

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

MICROCENTRALE HYDROÉLECTRIQUE



Constitution du sujet :

- **Dossier sujet** (*mise en situation et questions à traiter par le candidat*)
 - **Mise en situation** Page 2
 - **PARTIE 1 (3 heures)**..... Pages 3 à 8
 - **PARTIE 2 (1 heure)**..... Page 9
- **Dossiers techniques** Pages 10 à 19
- **Documents réponses** Pages 20 à 25

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

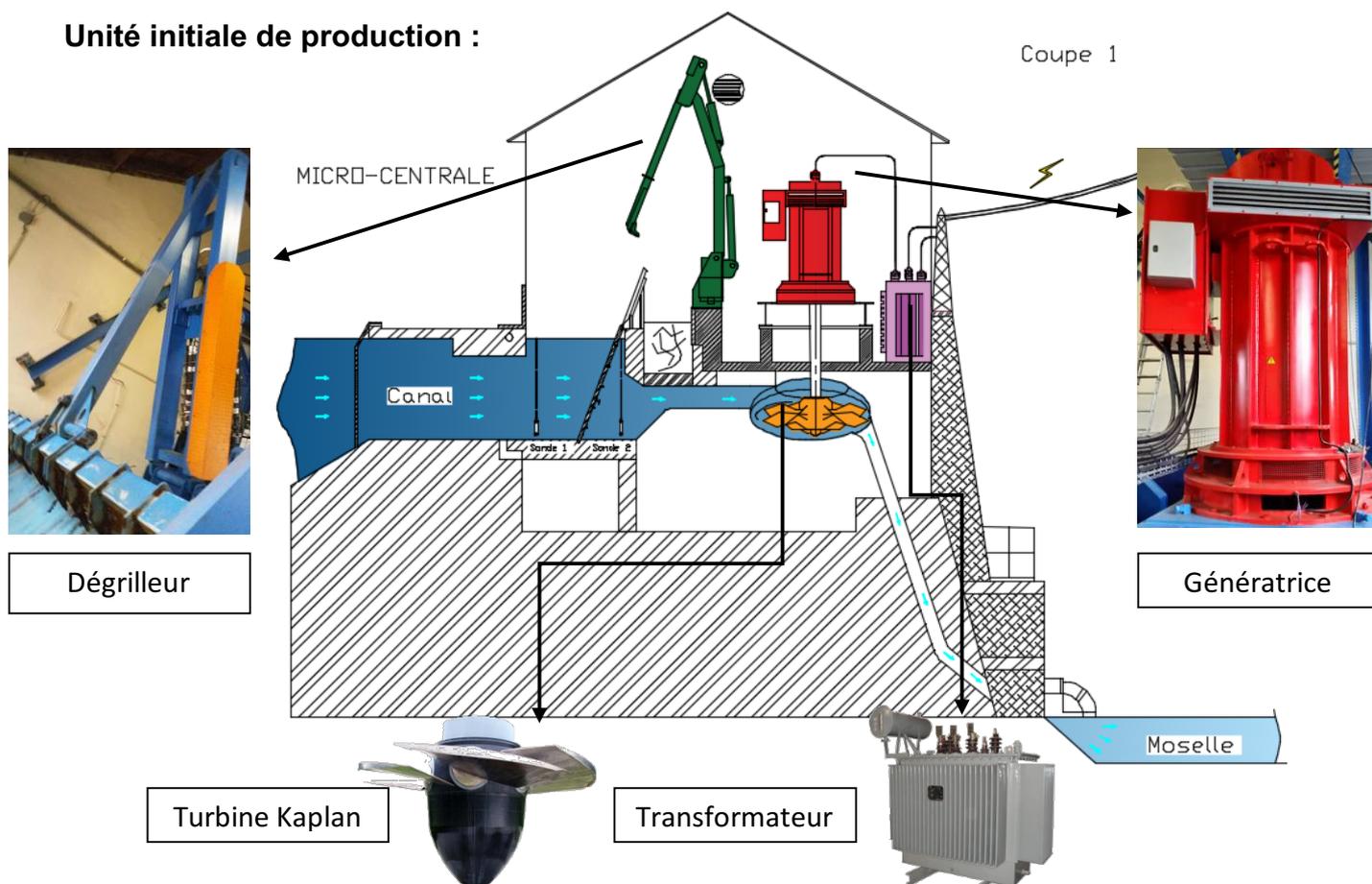
**Les documents réponses DR1 à DR8 (pages 20 à 25) seront
à rendre agrafés avec vos copies.**

Mise en situation

La Moselle est une rivière située dans l'Est de la France. Nancy et Metz, les deux capitales historiques de la région Lorraine sont construites sur ses berges. Entre ces deux grandes agglomérations, au niveau de la ville de Pagny-sur-Moselle, la Moselle n'est pas navigable à cause d'un dénivelé trop important et d'une profondeur insuffisante. Le canal qui la longe a été construit pour remédier à ce problème.

L'étude suivante porte sur une microcentrale hydroélectrique située entre la Moselle et ce canal latéral. Exploitant le mouvement de l'eau dû à la différence de hauteur entre le canal et la rivière, celle-ci produit initialement une énergie électrique d'une puissance de 330 kW.

Unité initiale de production :



L'exploitant souhaitant développer économiquement son entreprise et encouragé par les lois du Grenelle II de l'environnement *, a décidé d'augmenter sa production d'énergie électrique renouvelable en construisant une nouvelle unité de production attenante à la première.

Les exigences principales de cette réalisation portent donc sur :

- un respect de la réglementation sur l'eau et l'ichtyofaune (poissons principalement) ;
- une technologie cohérente de production d'énergie renouvelable ;
- une construction adaptée au site ;
- une rentabilité économique acceptable.

* lois Grenelle II : décisions à long terme en matière de développement durable consécutives à des rencontres politiques organisées en France entre 2007 et 2010.

Travail demandé

PARTIE 1 :

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 | **Identifier** en complétant le tableau 1 du DR1, à l'aide des documents
DT1 (feuillet 1 et 2) | **Identifier** en complétant le tableau 1 du DR1, à l'aide des documents
DR1 | DT1, les objectifs du gouvernement français concernant les énergies
renouvelables et plus particulièrement celui concernant l'énergie
hydraulique. **Repérer** également dans les documents au moins deux
problématiques liées à l'utilisation de l'eau d'un canal.

La loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA) du 30 décembre 2006 confirme la nécessité d'une gestion équilibrée de l'eau. Aussi, la LEMA introduit l'idée d'une gestion coordonnée des ouvrages, notamment hydroélectriques, en concertation avec les VNF (voies navigables de France). Ainsi, un débit maximal de prélèvement d'eau est imposé par le préfet de région à la microcentrale. Ce débit fixé à $6,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ correspond au $1/10^{\text{ème}}$ du module interannuel du cours d'eau. Il ne peut être prélevé que si le débit d'eau du canal est supérieur à $25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Question 1.2 | **Déterminer** par tracé (DR1), la puissance disponible sur la turbine
DT2 | **Déterminer** par tracé (DR1), la puissance disponible sur la turbine
DR1 | Kaplan en fonction du débit imposé par la réglementation, en relevant la
hauteur de chute disponible entre le canal et la rivière Moselle à l'aide du
plan de coupe de la microcentrale **DT2**.

Le constructeur du générateur préconise pour ce modèle un fonctionnement autorisant une production moyenne de 330 kW pour garantir une durée de vie satisfaisante de l'installation.

Question 1.3 | Sur le document **DR1**, utiliser le graphique précédant pour **déterminer** le
DR1 | débit d'eau réellement utilisé par la microcentrale. **Calculer** le débit
réglementaire non turbiné dont dispose l'exploitant pour faire augmenter
sa production.

Encouragée et subventionnée en partie par l'État pour la modernisation et le suréquipement (rendement supérieur à 90 %), l'entreprise a décidé d'investir dans une nouvelle unité de production utilisant le débit réglementaire non turbiné.

Question 1.4 | En utilisant le tableau **DT3** précisant les caractéristiques des différentes
DT3, DT4 | turbines et le diagramme de contexte **DT4**, **choisir** le type de turbine à
implanter. **Justifier** votre solution en procédant par élimination.

En fonction de la hauteur disponible et du débit d'eau dont dispose l'exploitant, la puissance de la turbine choisie est de 70 kW.

Question 1.5 | **Conclure** quant au respect des objectifs fixés par le Grenelle de
l'environnement d'un point de vue technique et environnemental.

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

Exigence principale traitée : une construction adaptée au site.

L'exploitant de la microcentrale a fait le choix d'implanter, à côté du bâtiment existant, une structure permettant l'installation d'une vis hydrodynamique.

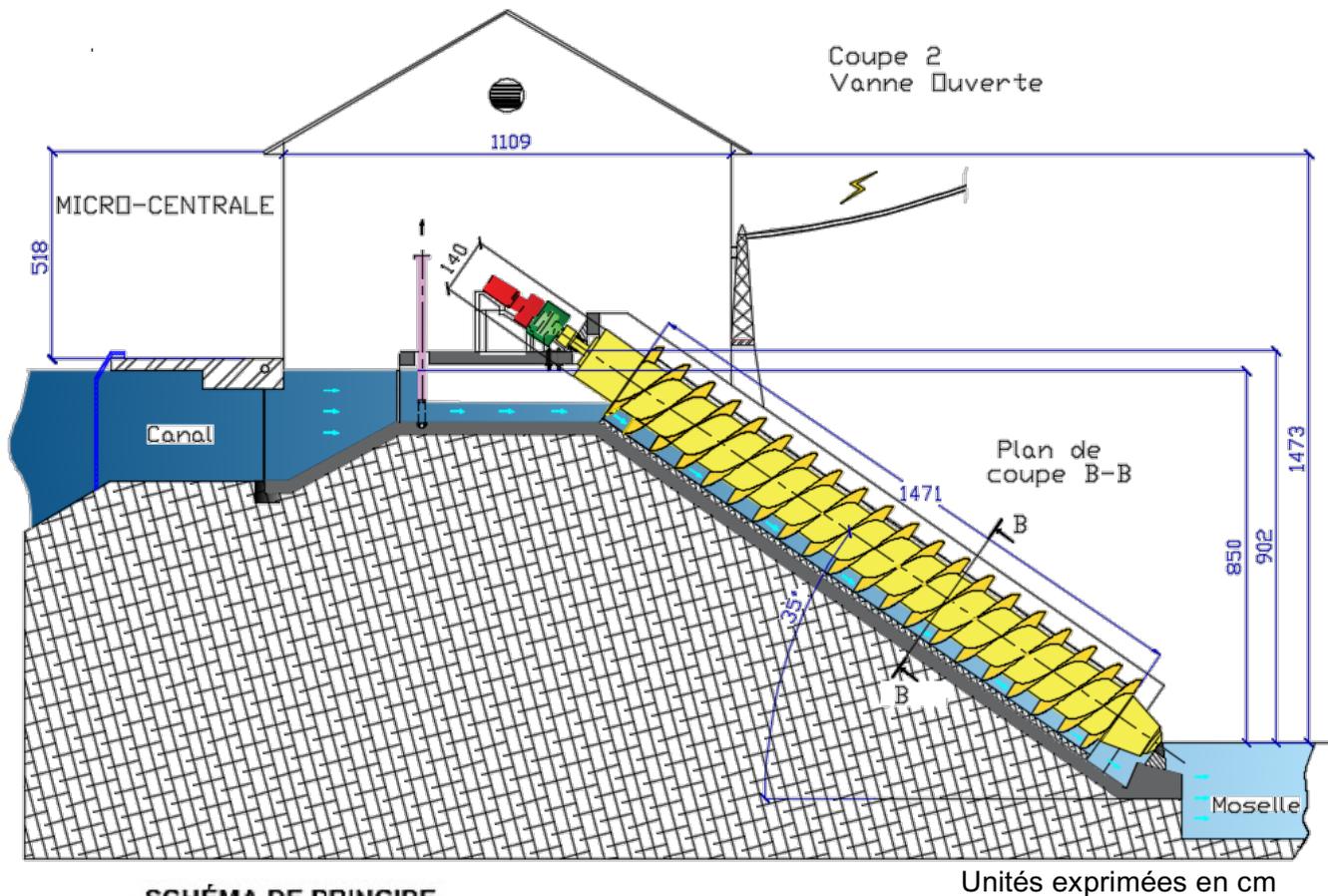
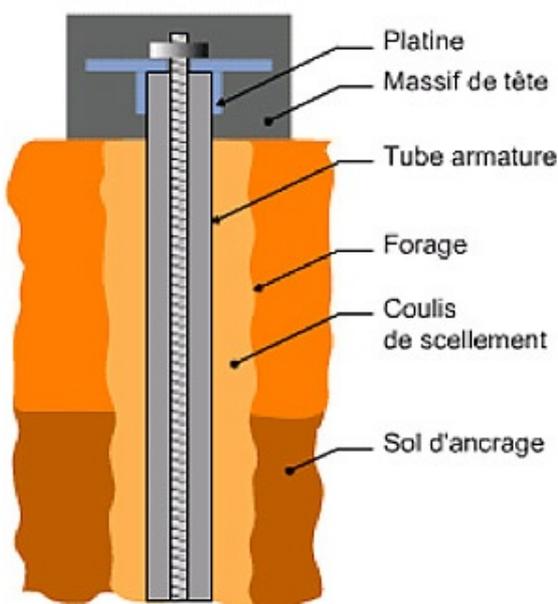


