



MINISTÈRE  
DE L'ÉDUCATION  
NATIONALE

EAI STI 1

SESSION 2019

**AGRÉGATION  
CONCOURS INTERNE  
ET CAER**

**Section : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR**

**Options :** sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie mécanique,  
sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie électrique,  
sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie des  
constructions.

**ANALYSE ET EXPLOITATION PÉDAGOGIQUE  
D'UN SYSTÈME PLURITECHNIQUE**

Durée : 5 heures

*Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.*

*L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.*

*Si vous repérez ce qui vous semble être une erreur d'énoncé, vous devez le signaler très lisiblement sur votre copie, en proposer la correction et poursuivre l'épreuve en conséquence. De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, vous devez la (ou les) mentionner explicitement.*

**NB :** Conformément au principe d'anonymat, votre copie ne doit comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé consiste notamment en la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de la signer ou de l'identifier.

Tournez la page S.V.P.

A

**Le sujet comporte plusieurs parties indépendantes.  
Les différentes parties devront être clairement identifiées dans la composition.**

**Les parties 1 et 3 se poursuivent par une exploitation pédagogique  
directement liée à l'étude proposée**

**Toutes les réponses devront être détaillées sur copie  
et les résultats encadrés ou soulignés.  
Préciser les unités des résultats obtenus.**

**Il sera tenu compte de la qualité de rédaction, en particulier pour les réponses aux  
questions ne nécessitant pas de calcul. Le correcteur attend des phrases complètes  
respectant la langue française (orthographe, grammaire, syntaxe).**

## **COMPOSITION DU SUJET**

- **SUJET :**

<b>Mise en situation</b> .....	page 2
<b>Partie 1</b> : Analyse et choix de solutions en vue de respecter l'exigence 1.1.3 « Supporter les efforts de poussée de l'eau » .....	page 5
<b>Partie 2</b> : Élaboration d'une séquence d'enseignement « choix de structure et matériaux » en STI2D .....	page 12
<b>Partie 3</b> : Validation de l'exigence 1.3 « Assurer la sécurité des habitants des rives amont/aval » .....	page 13
<b>Partie 4</b> : Utilisation pédagogique des modèles multi physiques .....	page 16
<b>Partie 5</b> : Enseignement technologique en langue vivante (ETLV) en STI2D....	page 16

**Il est conseillé de composer pendant environ 3 heures pour les parties 1 et 3,  
et 2 heures pour les parties 2, 4 et 5.**

**Le barème de correction tient compte des réponses apportées à toutes les parties.**

- **DOCUMENTS :**

### **DOCUMENTS TECHNIQUES (DT1 à DT9)**

Documents spécifiques et relatifs au support de l'étude

### **DOCUMENTS PÉDAGOGIQUES (DP1 à DP3)**

Documents spécifiques à l'exploitation pédagogique

### **DOCUMENTS RÉPONSES (DR1 à DR4)**

Documents qui seront à compléter et à rendre par le candidat

**Tous les documents réponses (DR1 à DR4), complétés ou non,  
seront à rendre avec les copies.**

**INFORMATION AUX CANDIDATS**

Vous trouverez ci-après les codes nécessaires vous permettant de compléter les rubriques figurant en en-tête de votre copie.

Ces codes doivent être reportés sur chacune des copies que vous remettrez.

► Concours interne de l'Agrégation de l'enseignement public :

**Option : sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie mécanique**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EAI	1414A	101	7809

**Option : Sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie électrique**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EAI	1415A	101	7809

**Option : Sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie des constructions**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EAI	1416A	101	7809

► Concours interne de l'Agrégation de l'enseignement Privé :

**Option : sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie mécanique**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EAH	1414A	101	7809

**Option : Sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie électrique**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EAH	1415A	101	7809

**Option : Sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie des constructions**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EAH	1416A	101	7809

## Le sujet porte sur l'évolution de vannes clapets du pont-barrage situé sur l'Allier, reliant les villes de Bellerive et de Vichy



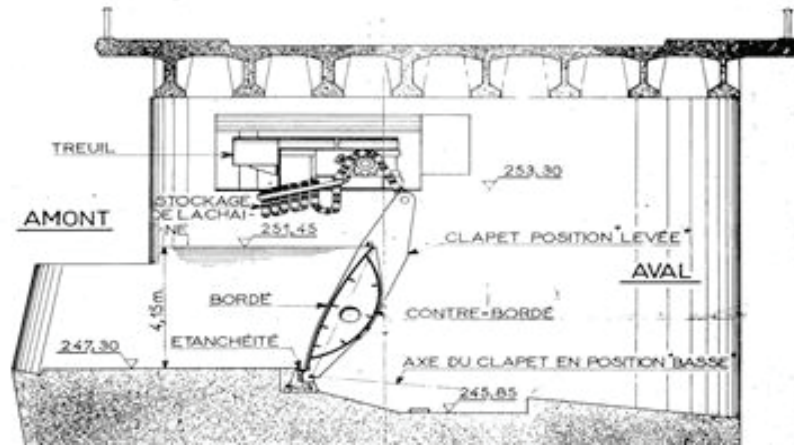
**Figure 1 : Présentation du pont-barrage de Vichy (03) sur l'Allier**

### Caractéristiques du plan d'eau du lac d'Allier formé par la retenue du pont-barrage :

- retenue d'eau de 5,3 km sur l'Allier en amont ;
- barrage en déversement de 5,5 m de haut ;
- lac de 2,75 km de long, de 120 hectares et contenant environ 2,5 millions de m<sup>3</sup> d'eau ;
- activités sportives praticables (apprentissage et compétitions) : l'aviron, le ski nautique, la voile et la planche à voile, le canoë-kayak et le rafting sur la rivière artificielle.



**Figure 2 : Le pont barrage après 2012**



**Figure 3 : Croquis du pont barrage inauguré en 1963**

Le pont-barrage de Vichy est inauguré en 1963. (Cf. DT2 1/5, 2/5). Il est composé de 7 vannes clapets, dont la forme spécifique en « ventre de poissons » (Cf. DT4 1/2 et 2/2) offre une très grande rigidité à la torsion. Chaque vanne clapet dispose d'un entraînement mécanique unilatéral. Dans sa version originelle l'entraînement de chaque vanne est réalisé par un système moteurs-pignons-chaîne Galle, développant un effort nominal de 1000 kN.

Conformément aux obligations fixées par son « règlement d'eau », le barrage doit s'effacer complètement dès que le débit amont de la rivière atteint  $500 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Les vannes clapets s'abaissent totalement dans le sabot de l'ouvrage.

En 2008, avec l'abaissement brutal de la vanne n°1, suite à la rupture de sa chaîne d'entraînement causée par le dysfonctionnement de son électrofrein, le lac d'Allier se vide au cours de la nuit, conduisant à une baisse de niveau de deux mètres en amont, et une onde de crue de 50 cm en aval. Après réparation, le lac retrouve son niveau normal.

Suite à cela, la ville engage un lourd programme pluriannuel de rénovation de cet ouvrage, notamment la rénovation des vannes et envisage le remplacement des systèmes d'ouverture à chaîne Galle par des vérins hydrauliques sur les passes 2, 4 et 6 (Cf. figure 4, DT3, DT4 1/2). En parallèle un contrôle met en évidence une forte détérioration de la liaison pivot en pied de vanne clapet de la passe n°2 ainsi qu'une forte diminution d'épaisseur de matière des parois de la vanne. Cette vanne sera remplacée par une vanne clapet neuve.

En 2012, l'actionneur initial est bien remplacé par un vérin hydraulique. Cette solution d'ouverture par « vérin hydraulique » est testée sur la nouvelle vanne clapet installée en passe 2. Bien que le déplacement hydraulique offre une très bonne précision, l'expérience montre que cette solution n'est pas nécessaire pour actionner les vannes clapet du barrage. La solution historique de relevage par moteur électrique, pignons et chaîne Galle est conservée, des améliorations en termes de sécurité sont apportées afin d'éviter l'incident de 2008.

## En résumé :

Le système d'ouverture N°1 (historique) composé de vannes clapets, de moteurs-pignons-chaînes Galle (Cf. DT2) reste installé sur les passes n° 1, 3, 4, 5, 6 et 7.

Le système d'ouverture N°2 (évolution 2012) composé de vannes clapets avec vérin hydraulique (Cf. DT3) est installé sur la passe n°2.

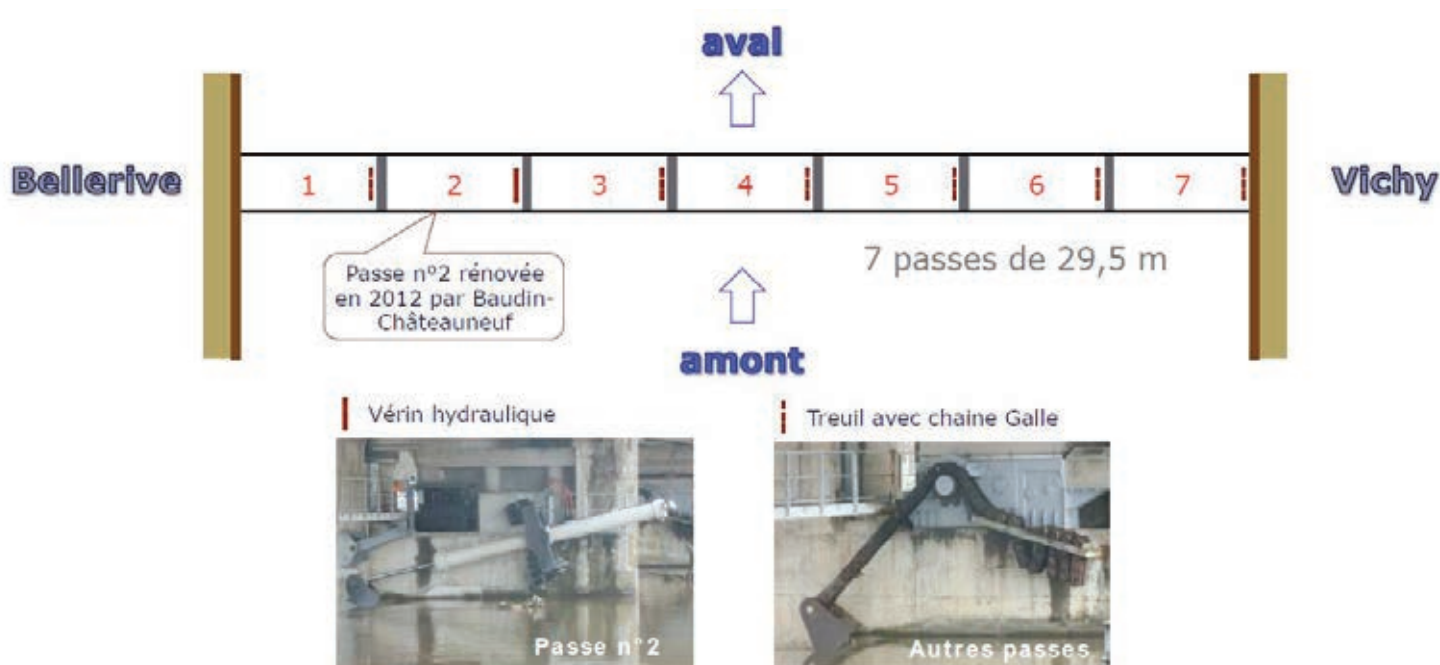


Figure 4 : Vue synoptique du pont-barrage

### Au travers de la mise en situation et des études suivantes proposées :

- vérification, dans le cadre d'une approche « structure et matériaux » si les solutions d'ouverture ont une influence sur la liaison pivot en pied de vanne et de vérifier la tenue mécanique de la vanne clapet vis-à-vis du matériau choisi ;
- étude des conditions permettant de répondre aux exigences : « assurer la sécurité des habitants des rives amont/aval ».

### Il s'agit de proposer, en lien avec ces études, des exploitations pédagogiques pertinentes :

- élaboration d'une séquence pédagogique « choix de structure et matériaux » en STI2D ;
- identification et exploitation des modèles numériques en STI2D ;
- approche de l'enseignement technologique en langue vivante (ETLV) en STI2D.

## PARTIE 1 : Analyse et choix de solutions en vue de respecter l'exigence 1.1.3 « Supporter les efforts de poussée de l'eau »

Cette première partie doit permettre au candidat de proposer, en partie 2, une séquence pédagogique en classe de première STI2D, sur le thème « Choix structure et matériaux », séquence qui prendra en compte la mise en situation et tout ou partie des éléments de réponses apportés aux différentes questions de cette première partie.

*L'ouverture des vannes clapets est pilotée soit par un système à chaîne qui correspond à la solution « historique » (appelée système N°1) soit par un vérin hydraulique qui correspond à la solution mise en place en 2012 sur la passe n°2 (appelée système N°2), solutions décrites par les diagrammes d'exigences (DT1 1/3 à 2/3) et de blocs internes du DT1 3/3.*

*Des dysfonctionnements observés au niveau de l'articulation en pied de vanne, ont mis en évidence l'importance du dimensionnement de cette liaison. L'objectif de cette partie sera de déterminer les efforts qui transitent dans la liaison pivot pour chacune des deux solutions de pilotage de l'ouverture (système N°1 ou système N°2) et qui influencent, avec le choix du matériau, le comportement des vannes clapets.*

### Partie 1.1 : Détermination des actions mécaniques agissant sur une vanne-clapet.

On souhaite caractériser les efforts de poussée de l'eau sur la retenue. Le modèle sera simplifié comme à la figure 5 par une paroi verticale encastrée au pied de largeur  $l = 30$  m et de hauteur  $h_{eau} = 4$  m. Les autres paramètres géométriques sont définis sur la figure 5.

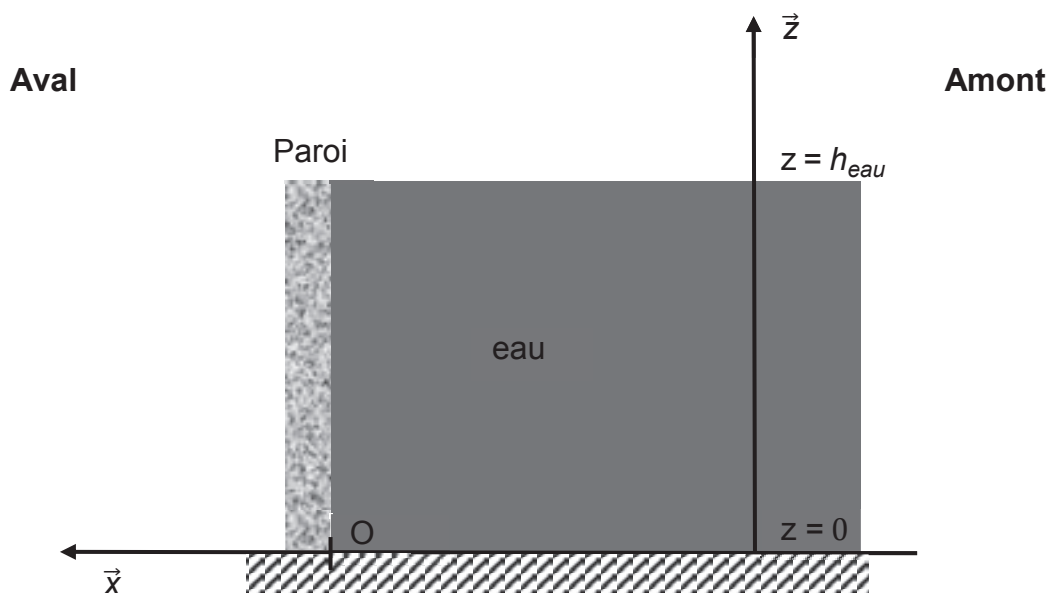


Figure 5 : Modèle simplifié pour la retenue d'eau

**Question 1.1.1** : Le modèle retenu de répartition de la pression de l'eau sur la paroi est défini par la loi :  $p(z) = \rho \cdot g \cdot (h_{eau} - z)$ , où  $\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  est la masse volumique de l'eau et  $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  est l'accélération de la pesanteur. **Justifier** ce modèle et les hypothèses associées.

*Il s'agit maintenant d'en déduire les actions mécaniques exercées par l'eau sur la paroi verticale.*

**Question 1.1.2 :** Compte tenu du modèle de répartition de pression de la question précédente, et des paramètres géométriques et vectoriels de la figure 5, **déterminer** les expressions littérales de  $\vec{F}_{eau \rightarrow paroi}$  la force exercée par l'eau sur la paroi et de  $\vec{M}_{O, eau \rightarrow paroi}$  le moment au point O, pied de la paroi, exercé par l'eau sur la paroi.

**Question 1.1.3 :** **Déterminer** la position du centre de poussée Q tel que  $\vec{M}_{Q, eau \rightarrow paroi} = \vec{0}$  et **commenter** la forme du torseur d'actions mécaniques de l'eau sur la paroi.

**Question 1.1.4 :** **Déterminer** les valeurs numériques des composantes du torseur d'actions mécaniques de l'eau sur la paroi.

## Partie 1.2 : Pré-dimensionnement de la liaison pivot en pied de vanne

*Au travers de cette étude, il s'agit de déterminer l'influence du choix constructif du système d'ouverture vis-à-vis des efforts engendrés dans la liaison de pied de vanne.*

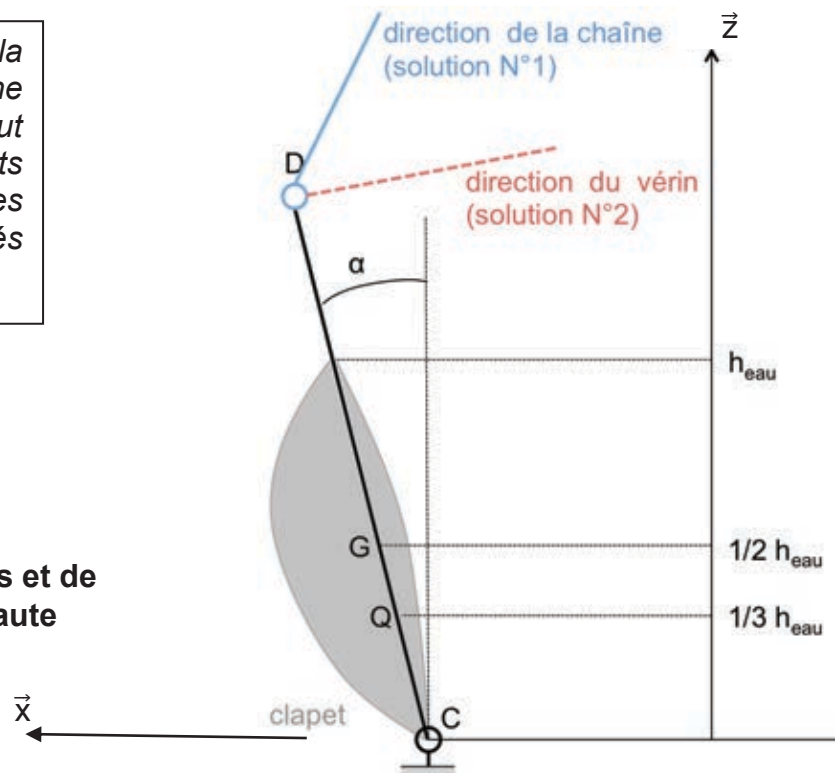
**Question 1.2.1 :** Décrire les systèmes d'ouverture N°1 et N°2 à l'aide de schémas cinématiques.

