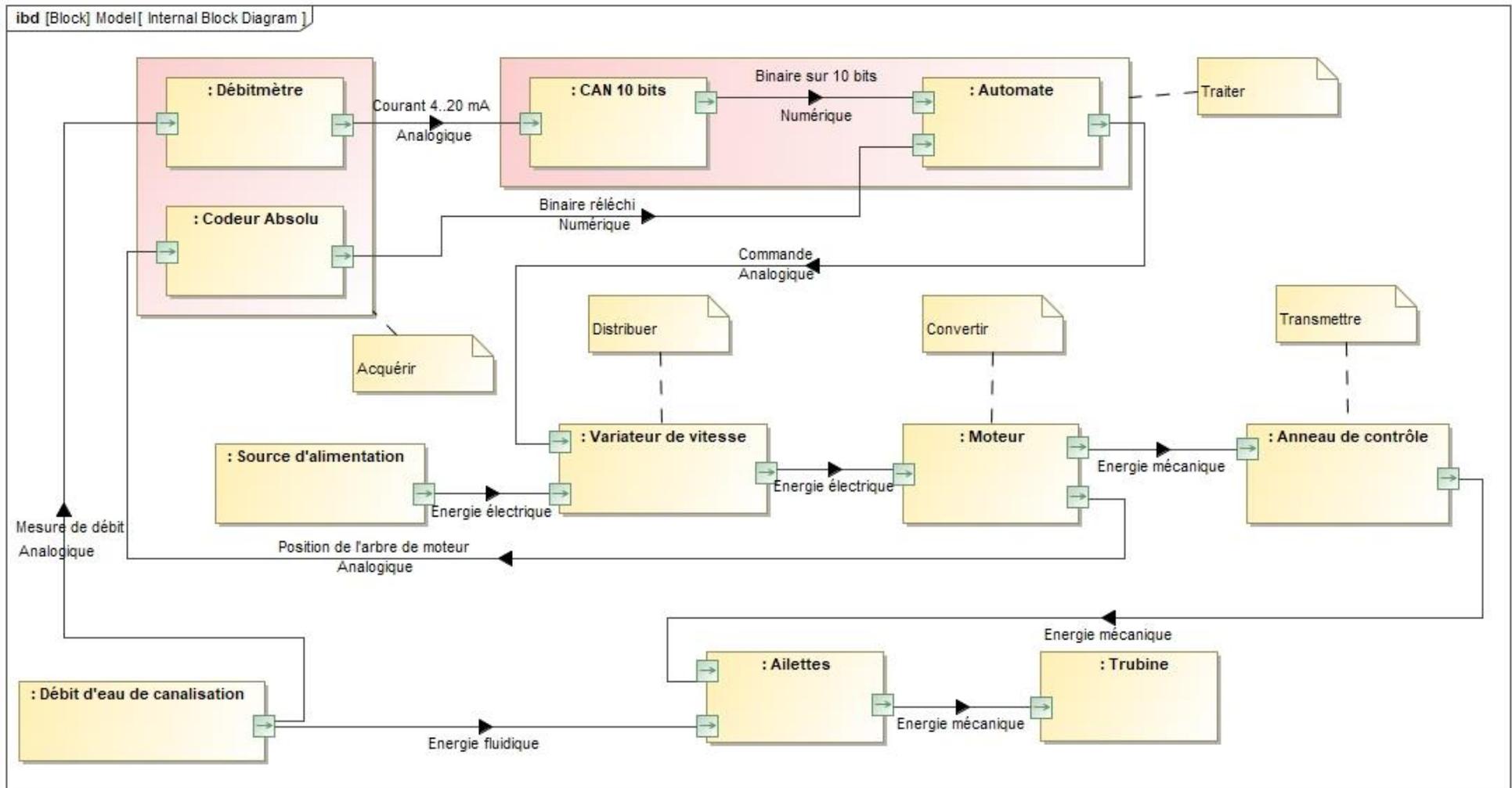
DOCUMENT RÉPONSE DR2



DOCUMENT RÉPONSE DR3

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Débit (m ³ /s)	13	15	18	29	41	41	41	41	39	24	22	17
Chute (m)	273											
Puissance hydraulique (MW)	34,82	40,17	48,21	77,67	109,80	109,80	109,80	109,80	104,45	64	59	46
Rendement centrale	0,866											
Puissance centrale (MW)	29,83	34,42	41,30	66,54	95	95	95	95	89,48	55	50	39
Energie Centrale (MWh)	21 476	24 779	29 735	47 907	68400	68400	68400	68400	64 427	39 647	36 343	28 083
Energie centrale annuel (MWh)	565997											

DOCUMENT RÉPONSE DR4



DOCUMENT RÉPONSE DR5

$\vec{F}_{(eau \rightarrow vanne)} = 567 \text{ kN}$

$\vec{F}_A = 227 \text{ kN}$

$\vec{F}_B = 643 \text{ kN}$