SCHÉMA DE PRINCIPE

Unités exprimées en cm

Micropieu travaillant en traction/compression



La vis est dimensionnée pour générer une puissance de 70 kW en fonction de la hauteur de chute et de l'angle imposé par la structure de la digue et la morphologie du terrain.

La structure en béton armé destinée à recevoir la vis est constituée d'une auge en forme de U, reposant sur une dalle haute et basse de 30 cm d'épaisseur, en appui sur des micropieux*.

Le bureau d'étude de structure a défini qu'il était nécessaire d'implanter 10 micropieux de diamètre 20 cm et de profondeur 18,5 m pour assurer la stabilité de l'ensemble et ne pas fragiliser la digue.

* **Micropieu** : Pieu foré de diamètre inférieur à 250 mm, qui comporte des armatures centrales scellées dans un coulis de ciment.

L'objectif de cette partie est de vérifier que le nombre de micropieux à mettre en œuvre, en fonction des charges qui leur sont transmises, est suffisant pour supporter le poids total de la structure.

Le concepteur de l'installation a choisi de mettre en place deux paliers différents pour guider la vis en rotation. Ces paliers supportent le poids de la vis et la résultante de la poussée de l'eau sur cette vis.

Question 1.6
DT5 | En vous servant du schéma cinématique **DT5**, **nommer** les liaisons assurant le guidage en rotation de la vis hydrodynamique en A et en B. **Indiquer** lequel des deux paliers supporte les efforts axiaux. **Justifier** votre réponse.

Les actions cumulées de la pesanteur et des efforts de l'eau sur la vis ont été estimés à 172 kN appliqués en son centre de gravité G_1 et noté $\vec{R}_{(\text{poids+eau}) \rightarrow 1}$.

Question 1.7
DR2 | En utilisant le principe fondamental de la statique (PFS), **déterminer** par tracé sur le document réponse **DR2**, les efforts exercés par la vis sur les paliers A et B. **Tracer** les directions des supports des forces et **construire** le dynamique des forces à partir du point D. **Reporter** les résultats obtenus dans le tableau récapitulatif des actions mécaniques du **DR2**.

Question 1.8
DT6
DR3 | À partir de la coupe B-B figurant dans le **DT6**, **déterminer** le poids d'un mètre linéaire d'auge en béton armé (poids linéique) en calculant au préalable sa surface. **Compléter** le tableau "note de calcul" du **DR3**.

Question 1.9
DR3 | En complétant le tableau "note de calcul" du **DR3**, **calculer** l'effort vertical total appliqué sur les micropieux et sa répartition sur chaque appui.

Le bureau d'étude a déterminé la charge limite $Q_{Su} = 629$ kN pour un micropieu de $\varnothing 20$ cm et de 18,50 m de profondeur en fonction de l'étude de diagnostic géotechnique réalisée sur site.

Question 1.10
DT7
DR3 | **Déterminer** la charge maximale admissible Q_{max} (**DT7**). **Compléter** le **DR3**.

Question 1.11
DT7
DR3 | **Calculer** le nombre de micropieux à mettre en œuvre en appuis haut et bas (**DT7**) et **compléter** le DR3. **Conclure** quant au risque de fragiliser la digue.

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.

La nouvelle unité de production doit produire 70 kW avec une vis hydrodynamique.

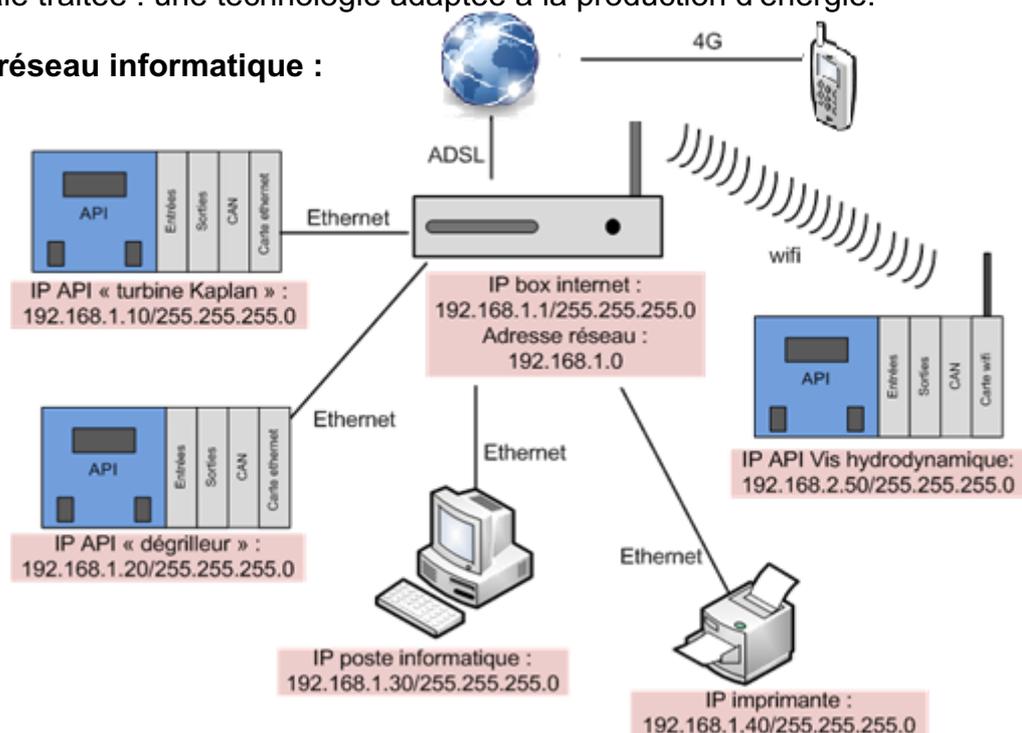
Une des caractéristiques de ce système est une vitesse de rotation lente de la vis, $25,25 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ pour le cas étudié. Cette faible vitesse permet ainsi le passage en toute sécurité des poissons mais impose au fabricant un choix précis des composants.

- Question 1.12 | Sur le diagramme de blocs internes SysML de l'unité 2 du document réponse **DR4**, **indiquer** la nature des énergies (hydraulique, électrique alternative ou continue et mécanique de rotation ou de translation...) sur chaque connexion de flux.
- Question 1.13 | À l'aide des caractéristiques constructeur de la vis, figurant sur le **DT6**, **compléter** sur le **DR4** les paramètres de sortie du bloc Vis (P_V et N_V). **Calculer** le couple C_V en utilisant le formulaire du **DR4** et reporter cette valeur.
- La société LEROY-SOMER propose des solutions innovantes pour réaliser des gains de productivité et des gains énergétiques notamment des génératrices asynchrones triphasées haut rendement à carcasse aluminium de 0,75 à 200 kW.
Il a été choisi d'implanter une génératrice de puissance nominale P_N de 75 kW.
- Question 1.14 | À l'aide des caractéristiques constructeur de la génératrice, figurant sur le **DT8**, **compléter** les paramètres de la génératrice sur le **DR4**, en y indiquant le rendement et la vitesse nominale N_N de rotation.
- Question 1.15 | **Calculer** le rapport de transmission du multiplicateur en supposant que la vitesse de la génératrice est nominale, puis **compléter** à nouveau le **DR4**.
- Question 1.16 | **Calculer**, en utilisant le rendement, la puissance électrique disponible P_G à la sortie de la génératrice et **indiquer** cette valeur sur le **DR4**. **Conclure** quant à la pertinence de la technologie utilisée pour gérer la vitesse lente et générer l'énergie imposée par le cahier des charges.

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

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

Architecture du réseau informatique :



À partir d'une application smartphone l'exploitant peut gérer à distance l'ensemble de sa microcentrale hydroélectrique.

Question 1.17 | En étudiant l'architecture du réseau informatique, **indiquer** la technologie utilisée par la carte réseau de l'API (automate programmable industriel) de la vis hydrodynamique pour communiquer avec la « box internet ».

L'exploitant n'arrive pas à communiquer de son poste informatique ou de son smartphone avec la carte réseau de l'API gérant la vis hydrodynamique nouvellement installée.

Question 1.18 | Afin de vérifier si l'adresse IP de l'API de la vis hydrodynamique appartient au réseau 192.168.1.0 existant, **compléter** le **DR5** et **conclure** sur l'appartenance de l'adresse IP de la vis au réseau existant.

DR5

Il faut attribuer une adresse IP "valide" à la carte réseau de l'API vis hydrodynamique pour intégrer le réseau existant.

Question 1.19 | **Indiquer** la plage d'adresses IP du réseau et **attribuer** une adresse IP libre pour la carte réseau de l'API vis hydrodynamique.

L'exploitant veut s'assurer de la connectivité de la nouvelle adresse IP attribuée à la carte réseau de la vis hydrodynamique.

