

# Épreuve : analyse et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique (1<sup>re</sup> épreuve d'admissibilité)

*Durée de l'épreuve : cinq heures ; coefficient 2.*

## A) Éléments de correction

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

#### Q 1.1.1

Hypothèses :

- statique des fluides (Théorème de Pascal) : on ne tient pas compte de l'effet de la vitesse de l'eau qui se déverse sur la retenue
- Pression atmosphérique négligée devant celle de l'eau (ou compensée par action de l'air côté aval)

#### Q 1.1.2

$$\vec{F}_{\text{eau} \leftarrow \text{paroi}} = \int_S \rho_{\text{eau}} g (h_{\text{eau}} - z) d\vec{S} = \int_0^{z=h_{\text{eau}}} \rho_{\text{eau}} g (h_{\text{eau}} - z) dz \vec{x}$$

$$\vec{F}_{\text{eau} \leftarrow \text{paroi}} = \rho_{\text{eau}} g \left[ h_{\text{eau}} z - \frac{z^2}{2} \right]_0^{h_{\text{eau}}} \vec{x} = \rho_{\text{eau}} g \frac{h_{\text{eau}}^2}{2} \vec{x}$$

$$\vec{M}_{O, \text{eau} \leftarrow \text{paroi}} = \int_S \vec{OM} \wedge (-\rho(z) d\vec{S}) = \rho_{\text{eau}} g \frac{h_{\text{eau}}^3}{6} \vec{y}$$

#### Q 1.1.3

$$\vec{M}_{Q, \text{eau} \leftarrow \text{paroi}} = \vec{0} = \vec{M}_{O, \text{eau} \leftarrow \text{paroi}} + \vec{OQ} \wedge \vec{F}_{\text{eau} \leftarrow \text{paroi}}$$

$$\vec{M}_{Q_{\text{eau} \rightarrow \text{paroi}}} = l_{\text{eau}} g \frac{h_{\text{eau}}^3}{6} \vec{y} + (-z_Q \dot{z}) K l_{\text{eau}} g \frac{h_{\text{eau}}^2}{2} \vec{x}$$

d'où  $z_Q = \frac{h_{\text{eau}}}{3}$

Le torseur d'action mécanique est donc un glisseur dont le centre de poussée est à 1/3 de la hauteur de la retenue d'eau.

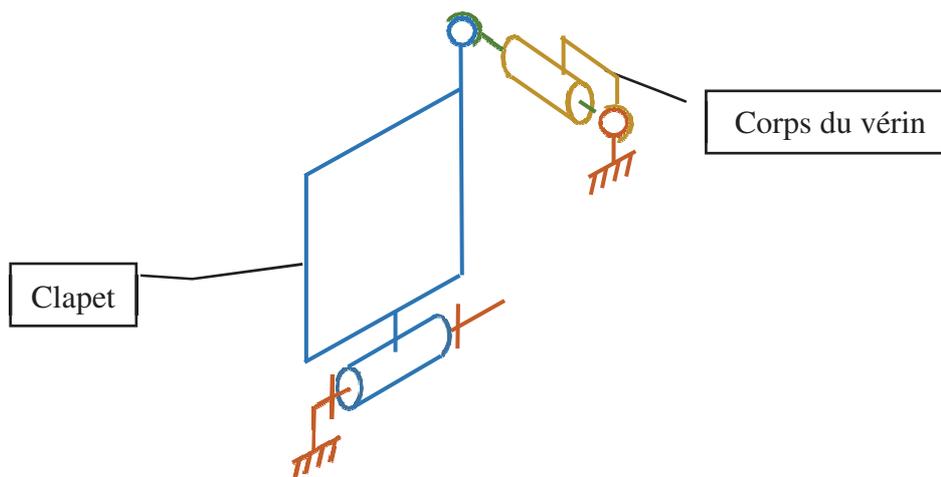
### Q 1.1.4

$$\{S_{\text{eau} \rightarrow \text{paroi}}\} = \begin{Bmatrix} 2,35 \cdot 10^6 & 0 \\ 0 & 6,28 \cdot 10^6 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{0, \vec{s}, \vec{y}, \vec{z}} = \begin{Bmatrix} 2,35 \cdot 10^6 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{Q, \vec{s}, \vec{y}, \vec{z}} \quad \text{en N et N.m.}$$