Quels que soient les résultats trouvés dans la partie 1.1, les actions mécaniques de l'eau sur la vanne, lorsque le clapet est en position haute, seront modélisables par un glisseur de direction orthogonale au plan moyen de la vanne qui s'applique au point Q situé à une altitude  $z = \frac{1}{3} h_{eau}$  et de norme  $F_{eau \rightarrow paroi} = 3 \cdot 10^6$  N. Le poids de la vanne est  $P_{vanne} = 3,9 \cdot 10^5$  N

**Question 1.2.2 :** Dans la position « vannes hautes » sur la trame fournie au DR1, **déterminer** par une méthode graphique la valeur de l'action mécanique exercée par le sol sur le clapet dans l'articulation de pied de vanne pour la solution N°2. **Préciser** la méthode utilisée.

*Les diagrammes des efforts dans la liaison articulation de pied de vanne (au point C) et dans la liaison du haut de vanne (au point D) pour différents angles d'ouverture  $\alpha$  pour les solutions N°1 et N°2, sont donnés dans les figures 7 et 8.*

**Figure 6 : Définition des points et de l'angle  $\alpha$  pour la position haute**





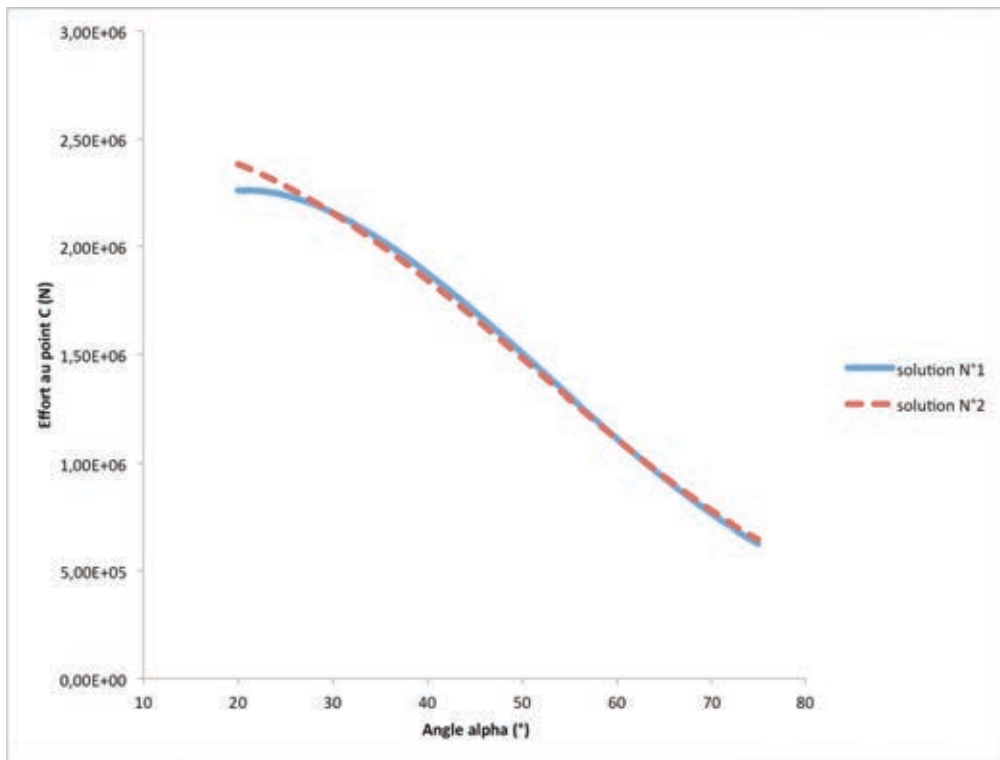


Figure 7 : Effort en pied de vanne au point C en fonction de l'angle  $\alpha$

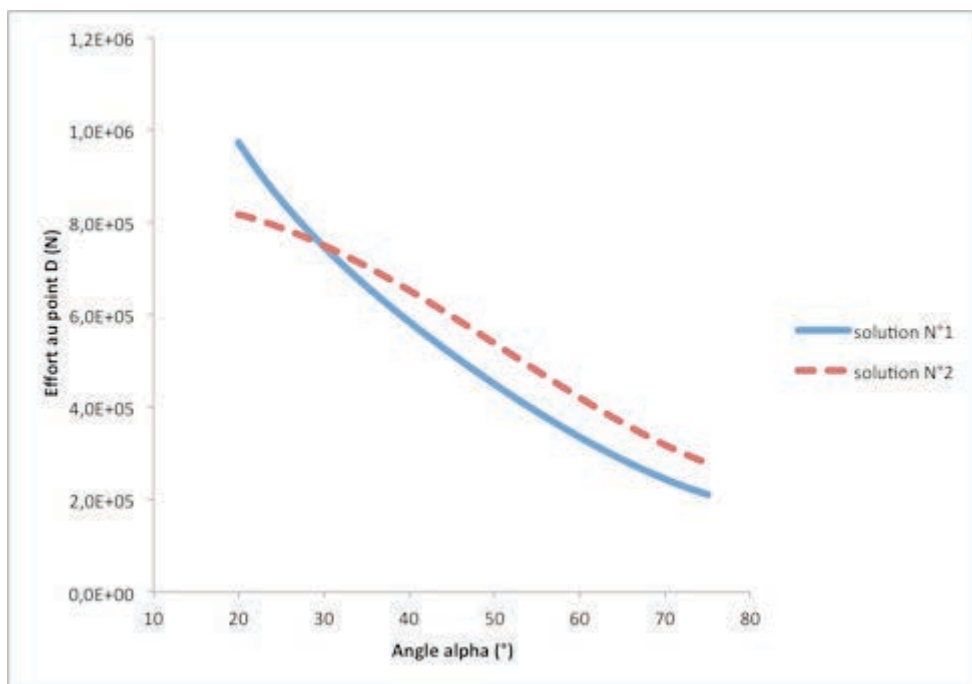


Figure 8 : Efforts en haut de la vanne au point D en fonction de l'angle  $\alpha$

**Question 1.2.3 :** Sans détailler la résolution des calculs, **préciser** les étapes et **poser** les équations qui permettent de tracer ces diagrammes.

**Question 1.2.4 :** **Conclure** sur l'influence du choix constructif du système d'ouverture vis-à-vis les efforts engendrés dans la liaison de pied de vanne.

## Partie 1.3 : Étude de comportement associée au choix de matériau

*Le système de pilotage des vannes clapets étant situé sur un seul côté, il s'agit de vérifier la tenue mécanique de la vanne clapet.*

La forme et l'implantation des vannes clapets sont celles données au DT4. La vanne clapet est une structure en tôles et raidisseurs en acier S335 mécano-soudés. Le bureau d'étude a réalisé un calcul par éléments finis dont le résultat en termes de contrainte équivalente selon le critère de Von Mises pour la vanne clapet en position haute est également reporté au DT4.

**Question 1.3.1** : Sur la vue en perspective de la vanne clapet donnée au DR2, **indiquer** les conditions aux limites qu'il faut appliquer sur la vanne clapet pour réaliser le calcul par la méthode des éléments finis. **Préciser** également quelles autres données doivent être fournies pour l'étude de comportement.

**Question 1.3.2** : Le matériau choisi pour la vanne est un acier du type S335. **Analyser** l'influence de ce choix sur le résultat du calcul par éléments finis. **Donner** les avantages et inconvénients de ce matériau dans le contexte d'utilisation du barrage de l'Allier.

## Partie 1.4 : Modélisation de la vanne clapet avec vérin

En 2012, le choix d'un vérin hydraulique pour 3 des 7 vannes clapet est envisagé afin de pouvoir réguler le débit d'eau amont imposé par les activités nautiques présentes sur le plan d'eau.

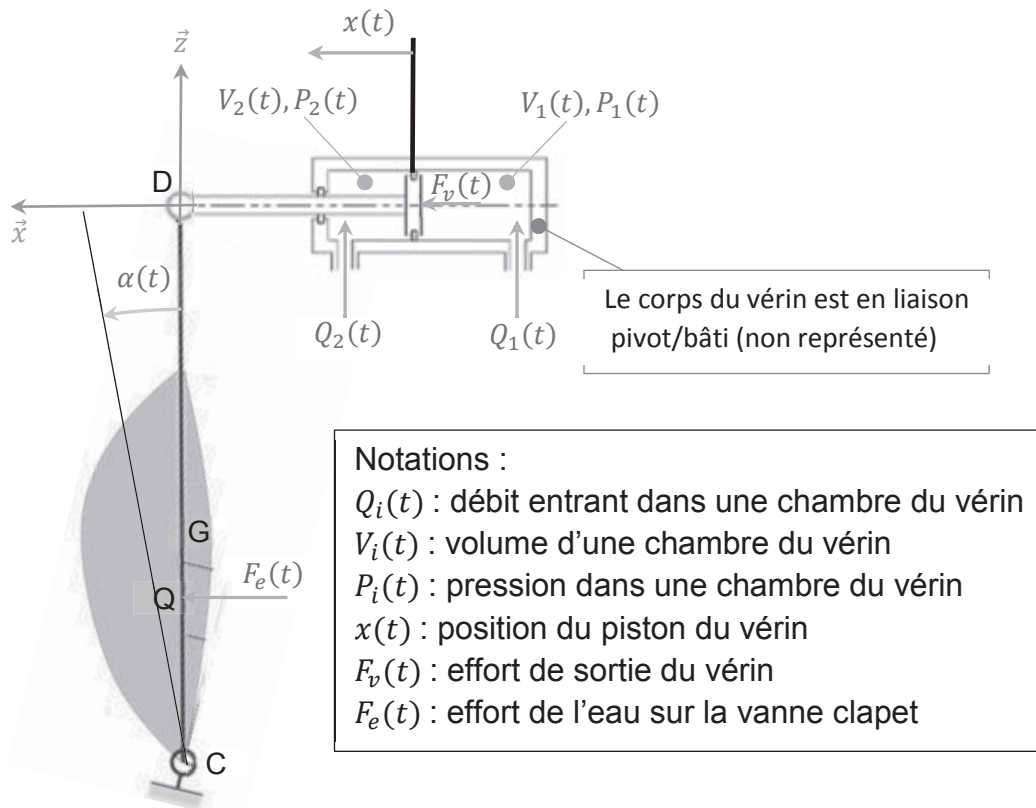
De plus, les éléments précédents ont déterminé des grandeurs pour un dimensionnement en régime statique mais pas en régime variable. Des vibrations générées par la commande du vérin pourraient être néfastes à la durée de vie de certains éléments.

Le maître d'ouvrage souhaite :

- réguler la position de la vanne clapet en fonction du débit amont (exigence Id 1.1.1.2 « La régulation de niveau doit permettre de maintenir une hauteur d'eau constante et suffisante ») ;
- générer un déplacement de la vanne sans vibrations afin d'assurer la pérennité de l'ouvrage (exigence Id. 1.3 « Assurer la sécurité des rives amont/aval »).

Dans un premier temps, seule la vanne clapet n°2 est modifiée.

Afin d'anticiper le comportement global du barrage, le fonctionnement d'une vanne clapet commandée par un vérin hydraulique est modélisé afin d'identifier les possibles générations de vibrations par la commande dans le fonctionnement du vérin.



**Figure 9 : Schéma simplifié de la vanne clapet avec vérin**

Un pilotage par servovalve (non représenté sur le schéma de la figure 9) commande les débits volumiques  $Q_1(t)$  et  $Q_2(t)$  des 2 chambres du vérin.

Une commande positive de la servovalve va permettre au volume  $V_1(t)$  d'augmenter. La pression  $P_1(t)$  dans la chambre 1 et la pression  $P_2(t)$  dans la chambre 2 va diminuer (mise au refoulement du volume  $V_2(t)$ ). Si la différence de pression  $P_1(t) - P_2(t)$  est sensée générer un déplacement positif du piston du vérin, l'effort exercé sur la tige de vérin par la vanne clapet participe également au déplacement positif du piston du vérin  $x(t)$ .

Le déplacement sera stoppé si on repositionne le tiroir de la servovalve en position médiane (commande nulle de la servovalve).

Le débit entrant dans une chambre du vérin est égal au débit sortant de l'autre chambre :

$$Q_2(t) = -Q_1(t).$$

Le fluide n'est pas incompressible.  $B$  définit le module de compressibilité du fluide. La variation de volume du fluide  $\Delta V$  en fonction de la variation de pression  $\Delta P$  dans une chambre du vérin est définie par la relation :

$$\frac{\Delta V}{V} = -\frac{\Delta P}{B}$$

Le débit entrant dans une chambre du vérin est la somme de la variation de son volume liée au déplacement du piston et la variation de son volume liée à la compressibilité du fluide. Le débit entrant dans la chambre 1 peut donc s'écrire :

$$Q_1(t) = S \frac{dx}{dt} + \frac{V_1}{B} \frac{dP_1}{dt}$$

Afin de simplifier l'étude on considère que la section utile du vérin  $S$  est identique dans chaque chambre et la section de la tige du vérin est à priori négligée.

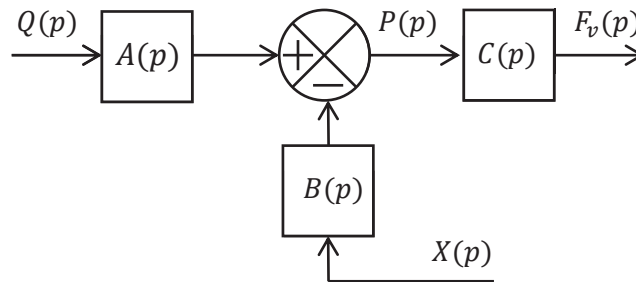
**Question 1.4.1. :** Déterminer l'équation littérale des débits reliant le débit  $Q_2(t)$ , la pression  $P_2(t)$  dans la chambre 2 et le déplacement du piston  $x(t)$ . Déterminer l'équation de l'effort de sortie du vérin  $F_v(t)$  en fonction des pressions  $P_1(t)$  et  $P_2(t)$

Afin de simplifier l'analyse on considère que le vérin est en position centrale.

et que  $V_1 = V_2 = V$ .

Pour simplifier l'écriture on pose  $Q(t) = Q_1(t)$  et  $P(t) = P_1(t) - P_2(t)$

En considérant que les conditions d'Heaviside sont respectées, les équations aux variations dans le plan de Laplace du vérin peuvent se représenter par le schéma bloc suivant :



On note :

$Q(p)$  la transformée de Laplace de la variable  $Q(t)$  ;

$P(p)$  la transformée de Laplace de la variable  $P(t)$  ;

$F_v(p)$  la transformée de Laplace de la variable  $F_v(t)$  ;

$X(p)$  la transformée de Laplace de la variable  $x(t)$ .

**Question 1.4.2 :** Donner sous forme littérale le contenu des blocs  $A(p)$ ,  $B(p)$  et  $C(p)$ .

Données :

- le corps du vérin est en liaison pivot par rapport au bâti ;
- la rotation du corps du vérin est négligée ;
- $m_v$  : masse de la tige et du piston du vérin ;
- $I_C$  : Inertie d'une vanne clapet autour de l'axe  $C\vec{y}$  ;
- $\vec{F}_e$  : résultante de l'action de l'eau sur la paroi de la vanne clapet au point Q ;
- $\vec{F}_v$  : force engendrée par le vérin ;
- $\vec{F}_C = -c\dot{x}(t)\vec{x}$  : force liée au frottement visqueux ramené sur l'axe de la tige du vérin ;
- $R$  : distance CD ;
- $d$  : distance CQ.

On note :

- $F_e(p)$  la transformée de Laplace de la variable  $F_e(t)$ .

**Question 1.4.3 :** À partir du théorème de l'énergie-puissance, démontrer l'équation différentielle suivante)  $m\ddot{x}(t) = F_v(t) + \frac{d}{R}F_e(t) - c\dot{x}(t)$  avec  $m = m_v + \frac{I_C}{R^2}$  la masse équivalente ramenée sur l'axe du vérin. En déduire l'équation aux variations dans le plan de Laplace donnant  $X(p)$  en fonction de  $F_v(p)$ ,  $F_e(p)$  et  $X(p)$  et des paramètres.

**Question 1.4.4 :** Compléter le schéma bloc de la question 1.4.2 afin d'avoir une représentation du système d'entrée de commande  $Q(p)$ , de perturbation  $F_e(p)$  et de sortie  $X(p)$ .

On pose la raideur hydraulique du vérin  $R_h = \frac{2BS^2}{V}$

**Question 1.4.5 :** Déterminer la fonction de transfert  $\frac{X(p)}{Q(p)}$  sous forme canonique.

Cette fonction de transfert fait apparaître un polynôme au dénominateur pouvant se mettre sous la forme canonique suivante :  $1 + \frac{2\xi}{\omega_0}p + \frac{p^2}{\omega_0^2}$ .

L'application numérique de ce polynôme donne un facteur d'amortissement  $\xi \ll 1$

**Question 1.4.6 :** Dans le cas d'une commande en débit sous forme d'un échelon d'amplitude  $\Delta Q$ , **indiquer** si la réponse en position du vérin présentera un comportement convergent, divergent, avec oscillations, sans oscillation.

**Question 1.4.7 :** **Proposer** une ou des solutions de correction permettant d'obtenir un déplacement de la tige du vérin répondant aux objectifs suivants :

- réguler la position de la vanne clapet en fonction du débit amont (exigence Id 1.1.1.2 « La régulation de niveau doit permettre de maintenir une hauteur d'eau constante et suffisante ») ;
- générer un déplacement du vérin sans vibrations afin d'assurer la pérennité de l'ouvrage (exigence Id. 1.3 « Assurer la sécurité des rives amont/aval »).

**Question 1.4.8. :** **Rédiger** une analyse critique des hypothèses et simplifications utilisées au cours de la modélisation.

## PARTIE 2 : Élaboration d'une séquence d'enseignement « choix de structure et matériaux » en STI2D

*Cette partie vise l'élaboration d'une séquence d'enseignement transversal en première STI2D qui sera consacrée aux structures et matériaux.*

Classe : 1 <sup>re</sup> STI2D	Nombre élèves : 24	Effectif réduit : 12 élèves
Enseignement technologique transversal	Nombre d'heures classe entière (C.E.) : 2 h	Nombre d'heures groupe à effectif réduit : 5 h
Période : Milieu d'année scolaire de la classe de première		

À l'aide des documents pédagogiques DP1, DP2 et des données et documents fournis dans le sujet, en reprenant tout ou partie des éléments étudiés en partie 1 :

**Question 2.1 :** Sur feuille de copie et en complétant les documents réponse DR3, **décrire** en détail la séquence pédagogique en précisant et en justifiant :

- la durée de la séquence, le nombre et la durée des séances consacrées en classe entière ou en groupe à effectif réduit ;
- le détail des activités proposées aux élèves pour chaque séance envisagée ;
- l'organisation du travail en classe, en effectif réduit ;
- la démarche pédagogique retenue pour chaque activité proposée ;
- l'utilisation des ressources et outils numériques au cours des activités ;
- les supports et/ou dossiers retenus pour chaque activité proposée.

**Question 2.2 :** **Préciser** la nature et les modalités d'évaluation pour cette séquence.

### **PARTIE 3 : Validation de l'exigence 1.3 « Assurer la sécurité des habitants des rives amont/aval »**

*Afin d'éviter l'incident de 2008 ayant amené à une crue « AVAL » liée au dysfonctionnement de l'électrofrein (électrofrein de type Frein à Manque de Courant ou FMC), le bureau d'étude souhaite étudier une solution pour faire face au scénario possible d'absence d'alimentation électrique. Il s'agit également de vérifier si un groupe électrogène tel qu'envisagé, permet une alimentation électrique correcte en cas de coupure générale.*

#### **Partie 3.1 : Comparaison des deux solutions vis-à-vis de l'exigence 1.3.2 « En l'absence d'alimentation, supporter les efforts de poussée de l'eau »**

*Les solutions N°1 et N°2 présentent des chaînes d'énergie différentes et donc des conditions de sécurité différentes. Il s'agit de déterminer, entre les solutions N°1 ou N°2, laquelle est la plus pertinente pour le respect des exigences liées à la sécurité.*

**Question 3.1.1 :** À partir des diagrammes de blocs internes du document DT1 3/3 des deux solutions de pilotage d'ouverture des vannes, **identifier** les éléments de chacune des deux solutions qui permettent de tenir compte de la sous exigence 1.3.2.