À partir du poste informatique, il envoie une requête "Ping" dont la réponse est affichée dans la capture écran proposée ci-dessous :

```
C:\Users\exploitant>ping adresse IP vis hydrodynamique
Envoi d'une requête "Ping" avec 32 octets de données

Réponse de adresse IP vis : octets=32 temps=3 ms TTL=64
Réponse de adresse IP vis : octets=32 temps=1 ms TTL=64
Réponse de adresse IP vis : octets=32 temps=1 ms TTL=64
Réponse de adresse IP vis : octets=32 temps=4 ms TTL=64
Statistiques Ping pour 192.168.1.xxx :
Paquets : envoyés = 4, reçus = 4, perdus = 0 (perte 0%)
Durée approximative des boucles en millisecondes :
Minimum = 1 ms, Maximum = 4ms, Moyenne = 2ms
```

Question 1.20 | À partir de la capture d'écran ci-dessus, **indiquer** si la carte réseau de l'API de la vis hydrodynamique est bien connectée au réseau existant. **Conclure** quant à la possibilité de gérer à distance la nouvelle unité de production.

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

Exigence principale traitée : une rentabilité économique acceptable.

La rentabilité économique d'une unité de production d'énergie est jugée acceptable dès l'instant où le temps de retour sur investissement est inférieur à 13 ans. La production d'énergie est supposée régulière en hiver.

Question 1.21 | En utilisant le **DT9**, **calculer** l'augmentation de production d'énergie en été puis en hiver. En utilisant les données EDF de rachat de l'hydro-électricité du **DT9**, **calculer** le gain financier généré par la nouvelle unité de production sur l'année.

DT9

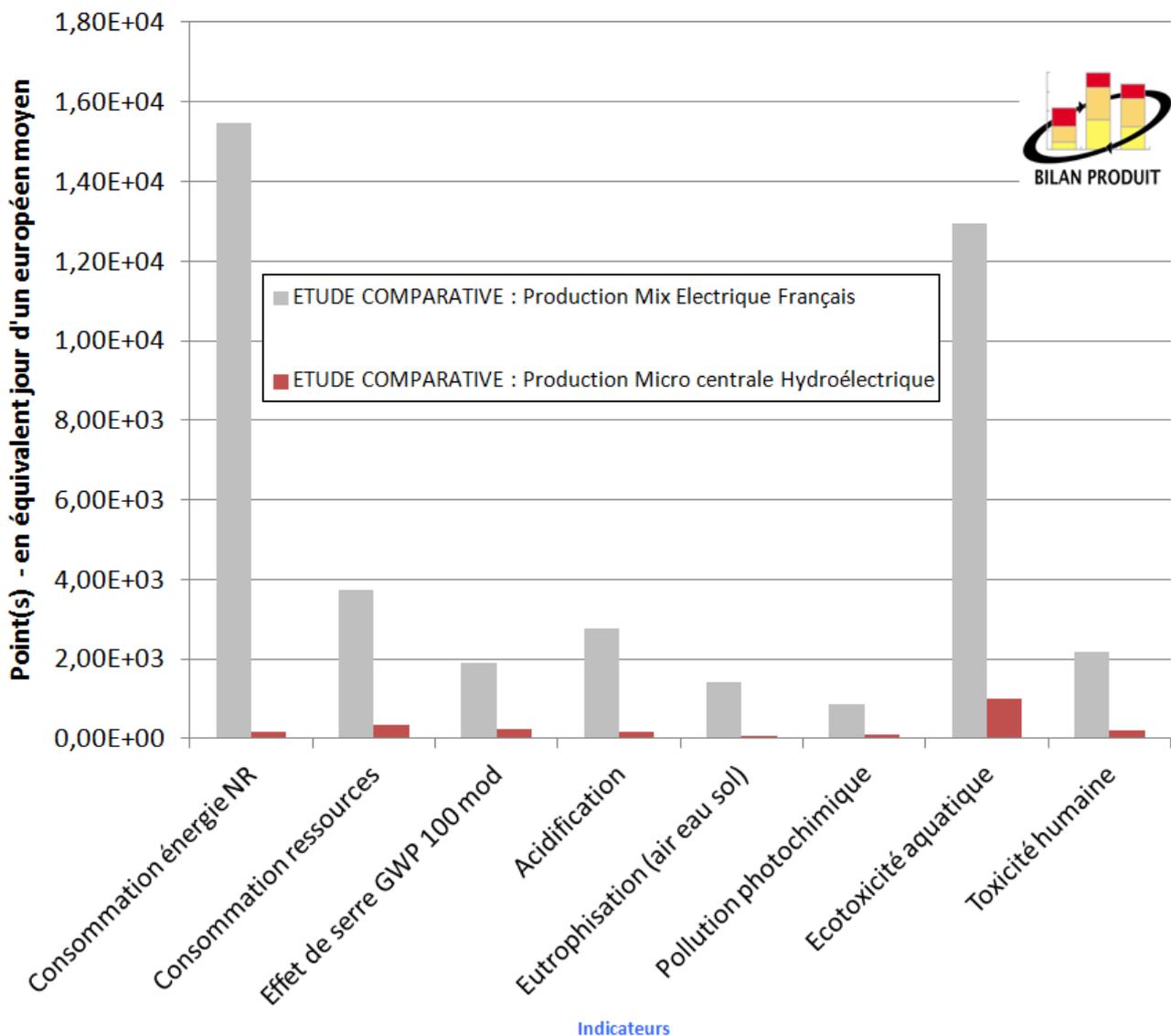
Les subventions de l'état et de la région pour une installation de ce type sont de 40% de l'investissement initial estimé à 595 000 €.

Le coût d'entretien de la vis hydrodynamique est de 1000 € par an.

Question 1.22 | En fonction des subventions et du coût d'entretien, **calculer** le temps de retour sur investissement :

$$\text{Temps retour sur investissement (an)} = \frac{\text{Investissement (en €)}}{\text{Gain financier/an (en €)}}$$

L'étude comparative des impacts environnementaux entre une production standard (mix électrique français) et la production de la même quantité d'électricité avec la vis hydrodynamique est présentée ci-dessous.



Question 1.23 | **Identifier** le mode de production d'énergie le moins impactant pour l'environnement. **Conclure** quant au bienfondé de l'installation de cette nouvelle unité de production du point de vue rentabilité économique et respect de l'environnement.

PARTIE 2 :**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.

Cette partie porte sur l'étude du dégrilleur installé dans l'unité initiale de production présentée page 2.

Question 2.1 | En utilisant le **DT10**, **identifier** le rôle de la grille et du dégrilleur.
DT10

Question 2.2 | À partir du schéma de fonctionnement du dégrilleur (**DT11**), **compléter** le diagramme de bloc **DR6**.
DT11
DR6

Le cycle automatique du dégrilleur est déclenché par deux sondes de niveau situées de part et d'autre de la grille.

Question 2.3 | En utilisant le **DT12** et la démarche à **compléter (DR7)**, **calculer** la valeur en mètre de la différence de niveau d'eau pour activer le cycle de nettoyage de la grille.
DT12
DR7

Question 2.4 | Compléter le diagramme états-transitions **DR8** à partir du texte de fonctionnement du dégrilleur **DT11** en indiquant les mouvements des tiges des vérins.
DT11
DR8

Dans la phase de remontée du vérin (états 6 et 7), en négligeant les frottements dans le système, l'effort du bras sur la tige de \varnothing 70 mm est estimé à 40 kN.

Question 2.5 | À l'aide du **DT14** "simulation d'analyse de contrainte", **relever** la valeur du coefficient de sécurité et celle de la contrainte maximum ($\sigma_{\max i}$) dans la tige.
DT13
DT14
Calculer la limite élastique σ_e de l'acier utilisé en prenant $\sigma_{\max i} = \sigma_{pe}$.
Choisir, parmi les alliages ferreux proposés en **DT13**, l'acier approprié pour la réalisation de la tige du vérin B, **justifier** votre choix.

Lors d'une phase de nettoyage, une jauge d'extensométrie située à l'extrémité de la tige du vérin B (**DT14**) donne une valeur de 0,3 mm.

Question 2.6 | **Expliquer** pourquoi cette valeur est différente de la valeur maximale trouvée par le logiciel de simulation et affichée dans le graphique du déplacement de l'extrémité de la tige.
DT14

Question 2.7 | En vous servant des réponses précédentes, **conclure** quant à la pertinence de la solution technique proposée par le constructeur pour répondre à la problématique de la partie 2.

DT1 : programmation pluriannuelle des investissements (PPI) de production d'électricité (période 2009 - 2020) (feuille 1/2)



Le développement massif des énergies renouvelables

Dans le cadre du programme d'équipement en énergie non carbonée, la PPI poursuit le développement de la production d'électricité d'origine renouvelable en se basant sur les préconisations du comité opérationnel n°10 du Grenelle de l'environnement.

III.4.2 L'hydraulique

La production hydraulique française aujourd'hui

L'hydraulique est l'atout majeur du mix énergétique français en termes de production d'énergie renouvelable avec une puissance installée de 25,3 GW et un productible de 70 TWh par an. En 2007, les centrales hydrauliques ont produit 63,4 TWh, ce qui représente 11,6% de la production totale française et 94% de la production électrique d'origine renouvelable.

L'importance de l'hydroélectricité dans l'équilibre offre-demande

Certaines installations hydroélectriques sont un instrument essentiel pour la gestion de l'équilibre offre-demande de par leur qualité d'énergie garantie et leur rapidité de mise en œuvre (la chaîne de la Durance permet par exemple de mobiliser 2 GW en 20 minutes environ). En effet, alors que les installations au fil de l'eau fonctionnent en base et produisent de l'ordre de 37 TWh, les éclusées, les usines de lac et les STEP* permettent de produire 33 TWh modulables. Ces installations permettent donc de passer la pointe de la consommation et de répondre aux besoins d'ajustement.

Hormis ces installations, seules les turbines à combustion ont des temps de démarrage comparables. Ainsi, près de la moitié de la production hydroélectrique contribue à l'équilibre offre-demande national en tant que moyen de pointe, et se substitue directement à de la production thermique classique, fortement émettrice de CO₂.