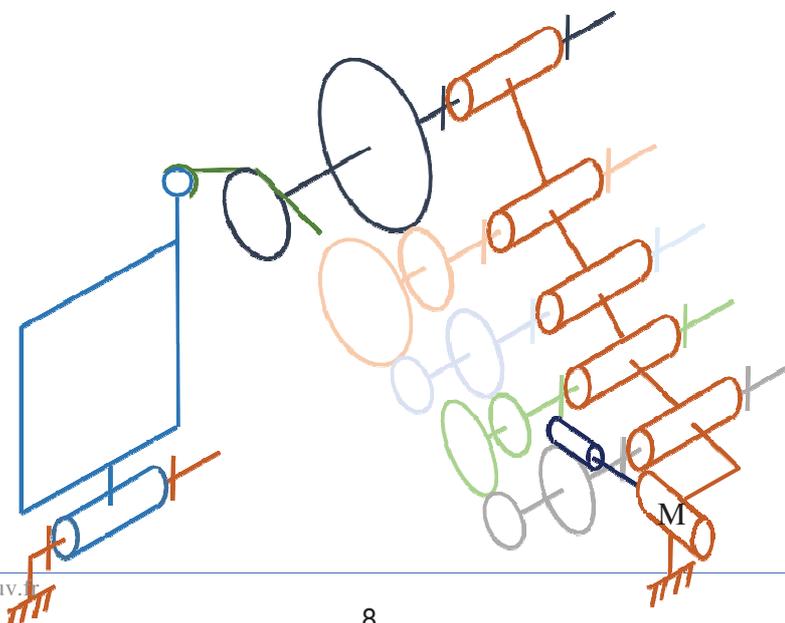
### Pré-dimensionnement de la liaison pivot en pied de vanne.

#### Q 1.2.1

Solution 1



Solution 2



### Q 1.2.2

BAME :

- (1) action de l'eau : glisseur dans la direction orthogonale à CD vers la gauche, appliqué au point Q de norme  $F_{eau \rightarrow paroi} = 2,4 \cdot 10^6$  N ;
- (2) poids de la vanne : glisseur dans la direction  $-z'$ , appliqué au point G centre de masse, de norme  $P_{vanne} = 3,9 \cdot 10^5$  N ;
- (3) action dans la liaison pivot (ou articulation de pied de vanne) : glisseur appliqué au point C, direction et norme inconnues ;
- (4) action du vérin (ou de la chaîne) : glisseur appliqué au point D, de direction connue (cf traits bleu ou rouge figure 4), de norme inconnue.

PFS : statique (plane) graphique d'un solide soumis à 4 glisseurs. Il faut recombinaison les deux glisseurs complètement connus i.e. (1) et (2) pour en faire un glisseur connu (norme direction et point d'application) ce qui permet de se ramener à un solide soumis à 3 glisseurs.

Les trois glisseurs sont concourants en un point P ce qui permet de déterminer la direction de (3).

Puis triangle des forces : 1 glisseur connu, un dont la direction est connue au départ (4), un dont la direction a été déterminée à l'étape précédente (3).

On trouve  $2,5 \cdot 10^6$  N.

### Q 1.2.3

Deux étapes :

- isoler la vanne, soumise toujours aux 4 glisseurs de la question 1.2.3 ; (1) est toujours appliqué au point Q mais sa norme dépend de  $h_{eau}$  donc de l'angle alpha, (2) reste inchangé mais la position de G dépend de alpha, (3) est inconnu (norme et direction), (4) a une direction qui dépend de la solution (N°1 ou N°2) mais aussi de la configuration donc de l'angle alpha ; il faut écrire les 2 équations en résultante (pb plan) et 1 équation en moment par exemple au point C ;
- écrire une équation de fermeture géométrique permettant de retrouver la relation entre la direction du glisseur (4), l'angle alpha et les autres paramètres géométriques.

### Q 1.2.4

Le choix constructif a assez peu d'influence sur l'effort en pied de vanne (en C). Il y a une légère influence sur les efforts en D, qui sont un peu plus constants quel que soit l'angle alpha sur la solution N°2 mais rien de très flagrant. Les deux choix se valent donc à ce titre.