**Question 3.1.2 :** **Conclure** sur la solution à retenir vis-à-vis de la sous exigence 1.3.2.

#### **Partie 3.2 : Analyse d'une nouvelle solution respectant l'exigence 1.3.2 « En l'absence d'alimentation, supporter les efforts de poussée de l'eau »**

*Le bureau d'étude envisage la possibilité de rendre le système irréversible afin d'améliorer la sécurité, même en cas de dysfonctionnement de l'électrofrein et décide de rendre le réducteur irréversible. Une des solutions proposées par le bureau d'étude consiste à modifier l'angle d'hélice du couple roue et vis sans fin. Le nouveau couple roue et vis sans fin doit pouvoir être logé dans le boîtier de l'ancien système. L'étude consiste à évaluer les impacts de cette solution sur la chaîne d'énergie et le respect des exigences de sécurité.*

L'étude aboutit à la proposition suivante :

- un angle d'hélice de  $4,1^\circ$  ;
- un rapport de réduction de 60.

**Question 3.2.1 :** À partir des données fournies dans le DT2, **déterminer** le nouveau temps de relevage sur la course maximale du clapet, les temps d'accélération et de décélération seront négligés. **Conclure** quant au respect de l'exigence 1.3.4.

Le bureau d'étude substitue les machines asynchrones (MAS) tétrapolaires des motorisations des clapets par des MAS bipolaires. Le glissement moyen est toujours estimé à 5 %.

**Question 3.2.2 :** À partir des données fournies dans le DT2, **déterminer** le nouveau temps de relevage sur la course maximale du clapet, les temps de démarrage et d'arrêt seront négligés. **Conclure** quant au respect de l'exigence 1.3.4.

**Question 3.2.3 :** À partir des données fournies dans le DT2, **déterminer** la (les) classe(s) possible(s) définissant l'irréversibilité du nouvel étage roue et vis sans fin. **Conclure** quant au respect de l'exigence 1.3.2.

Le bureau d'étude approfondit la solution utilisant une MAS bipolaire.

On rappelle que le système moteur-pignon-chaîne développe un effort nominal de 1000 kN. En première approche, le dimensionnement tient compte de l'effort sur la chaîne sans prendre en compte les effets des inerties. Le rendement en réducteur des engrenages est estimé à  $\eta_{eng} = 94\%$  et le rendement en réducteur de la nouvelle roue et vis sans fin est estimé à  $\eta_{rv} = 77\%$  quelle que soit la vitesse de rotation des MAS.

**Question 3.2.4 :** À partir des données fournies dans le DT2, **déterminer** le couple maximal à fournir par la MAS. **Choisir** une référence de MAS dans le DT6. **Préciser** les efforts à rajouter afin de valider cette première sélection.

**Question 3.2.5 :** **Préciser** toutes les modifications apportées à la chaîne d'énergie afin de respecter toutes les exigences.

**Partie 3.3 : Validation de l'exigence 1.3.3 « En l'absence d'alimentation générale, possibilité d'utiliser une alimentation de secours pour actionner le système de régulation de niveau »**

*Il s'agit de vérifier, après simulation, si le groupe électrogène existant peut assurer la continuité de service de cette nouvelle solution de pilotage des actionneurs des vannes clapet en cas de rupture d'alimentation électrique du fournisseur d'énergie, exigence 1.1.1.2 affinée par l'exigence 1.1.1.2.2.*

Dans ce mode dégradé certaines installations ne seront pas secourues (cf. DT5 et DT7) afin d'assurer l'exigence 1.3.3. De plus, dans ce mode dégradé, une logique de commande n'autorise l'alimentation des équipements électriques associés au clapet N°2 (coffret clapet N°2, groupe hydraulique, canne chauffante) que lorsque les motorisations des autres vannes clapets sont non alimentées. Avant d'alimenter les MAS des motorisations des vannes clapets, les pompes de lubrification des réducteurs sont mises en route pendant au moins 30 secondes.

En parallèle du dimensionnement par des méthodes analytiques, des modèles de simulation numérique des motorisations des clapets sont développés. Ces modèles sont des modèles hybrides causal/acausal.

Le modèle de la MAS est proposé. Les paramètres connus sont :

- l'inertie totale ramenée à l'axe de la MAS ;
- un couple de frottement sec et un couple de frottement visqueux ramené à l'axe de la MAS ;
- le rapport de réduction du réducteur ;
- le rayon primitif du pignon Galle.

L'effort de l'eau sur le clapet ramené à la chaîne est considéré constant. La valeur choisie sera la valeur maximale de l'effort pondéré d'un coefficient correspondant à la prise en compte des rendements des éléments de la chaîne cinématique définis ci-avant pour un relevage du clapet.

Le modèle de simulation devra permettre d'afficher :

- la valeur efficace du courant dans la MAS ;
- la puissance apparente consommée par la MAS ;
- la puissance active consommée par la MAS ;
- le couple électromagnétique généré par la MAS ;
- la vitesse de rotation de la MAS en  $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$  ;
- la longueur et la vitesse de déroulement de la chaîne.



**Question 3.3.1 :** Sur le DR4 et en utilisant les paramètres connus du système ainsi que les grandeurs à afficher en simulation, **finaliser** le modèle de la chaîne de transmission d'une vanne clapet. **Préciser** la valeur à régler de  $p$  (nombre de paires de pôles de la MAS), la valeur à régler de  $V_s$  (tension simple statorique de la MAS), la valeur à régler de  $f_s$  (fréquence d'alimentation statorique de la MAS) et la valeur de l'effort pondéré de l'eau sur le clapet.

Une simulation a permis d'obtenir l'évolution de la puissance active totale, de la puissance apparente totale et de la valeur efficace du courant de l'installation sur la phase de démarrage des différentes MAS des clapets suite à l'alimentation des divers équipements (cf. DT8a).

**Question 3.3.2 :** À partir de l'analyse des courbes issues de cette simulation, **préciser** si le groupe électrogène est en capacité d'alimenter l'installation.

## **PARTIE 4 : utilisation pédagogique des modèles multi physiques en STI2D**

Les élèves de STI2D et de S SI sont amenés à utiliser des modèles multi-physiques au cours des deux années de formation.

**Question 4.1. : Préciser** en quoi l'exploitation des modèles numériques multi-physiques apporte une plus-value à la formation des élèves. **Établir** la comparaison de la nature des apprentissages à dispenser pour des élèves relevant de la voie générale et scientifique et pour des élèves relevant de la voie technologique.

**Question 4.2. : Préciser** les modalités pédagogiques à privilégier au cours de la scolarité des élèves en classe de première et en classe de terminale STI2D utilisant des modèles multi physiques, en enseignement transversal, en approfondissement (spécialités IC, EE, AC, SIN) et en projet.

**Question 4.3. : Préciser** la progressivité des apprentissages à envisager au cours de la scolarité des élèves de STI2D (classe de première et de terminale) pour atteindre l'objectif de formation O5 (Cf. DP1 2/5) : « utiliser un modèle de comportement pour prédire un fonctionnement ou valider une performance ».

## **PARTIE 5 : Enseignement technologique en langue vivante (ETLV) en STI2D.**

L'enseignement technologique en langue vivante 1 (Cf. DP3.) est pris en charge conjointement par deux enseignants, un enseignant d'une discipline technologique et un enseignant de langues vivantes.

**Question 5.1 :** Sur feuille de copie, à partir du support étudié « le pont barrage de Vichy », **proposer** les éléments caractéristiques de cet enseignement technologique en langue vivante, en détaillant :

- les notions et pôles de compétences qui pourraient être proposés aux élèves ;
- le ou les dossiers technologiques qui seraient utilisés ;
- les aspects techniques, linguistiques et culturels qui seraient développés ;
- les objectifs de formation de ou des séances d'enseignement conjoint ;
- les démarches pédagogiques mises en œuvre ;

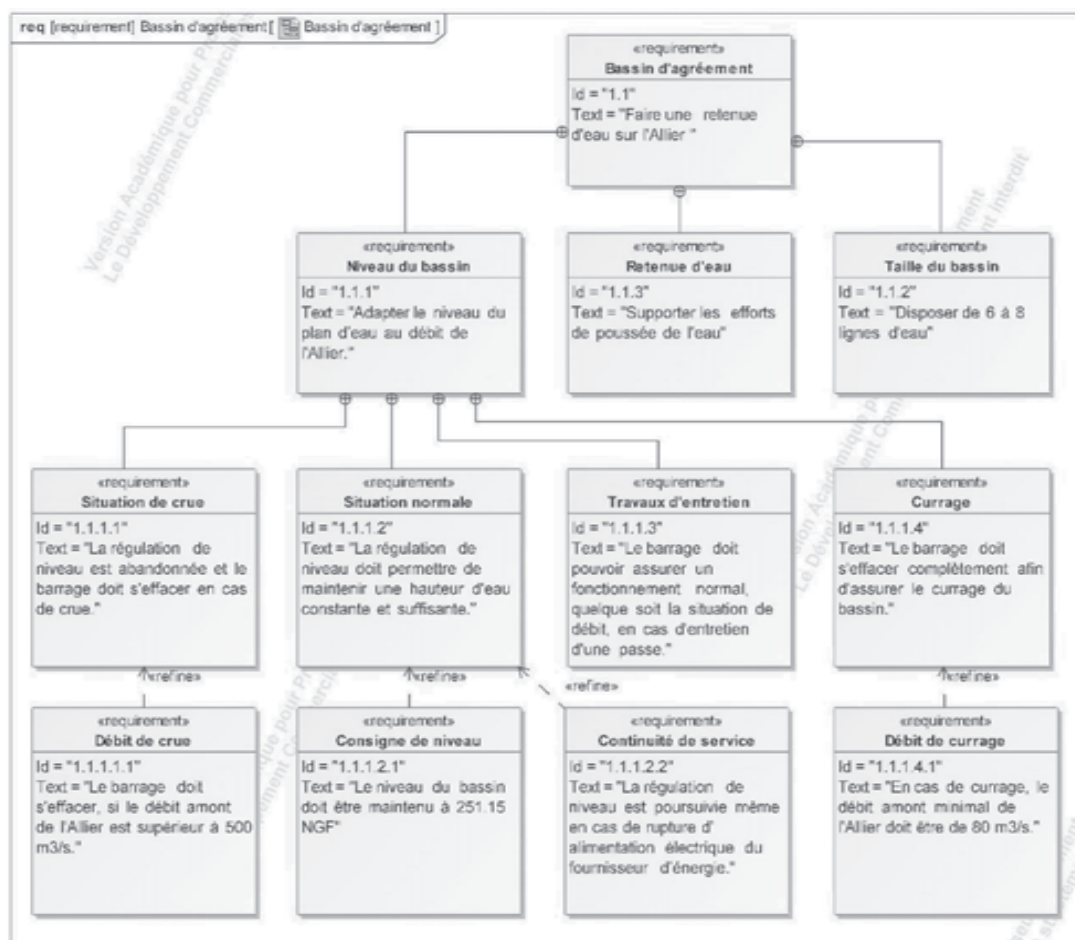
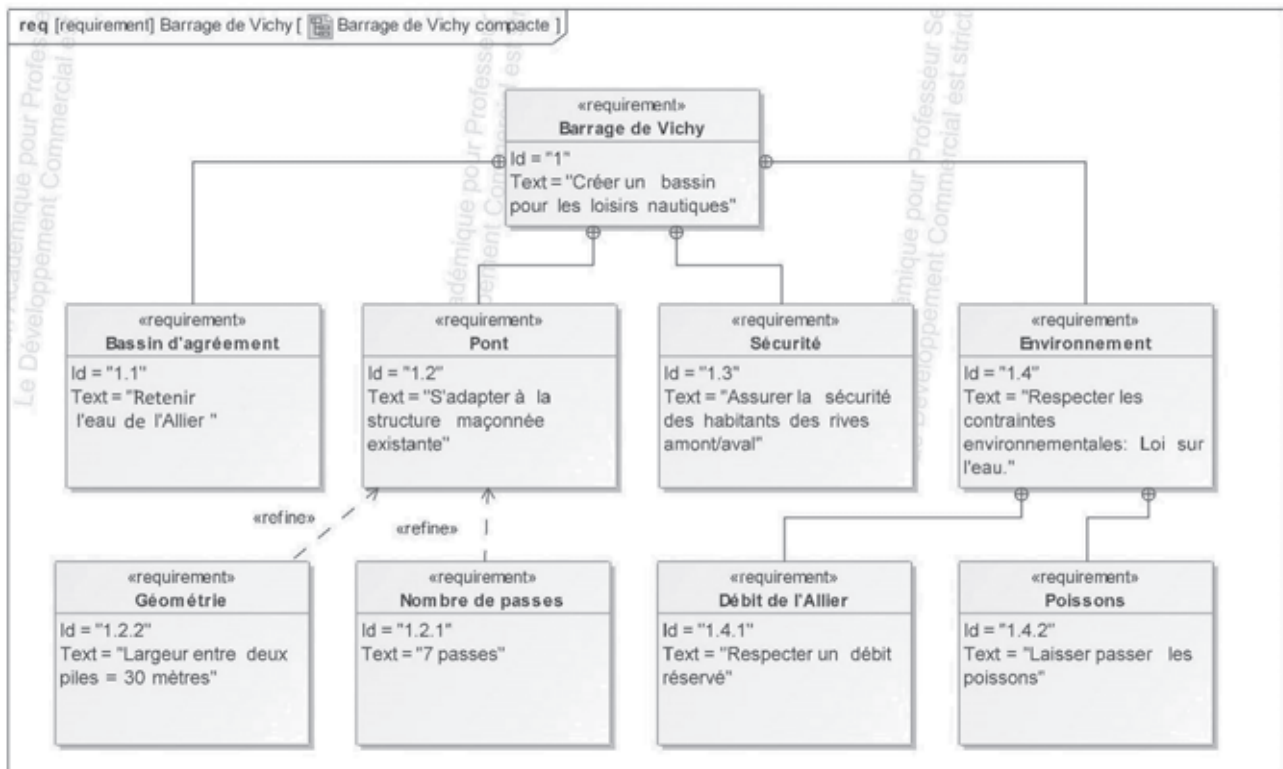
**Question 5.2 :** Sur feuille de copie, **préciser** les modalités de construction de cet enseignement par les deux professeurs concernés (co-préparation, co-animation, co-intervention) pour permettre aux élèves de progresser dans la maîtrise d'une langue vivante étrangère.

## DOCUMENTS TECHNIQUES

<b>DT1</b>	<b>Extrait du cahier des charges et des diagrammes de blocs internes</b>	<b>3 pages</b>
<b>DT2</b>	<b>Documentation technique sur la vanne clapet avec système moteurs-pignons-chaînes Galle</b>	<b>5 pages</b>
<b>DT3</b>	<b>Documentation technique sur la vanne avec vérins hydrauliques</b>	<b>1 page</b>
<b>DT4</b>	<b>Calcul par éléments finis de la vanne (solution N°2)</b>	<b>2 pages</b>
<b>DT5</b>	<b>Définition des équipements électriques du pont barrage</b>	<b>1 page</b>
<b>DT6</b>	<b>Tableau constructeur des MAS</b>	<b>1 page</b>
<b>DT7</b>	<b>Schéma électrique partiel du pont barrage</b>	<b>1page</b>
<b>DT8</b>	<b>Résultats des simulations des consommations des équipements</b>	<b>1 page</b>
<b>DT9</b>	<b>Loi-cadre sur l'eau,</b>	<b>4 pages</b>

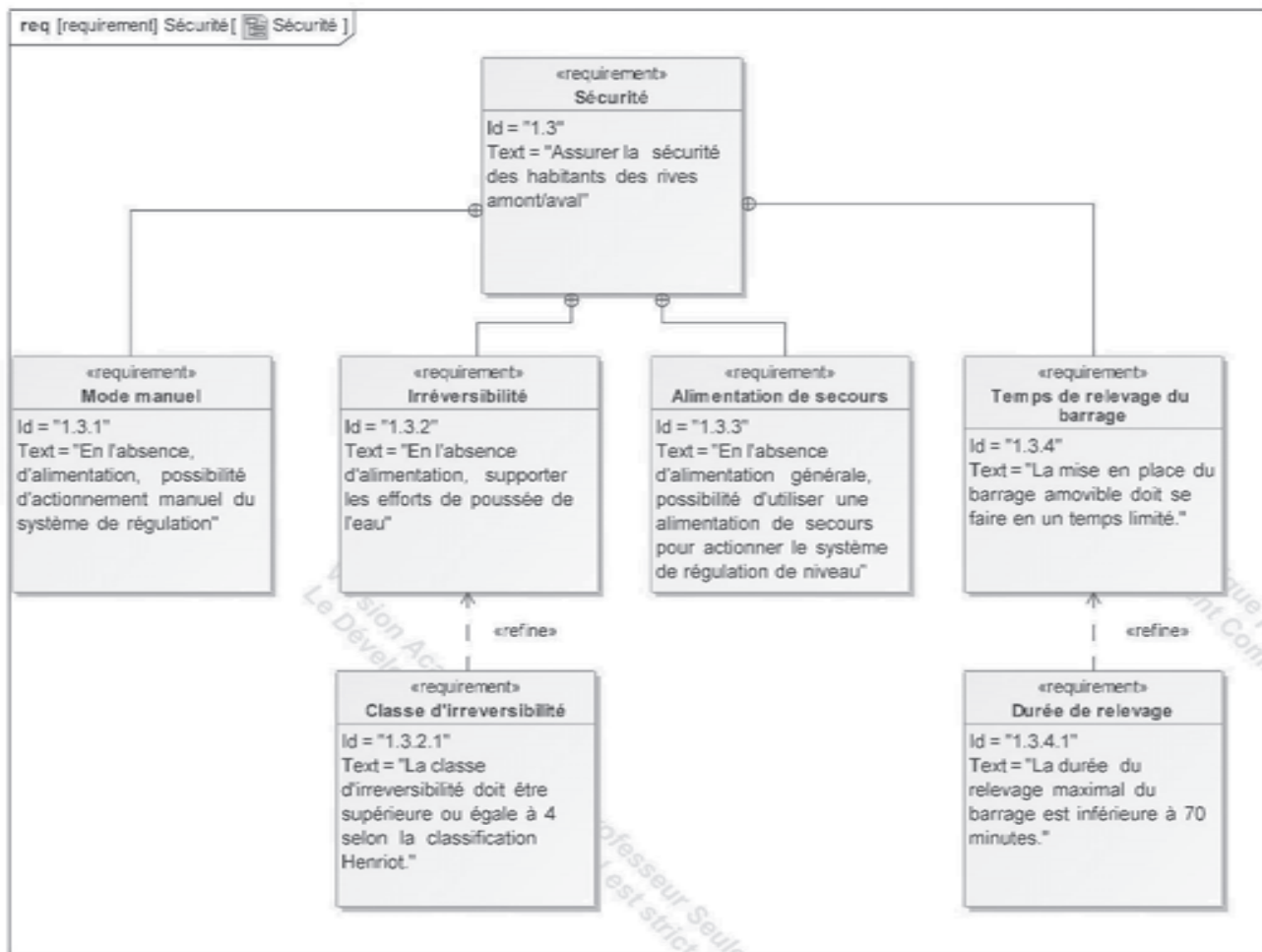
# DT1 1/3 – Extrait du cahier des charges et des diagrammes de blocs internes