Perspectives de développement

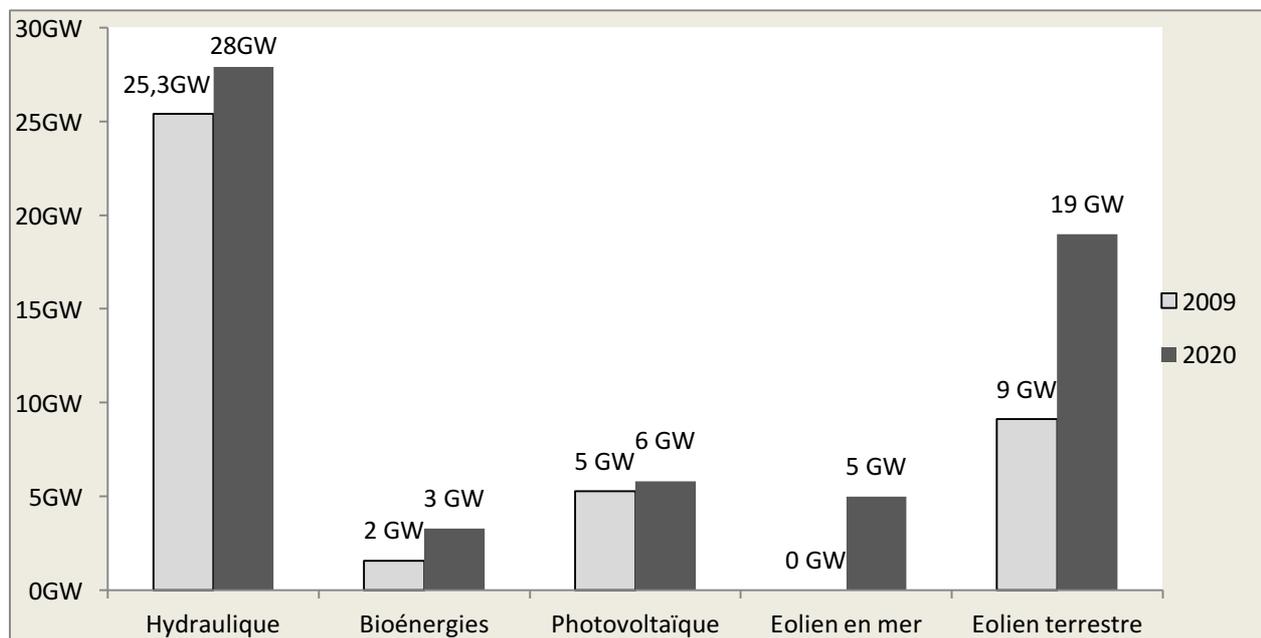
Comme indiqué dans le rapport final du COMOP 10, la plus grande partie du potentiel hydroélectrique est exploitée depuis de nombreuses années. Toutefois le développement de l'hydroélectricité doit être analysé aujourd'hui en intégrant les objectifs ambitieux de développement de l'ensemble des filières de production d'électricité renouvelable. Ainsi, selon les conclusions du Grenelle de l'environnement, le potentiel de l'hydraulique se décompose en :

- d'une part, l'augmentation du productible par la création de nouvelles installations, pour l'essentiel au fil de l'eau,
- d'autre part, par le suréquipement et la modernisation des installations hydroélectriques existantes ;
- enfin, l'augmentation des capacités de production de pointe, sans création d'énergie renouvelable mais se substituant à des moyens de production fossiles émetteurs de CO₂, par le suréquipement des installations de lac existantes et de nouveaux projets de STEP ;

Présent pour l'avenir

Toutefois ces perspectives de développement doivent intégrer les réglementations environnementales en vigueur et les objectifs d'amélioration de la qualité des masses d'eau. Il faudra donc en déduire la diminution des capacités consécutives à la mise à niveau des débits réservés - fixés par la loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006 - et à l'application de certaines dispositions des schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux³⁶ (SDAGE) et des plans anguilles.

* STEP : Station de transfert d'énergie par pompage

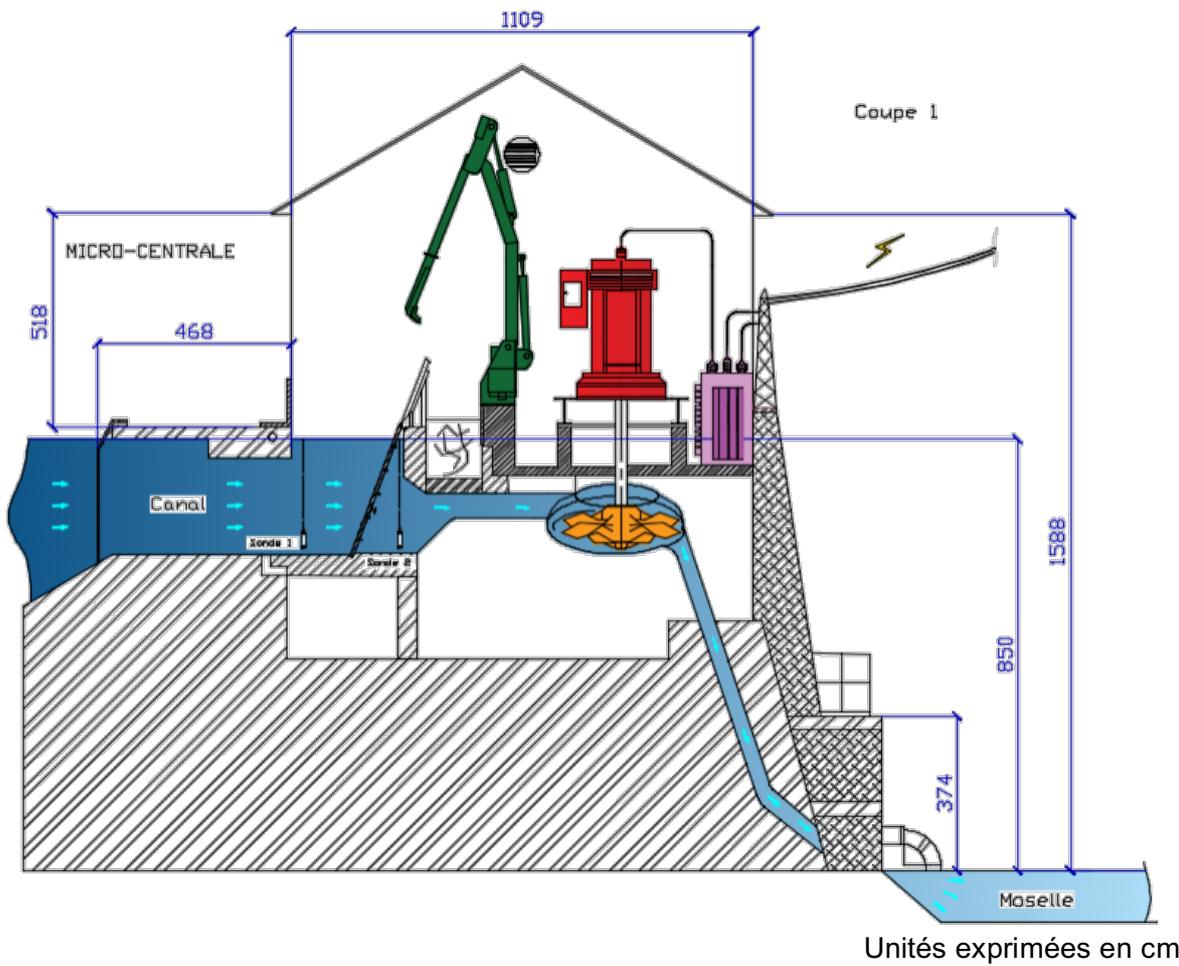
DT1 : production d'électricité issue d'énergies renouvelables**Constats 2009 et prévisions 2020***(feuille 2/2)***DT1 : plan anguilles (extrait)**

Après avoir subi un brusque effondrement dans les années 80, la population d'anguilles européennes poursuit son déclin, à tel point qu'on la considère aujourd'hui en danger critique d'extinction. Cette situation, en partie liée aux changements globaux à l'échelle planétaire et aux pathologies inhérentes à l'espèce, résulte toutefois d'un ensemble de facteurs anthropiques tels que :

- l'inaccessibilité de certains cours d'eau suite à l'édification d'ouvrages en travers ;
- l'exploitation par la pêche qui touche tous les stades de vie ;
- les mortalités dues à l'entraînement dans les turbines des usines hydroélectriques lors du retour vers l'océan ;
- la disparition des habitats favorables ;
- la dégradation de la qualité de l'eau.

Le 31 décembre 2008, après une concertation avec l'ensemble des acteurs impliqués dans la gestion de cette espèce, la France a déposé un plan pour 6 ans. Riche d'un ensemble cohérent d'actions, le plan français a été approuvé le 15 février 2010 par la commission européenne.