## Étude de comportement associée au choix de matériau

### Q 1.3.1

Conditions aux limites en déplacement :

- déplacements normaux nuls au niveau de la liaison du haut de la vanne (liaison avec le vérin) ;
- déplacements normaux nuls au niveau des 15 pivots de pied de vanne.

Conditions aux limites en effort :

- pesanteur ; effort volumique réparti dans toute la structure de la vanne ;

- efforts de pression de l'eau ; effort surfacique normal au contact qui évolue avec la profondeur.

Autres données :

- sur le matériau ; paramètres élastiques (module de Young, coefficient de Poisson) ;
- sur les éléments ; type d'éléments et taille.

### Q 1.3.2

S335 est un acier de construction de limite élastique à 335 MPa.

Il présente une bonne aptitude au soudage et à la mise en forme. Pour éviter la corrosion il faut peindre la structure mécano-soudée.

## Modélisation de la vanne clapet avec vérin

### Q 1.4.1

$$Q_2(t) = -S \frac{dx}{dt} + \frac{V_2}{B} \frac{dP_2}{dt}$$

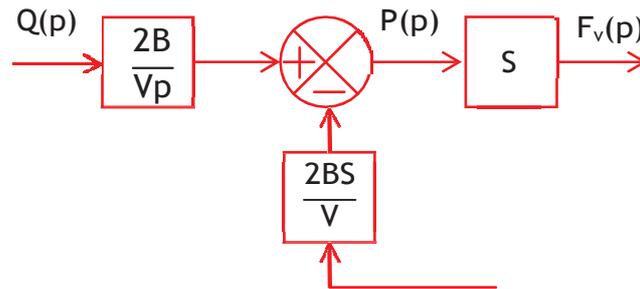
$$F_v(t) = S(P_1(t) - P_2(t))$$

### Q 1.4.2

$$A(p) = \frac{2B}{V_p}$$

$$B(p) = \frac{2BS}{V}$$

$$C(p) = S$$



### Q 1.4.3

Dans un mouvement par rapport à un référentiel galiléen, la dérivée par rapport au temps de l'énergie cinétique d'un système de solides est égale à la somme des puissances extérieures au système et des puissances intérieures.

$$\text{Soit } \frac{dT_{S/R_0}}{dt} = \sum_{int,S} P + \sum_{ext \rightarrow S/R_0} P$$

ici S = (Tige vérin) U (vanne clapet)

On néglige le mouvement de rotation du vérin autour de E.

$$T_{tige/R} = \frac{1}{2} m_v x^2$$

$$T_{vanne/R} = \frac{1}{2} I_c \alpha^2 \quad \text{avec : } \alpha = \frac{s}{R}$$

$$T_{S/R} = \frac{1}{2} \left( m_v + \frac{I_c}{R^2} \right) x^2$$

Les liaisons sont supposées parfaites, donc leurs puissances sont nulles.

$$\text{Le vérin délivre une puissance } P_{V \rightarrow S/R} = \vec{F}_V \cdot \vec{V}_{tsge/R} = F_v x' = PSx'$$

La puissance de l'action de l'eau sur la vanne clapet est :

$$P_{eau \rightarrow S/R} = \vec{F}_e \cdot \vec{V}_{Q/R} = F_e d\alpha = F_e \frac{d}{R} x'$$

$$\text{La puissance des forces d'amortissement est } P_{f \rightarrow S/R} = \vec{F}_c \cdot \vec{V}_{tsge/R} = -cx' x'$$

D'après le théorème de l'énergie cinétique :