## Diagrammes des exigences



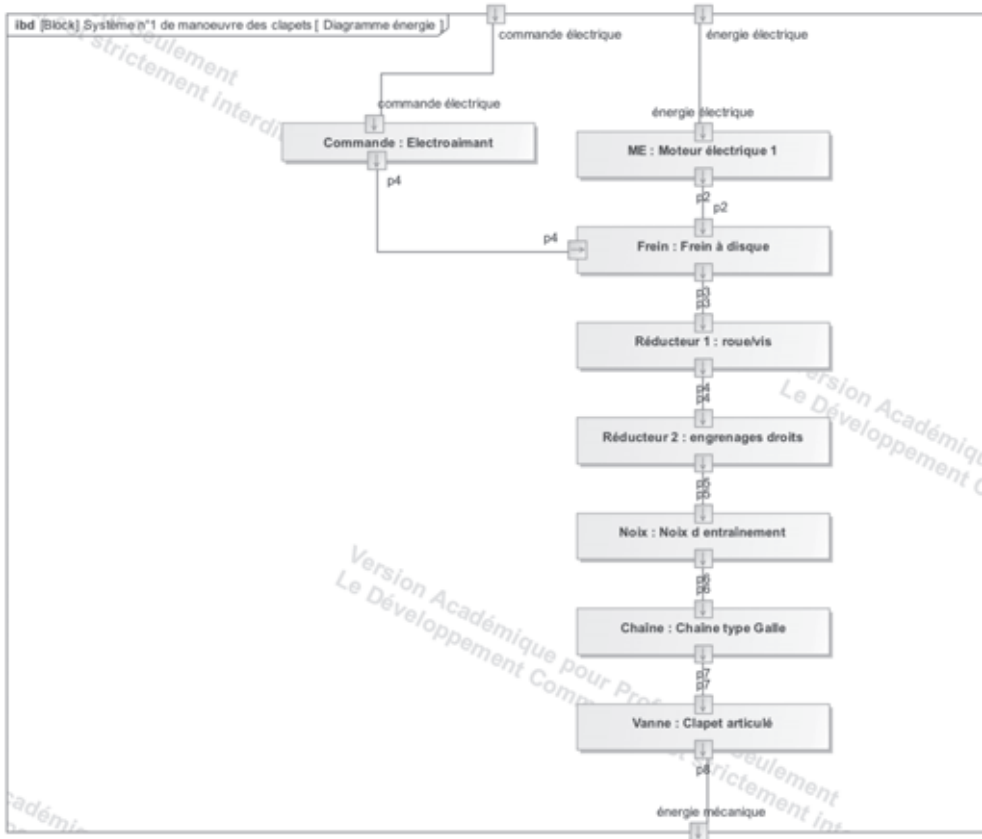
# DT1 2/3 – Extrait du cahier des charges et des diagrammes de blocs internes

## Diagrammes des exigences

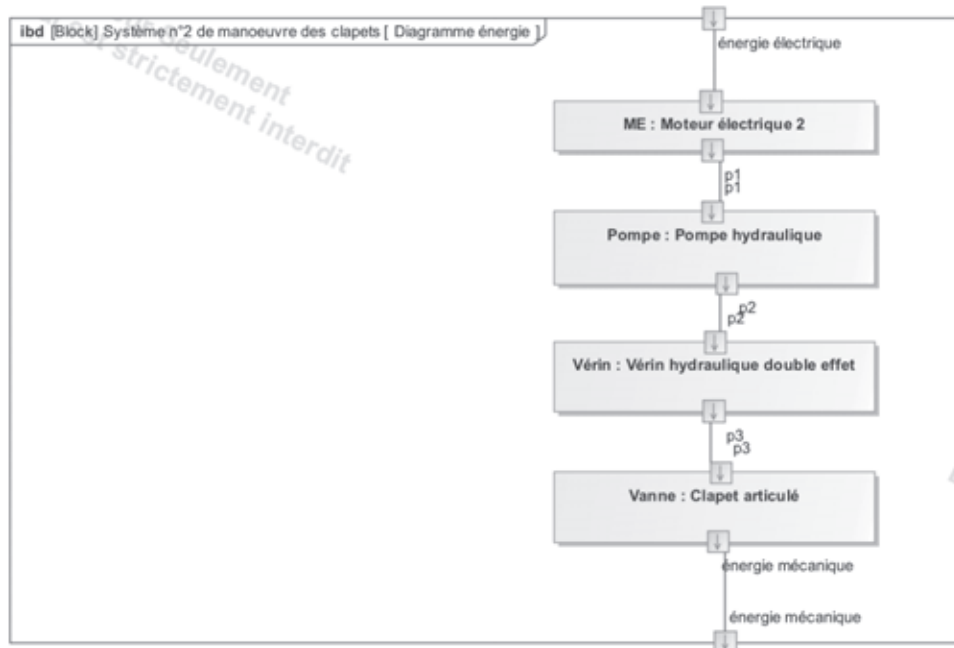


# DT1 3/3 – Extrait du cahier des charges et des diagrammes de blocs internes

## Diagrammes de blocs internes pour la solution N°1



## Diagrammes de blocs internes pour la solution N°2



# DT2 1/5 - Documentation technique sur la vanne clapet avec système moteurs-pignons-chaînes Galle

Aval



Amont



Réducteur

Pignon

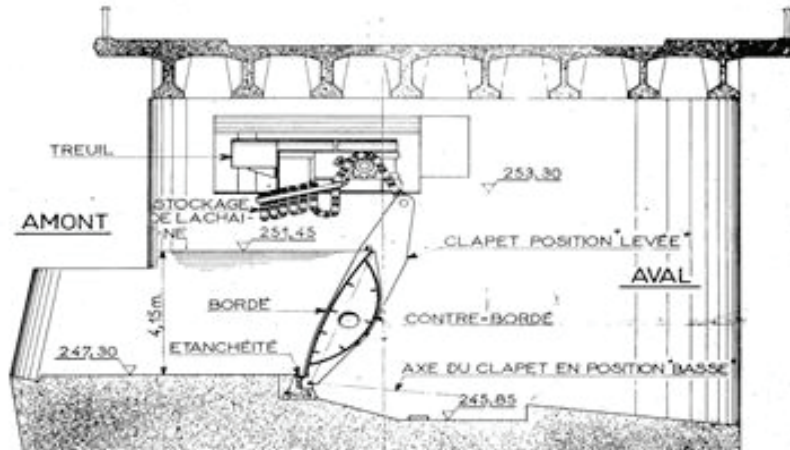
Clapet

Chaîne

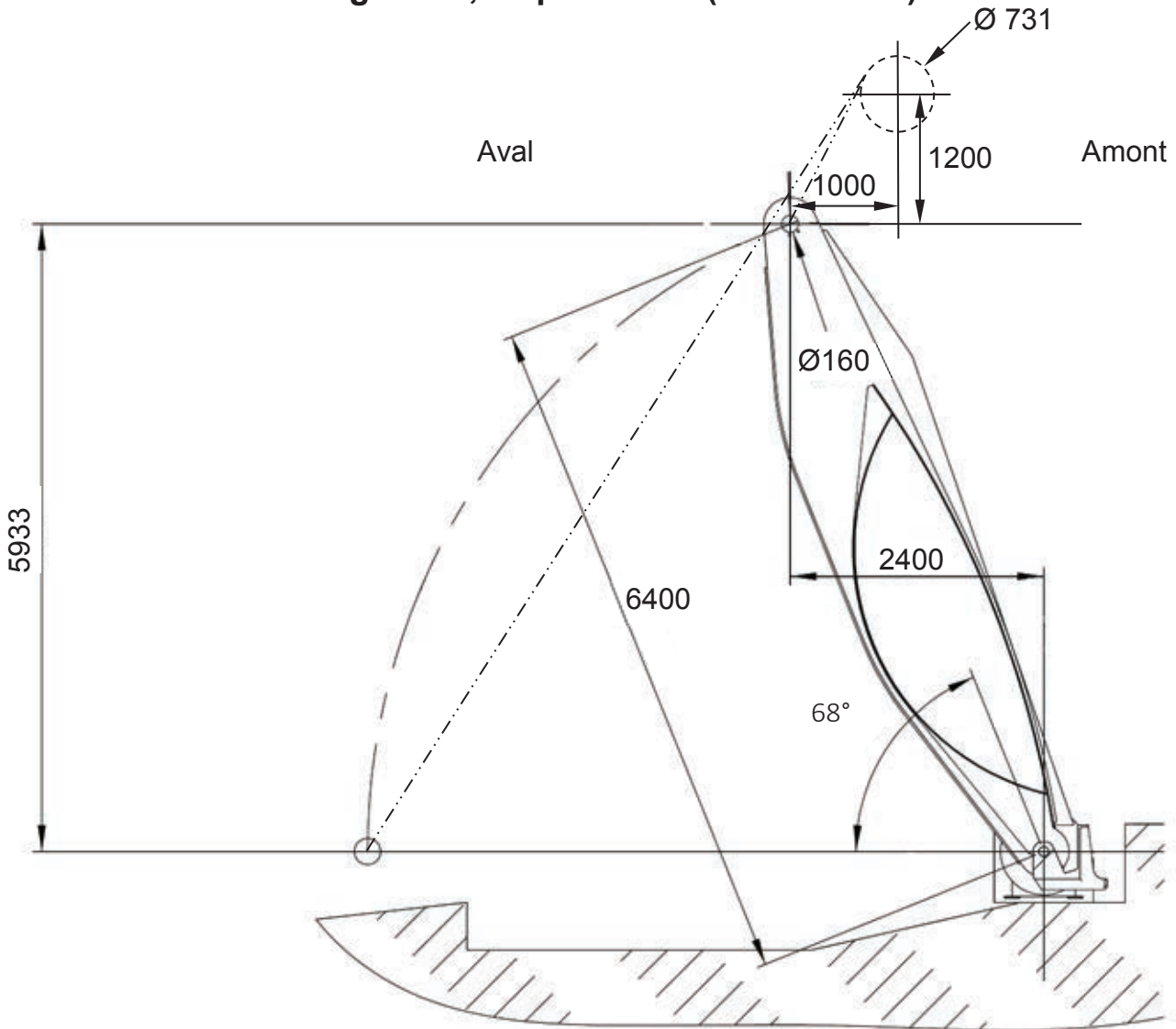


# DT2 2/5 - Documentation technique sur la vanne clapet avec système moteurs-pignons-chaînes Galle

## Coupe vue rive droite



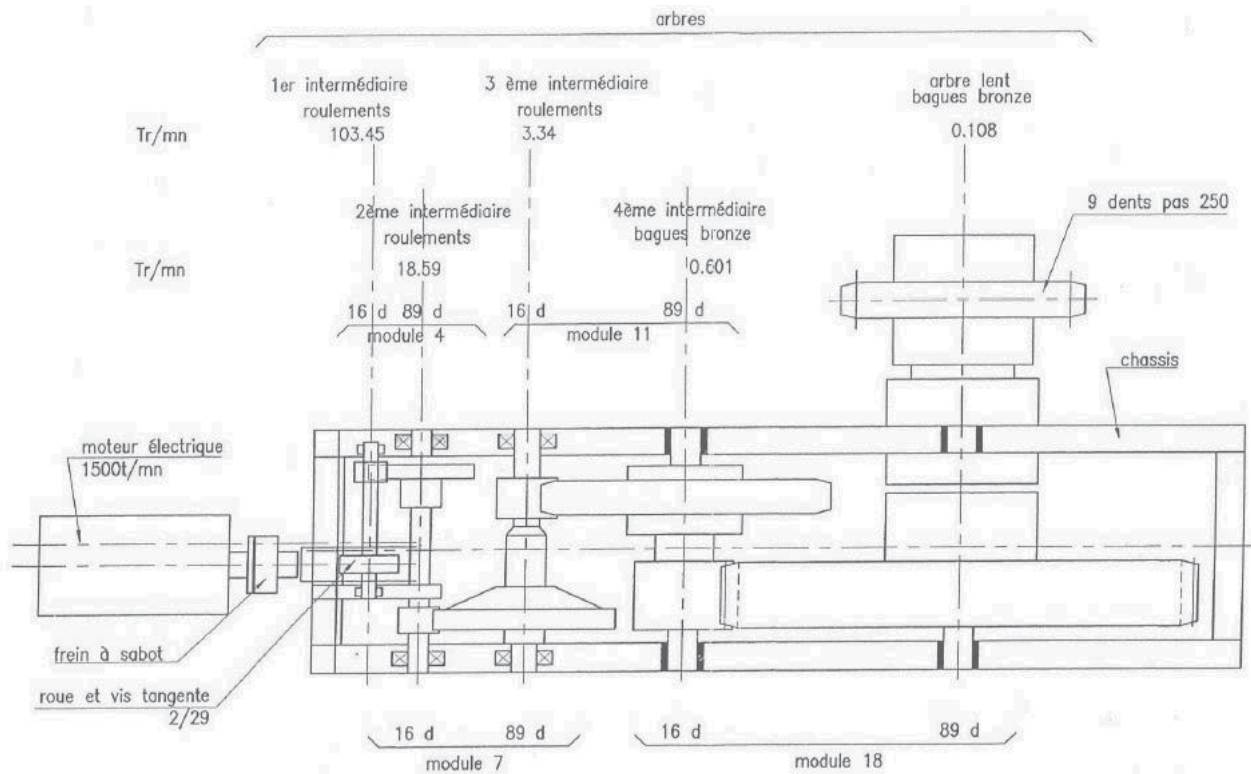
## Dimensions vue rive gauche, clapet relevé (cote en mm)





# DT2 3/5 - Documentation technique sur la vanne clapet avec système moteurs-pignons-chaînes Galle

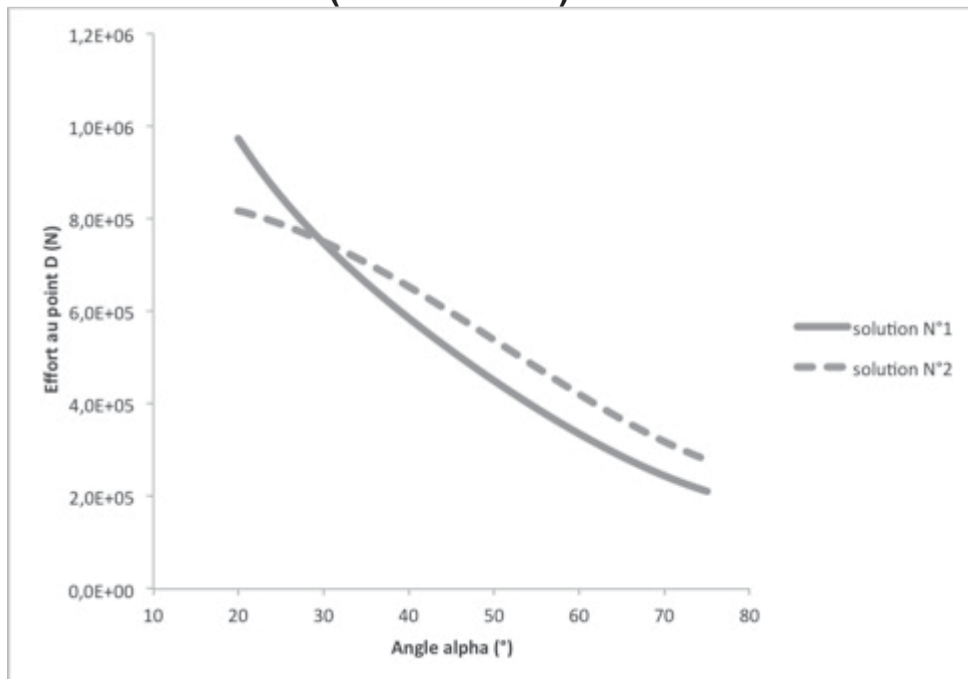
## Ensemble motoréducteur d'origine



Le glissement moyen de la MAS est estimé à  $g = 5 \%$

Le rayon primitif du pignon Galle est  $R_{\text{pignon Galle}} = 0,3655 \text{ m}$

## Effort de traction de la chaîne (solution N°1)



## DT2 4/5 - Documentation technique sur la vanne clapet avec système moteurs-pignons-chaînes Galle

**Rendement en multiplicateur de la roue et vis sans fin  
pour un angle d'hélice  $\gamma_1^\circ=14,066^\circ$**

vitesse vis (tr·min <sup>-1</sup> )	Rendement en multiplicateur
0	0,5435
0,5	0,5458
1	0,5481
5	0,5651
10	0,5833
100	0,7208
250	0,7876
500	0,8315
750	0,8537
1000	0,8678
1250	0,878
1500	0,8857
2000	0,8995
2500	0,9096
3000	0,9181

**Rendement en multiplicateur de la roue et vis sans fin  
pour un angle d'hélice  $\gamma_1^\circ= 4,1^\circ$**

vitesse vis (tr·min <sup>-1</sup> )	Rendement en multiplicateur
0	0,0000
0,5	0,0000
1	0,0000
5	0,0000
10	0,0000
38	0,0000
250	0,3049
500	0,3894
750	0,4308
1000	0,4570
1250	0,4756
1500	0,4836
2000	0,4917
2500	0,4993
3000	0,5035

## DT2 5/5 - Documentation technique sur la vanne clapet avec système moteurs-pignons-chaînes Galle

### Classes d'irréversibilité d'un couple roue et vis sans fin selon Henriot

Type	Angle d'hélice $\gamma_1^\circ$ Rendement en multiplicateur $\eta_m$	Classe
réversibilité totale	$25^\circ < \gamma_1$ $93\% < \eta_m$	1
statiquement réversible dévirage rapide	$12^\circ < \gamma_1 < 25^\circ$ $77\% < \eta_m < 92\%$	2
mauvaise réversibilité statique dévirage rapide en cas de vibrations dynamiquement réversible	$8^\circ < \gamma_1 < 12^\circ$ $56\% < \eta_m < 76\%$	3
statiquement irréversible dévirage en cas de vibrations mauvaise réversibilité dynamique	$5^\circ < \gamma_1 < 8^\circ$ $40\% < \eta_m < 55\%$	4
statiquement irréversible dévirage à accélération lente en cas de vibrations très mauvaise réversibilité dynamique	$3^\circ < \gamma_1 < 5^\circ$ $30\% < \eta_m < 39\%$	5
statiquement irréversible pas de dévirage très mauvaise réversibilité dynamique	$1^\circ < \gamma_1 < 3^\circ$ $25\% < \eta_m < 29\%$	6
irréversibilité pratiquement absolue irréversibilité réellement absolue avec adjonction d'un frein permanent de très faible puissance	$1^\circ < \gamma_1 < 3^\circ$ $\eta_m < 24\%$	7