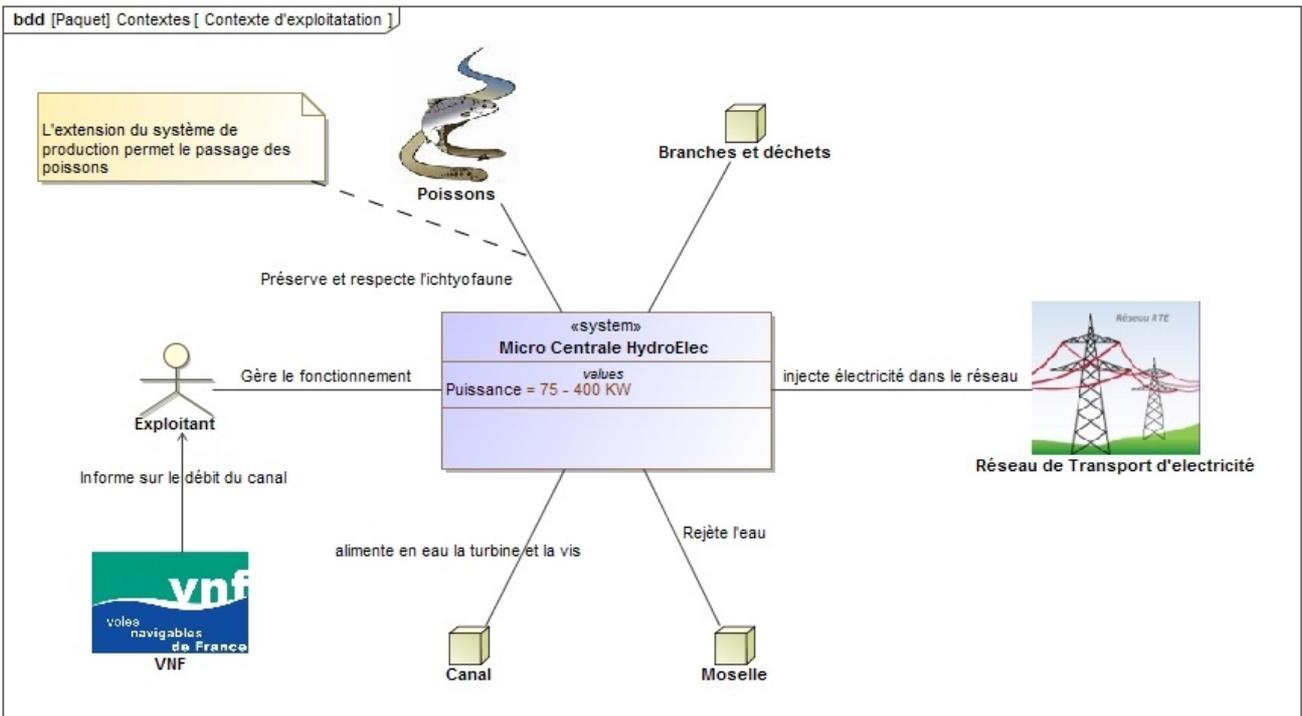
DT2 : plan de coupe de la microcentrale



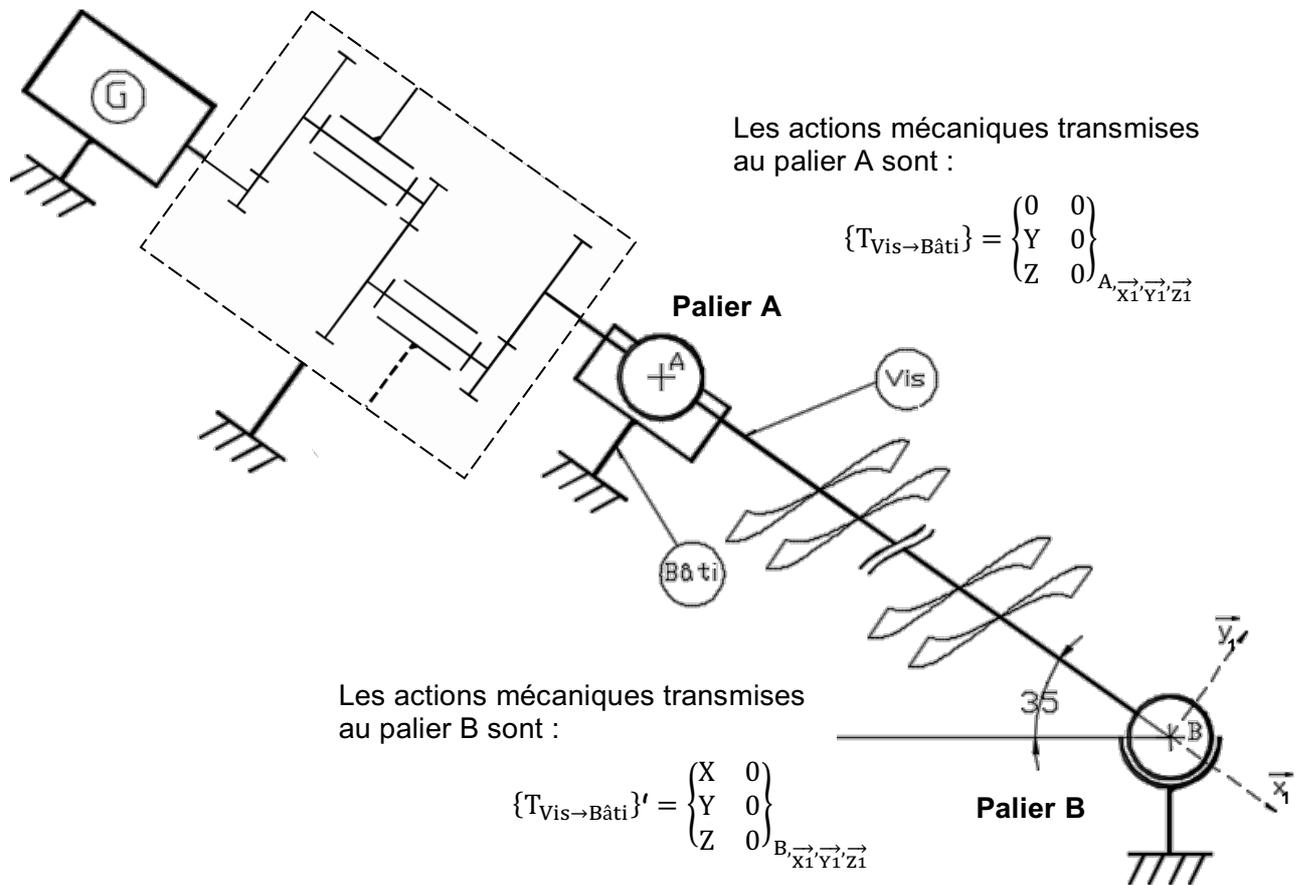
DT3 : caractéristiques des différentes turbines

Utilisation et caractéristiques des différentes turbines						
		Hauteur de chute (m)	Débit d'eau nécessaire (m ³ /s)	Vitesse spécifique de la turbine (tr/min)	Rendement (%)	Turbine Ichtyocompatible
	PELTON	200 à 2000	4 à 15	2 à 30	90	Non (100% mortalité)
	KAPLAN	1 à 30	0 à 350	500 à 1200	95	Non (mortalité directe 70% et indirecte)
	FRANCIS	10 à 700	4 à 55	75 à 400	92	Non (mortalité directe 80% et indirecte)
	BANKI	1 à 200	0 à 150	10 à 60	82	Non (100% mortalité)
	VIS HYDRODYNAMIQUE	1 à 10	0 à 10	2 à 200	92	oui
	Turbine VLH	1,5 à 4,5	10 à 27	30 à 50	95	oui

DT4 : diagramme de contexte

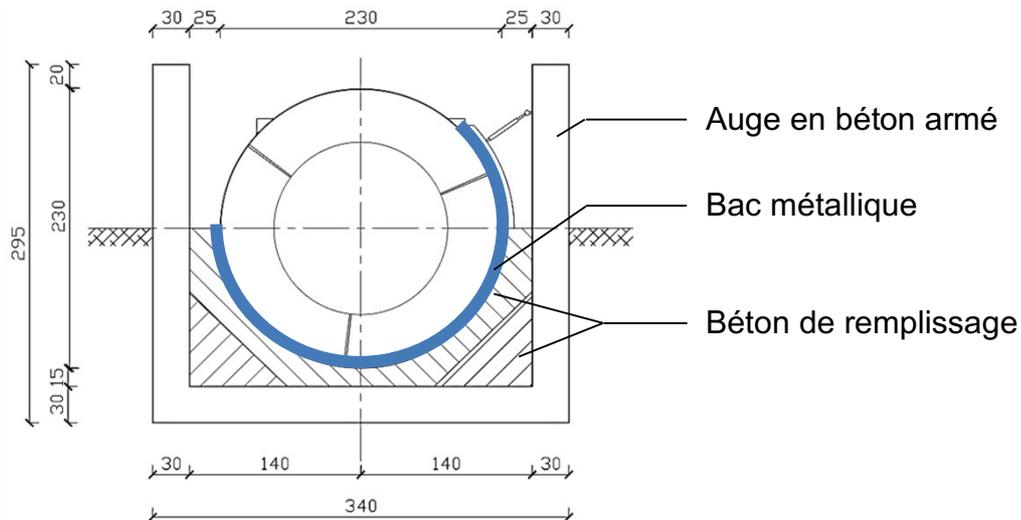


DT5 : schéma cinématique de l'unité de production



DT6 : données techniques sur la vis hydrodynamique

Coupe B-B : Vis hydrodynamique (unités exprimées en cm)



Caractéristiques techniques de la vis

Débit d'eau (Q)	1,22 m ³ ·s ⁻¹
Puissance utile de la vis (Pv)	85,79 kW
Nombre de pôles de la génératrice (pp)	6 pôles
Vitesse de rotation (Nv)	25,25 tour·min ⁻¹
Diamètre (D)	2 300 mm
Pas (p)	2 300 mm
Angle d'incidence	35°
Longueur totale	17,11 m
Longueur de pale	14,71 m
Poids de la vis, palier et bac inclus	16 800 kg

Données complémentaires

Poids volumique du béton armé	25 kN·m ⁻³
Poids volumique du béton de remplissage	22 kN·m ⁻³

DT7 : calcul des micropieux soumis à des charges axiales

Charge limite du micropieu

La charge limite correspond à l'effort mobilisable par frottement latéral Q_{su} .

Justification du micropieu vis à vis du sol

Elle consiste à vérifier que la charge verticale de calcul reste inférieure à la charge maximale admissible Q_{max} :

$$Q_{max} = \frac{0,7 \cdot Q_{su}}{1,40}$$

DT8 : données génératrices triphasées

6 pôles - 1000 min⁻¹

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 _N kW	N _N min ⁻¹	M _N N.m	I _{N(400V)} A	Cos φ	η %	J kg.m ²	IM B3 kg	LP db(A)
LSES 280 SC	45	1018	439	74	0,82	93,0	0,83	312	65
LSES 280 MC	55	1018	536	90	0,82	93,4	1,03	354	65
LSES 315 SN	75	1018	729	119	0,85	93,7	1,4	460	65
LSES 315 MP	90	1014	872	149	0,82	94,1	2,93	642	69
LSES 315 MP	110	1014	1062	188	0,80	94,6	3,54	718	74