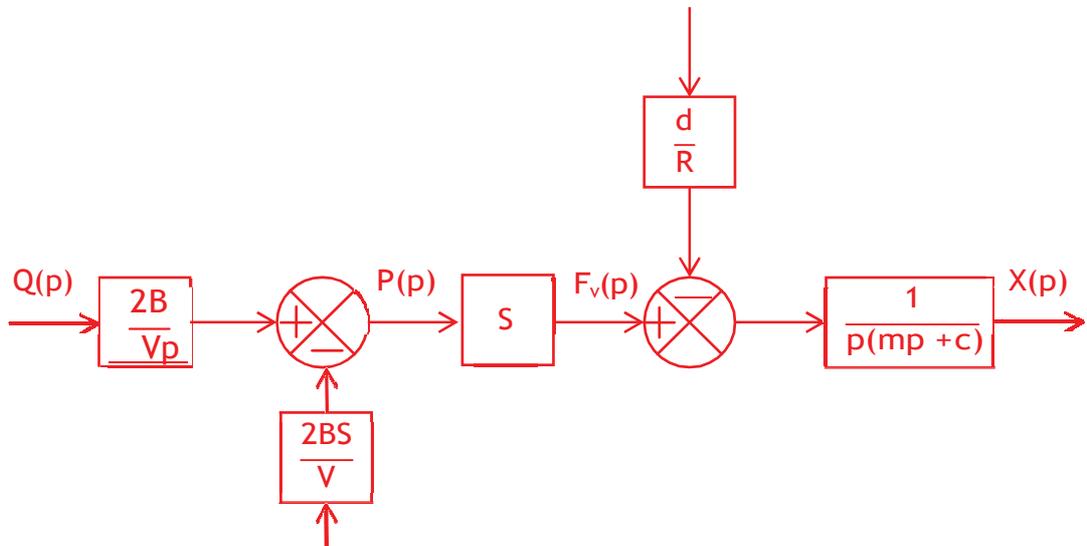
$$m \ddot{x}(t) = F_v(t) + \frac{d}{R} F_e(t) - c \dot{x}(t)$$

Dans le plan de Laplace aux variations :

$$mp^2 X(p) = F_v(p) + \frac{d}{R} F_e(p) - cpX(p)$$

$$X(p) = \frac{1}{p(mp+c)} F_v(p) + \frac{d}{Rp(mp+c)} F_e(p)$$

**Q 1.4.4**



**Q 1.4.5**

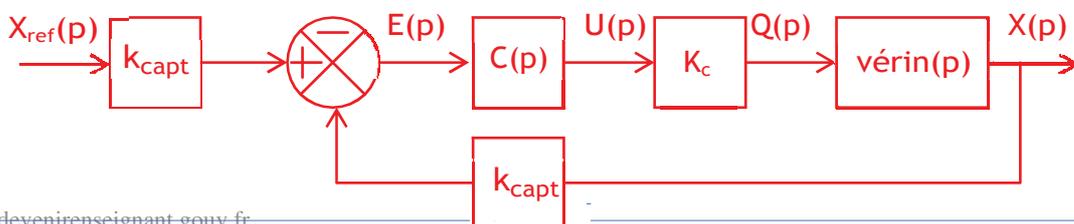
$$\frac{X(p)}{Q(p)} = \frac{1}{Sp} \frac{\frac{R_h}{p(mp+c)}}{1 + \frac{R_h}{p(mp+c)}} = \frac{\frac{1}{S}}{p(1 + \frac{c}{R_h}p + \frac{m}{R_h}p^2)}$$

**Q 1.4.6**

Oui, oscillation car facteur d'amortissement < 1 (même <<1 !!!).  
Intégration dans la chaîne directe donc la position diverge en réponse à l'échelon.

**Q 1.4.7**

Des solutions simples par correction série comme de la synthèse par compensation des pôles ou filtrage de la commande de la servovalve permettent d'obtenir les résultats escomptés.  
Le schéma bloc du pilotage en position du vérin pourrait être le suivant :



### Q 1.4.8

Attention le modèle n'est établi que pour une section S identique dans les 2 chambres du vérin, le vérin est en position centrale  $V_1 = V_2 = V$ .

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

### Q 2.1

D'après le document pédagogique DP2, la séquence 6-Choix structure et matériau est la 6<sup>e</sup> séquence en 1<sup>re</sup> STI2D avec un volume horaire dédié de 14 heures et les centres d'intérêt mis en jeu (voir DP1 : extrait programme et documents d'accompagnement STI2D) : C11 (Développement durable et compétitivité des produits) et C14 (Dimensionnement et choix des matériaux et structures) (voir Document réponse DR4 : fiche pédagogique de la séquence).

On peut ensuite définir les objectifs de formation, les compétences attendues et les savoirs associés d'après le document pédagogique DP1 : extrait programme et documents d'accompagnement STI2D.