# DT3 - Documentation technique sur la vanne avec vérins hydrauliques

## VANNE N°2

Aval



Amont

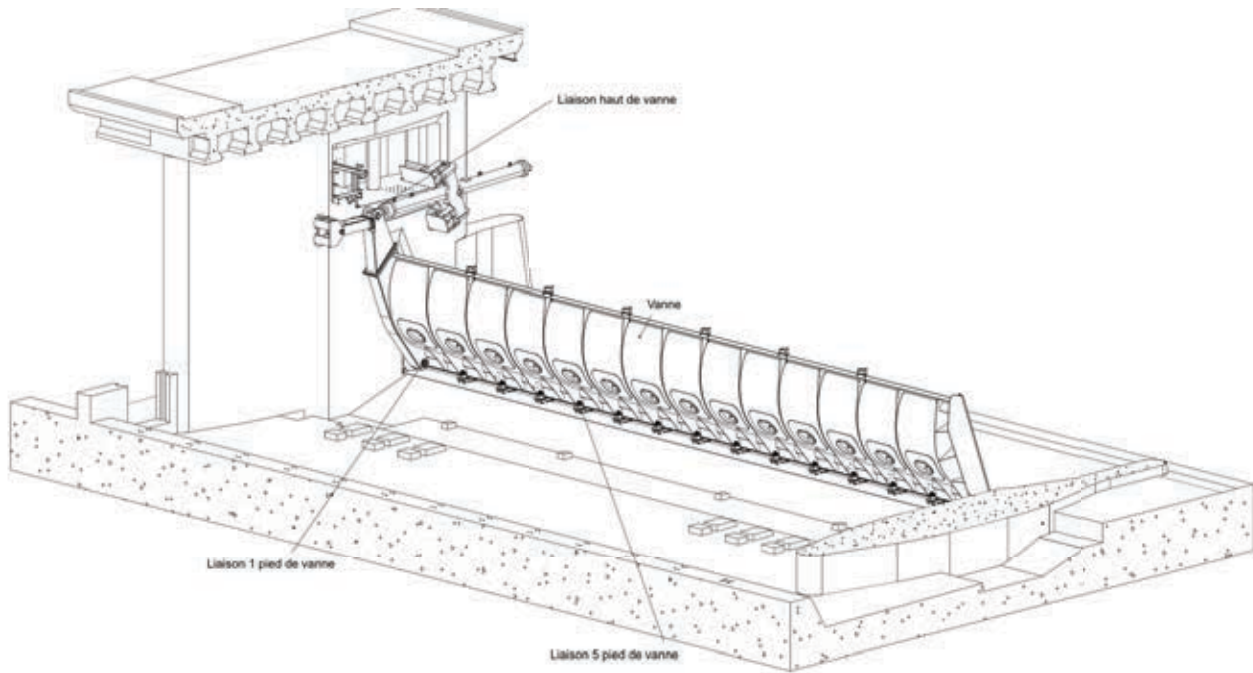
Vérin



Clapet

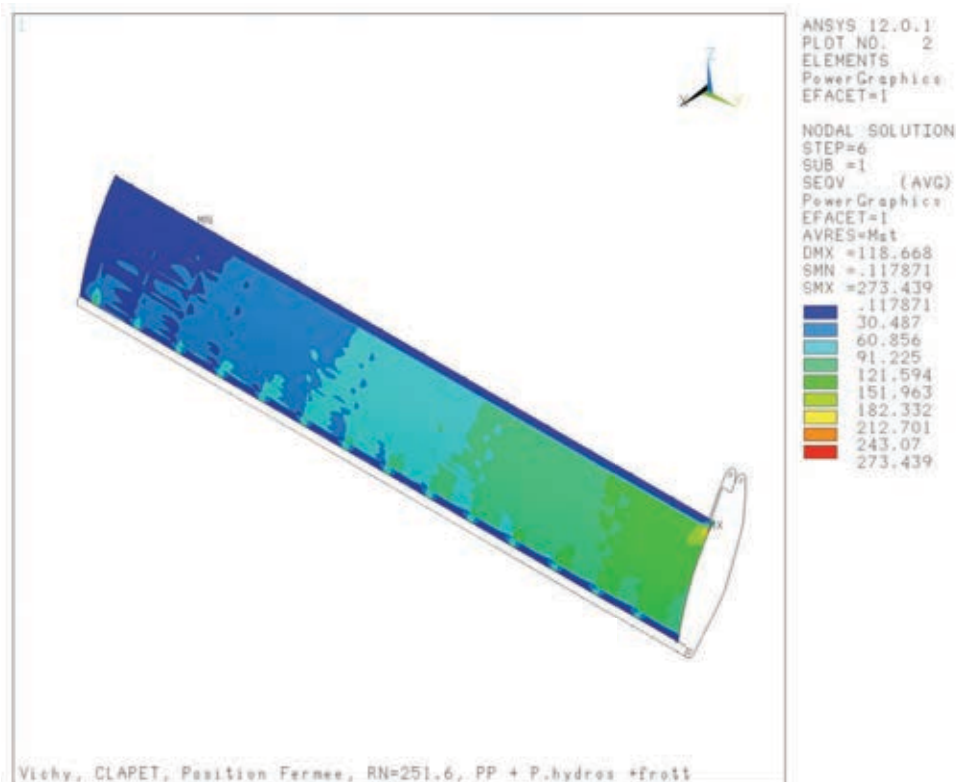
# DT4 1/2 – Calcul par éléments finis d'un clapet (solution N°2)

## Vanne en situation dans le barrage



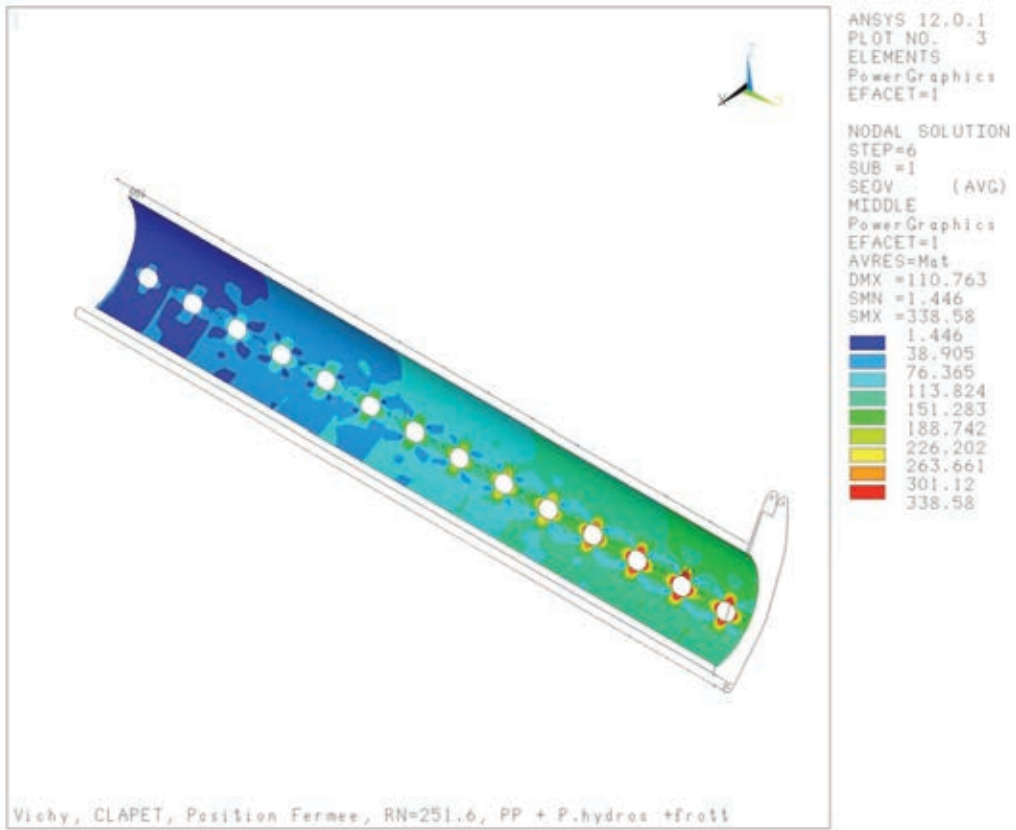
## Résultats de la simulation par éléments finis : représentation des contraintes selon le critère de Von Mises (échelle en MPa) pour le clapet en position fermée

Paroi amont :

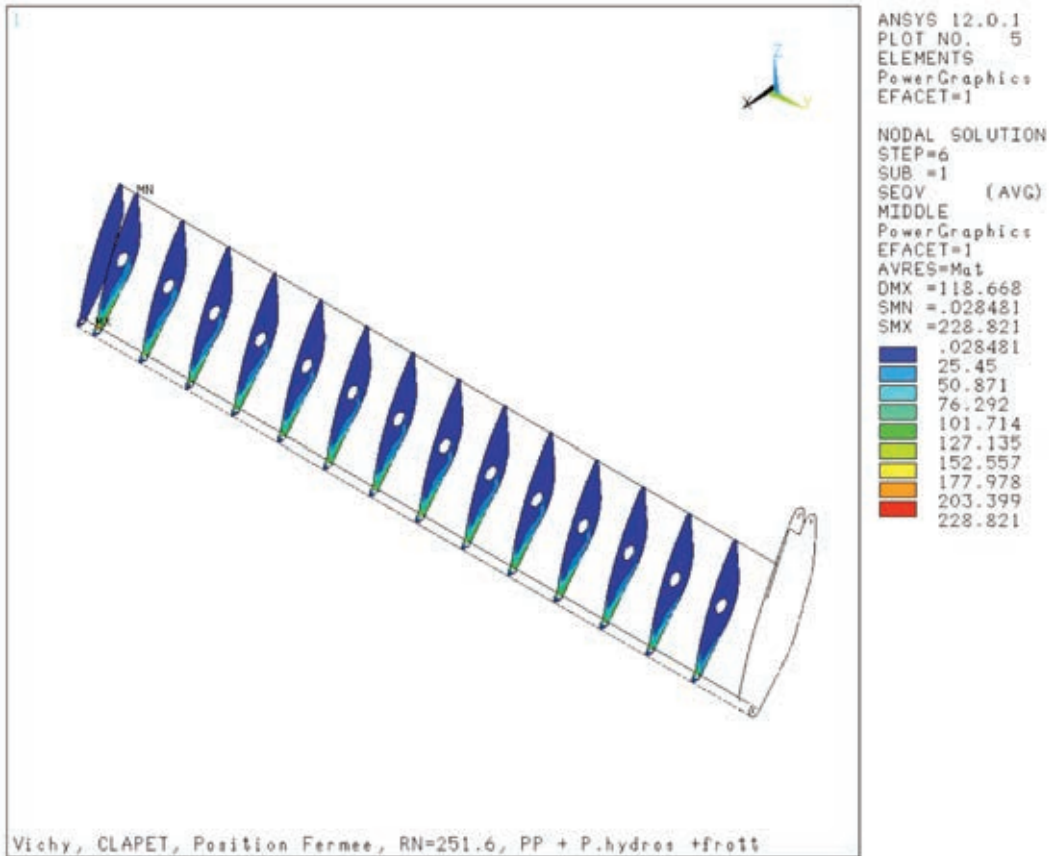


# DT4 2/2 – Calcul par éléments finis d'un clapet (solution N°2)

Paroi aval :



Raidisseurs :



## DT5 - Définition des équipements électriques du pont barrage

Désignation	Nombre	Données
Groupe Électrogène	1	$S_n(\text{PRP}^*) = 77 \text{ kVA}$ $S_n(\text{ERP}^*) = 84 \text{ kVA}$ $P_n(\text{PRP}^*) = 72 \text{ kW}$ $P_n(\text{ERP}^*) = 78 \text{ kW}$ triphasé 400 V ; $f_n = 50 \text{ Hz}$ $I_{n\_ERP^*} = 122 \text{ A}$ ; $I_{n\_PRP^*} = 103 \text{ A}$
Éclairage batardeau + passe à poisson	1	$P_n = 1,51 \text{ kW}$ / $\cos\phi_n = 1$ / monophasé 230 V connecté phase 1
Éclairage local RG	1	$P_n = 1,48 \text{ kW}$ / $\cos\phi_n = 1$ / monophasé 230 V connecté phase 1
Compresseur	1	$P_n = 9,09 \text{ kW}$ / triphasé 400 V / $\cos\phi_n = 0,85$ rendement nominal = 85 % $I_n = 18,2 \text{ A}$ ; $I_d/I_n = 8,3$
Coffret RG	1	$P_n = 2,27 \text{ kW}$ / $\cos\phi_n = 0,8$ / monophasé 230 V connecté phase 2
Coffret prises local GE	1	$P_n = 14,2 \text{ kW}$ / $\cos\phi_n = 0,8$
Onduleur	1	$S_n = 3 \text{ kVA}$ / monophasé 230 V connecté phase 3
Alimentation coffret PC clapet	7	$P_n = 1,1 \text{ kW}$ / $\cos\phi_n = 0,7$ / monophasé 230 V coffret clapet 1,3 et 4 connecté phase 1 coffrets clapets 5 et 6 connectés phase 2 coffret clapet 2 connecté phase 3
Moto-réducteur chaine	6	$P_n = 4 \text{ kW}$ / triphasé 400 V / $\cos\phi_n = 0,86$ rendement nominal = 86,1 % $I_n = 7,7 \text{ A}$ ; $I_d/I_n = 8,1$
Pompe à huile lubrification réducteurs	6	$P_n = 0,88 \text{ kW}$ / triphasé 400 V / $\cos\phi_n = 0,79$ rendement nominal = 75 % $I_n = 2,1 \text{ A}$ ; $I_d/I_n = 7$
Groupe hydraulique vérin	1	$P_n = 9 \text{ kW}$ / triphasé 400 V / $\cos\phi_n = 0,84$ rendement nominal = 85 % $I_n = 18,2 \text{ A}$ ; $I_d/I_n = 7$
Canne chauffante	1	$P_n = 2 \text{ kW}$ / triphasé 400 V
Palans poutre batardage	3	$P_n = 7,5 \text{ kW}$ / triphasé 400 V / $\cos\phi_n = 0,84$ rendement nominal = 87 % $I_n = 14,5 \text{ A}$ ; $I_d/I_n = 7$

\* puissance PRP (Prime Running Power), puissance nominale du groupe. Cette puissance peut être fournie en permanence ;

\* puissance ESP (Emergency Stand-by Power), puissance maximale à ne pas dépasser. Cette puissance peut être fournie au maximum une heure toutes les 12 heures, et pas plus de 25 heures par an.

# DT6 – Tableau constructeur des MAS

## Moteurs Process Performance BT • gamme fonte Caractéristiques techniques des moteurs asynchrones triphases fermés

IE2

IP 55 – IC 411 – Isolation classe F, échauffement classe B

Classe de rendement IE2 selon IEC 60034-30 ; 2008

Puissance kW	Type moteur	Code produit	Rendement IEC 60034-2-1; 2007			Intensité			Couple			Moment d'inertie J = 1/4 GD <sup>2</sup> kgm <sup>2</sup>	Masse kg	Niveau de pression sonore L <sub>PA</sub> dB	
			Vitesse tr/min	100 % charge	75 % charge	50 % charge	Facteur puiss. cos φ	I <sub>N</sub> A	I <sub>s</sub> / I <sub>N</sub>	C <sub>N</sub> Nm	C <sub>l</sub> / C <sub>N</sub>				C <sub>b</sub> / C <sub>N</sub>
3000 tr/min = 2 pôles			400 V 50 Hz			Série normalisée									
0.37	M3BP 71 MA	3GBP 071 321-••B	2660	69.2	73.5	73.7	0.80	0.96	3.9	1.41	2.2	2.3	0.00039	11	58
0.55	M3BP 71 MB	3GBP 071 322-••B	2680	73.2	77.3	79.3	0.85	1.27	4.3	1.95	2.4	2.5	0.00051	11	56
0.75	M3BP 80 MB	3GBP 081 322-••B	2895	80.6	79.9	76.2	0.74	1.81	7.7	2.4	4.2	4.2	0.001	16	57
1.1	M3BP 80 MC	3GBP 081 323-••B	2870	81.8	82.4	80.2	0.80	2.4	7.5	3.6	2.7	3.5	0.0012	18	60
1.5	M3BP 90 SLB	3GBP 091 322-••B	2900	82.2	84.1	82.7	0.86	3.0	7.5	4.9	2.5	2.6	0.00254	24	69
2.2	M3BP 90 SLC	3GBP 091 323-••B	2885	84.7	86.7	85.7	0.87	4.3	6.8	7.2	1.9	2.5	0.0028	25	64
3	M3BP 100 LB	3GBP 101 322-••B	2925	85.2	84.9	82.8	0.86	5.9	9.1	9.7	3.1	3.5	0.00528	36	68
4	M3BP 112 MB	3GBP 111 322-••B	2895	86.1	87.0	86.6	0.86	7.7	8.1	13.1	2.9	3.2	0.00575	37	70
5.5	M3BP 132 SMB	3GBP 131 322-••B	2865	88.0	88.6	88.0	0.86	10.4	7.0	18.3	2.0	2.7	0.01275	68	70
7.5	M3BP 132 SMC	3GBP 131 324-••B	2890	88.6	88.8	87.5	0.84	14.5	7.3	24.7	2.0	3.6	0.01359	70	70
11	M3BP 160 MLA	3GBP 161 031-••G	2938	90.7	91.5	91.1	0.91	19.2	7.5	35.7	2.4	3.1	0.044	127	69
15	M3BP 160 MLB	3GBP 161 036-••G	2934	91.5	92.5	92.2	0.91	26.0	7.5	48.8	2.5	3.3	0.053	141	69
18.5	M3BP 160 MLC	3GBP 161 037-••G	2932	92.0	93.1	93.1	0.92	31.5	7.5	60.2	2.9	3.4	0.063	170	69
22	M3BP 180 MLA	3GBP 181 031-••G	2952	92.2	92.7	92.2	0.87	39.5	7.7	71.1	2.8	3.3	0.076	190	69
30	M3BP 200 MLA	3GBP 201 035-••G	2956	93.1	93.5	92.9	0.90	51.6	7.7	96.9	2.7	3.1	0.178	283	72
37	M3BP 200 MLB	3GBP 201 036-••G	2959	93.4	93.7	93.0	0.90	63.5	8.2	119	3.0	3.3	0.196	298	72
45	M3BP 225 SMA	3GBP 221 031-••G	2961	93.6	93.9	93.1	0.88	78.8	6.7	145	2.5	2.5	0.244	347	74
55	M3BP 250 SMA	3GBP 251 031-••G	2967	94.1	94.4	93.8	0.88	95.8	6.8	177	2.2	2.7	0.507	405	75
75 <sup>2)</sup>	M3BP 280 SMA	3GBP 281 210-••G	2978	94.3	94.1	92.8	0.88	130	7.6	240	2.1	3.0	0.8	625	77
90 <sup>2)</sup>	M3BP 280 SMB	3GBP 281 220-••G	2976	94.6	94.5	93.5	0.90	152	7.4	288	2.1	2.9	0.9	665	77
110 <sup>2)</sup>	M3BP 315 SMA	3GBP 311 210-••G	2982	94.9	94.4	92.9	0.86	194	7.6	352	2.0	3.0	1.2	880	78
132 <sup>2)</sup>	M3BP 315 SMB	3GBP 311 220-••G	2982	95.1	94.8	93.6	0.88	227	7.4	422	2.2	3.0	1.4	940	78
160 <sup>2)</sup>	M3BP 315 SMC	3GBP 311 230-••G	2981	95.4	95.2	94.2	0.89	271	7.5	512	2.3	3.0	1.7	1025	78
200 <sup>2)</sup>	M3BP 315 MLA	3GBP 311 410-••G	2980	95.7	95.7	94.9	0.90	335	7.7	640	2.6	3.0	2.1	1190	78
250 <sup>2)</sup>	M3BP 355 SMA	3GBP 351 210-••G	2984	95.7	95.5	94.5	0.89	423	7.7	800	2.1	3.3	3.0	1600	83
315 <sup>2)</sup>	M3BP 355 SMB	3GBP 351 220-••G	2980	95.7	95.7	95.1	0.89	533	7.0	1009	2.1	3.0	3.4	1680	83
355 <sup>2)</sup>	M3BP 355 SMC	3GBP 351 230-••G	2984	95.7	95.7	95.2	0.88	608	7.2	1136	2.2	3.0	3.6	1750	83
400 <sup>2)</sup>	M3BP 355 MLA	3GBP 351 410-••G	2982	96.9	96.6	95.9	0.88	677	7.1	1280	2.3	2.9	4.1	2000	83
450 <sup>2)</sup>	M3BP 355 MLB	3GBP 351 420-••G	2983	97.1	97.0	96.4	0.90	743	7.9	1440	2.2	2.9	4.3	2080	83
500 <sup>2)</sup>	M3BP 355 LKA	3GBP 351 810-••G	2982	96.9	96.9	96.5	0.90	827	7.5	1601	2.0	3.9	4.8	2320	83
560 <sup>2)</sup>	M3BP 355 LKB	3GBP 351 820-••G	2983	97.0	97.0	96.5	0.90	925	8.0	1792	2.2	4.1	5.2	2460	83
560 <sup>3)</sup>	M3BP 400 LA	3GBP 401 510-••G	2988	97.2	97.2	96.6	0.89	934	7.8	1789	2.1	3.4	7.9	2950	82
560 <sup>3)</sup>	M3BP 400 LKA	3GBP 401 810-••G	2988	97.2	97.2	96.6	0.89	934	7.8	1789	2.1	3.4	7.9	2950	82
630 <sup>3)</sup>	M3BP 400 LB	3GBP 401 520-••G	2987	97.4	97.4	96.9	0.89	1048	7.8	2014	2.2	3.4	8.2	3050	82
630 <sup>3)</sup>	M3BP 400 LKB	3GBP 401 820-••G	2987	97.4	97.4	96.9	0.89	1048	7.8	2014	2.2	3.4	8.2	3050	82
710 <sup>3)</sup>	M3BP 400 LC	3GBP 401 530-••G	2987	97.5	97.4	97.0	0.89	1180	7.8	2269	2.6	3.4	9.3	3300	82
710 <sup>3)</sup>	M3BP 400 LKC	3GBP 401 830-••G	2987	97.5	97.4	97.0	0.89	1180	7.8	2269	2.6	3.4	9.3	3300	82
800 <sup>1) 3)</sup>	M3BP 450 LA	3GBP 451 510-••G	2990	97.2	97.1	96.4	0.88	1349	7.8	2554	1.3	3.2	12.5	4000	85
900 <sup>1) 3)</sup>	M3BP 450 LB	3GBP 451 520-••G	2990	97.3	97.2	96.6	0.88	1517	7.8	2874	1.5	3.1	14.0	4200	85
1000 <sup>1) 3)</sup>	M3BP 450 LC	3GBP 451 530-••G	2990	97.5	97.4	96.9	0.89	1663	7.8	3193	1.6	3.2	15.5	4400	85