DT9 : données production et rachat EDF

Production année avant travaux

Production été	1 591 152 kWh
Production hiver	1 264 680 kWh

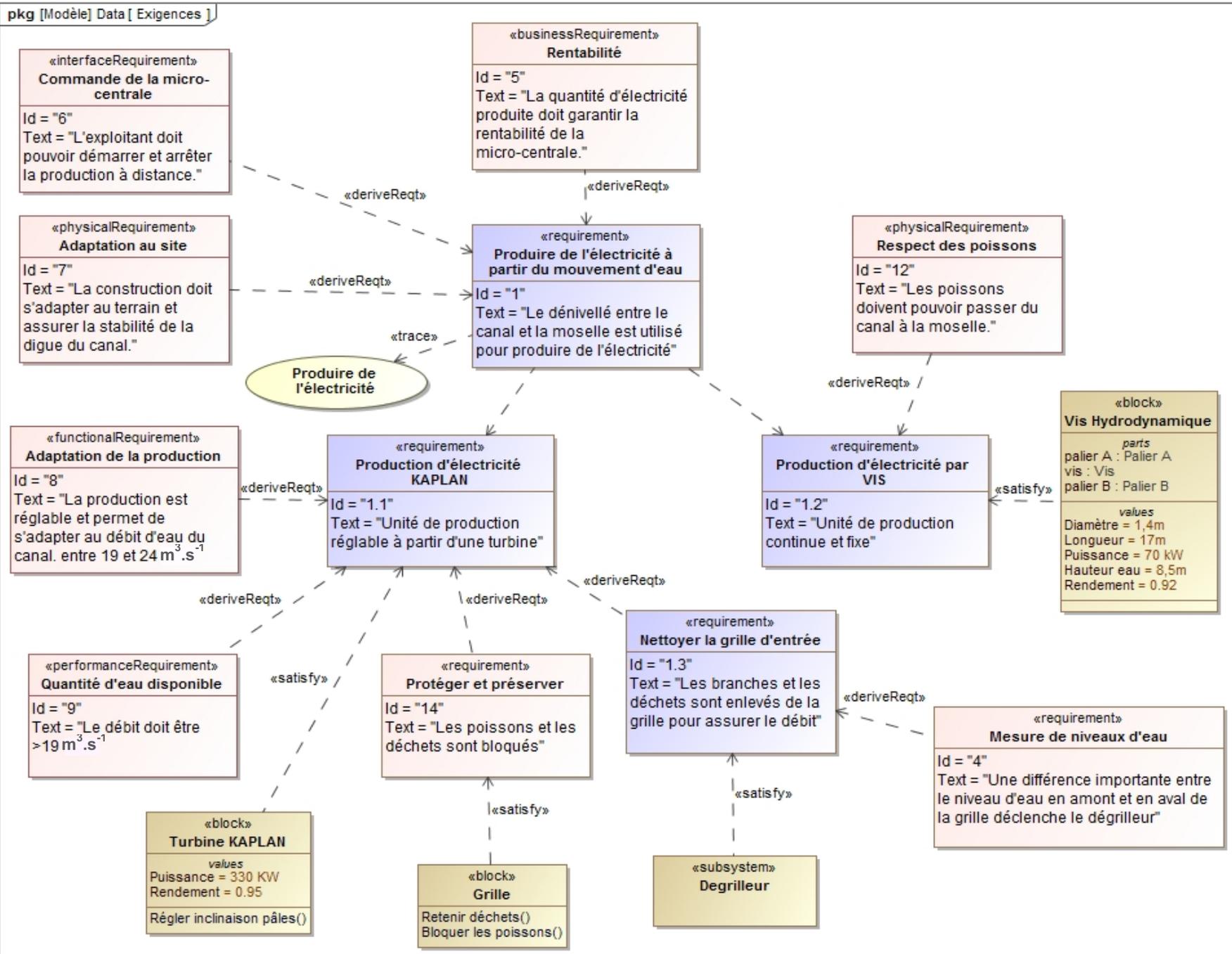
Production année après travaux

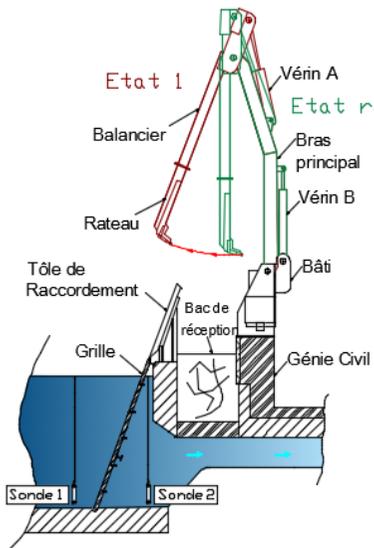
Production été	1 857 936 kWh
Production hiver	1 449 672 kWh

Tarifs d'achat de l'électricité produite par les énergies renouvelables et la cogénération

14 décembre 2009 (mis à jour le 5 novembre 2014)

Filière	Arrêtés régissant l'achat de l'électricité	Durée des contrats	Exemples de tarifs pour les installations mise en service à la date de parution des arrêtés
Hydraulique	1 ^{er} mars 2007	20 ans	<ul style="list-style-type: none"> - 6,07 c€/kWh + prime de 2,5 c€/kWh pour les petites installations + prime de régularité de production de 1,68 c€/kWh en hiver. - 15 c€/kWh pour énergie hydraulique des mers (houlomotrice, marémotrice ou hydrocinétique).



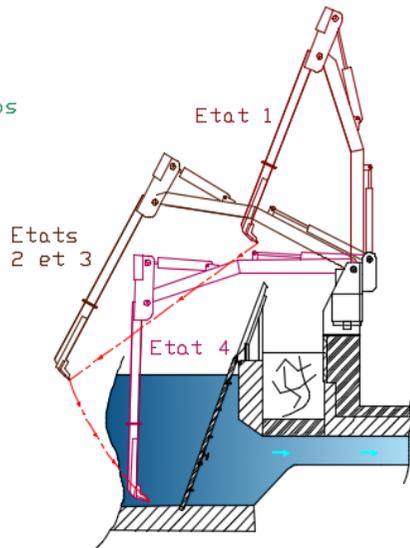


Etat repos : Position initiale

Le dégrilleur est en attente (position initiale-position repos)
 Etat du vérin A : tige entièrement sortie
 Etat du vérin B : tige entièrement rentrée

Etat1 : Début du dégrillage

Etat du vérin A durant l'étape : rentrée de la tige
 Etat du vérin B durant l'étape : inactif
 Le vérin A est actionné jusqu'à une position intermédiaire, pour permettre le dégagement suffisant du balancier par rapport à la tôle de raccordement.
 Etat du vérin A en fin d'étape : tige en position intermédiaire
 Etat du vérin B en fin d'étape : tige entièrement rentrée

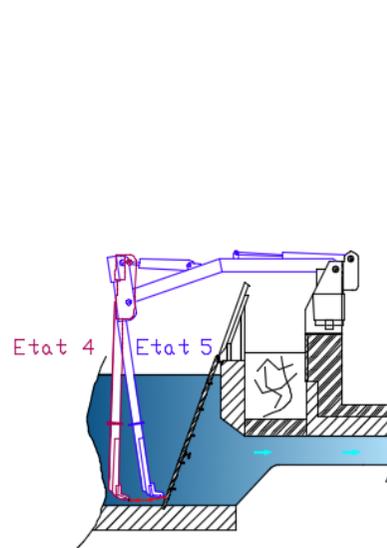


Etat 2 et Etat 3 : Déploiement

Le balancier et le bras principal se déplient simultanément mais à des vitesses différentes afin que le vérin A soit entièrement rentré pendant que le vérin B est encore en cours de sortie.
 Etat du vérin A durant l'étape : tige en cours de rentrée
 Etat du vérin A en fin d'étape : tige entièrement rentrée
 Etat du vérin B durant l'étape : tige en cours de sortie

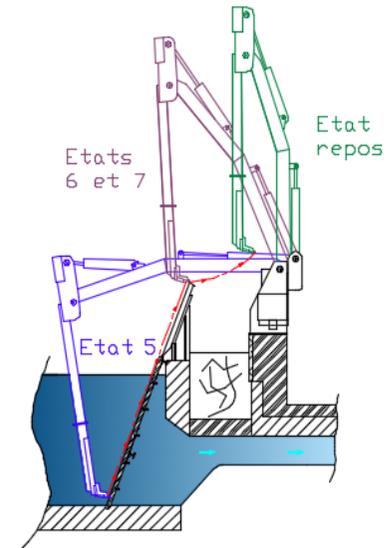
Etat 4 : Descente

Le vérin B continue son mouvement de sortie.
 Etat du vérin A durant l'étape : inactif
 Etat du vérin B durant l'étape : tige en cours de sortie
 Etat du vérin B en fin d'étape : tige entièrement sortie



Etat 5 : Râteau en appui

Temporisation pendant laquelle s'effectue la rotation du balancier pour venir mettre en appui, puis en pression le râteau A sur la partie basse de la grille.
 Le bras principal ne bouge pas.
 Etat du vérin A durant l'étape : tige en cours de sortie
 Etat du vérin A en fin d'étape : tige en cours de sortie
 Etat du vérin B durant l'étape : inactif



Etat 6 et Etat 7 : Remontée

Etat du vérin A durant l'étape : tige en cours de sortie
 Etat du vérin B durant l'étape : tige en cours de rentrée
 Le balancier et le bras principal remontent simultanément, tout en exerçant une pression de contact entre le rateau et la grille, et ceci jusqu'en haut de la tôle de raccordement, où la perte de contact entre la tôle et le râteau crée une secousse aidant au déchargement.
 Fin du mouvement, les vérins finissent leur course.
 Etat du vérin A en fin d'étape : tige entièrement sortie
 Etat du vérin B en fin d'étape : tige entièrement rentrée

Retour à l'état repos

DT12 : caractéristiques des sondes de niveau

Relevés des signaux électriques des sondes exprimés en mA																
Repère relevé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Sonde 1	18,1	18,7	18,3	18,1	18,3	18,4	18,4	18,2	18,3	18,4	19	18,5	18,9	18,2	18,5	18,4
Sonde 2	18	17,2	16,7	18,1	17,9	17,8	17,8	17,8	17,9	17,9	17,2	17	16,8	17,8	17,6	16,5
Dégrilleur actif	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1

Sonde de niveau

Mesure de niveau de liquide, pour les réservoirs, les rivières et les nappes phréatiques.



Principe

La pression subie par le capteur est convertie en signal électrique conditionnée en boucle 0/20 mA.

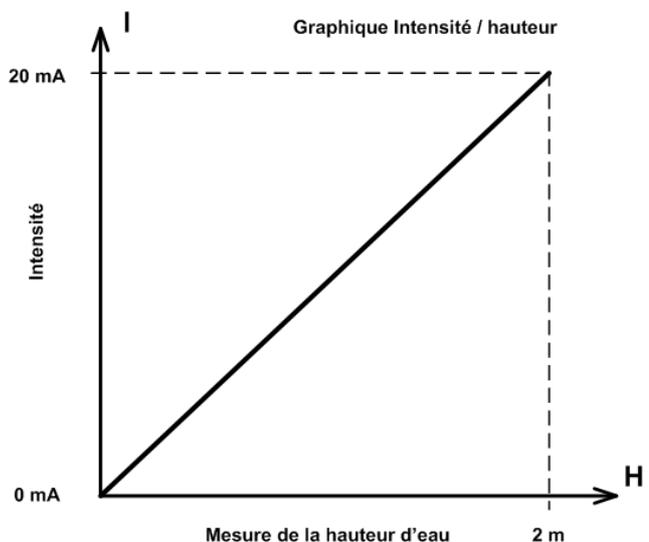
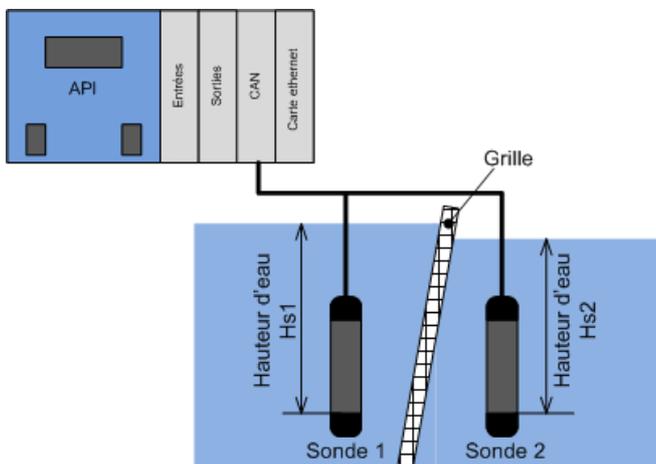
Caractéristiques

Corps du boîtier : acier inoxydable 316L, extrémités en PVC.

Diamètre : 31 mm ; Hauteur : 150 mm (hors câble) ; Poids : 435 g, fixation pendulaire.

Signal de mesure : 0 mA pour 0 m et 20 mA pour la pleine échelle.