Objectifs de formation :	Compétences attendues :	Savoirs associés :
O1 : Caractériser des systèmes privilégiant un usage raisonné du point de vue développement durable (Société et développement durable).	CO1.1 : Justifier les choix des matériaux, des structures d'un système et les énergies mises en œuvre dans une approche de développement durable.	1.1 Compétitivité et créativité. 1.2 Eco-conception.
O3 : Identifier les éléments influents du développement d'un système (Technologie).	CO3.1 : Décoder le cahier des charges fonctionnel d'un système.	2.1 Approche fonctionnelle d'un système.
O5 : Utiliser un modèle de comportement pour prédire un fonctionnement ou valider une performance (Technologie).	CO5.1 : Expliquer des éléments d'une modélisation proposée relative au comportement de tout ou partie d'un système.	2.3 Approche comportementale.
O6 : Communiquer une idée, un principe ou une solution technique, un projet, y compris en langue étrangère (Communication).	CO6.3 : Présenter et argumenter des démarches, des résultats, y compris dans une langue étrangère.	1.1 Compétitivité et créativité. 1.2 Eco-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.
O4 : Décoder l'organisation fonctionnelle, structurelle et logicielle d'un système (Technologie).	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.	3.1 Structures matérielles et/ou logicielles. 3.2 Constituants d'un système.

Les compétences ciblées par la suite seront en lien avec le dossier technique « Barrage de Vichy » et notamment l'étude hydraulique du barrage, l'étude des solutions techniques pour réaliser la retenue d'eau, au comparatif des deux systèmes N°1 et N°2 et aux éléments de sécurité afin d'éviter l'incident de 2008.

En STI2D la démarche d'investigation est privilégiée. Cette démarche part d'une situation problème concrète proposée à un groupe d'élèves et les amène à formuler des hypothèses, à les valider par l'expérimentation et/ou la simulation, à analyser les résultats pour découvrir et valider des concepts scientifiques et technologiques.

La séquence pédagogique démarre par une présentation globale du dossier, l'analyse du besoin et les différents secteurs d'intervention. Cette partie, menée en interaction avec la classe à partir de diagramme SysML, sera l'occasion de mobiliser à nouveau les compétences CO1.1 « Justifier les choix des matériaux, des structures d'un système et les énergies mises en œuvre dans une approche de développement durable » et CO3.1 « Décoder le cahier des charges fonctionnel d'un système ». Cette présentation du contexte et de la problématique globale placera les élèves dans une démarche d'investigation.

Après la présentation, un brainstorming associé à la construction d'une carte mentale avec les élèves aura pour objectif de recenser leurs connaissances propres. Les élèves ont déjà abordé ces notions en technologie collège (en 5<sup>ème</sup> avant la rentrée scolaire 2016 et maintenant dans le cycle 4) et en Sciences physiques. Par la suite, la synthèse de séquence pourra s'appuyer sur le résultat du brainstorming et ainsi remobiliser les connaissances des élèves en les structurant.

Pendant les heures à effectif réduit, les élèves seront placés par groupe de quatre (3 groupes de 4). Chaque groupe travaillera sur l'amélioration du « Barrage de Vichy » en se basant sur les dossiers techniques fournis et les outils de simulation. La relecture du diagramme d'exigence permettra d'identifier les exigences spécifiques pour le travail du groupe.

Suivra une phase d'expérimentation et de simulation pour résoudre le problème technique mais également pour mobiliser les compétences CO5.1 « Expliquer des éléments d'une modélisation proposée relative au comportement de tout ou partie d'un système » et CO6.3 « Présenter et argumenter des démarches, des résultats, y compris dans une langue étrangère ».

Toujours pendant les heures à effectif réduit, un temps sera consacré à une synthèse d'activité afin de vérifier le travail des élèves, les rediriger si nécessaire. Ce temps est l'occasion de faire un point avec les différents groupes sur les conclusions de l'activité et de mettre en place une évaluation formative notamment par rapport aux compétences CO5.1 et CO6.3. Il peut être intéressant que les élèves déposent ces travaux dans un espace collaboratif tel un espace numérique de travail et ainsi mobiliser des compétences numériques et de travail collaboratif même si ces compétences ne sont pas directement ciblées.