<sup>1)</sup> Echauffement classe F

<sup>2)</sup> Réduction de 3dB(A) du niveau de pression sonore avec ventilateur unidirectionnel. Le sens de rotation doit être spécifié à la commande, cf. codes options 044 et 045.

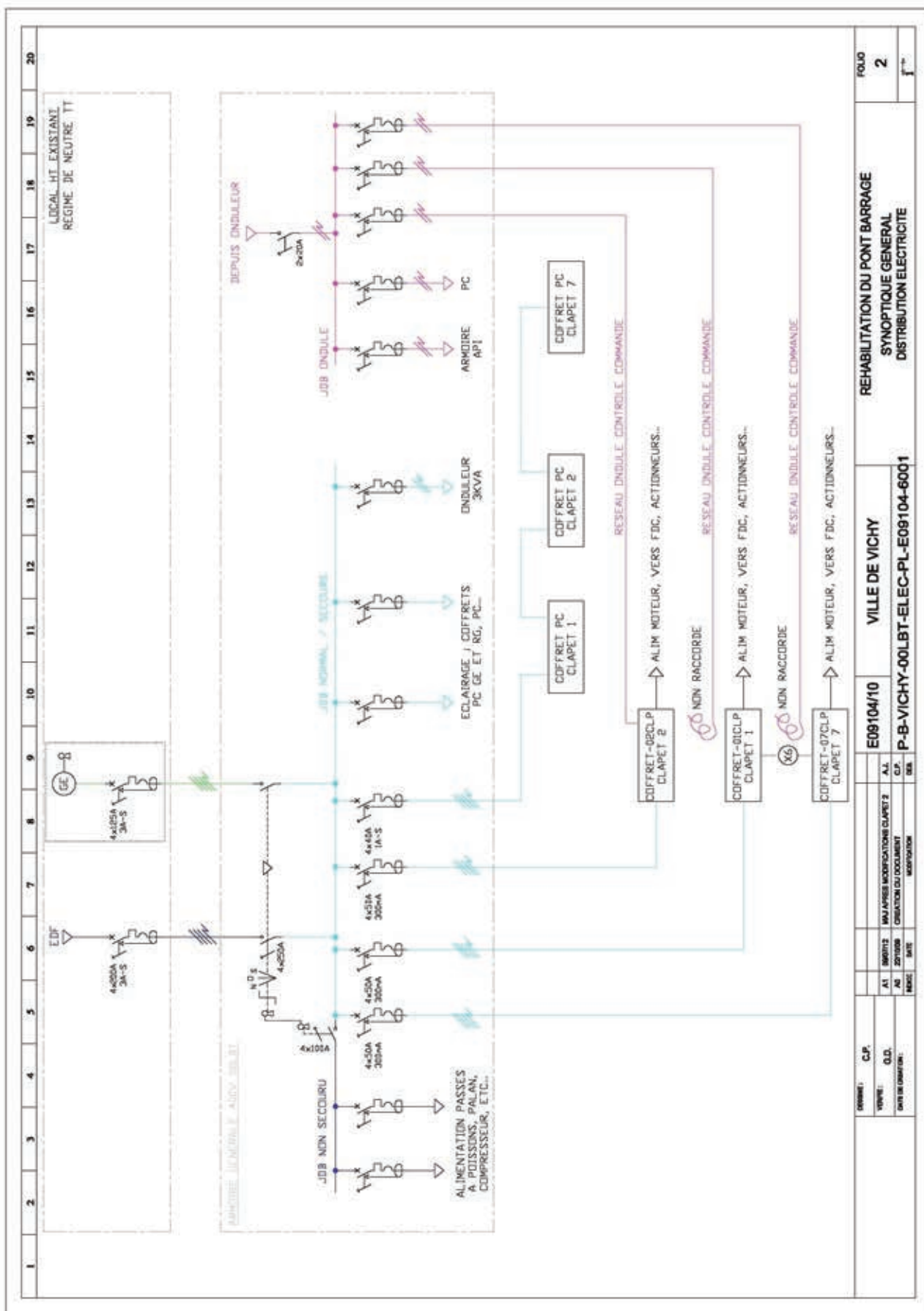
<sup>3)</sup> Ventilateur unidirectionnel en standard. Le sens de rotation doit être spécifié à la commande, cf. codes options 044 et 045.

Les deux puces (••) dans le code produit doivent être remplacées par le code du mode de montage et par le code de tension et de fréquence (voir "Informations pour commander").

I<sub>s</sub> / I<sub>N</sub> = courant de démarrage  
C<sub>l</sub> / C<sub>N</sub> = couple à rotor bloqué  
C<sub>b</sub> / C<sub>N</sub> = couple de décrochage

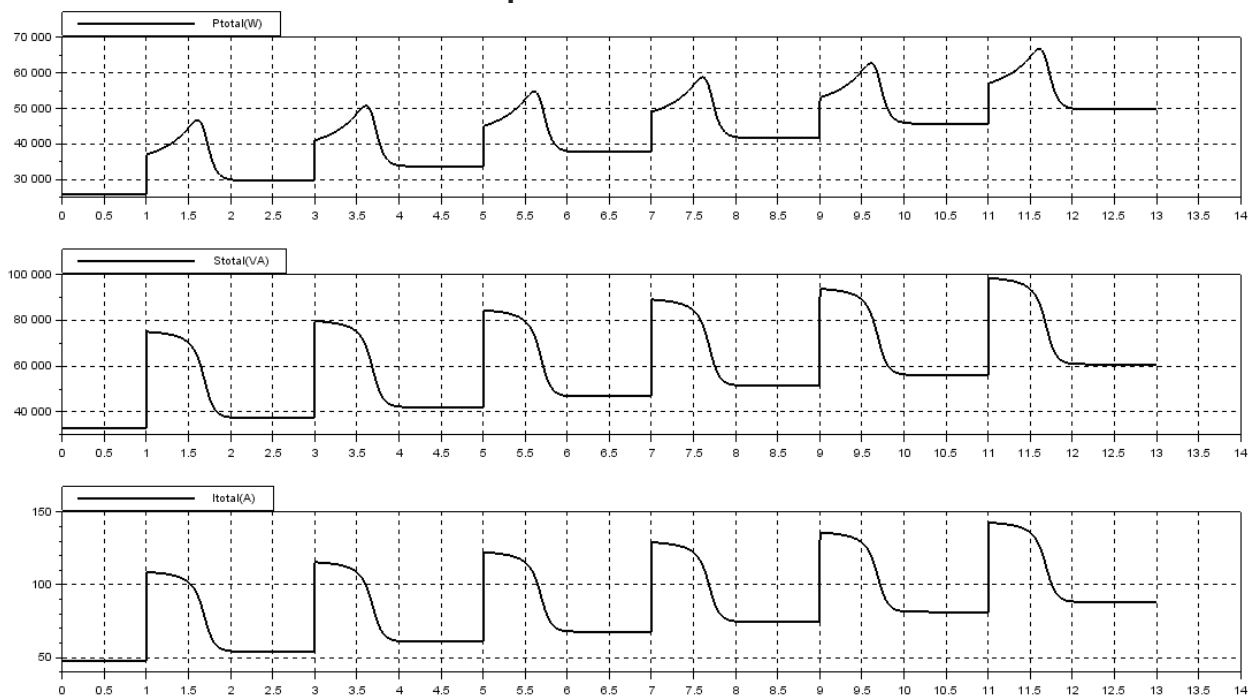


# DT7 - Schéma électrique partiel du pont barrage

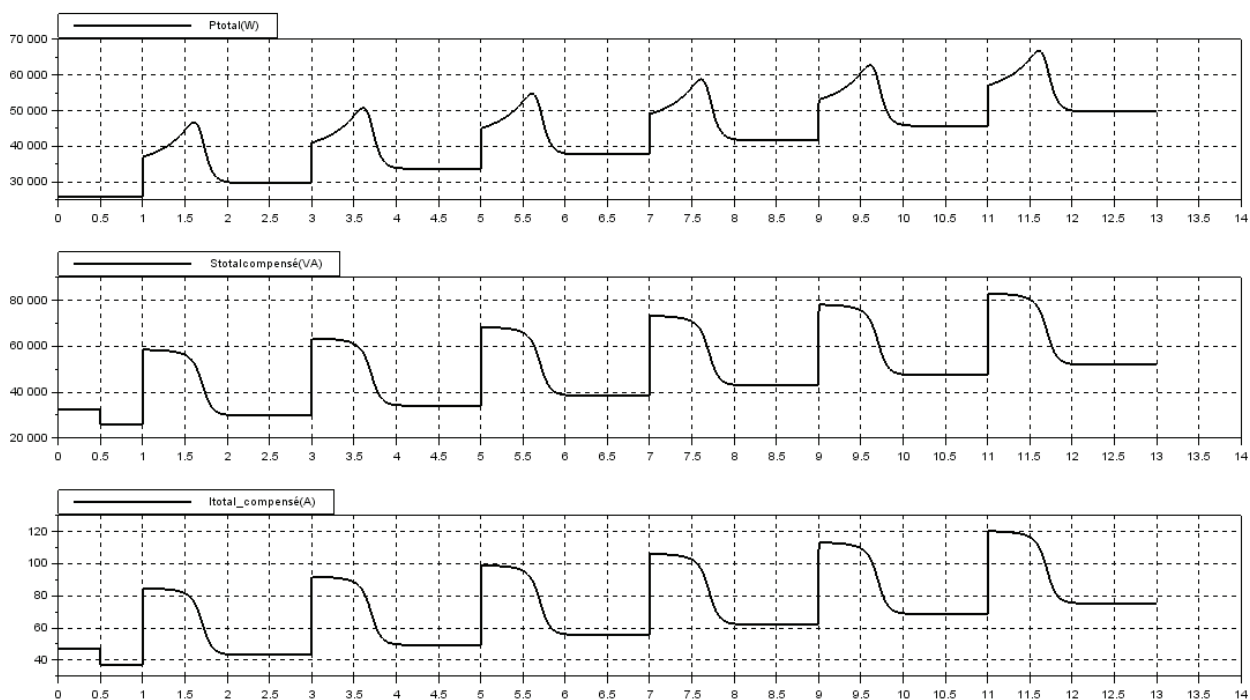


## DT8 – Résultats des simulations des consommations des équipements

DT8a : résultat en simulation de la puissance active, de la puissance apparente et de la valeur efficace du courant consommées par l'installation pendant une phase de démarrage des MAS de motorisation des clapets :



DT8b : résultat en simulation de la puissance active, de la puissance apparente et de la valeur efficace du courant consommées par l'installation pendant une phase de démarrage des MAS de motorisation des clapets avec compensation d'une partie de la puissance réactive consommée :



## DT9 1/4 – Loi Cadre sur l'Eau

### **Directive Cadre sur l'Eau (DCE) :**

La directive 2000/60/CE du Parlement Européen et du conseil du 23 octobre 2000 établit un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Elle a été suivie par la directive 208/105/CE du Parlement Européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant les normes de qualité environnementale dans le domaine de l'eau, modifiant et abrogeant les directives du conseil 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 86/280/CEE et modifiant la directive 2000/60/CE.

Elle doit être transposée en droit national, voir loi n°2004-338 du 21 avril 2004 et le décret n°2005-475 du 16 mai 2005 ainsi que la loi n°2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques pour la France.

En France est paru l'arrêté du 25 janvier 2010 établissant le programme de surveillance de l'état des eaux en application de l'article R.212-22 du Code de l'Environnement + JORF n° 0046 du 24 février 2010 page 3406 texte n°8.

Un calendrier de mise en œuvre de la directive Cadre sur l'Eau en France est fourni ci-dessous, en voici les dates principales résumées :

**2000** : Adoption de la DCE par le Parlement et le Conseil européen le 23 octobre 2000.

**2003-2004** : Transposition de la DCE en droit national.

**2004** : Délimitation des bassins hydrographiques nationaux ou internationaux et désignation de l'autorité compétente au sein de chaque bassin hydrographique.

Réalisation d'un état des lieux pour chaque bassin hydrographique. Établissement du registre des zones protégées.

**2006** : Validation des programmes de surveillance de l'état des eaux de surface, des eaux souterraines et des zones protégées.

Date butoir pour la consultation du public sur le calendrier et le programme de travail d'élaboration des plans de gestion.

**2007** : Mise en œuvre opérationnelle des programmes de surveillance de l'état des eaux de surface, des eaux souterraines et des zones protégées. Date butoir pour la consultation du public concernant une synthèse des questions importantes qui se posent dans le bassin hydrographique en matière de gestion de l'eau.

**2009** : Désignation des Masses d'Eau Artificielles (MEA) et Fortement Modifiées (MEFM), qui doivent figurer dans le plan de gestion.

Établissement des plans de gestion qui doivent définir les objectifs à atteindre en 2015 sur chaque bassin hydrographique.

**2015** : Compte rendu par chaque État membre auprès de l'Europe sur l'atteinte ou non des objectifs fixés dans les plans de gestion, et première analyse par la Commission Européenne de l'atteinte ou non des objectifs fixés dans ces documents.

Établissement pour chaque bassin d'un nouveau plan de gestion et d'un nouveau programme de mesures pour 6 ans, également soumis à consultation du public.

### **Glossaire :**

**Bassin hydrographique** : toute zone dans laquelle toutes les eaux de ruissellement convergent à travers un réseau de ruisseaux, rivières, lacs et fleuves vers la mer, dans laquelle elles se déversent par une seule embouchure, estuaire ou delta.

Un bassin hydrographique regroupe donc plusieurs bassins versants territoires délimités par des frontières naturelles appelées « lignes de partage des eaux » ou « lignes de crête ». Chaque bassin versant alimente un cours d'eau principal souvent accompagné de plusieurs affluents. Ainsi, chaque goutte de pluie qui tombe sur ce territoire va rejoindre la rivière soit par écoulement de surface, soit par circulation souterraine après infiltration dans le sol.

## DT9 2/4 – Loi Cadre sur l'Eau

**MEA** : Masse d'Eau Artificielle (toutes les masses d'eau créées de toute pièce : par exemple un plan d'eau artificiel).

**MEFM** : Masse d'Eau Fortement Modifiée (toutes les masses d'eau de surface significativement remaniées par l'homme et dont l'atteinte du bon état écologique est impossible sans remettre en cause l'objet de la modification : par exemple, une portion de cours d'eau canalisée, ou modifiée par un barrage...).

**SAGE** : Schéma de Gestion et d'Aménagement des Eaux.

**SDAGE** : Schéma Directeur de Gestion et d'Aménagement des Eaux.

La DCE établit son système de gestion des eaux à l'échelle géographique des « bassins hydrographiques ».

Le territoire métropolitain a été découpé, depuis 2005, en 7 bassins hydrographiques qui regroupent chacun une Agence de l'Eau (Établissement Public Administratif en charge de la protection et de la restauration des milieux naturels aquatiques).

- Adour-Garonne, Artois-Picardie, Loire-Bretagne, Rhin-Meuse, Rhône-Méditerranée, Corse, Seine-Normandie.

Il existe aussi 5 bassins hydrographiques outre-mer qui abritent désormais chacun un Office de l'eau :

- Guadeloupe, Guyane, Martinique, Mayotte, Réunion.

Le SDAGE fixe pour chaque bassin les orientations fondamentales d'une gestion équilibrée de la ressource en eau. Il comprend un diagnostic des enjeux sur chaque bassin, les règles générales de bonne gestion et les objectifs à atteindre en rapport avec les enjeux définis, et un programme de mesures concrètes pour atteindre ces objectifs.

Les 4 objectifs de la DCE sont :

- **Atteindre « un bon état des eaux »** d'ici à 2015 (on estime que le bon état correspond à 75% de l'état naturel) ;
- **Établir « la transparence des coûts » et Appliquer la « récupération des coûts »** ;
- **Organiser « l'information et la participation »** de tous les acteurs de l'eau, notamment du grand public appelé à se prononcer régulièrement, dont les avis seront pris en compte pour élaborer les nouveaux programmes de lutte contre les pollutions.

Pour atteindre le 1<sup>er</sup> objectif de « bon état des eaux » du DCE, une typologie a été mise en place : les masses d'eau.

**Une masse d'eau** est une portion d'un cours d'eau, d'un lac, d'une nappe aquifère, d'une zone côtière... relativement homogène du point de vue de la géologie, de la morphologie, du régime hydrologique, de la topographie et de la salinité.

Pour qualifier l'état des eaux, une distinction a été opérée :

- **Les masses d'eau naturelles de surface** (rivières, lacs, étangs, eaux littorales et estuariennes), **les MEA et MEFM** pour lesquelles sont fixés à la fois un objectif de **bon état écologique** et un objectif de **bon état chimique** ;
- **Les masses d'eau souterraines** pour lesquelles sont fixés à la fois un **objectif de bon état quantitatif** et un **objectif de bon état chimique**.