Schéma de raccordement à l'automate



DT13 : Limite élastique des alliages ferreux

Métaux et alliages

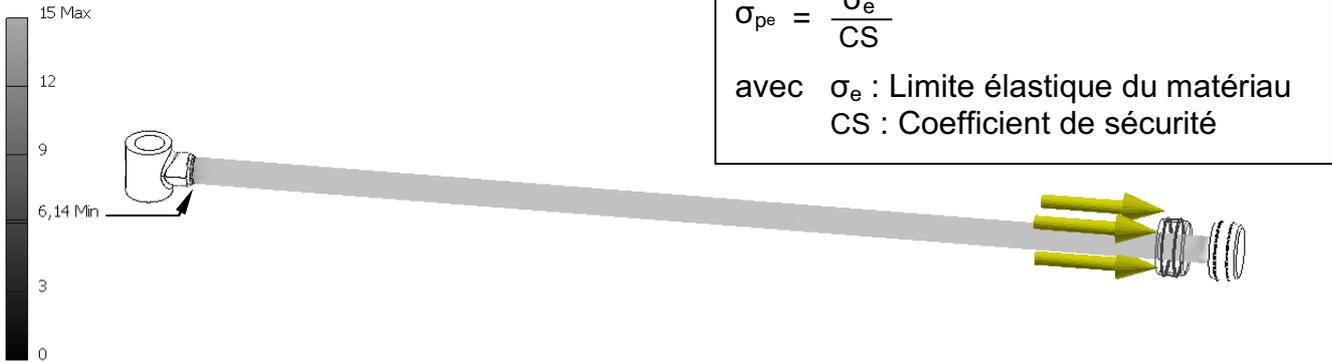
Alliages ferreux

Acier à basse teneur en carbone	250 MPa
Acier à haute teneur en carbone	400 MPa
Acier à teneur moyenne en carbone	305 MPa
Acier faiblement allié	450 MPa
Acier inoxydable	280 MPa

Limite élastique σ_e

DT14 : Simulation comportementale de la tige du vérin B

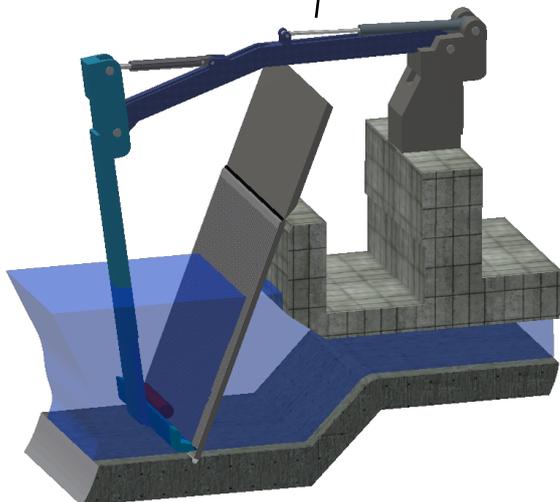
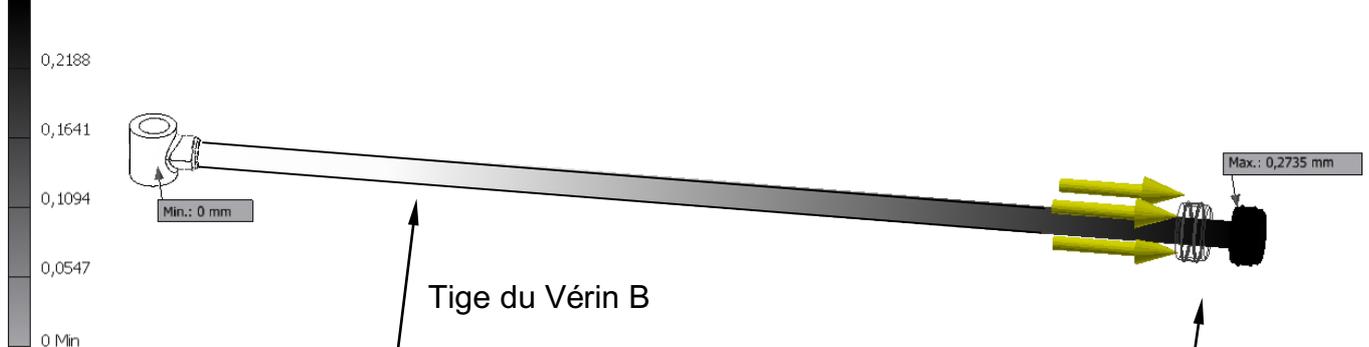
Type: Coefficient de sécurité
 Unité: ul
 11/10/2015, 17:18:23



Type: Contrainte de Von Mises
 Unité: MPa
 11/10/2015, 17:15:44



Type: Déplacement
 Unité: mm
 11/10/2015, 17:26:48



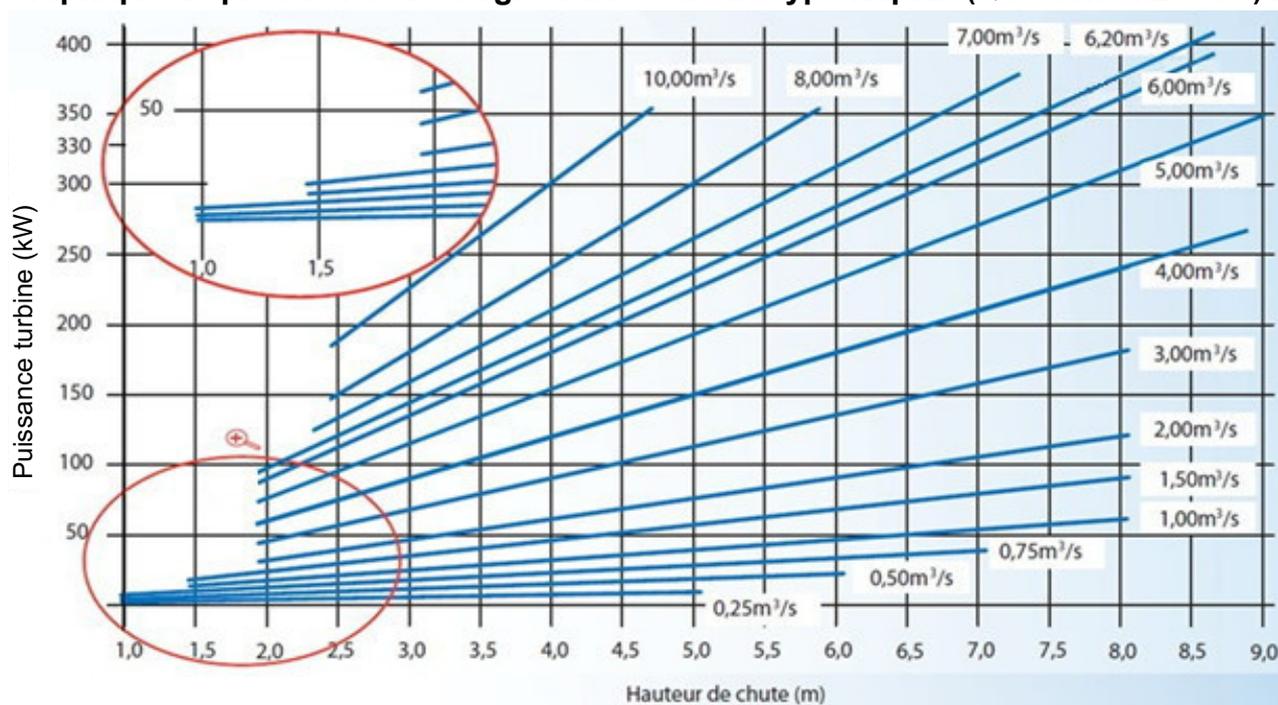
Jauge d'extensométrie utilisée pour la mesure de l'allongement réel de la tige de vérin.

DOCUMENT RÉPONSES DR1

Tableau 1 (Question 1.1) :

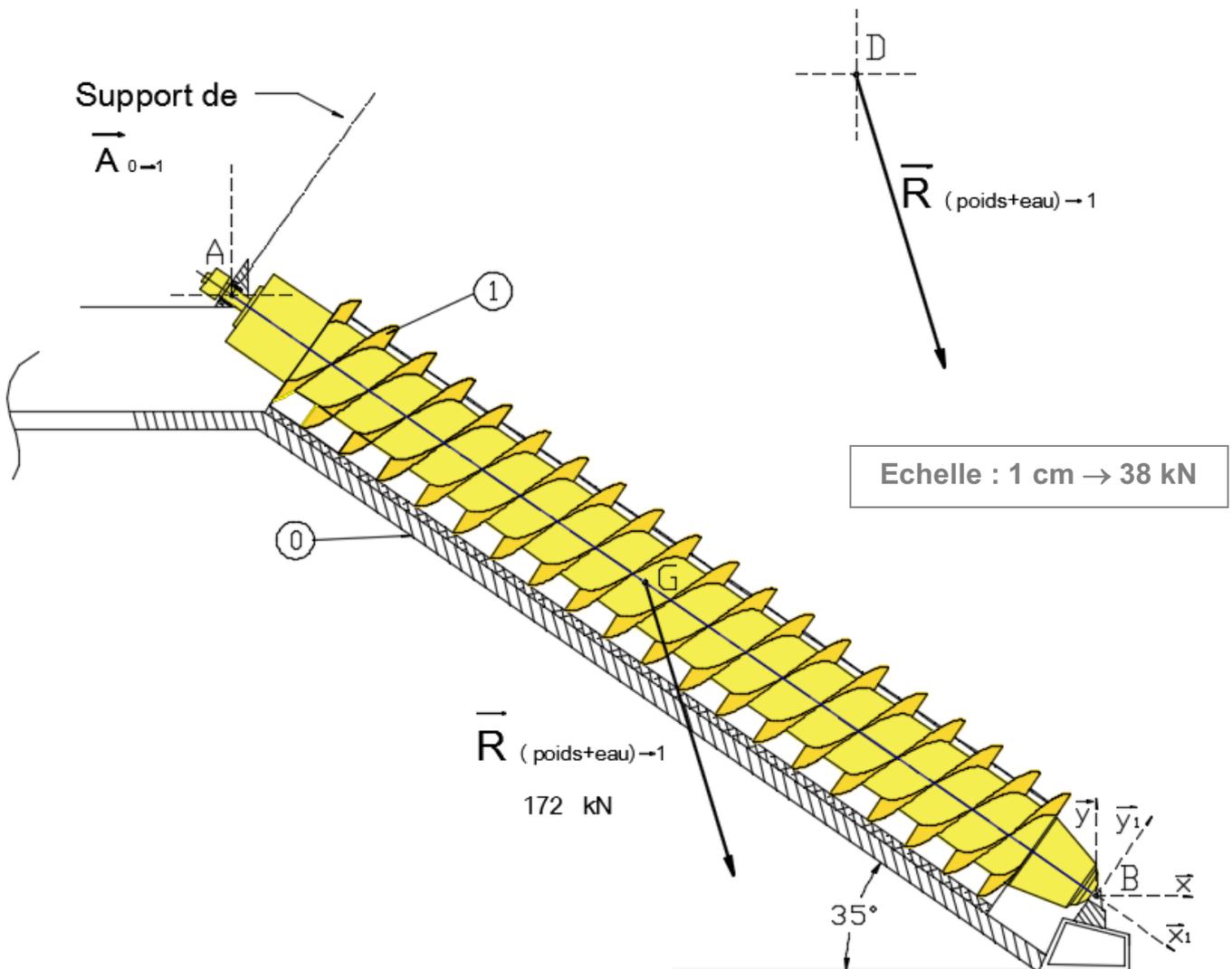
	Objectif	Puissance installée en 2009	Puissance potentielle en 2020	Augmentation en %
Concernant les énergies renouvelables	Développement de la production d'électricité d'origine renouvelable	41,3 GW	~ 61 GW	+ 47,7%
Concernant l'énergie hydraulique		25,3 GW		
Action 1 engagée par le ministère	Création de nouvelles centrales			
Action 2 engagée par le ministère				
Problématiques liées à l'utilisation de l'eau d'un canal	Respect de la qualité des masses d'eau utilisées			

Graphique de production d'énergie d'une centrale type Kaplan (Questions 1.2 et 1.3) :



DOCUMENT RÉPONSES DR2

Etude statique des efforts appliqués sur la vis hydrodynamique (Question 1.7) :



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	\diagdown	\downarrow	172 kN	X
$\vec{A}_{0 \rightarrow 1}$	A	\vec{y}_1			
$\vec{B}_{0 \rightarrow 1}$	B				

DOCUMENT RÉPONSES DR3

Note de calcul des charges axiales verticales à reprendre par les micropieux (Questions 1.8 et 1.0) :

	Longueur (m)	Poids linéique (kN.m ⁻¹)	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 armé (question 1.8 et 1.9)	15,81	.....	.....	(1)	(1)
Poids propre du béton de scellement du bac	14,71	34,39	506	169	337
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	0
	Appui bas	3	69,30	208	208
Effort vertical total (question 1.9)			.....	.....	.....

(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, la charge axiale admissible maximale est de :

..... kN.

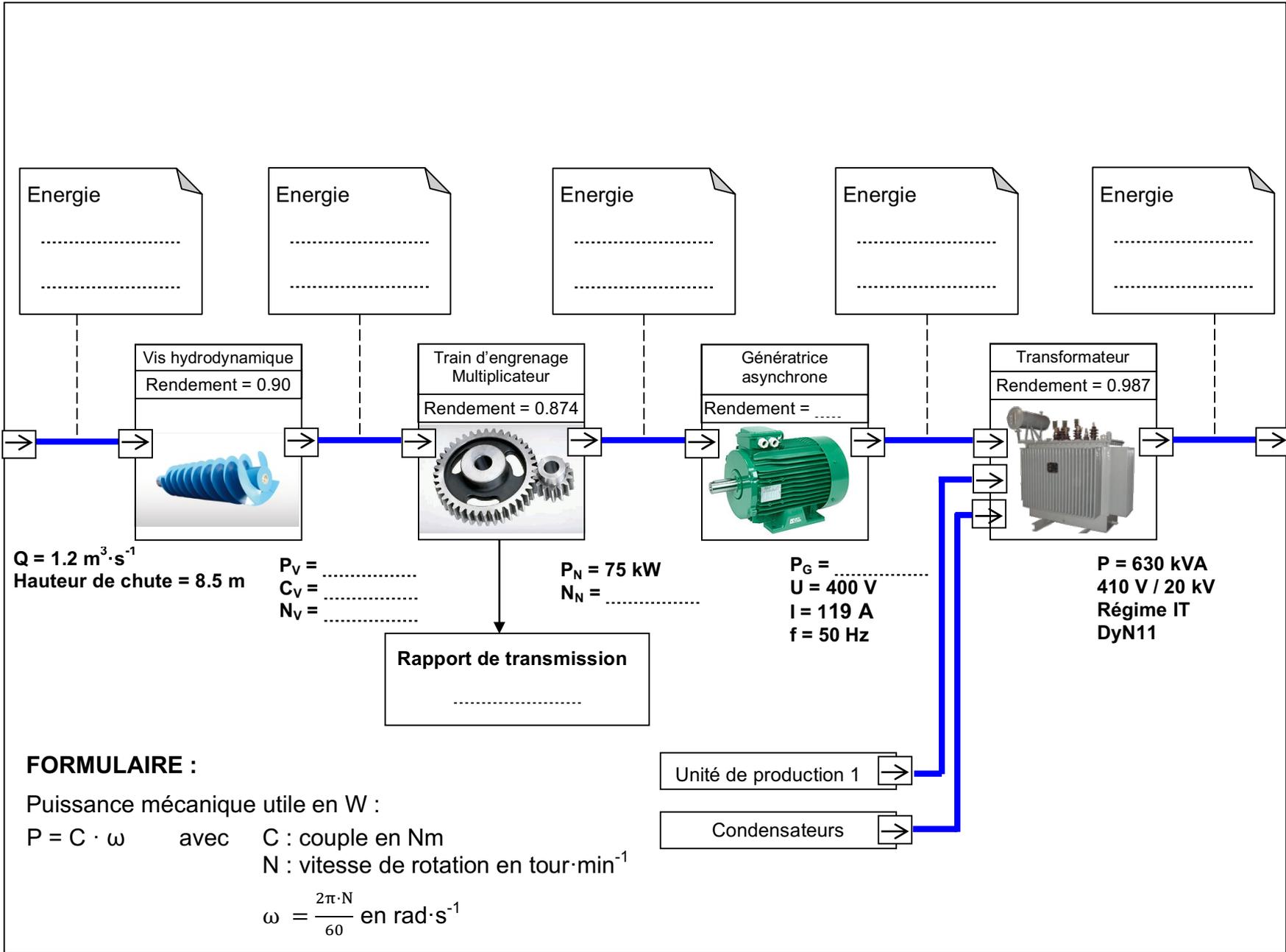
L'appui en partie basse doit reprendre environ 1500 kN, ce qui correspond à la mise en œuvre de :

..... 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 :

..... micropieux descendus à 18,50 m.

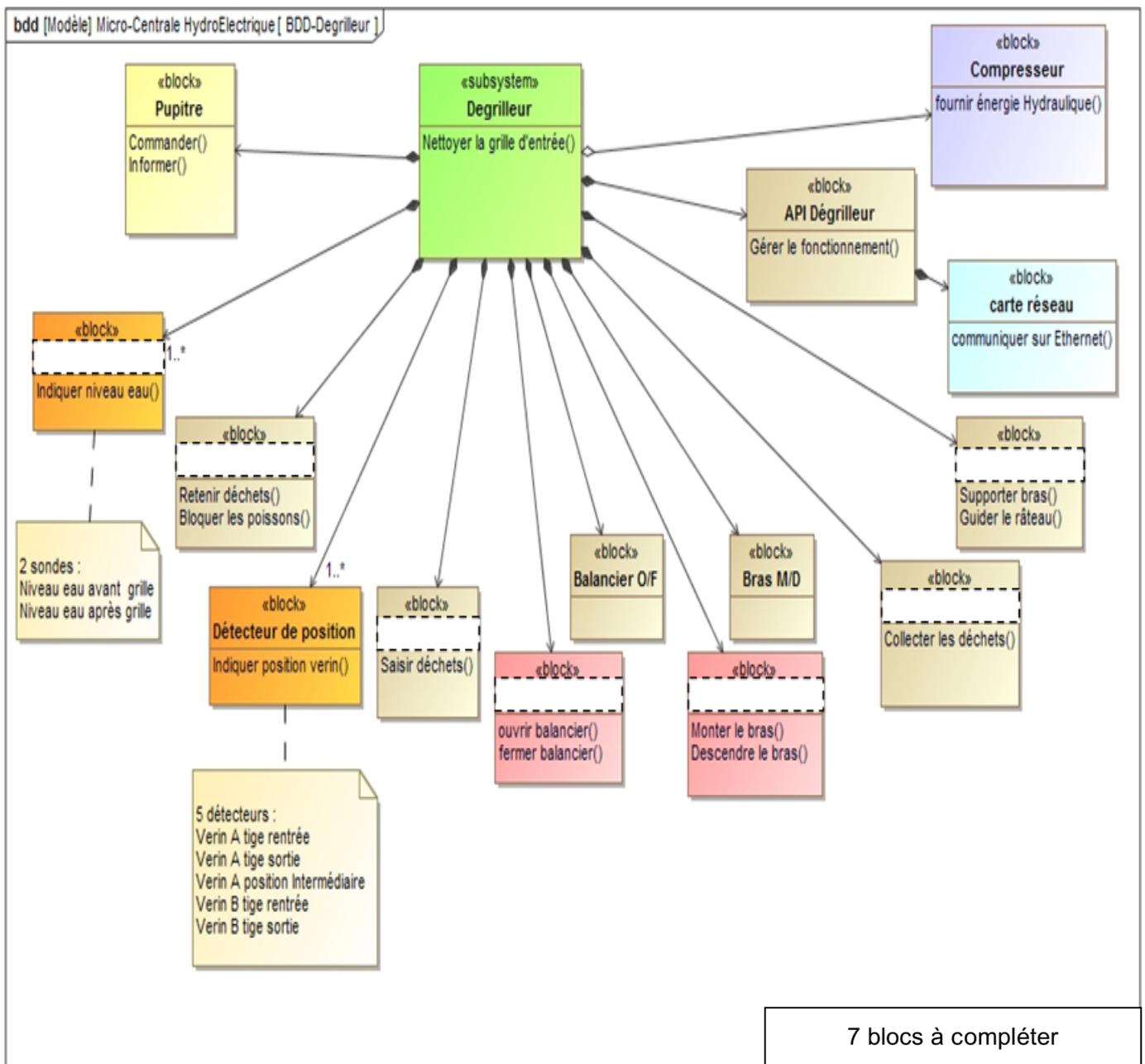
Nombre total de micropieux nécessaires :



DOCUMENT RÉPONSES DR5 (Question 1.18)

	En binaire :	En décimal :
IP carte réseau API vis hydrodynamique	.....	192.168.2.50
Masque du réseau	1111 1111 .1111 1111 . 1111 1111 .0000 0000	255.255.255.0
ET logique pour déterminer l'adresse réseau	.....	.....

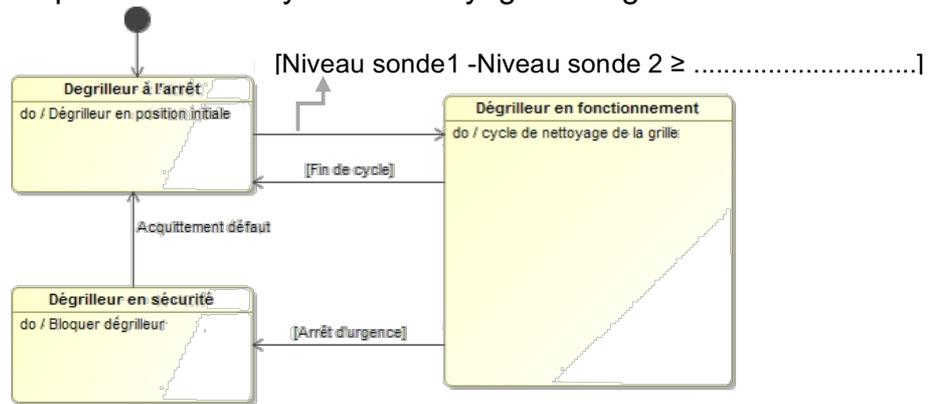
DOCUMENT RÉPONSES DR6 (Question 2.2)



DOCUMENT RÉPONSES DR7 (Question 2.3)

Méthode de calcul :

- a) Indiquer les valeurs des signaux électriques des sondes 1 et 2 pour la plus petite différence relevée quand le dégrilleur est actif :
- b) Calculer les hauteurs d'eau Hs1 et Hs2 correspondantes :
- c) Calculer la valeur de la différence de niveau d'eau à indiquer dans le diagramme « états-transitions » ci-dessous pour activer le cycle de nettoyage de la grille.



DOCUMENT RÉPONSES DR8 (Question 2.4)