Bon état écologique des eaux = état peu éloigné de l'état naturel.

L'état écologique se répartit en **5 classes** : **Mauvais / Médiocre / Moyen / Bon / Très bon**.

## DT9 3/4 – Loi Cadre sur l'Eau

Bon état chimique = valeurs inférieures à la norme (normes de qualité environnementale qui fixent les limites d'émission pour une liste type de polluants spécifiques).

On définit **deux classes** : lorsque **les valeurs sont inférieures à la norme**, cela correspond à un **bon état chimique** ; lorsque **les valeurs sont supérieures à la norme**, cela correspond à un **mauvais état chimique**.

Bon état quantitatif = les prélèvements ne dépassent pas la capacité de renouvellement de la ressource disponible.

L'état quantitatif dépend de l'équilibre entre d'une part les prélèvements par l'homme et les besoins liés à l'alimentation des eaux de surface, et d'autre part la recharge naturelle des eaux souterraines.

L'état quantitatif comporte **deux classes** : **bon et médiocre**.

L'état global se fixe sur le paramètre le plus déclassant : un seul paramètre ne respectant pas le bon état entraîne le déclassement de la masse d'eau.

### **Pour résumer :**

Le bon état des eaux de surface est atteint lorsque sont simultanément au moins **bons** :

- **L'état écologique** ;
- **L'état chimique**.

Le bon état des eaux souterraines est atteint lorsque sont simultanément **bons** :

- **L'état quantitatif** ;
- **L'état chimique**.

### **Compléments sur le plan d'eau :**

Ces dernières années, certains problèmes sont apparus au niveau du plan d'eau :

- comblement progressif et envasement partiel de la retenue ;
- envasement de la prise d'eau d'alimentation de la ville en eau potable ;
- affouillements sous ses murs (effet de marnage du plan d'eau) au niveau de la rive gauche donc la berge rive gauche est à stabiliser et à re-naturer ;
- envahissement du lac d'Allier par l'Élodée de Nutall (plante aquatique monocotylédone vivace).

Suite à ces problèmes, un programme de recherche pour une gestion durable de la retenue du lac d'Allier à Vichy a été mis en place en 2012 avec comme actions :

- analyser précisément le fonctionnement physique, chimique, biologique du plan d'eau pour comprendre l'interaction des phénomènes : déterminer la qualité de l'eau de ce système aquatique, identifier les causes éventuelles de sa dégradation et proposer des méthodes de gestion durable ;
- préciser les impacts du bouage et de la retenue, pour améliorer leur gestion et évaluer les compensations apportées par les aménagements futurs ;
- définir le protocole d'observation permanente des paramètres choisis, pour anticiper les phénomènes et éclairer la gestion de l'équipement ;
- envisager une opération coordonnée de travaux, dans la perspective d'un prochain curage du plan d'eau, pour optimiser les moyens et limiter les impacts.

## DT9 4/4 – Loi Cadre sur l'Eau

### **Notion de développement durable vis-à-vis des matériaux utilisés au niveau du barrage :**

Les lubrifiants huile ou graisse devront être biodégradables en accord avec la loi N°2006-11 du 05/01/2016 d'orientation agricole (LOA) et les matériels adaptés pour fonctionner et durer avec ce type d'huile.

Un désamiantage des clapets doit être prévu avant recyclage de l'acier. Les vannes clapets actuelles sont réputées contenir de l'amiante au sein de leur protection anticorrosion, notamment à l'intérieur du caisson. Une protection anticorrosion par peinture des clapets est à prévoir.

Prévoir des bagues en matériaux autolubrifiants (bronze avec insert graphique) afin de supprimer le graissage par des plongeurs.

Le matériau considéré pour la structure du clapet neuf N°2 (tôle de borde, renfort, gras...) est de type S355.

## DOCUMENTS PÉDAGOGIQUES

<b>DP1</b>	<b>Extrait programme et documents d'accompagnement STI2D,</b>	<b>5 pages</b>
<b>DP2</b>	<b>Séquence pédagogique</b>	<b>2 pages</b>
<b>DP3</b>	<b>Enseignement technologique en langue vivante 1 en STI2D</b>	<b>4 pages</b>

## DP1 1/5 – Extraits du programme STI2D

### Programme

Liste et horaires des disciplines techniques enseignées dans les séries STI2D (Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable) :

### Classe de première STI2D et de terminale STI2D :

Disciplines	Horaires hebdomadaires en 1 <sup>ère</sup>	Horaires hebdomadaires en terminale
Enseignements technologiques transversaux	7h	5h
Enseignement technologique en LV1 (enseignement dispensé en langue vivante 1 pris en charge conjointement par un enseignant d'une discipline technologique et un enseignant de langue vivante)	1h	1h
Enseignement spécifique selon la spécialité retenue (AC, EE, ITEC, SIN)	5h	9h

« Une enveloppe horaire est laissée à la disposition des établissements pour assurer des enseignements en groupe à effectif réduit (dont l'enseignement moral et civique) ».

AC : Architecture et Construction, EE : Énergies et Environnement, ITEC : Innovation technologique et Eco Conception, SIN : Systèmes d'Information et numérique.

### Extrait du document d'accompagnement : recommandations associées au programme

#### Centres d'intérêt retenus pour l'enseignement technologique transversal :

CI 1	Développement durable et compétitivité des produits
CI 2	Design, architecture et innovations technologiques
CI 3	Caractérisation des matériaux et structures
CI 4	Dimensionnement et choix des matériaux et structures
CI 5	Efficacité énergétique dans l'habitat et les transports
CI 6	Efficacité énergétique liée au comportement des matériaux
CI 7	Formes et caractéristiques de l'énergie
CI 8	Caractérisation des chaînes d'énergie
CI 9	Amélioration de l'efficacité énergétique dans les chaînes d'énergie
CI 10	Efficacité énergétique liée à la gestion de l'information
CI 11	Commande temporelle des systèmes
CI 12	Formes et caractéristiques de l'information
CI 13	Caractérisation des chaînes d'information
CI 14	Traitement de l'information
CI 15	Optimisation des paramètres par simulation globale



## DP1 2/5 – Extrait programme STI2D

Objectifs de formation et compétences attendues du programme de l'enseignement technologique transversal du baccalauréat STI2D :

	Objectifs de formation	Compétences attendues
Société et développement durable	<b>O1 - Caractériser des systèmes privilégiant un usage raisonné du point de vue développement durable</b>	CO1.1. Justifier les choix des matériaux, des structures d'un système et les énergies mises en œuvre dans une approche de développement durable CO1.2. Justifier le choix d'une solution selon des contraintes d'ergonomie et d'effets sur la santé de l'homme et du vivant
	<b>O2 - Identifier les éléments permettant la limitation de l'impact environnemental d'un système et de ses constituants</b>	CO2.1. Identifier les flux et la forme de l'énergie, caractériser ses transformations et/ou modulations et estimer l'efficacité énergétique globale d'un système CO2.2. Justifier les solutions constructives d'un système au regard des impacts environnementaux et économiques engendrés tout au long de son cycle de vie
Technologie	<b>O3 - Identifier les éléments influents du développement d'un système</b>	CO3.1. Décoder le cahier des charges fonctionnel d'un système CO3.2. Évaluer la compétitivité d'un système d'un point de vue technique et économique
	<b>O4 - Décoder l'organisation fonctionnelle, structurelle et logicielle d'un système</b>	CO4.1. Identifier et caractériser les fonctions et les constituants d'un système ainsi que ses entrées/sorties CO4.2. Identifier et caractériser l'agencement matériel et/ou logiciel d'un système CO4.3. Identifier et caractériser le fonctionnement temporel d'un système CO4.4. Identifier et caractériser des solutions techniques relatives aux matériaux, à la structure, à l'énergie et aux informations (acquisition, traitement, transmission) d'un système
	<b>O5 - Utiliser un modèle de comportement pour prédire un fonctionnement ou valider une performance</b>	CO5.1. Expliquer des éléments d'une modélisation proposée relative au comportement de tout ou partie d'un système CO5.2. Identifier des variables internes et externes utiles à une modélisation, simuler et valider le comportement du modèle CO5.3. Évaluer un écart entre le comportement du réel et le comportement du modèle en fonction des paramètres proposés
Communication	<b>O6 - Communiquer une idée, un principe ou une solution technique, un projet, y compris en langue étrangère</b>	CO6.1. Décrire une idée, un principe, une solution, un projet en utilisant des outils de représentation adaptés CO6.2. Décrire le fonctionnement et/ou l'exploitation d'un système en utilisant l'outil de description le plus pertinent CO6.3. Présenter et argumenter des démarches, des résultats, y compris dans une langue étrangère

## DP1 3/5 – Extrait programme STI2D

Tableau de mise en relation des compétences et des savoirs associés des enseignements technologiques transversaux du baccalauréat STI2D :

			1.1 Compétitivité et créativité	1.2 Éco-conception	2.1 Approche fonctionnelle d'un système	2.2 Les outils de représentation	2.3 Approche comportementale	3.1 Structures matérielles et/ou logicielles	3.2 Constituants d'un système
Société et développement durable	Caractériser des systèmes privilégiant un usage raisonné du point de vue du développement durable	CO1.1	X	X				X	
		CO1.2	X	X					
	Identifier les éléments permettant la limitation de l'impact environnemental d'un système et de ses constituants	CO2.1		X					X
		CO2.2	X					X	X
Technologie	Identifier les éléments influents du développement d'un système	CO3.1			X				
		CO3.2	X						
	Décoder l'organisation fonctionnelle, structurelle et logicielle d'un système	CO4.1					X		X
		CO4.2							X
		CO4.3					X	X	
		CO4.4						X	X
	Utiliser un modèle de comportement pour prédire un fonctionnement ou valider une performance	CO5.1					X		
		CO5.2					X		
		CO5.3					X		
	Communication	Communiquer une idée, un principe ou une solution technique, un projet, y compris en langue étrangère	CO6.1				X		
CO6.2						X			
CO6.3			X	X	X	X	X	X	X

Les cases marquées d'une croix correspondent aux savoirs les plus directement mobilisés pour l'accès à la compétence.

## DP1 4/5 – Extrait programme STI2D

### Objectifs de formation et compétences pour l'enseignement de spécialité ITEC

Objectifs de formation	Compétences attendues
<b>O7 - Imaginer une solution, répondre à un besoin</b>	<p>CO7.itec1. Identifier et justifier un problème technique à partir de l'analyse globale d'un système (approche matière-énergie-information)</p> <p>CO7.itec2. Proposer des solutions à un problème technique identifié en participant à des démarches de créativité, choisir et justifier la solution retenue</p> <p>CO7.itec3. Définir, à l'aide d'un modèleur numérique, les formes et dimensions d'une pièce d'un mécanisme à partir des contraintes fonctionnelles, de son principe de réalisation et de son matériau</p> <p>CO7.itec4. Définir, à l'aide d'un modèleur numérique, les modifications d'un mécanisme à partir des contraintes fonctionnelles</p>
<b>O8 - Valider des solutions techniques</b>	<p>CO8.itec1. Paramétrer un logiciel de simulation mécanique pour obtenir les caractéristiques d'une loi d'entrée/sortie d'un mécanisme simple</p> <p>CO8.itec2. Interpréter les résultats d'une simulation mécanique pour valider une solution ou modifier une pièce ou un mécanisme</p> <p>CO8.itec3. Mettre en œuvre un protocole d'essais et de mesures, interpréter les résultats</p> <p>CO8.itec4. Comparer et interpréter le résultat d'une simulation d'un comportement mécanique avec un comportement réel</p>
<b>O9 - Gérer la vie du produit</b>	<p>CO9.itec1. Expérimenter des procédés pour caractériser les paramètres de transformation de la matière et leurs conséquences sur la définition et l'obtention de pièces</p> <p>CO9.itec2. Réaliser et valider un prototype obtenu par rapport à tout ou partie du cahier des charges initial</p> <p>CO9.itec3. Intégrer les pièces prototypes dans le système à modifier pour valider son comportement et ses performances</p>

### Objectifs de formation et compétences pour l'enseignement de spécialité SIN

Objectifs de formation	Compétences attendues
<b>O7 - Imaginer une solution, répondre à un besoin</b>	<p>CO7.sin1. Décoder la notice technique d'un système, vérifier la conformité du fonctionnement</p> <p>CO7.sin2. Décoder le cahier des charges fonctionnel décrivant le besoin exprimé, identifier la fonction définie par un besoin exprimé, faire des mesures pour caractériser cette fonction et conclure sur sa conformité</p> <p>CO7.sin3. Exprimer le principe de fonctionnement d'un système à partir des diagrammes SysML pertinents Repérer les constituants de la chaîne d'énergie et d'information</p>
<b>O8 - Valider des solutions techniques</b>	<p>CO8.sin1. Rechercher et choisir une solution logicielle ou matérielle au regard de la définition d'un système</p> <p>CO8.sin2. Établir pour une fonction précédemment identifiée un modèle de comportement à partir de mesures faites sur le système</p> <p>CO8.sin3. Traduire sous forme graphique l'architecture de la chaîne d'information identifiée pour un système et définir les paramètres d'utilisation du simulateur</p> <p>CO8.sin4. Identifier les variables simulées et mesurées sur un système pour valider le choix d'une solution</p>
<b>O9 - Gérer la vie d'un système</b>	<p>CO9.sin1. Utiliser les outils adaptés pour planifier un projet (diagramme de Gantt, chemin critique, données économiques, réunions de projet)</p> <p>CO9.sin2. Installer, configurer et instrumenter un système réel Mettre en œuvre la chaîne d'acquisition puis acquérir, traiter, transmettre et restituer l'information</p> <p>CO9.sin3. Rechercher des évolutions de constituants dans le cadre d'une démarche de veille technologique, analyser la structure d'un système pour intervenir sur les constituants dans le cadre d'une opération de maintenance</p> <p>CO9.sin4. Rechercher et choisir de nouveaux constituants d'un système (ou d'un projet finalisé) au regard d'évolutions technologiques, socio-économiques spécifiées dans un cahier des charges. Organiser le projet permettant de « maquettiser » la solution choisie</p>

## DP1 5/5 – Extrait du programme STI2D

### Objectifs de formation et compétences pour l'enseignement de spécialité EE

Objectifs de formation	Compétences attendues
O7 - Imaginer une solution, répondre à un besoin	<p>CO7.ee1. Participer à une démarche de conception dans le but de proposer plusieurs solutions possibles à un problème technique identifié en lien avec un enjeu énergétique</p> <p>CO7.ee2. Justifier une solution retenue en intégrant les conséquences des choix sur le triptyque matériau-énergie-information</p> <p>CO7.ee3. Définir la structure, la constitution d'un système en fonction des caractéristiques technico-économiques et environnementales attendues</p> <p>CO7.ee4. Définir les modifications de la structure, les choix de constituants et du type de système de gestion d'une chaîne d'énergie afin de répondre à une évolution d'un cahier des charges</p>
O8 - Valider des solutions techniques	<p>CO8.ee1. Renseigner un logiciel de simulation du comportement énergétique avec les caractéristiques du système et les paramètres externes pour un point de fonctionnement donné</p> <p>CO8.ee2. Interpréter les résultats d'une simulation afin de valider une solution ou l'optimiser</p> <p>CO8.ee3. Comparer et interpréter le résultat d'une simulation d'un comportement d'un système avec un comportement réel</p> <p>CO8.ee4. Mettre en œuvre un protocole d'essais et de mesures sur le prototype d'une chaîne d'énergie, interpréter les résultats</p>
O9 - Gérer la vie d'un système	<p>CO9.ee1. Expérimenter des procédés de stockage, de production, de transport, de transformation, d'énergie pour aider à la conception d'une chaîne d'énergie</p> <p>CO9.ee2. Réaliser et valider un prototype obtenu en réponse à tout ou partie du cahier des charges initial</p> <p>CO9.ee3. Intégrer un prototype dans un système à modifier pour valider son comportement et ses performances</p>

### Objectifs de formation et compétences pour l'enseignement de spécialité AC

Objectifs de formation	Compétences attendues
O7 - Imaginer une solution, répondre à un besoin	<p>CO7.ac1. Participer à une étude architecturale, dans une démarche de développement durable</p> <p>CO7.ac2. Proposer/choisir des solutions techniques répondant aux contraintes et attentes d'une construction</p> <p>CO7.ac3. Concevoir une organisation de réalisation</p>
O8 - Valider des solutions techniques	<p>CO8.ac1. Simuler un comportement structurel, thermique et acoustique de tout ou partie d'une construction</p> <p>CO8.ac2. Analyser les résultats issus de simulations ou d'essais de laboratoire</p> <p>CO8.ac3. Analyser/valider les choix structurels et de confort</p>
O9 - Gérer la vie du produit	<p>CO9.ac1. Améliorer les performances d'une construction du point de vue énergétique, domotique et informationnel</p> <p>CO9.ac2. Identifier et décrire les causes de désordre dans une construction</p> <p>CO9.ac3. Valoriser la fin de vie du produit : déconstruction, gestion des déchets, valorisation des produits</p>

## DP2 1/2 – Séquence pédagogique

<b>STI2D – ETT (Enseignement Technologique Transversal)</b> <b>Fiche pédagogique de la séquence</b>	
<b>Fiche pédagogique séquence N°6</b>	<b>TITRE : Choix structure et matériaux</b>
<b>Centres d'intérêt :</b>  CI1 (4h) : développement durable et compétitivité des produits.  CI4 (10h) : dimensionnement et choix des matériaux et structures.	<b>Volume horaire prévu :</b> Total horaire élève : 14h  Total horaire CE (classe entière) : 6h  Total horaire groupe à effectif réduit : 8h
<b>Objectifs de formation :</b>  O1 : Caractériser des systèmes privilégiant un usage raisonné du point de vue développement durable (Société et développement durable).  O3 : Identifier les éléments influents du développement d'un système (Technologie).  O5 : Utiliser un modèle de comportement pour prédire un fonctionnement ou valider une performance (Technologie).  O6 : Communiquer une idée, un principe ou une solution technique, un projet, y compris en langue étrangère (Communication).  O4 : Décoder l'organisation fonctionnelle, structurelle et logicielle d'un système (Technologie).	<b>Compétences attendues :</b>  CO1.1 : Justifier les choix des matériaux, des structures d'un système et les énergies mises en œuvre dans une approche de développement durable.  CO3.1 : Décoder le cahier des charges fonctionnel d'un système.  CO5.1 : Expliquer des éléments d'une modélisation proposée relative au comportement de tout ou partie d'un système.  CO6.3 : Présenter et argumenter des démarches, des résultats, y compris dans une langue étrangère.  CO4.4 : Identifier et caractériser des solutions techniques relatives aux matériaux, à la structure, à l'énergie et aux informations (acquisition, traitement, transmission) d'un système.
<b>Savoirs associés :</b>  1.1 Compétitivité et créativité, 1.2 Éco-conception (O1, CO1.1). 2.1 Approche fonctionnelle d'un système (O3, CO3.1).  2.3 Approche comportementale (O5, CO5.1). 1.1 Compétitivité et créativité, 1.2 Éco-conception, 2.1 Approche fonctionnelle d'un système, 2.2 Les outils de représentation, 2.3 Approche comportementale, 3.1 Structures matérielles et/ou logicielles, 3.2 Constituants d'un système (O6, CO6.3). 3.1 Structures matérielles et/ou logicielles, 3.2 Constituants d'un système (O4, CO4.4).	

### Liste des systèmes, matériels et logiciels disponibles :

- logiciel de conception assistée par ordinateur et ses modules de simulation ;
- logiciel de simulation multi physique ;
- moyens de prototypage d'une solution ;
- outils de simulation numérique de comportement sous charge ;
- base de connaissances, données et caractéristiques de matériaux ;
- outil logiciel de sélection multicritères de matériaux.

## DP2 2/2 – Séquence pédagogique

### Liste des dossiers disponibles

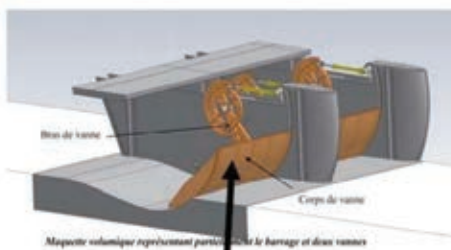
Dossier du barrage de Vichy (cf. Parties 1 et 2 du sujet) ;

Dossier du barrage du Mont-Saint-Michel (Modèle 3D) ;

D'autres dossiers possibles au choix du (ou de la) candidat(e).



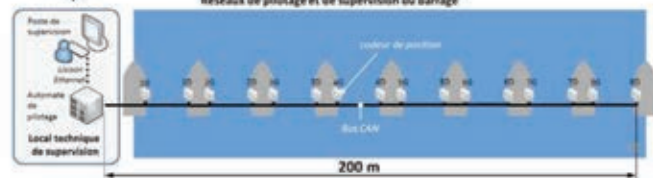
### EXEMPLE I : LE BARRAGE DU MONT SAINT-MICHEL (COUESNON)



Vanne mobile avec motorisation

Poste central de pilotage et de surveillance

Réseau de communication reliant chaque vanne



Report d'un diagramme de Facebook MARTIN - lycée Grandmont - Tours

### FONCTIONNEMENT DU BARRAGE SUR UN CYCLE DE MAREE COMPLET (coefficient de 90)



6 heures après la pleine mer, les vannes s'ouvrent progressivement pour prolonger et amplifier la marée descendante pendant plusieurs heures.

## DP3 1/4 – Enseignement technologique en langue vivante 1 en STI2D

« L'enseignement technologique en langue vivante 1 est pris en charge conjointement par deux enseignants, un enseignant d'une discipline technologique [...] et un enseignant de langues vivantes. Il repose entièrement sur le programme de sciences ou de technologie de la série concernée.

Cet enseignement fait intervenir des démarches collaboratives et complémentaires entre les deux disciplines ainsi que des modalités pédagogiques variées (présence simultanée ou alternée des professeurs). » (BOEN spécial n°3 du 17 mars 2011).

L'enseignement conjoint de technologie en langue vivante étrangère 1 (ETLV1) offre une plus-value à même hauteur pour les deux disciplines. D'une part, il invite à une pratique accrue de la langue vivante dans une logique de projet qui favorise la contextualisation de la communication. L'entrée par la discipline technologique est, à ce titre, source d'enrichissement et de motivation. D'autre part, la médiation d'une langue étrangère nécessite de fait des temps incontournables de verbalisation et d'échanges dans le cadre de situations de communication concrètes.

Cet enseignement s'intègre dans les parcours pédagogiques des deux disciplines dans un souci de cohérence et de continuité. À cet effet, les thématiques abordées dans les deux disciplines seront synchronisées afin de mieux répondre aux besoins des élèves dans le cadre de l'enseignement technologique en LV1.

L'innovation de ce programme réside dans la construction d'entrées thématiques qui résultent du croisement des quatre notions générales du programme de LV – mythes et héros, espaces et échanges, lieux et formes de pouvoir, l'idée de progrès– avec les pôles de connaissances spécifiques à chaque série technologique (**STI2D** : matériaux et structures, énergie et développement durable, systèmes d'information et numérique). Le bulletin officiel spécial n° 3 du 17 mars 2011 propose des exemples (voir **Tableaux croisés des notions et des pôles de compétences** page suivante) qui sont autant de pistes indicatives mais non limitatives pour la construction du projet pédagogique.

En classe de première, l'ETLV1 prend appui sur l'enseignement transversal de technologie pour la série STI2D. Le programme de cet enseignement permet d'aborder des thématiques ambitieuses et originales sur les plans technique, linguistique et culturel. En classe de terminale pour la série STI2D, l'épreuve relative à cet enseignement porte sur les compétences de communication en langue vivante 1 dans le contexte de la réalisation du projet. Elle permet d'évaluer les capacités du candidat à présenter en langue vivante 1 les différentes problématiques auxquelles il a été confronté et à expliquer en langue vivante 1 les choix effectués.

Les professeurs des deux disciplines intervenant dans cet enseignement auront à cœur de réfléchir au choix du thème technologique en lien avec l'entrée thématique pertinente du programme de langues vivantes, à l'intérêt culturel qu'il représente pour chaque discipline, aux choix des objectifs de formation des séances d'enseignement conjoint. Pour cela, la pertinence des choix sera à valider en équipe, en relation avec les objectifs de formation en technologie et en langues vivantes.

## DP3 2/4 – Enseignement technologique en langue vivante 1 en STI2D

### Tableaux croisés des notions et des pôles de compétences :

Série sciences et technologies de l'industrie et du développement durable (STI2D)

Pôles de connaissances Notions	Matériaux et structures		Energie et environnement	Systèmes d'Information et Numérique
	Innovation Technologique et Eco conception	Architecture et Construction		
<b>Mythes et héros</b>	- Le mythe du créateur : l'évolution des outils de création, la créativité	- Le héros bâtisseur : l'évolution des outils de création	- Le mythe de la fin du monde	- L'homme et la machine
<b>Espaces et échanges</b>	- L'empreinte écologique - Le monde virtuel	- L'habitat et les voies de communication	- Le cycle énergétique	- Le village planétaire : partage d'information, communication en temps réel
<b>Lieux et formes de pouvoir</b>	- La propriété intellectuelle - L'organisation industrielle émergente	- Urbanisme et aménagement du territoire - Le défi dans la verticalité	- La bataille de l'autonomie énergétique	- Pôles et monopoles numériques (contrôle numérique)
<b>L'idée de progrès</b>	- Les matériaux innovants - L'hypersystème	- Les matériaux innovants - Le mieux vivre	- Les défis collectifs - L'efficacité énergétique - L'usage raisonné de l'énergie	- L'intelligence artificielle au service de l'homme - Les systèmes « expert »

### Modalités pédagogiques

Les modalités pédagogiques préconisées pour l'enseignement technologique sont au nombre de trois :

- **L'étude de dossiers technologiques** ou étude de cas, se déroulant en classe entière ou en effectif allégé, chaque étude étant confiée à un groupe de 4 à 6 élèves, mais toutes convergeant vers les mêmes objectifs de formation.
- **L'activité pratique** (l'activité pratique ne semble pas, *a priori*, la modalité pédagogique la plus porteuse pour la mise en œuvre d'activités langagières riches), activité expérimentale très technique confiée à un ou deux élèves mettant en œuvre des protocoles d'expérimentation donnant lieu à des mesures à interpréter.
- **L'activité de projet** confiée à un groupe d'élèves devant conduire une démarche de projet pour aboutir à un résultat conforme au besoin.

En revanche, toutes les modalités pédagogiques doivent permettre la mise en œuvre des démarches communes à toutes les disciplines scientifiques, technologiques et aux langues vivantes : démarche de résolution de problèmes, démarche d'investigation, démarche de projet.

Ces modalités pédagogiques sont appliquées généralement lors de phases de lancement, d'activités et de synthèse. Toutes ces phases peuvent être supports pour l'enseignement conjoint.



## DP3 3/4 – Enseignement technologique en langue vivante 1 en STI2D

Il est intéressant d'identifier les étapes qui marquent chacune des deux modalités pédagogiques retenues prioritairement pour des activités d'enseignement conjoint :

- **L'étude de dossier technologique :**
  1. Prise de connaissance individuelle par l'élève de l'étude de dossier : première réflexion sur les démarches (investigation, résolution de problèmes) à mener pour répondre à l'étude.
  2. Mise en commun des réflexions au sein du groupe d'élèves (îlots, espaces de travail spécifiques) et proposition ou explicitation à un tiers des activités à accomplir avec les démarches associées.
  3. Répartition entre les élèves des activités à mener.
  4. Mise en commun des résultats des activités, échanges entre les élèves sur les nouvelles connaissances acquises au sein des différentes activités et réflexions sur la proposition possible de réponse à l'étude.
  5. Préparation d'un document de présentation explicitant l'étude, les nouvelles connaissances mises en œuvre, les démarches adoptées et les conclusions atteintes.
  
- **La revue de projet**, moment de médiation et d'explication entre le groupe en charge du projet et des experts, moment dont le déroulement est commun à toutes les spécialités :
  1. Présentation collective des objectifs à atteindre par le groupe en charge du projet pour cette revue et bilan des activités menées.
  2. Présentation individuelle par chaque élève du groupe en charge du projet des activités personnelles menées, des démarches mises en œuvre, des hypothèses de travail, des difficultés rencontrées et des résultats obtenus.
  3. Présentation collective de l'avancement réel du projet par rapport à l'avancement prévisionnel.
  4. Formulation éventuelle de demandes d'aide pour tenir les objectifs.
  5. Présentation collective d'une planification révisée.

Chaque étape du déroulement verra des échanges entre les élèves et le groupe d'experts (binôme d'enseignants, conférenciers, intervenants).

### **Recommandations générales**

Les séances d'enseignement conjoint font partie intégrante d'une séquence d'enseignement de langues vivantes et d'une séquence d'enseignement de technologie. Les professeurs attacheront une attention toute particulière à ce point lorsqu'ils construiront leur progression pédagogique : ils veilleront, au sein de leur discipline respective, à proposer aux élèves des activités et des ressources qui leur faciliteront ensuite l'entrée dans l'enseignement conjoint.

À titre d'exemple, une activité pédagogique en technologie s'appuie toujours sur un environnement documentaire de formation important concernant les situations de problèmes techniques à traiter (documentations techniques, contextualisation par des vidéos de la situation de problème, éléments de cours nécessaires en pré requis, ...).

## **DP3 4/4 – Enseignement technologique en langue vivante 1 en STI2D**

La partie de cet environnement documentaire de formation relative à la séance d'enseignement conjoint pourra être proposée dans la langue vivante étudiée. La construction de cet environnement documentaire se fera en équipe de professeurs. De la même manière, le professeur de technologie participera à la construction des ressources des séances préparatoires en langues vivantes (mise à disposition de références, d'exemples, d'explications techniques ...). Le choix des ressources pour l'environnement documentaire de formation sera détaillé par l'équipe de professeurs.

Suite à des séances d'enseignement conjoint, chaque professeur gagnera à exploiter les connaissances et compétences visées. Le cas échéant, il apportera des remédiations ou des compléments d'information. L'équipe de professeurs présentera les objectifs de la ou des séances postérieures à la séance d'enseignement conjoint pour avoir une vision complète de l'exploitation possible des séances.

## DOCUMENTS RÉPONSES

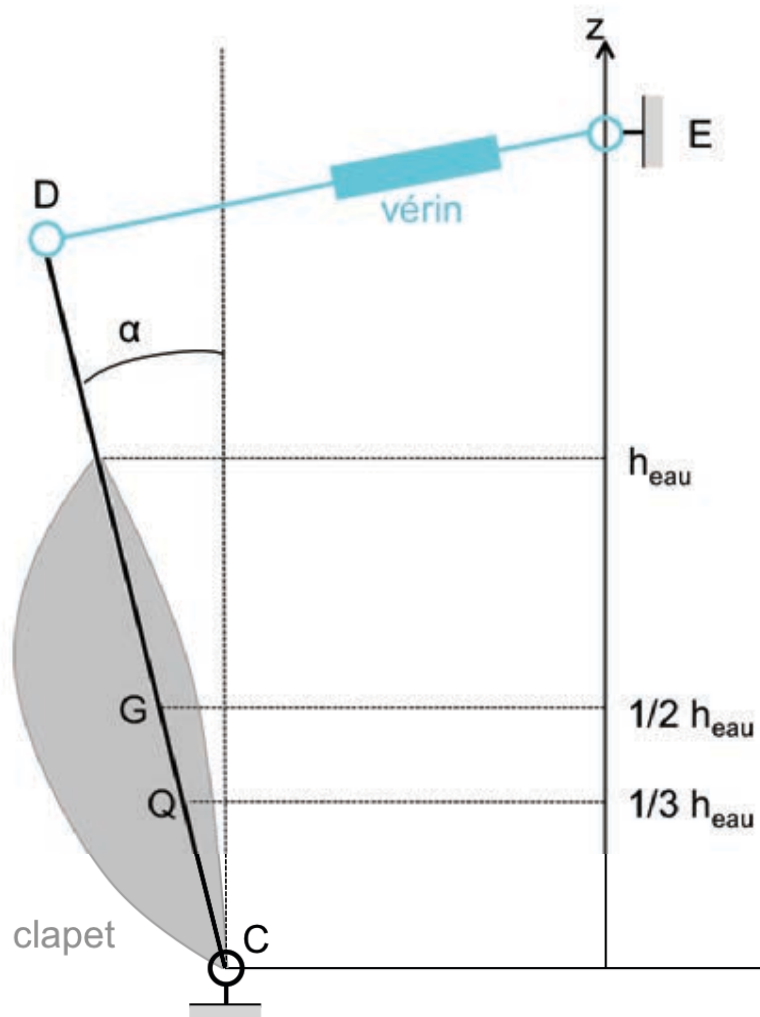
Documents qui seront à compléter et à rendre par le candidat  
(tous les documents réponses sont à rendre, même non complétés)

<b>DR1</b>	<b>Trame pour question 1.2.2,</b>	<b>1 page format A3</b>
<b>DR2</b>	<b>Conditions aux limites du calcul éléments finis,</b>	<b>1 page</b>
<b>DR3</b>	<b>Déroulé pédagogique de la séquence</b>	<b>2 pages</b>
<b>DR4</b>	<b>Modélisation de la chaîne de transmission,</b>	<b>1 page</b>



NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

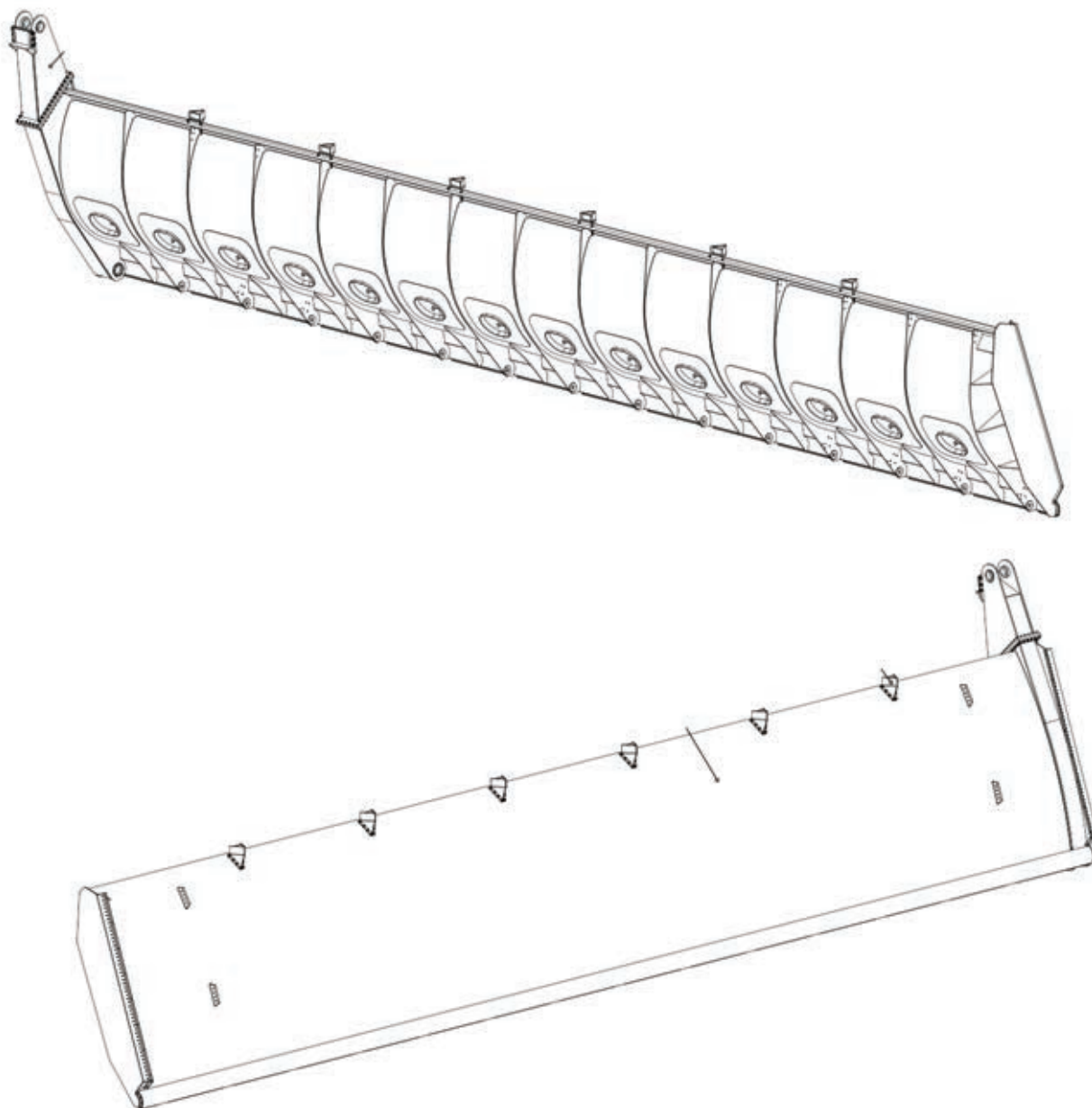
DR1 – Trame pour question 1.2.2 (format A3)





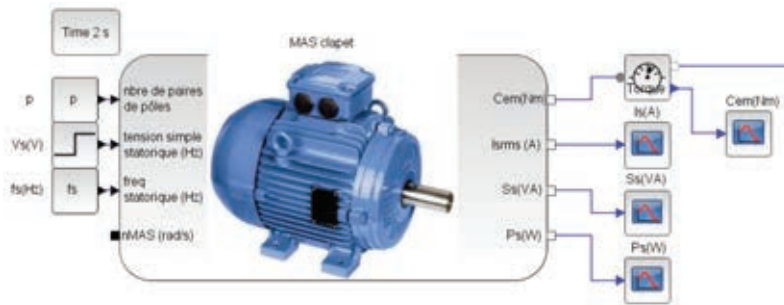
NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

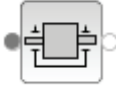















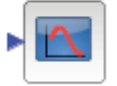

**DR2 – Conditions aux limites du calcul éléments finis**



# DR4 – Modélisation de la chaîne de transmission

$p =$	$V_s(V) =$	$f_s(\text{Hz}) =$	<i>Effort(N) =</i>
-------	------------	--------------------	--------------------



 Inertie	 Combiné ressort-amortisseur en rotation	 Frottement visqueux et sec en rotation
 Réducteur	 Conversion d'une variable en couple	 Conversion rotation↔translation
 Conversion d'une variable effort	 Frottement visqueux et sec en translation	 Masse
 Capteur de vitesse en translation	 Capteur de position en translation	 Mesure de puissance en translation
 Capteur de vitesse en rotation	 Capteur de position en rotation	 Mesure de puissance en rotation
 Gain	 Scope	 Échelon





**NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE**