En classe entière, la restitution sera l'occasion de confronter les différents travaux et conclusions des groupes. De mettre en évidence la méthodologie de résolution d'un problème de statique quel que soit le système étudié : Isoler le système, faire le bilan des actions mécaniques extérieures agissant sur le système isolé, analyser les conditions d'équilibre, appliquer le principe fondamental de la statique, déterminer les actions mises en jeu, utiliser ces actions afin de choisir un matériau ou dimensionner une structure.

## Q 2.2

### Évaluation diagnostic

Comme il s'agit de la 6<sup>e</sup> séquence, des compétences ont déjà été évaluées lors des séquences précédentes. Pour celles-ci il suffit de reprendre les évaluations, si possible avec les élèves. Pour les compétences nouvellement mobilisées il sera peut-être nécessaire de mettre en place une activité, un questionnaire ou tout autre dispositif permettant d'identifier leurs connaissances et compétences initiales. Les élèves ont pu acquérir des connaissances dans d'autres disciplines ou même dans d'autres lieux que le lycée.

### Évaluation formative

L'évaluation formative est un point essentiel de l'apprentissage. Il ne s'agit pas de classer les élèves mais de mettre en évidence ce qu'ils savent et les progrès qu'ils ont à faire. Visible et compréhensible des élèves dès le début de la séquence, elle leur permet de savoir pourquoi ils font telles ou telles activités. Elle n'est pas forcément associée à une note mais positionne les élèves par rapport aux compétences à acquérir.

Les compétences sont évaluées au travers d'indicateurs de performances. Il ne sera pas forcément nécessaire d'évaluer tous les indicateurs mais quelques-uns de manière continu en observant les élèves pendant les activités. Pour certains indicateurs, le positionnement peut être envisagé par l'élève lui-même.

Pour chaque indicateur, des niveaux d'appréciations seront définis pour jauger le niveau de réussite.

Voici des exemples d'indicateurs de réussite associés aux compétences de la séquence proposée :

CO1.1 : Justifier les choix des matériaux, des structures d'un système et les énergies mises en œuvre dans une approche de développement durable

i11.1 : l'élève a su argumenter sur le choix des matériaux afin de minimiser l'impact environnemental ;

i11.2 : ...

CO3.1 : Décoder le cahier des charges fonctionnel d'un système

i31.1 : l'élève a identifié la ou les contraintes dans le diagramme d'exigences

i31.2 : l'élève a su trouver les caractéristiques de la structure ou de la pièce étudiée

i31.3 : ...

CO4.4 : Identifier et caractériser des solutions techniques relatives aux matériaux, à la structure, à l'énergie et aux informations d'un système

i41.1 : l'élève a identifié et caractérisé des solutions techniques relatives aux matériaux et à la structure

i41.2 : ...

CO5.1 : Expliquer des éléments d'une modélisation proposée

i51.1 : l'élève a identifié les différents blocs du modèle numérique au regard du système réel

i51.2 : l'élève a identifié les paramètres internes et externes du modèle

CO6.3 : Présenter et argumenter des démarches, des résultats, y compris dans une langue étrangère

i63.1 : l'élève a su décrire le fonctionnement du système en anglais

i63.2 : ...

## Évaluation sommative

Cette évaluation pourra prendre plusieurs formes : écrite, orale, etc.

Quelle que soit la forme choisie le travail demandé permettra, à l'aide d'autres indicateurs de réussites, de positionner l'élève dans l'acquisition des compétences ciblées. La difficulté ici étant d'évaluer des compétences et pas seulement des connaissances.

Par la suite, d'autres séquences mobiliseront d'autres indicateurs pour ces mêmes compétences. A la fin du trimestre, le nombre d'indicateur (pas forcément identique pour tous les élèves) sera représentatif du niveau d'acquisition de la compétence.

Vu la complexité pour gérer les indicateurs et suivre l'acquisition des compétences pour chaque élève, il est conseillé d'utiliser l'outil informatique. Ceci est envisageable à l'aide d'un tableur mais plusieurs solutions « clé en main » existent et permettent également une communication auprès des parents.

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

### **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 »**

#### **Q 3.1.1**

La sous exigence 1.3.2 stipule que la vanne doit supporter les efforts de poussée de l'eau en l'absence d'alimentation.

Pour la solution N°1 (moteur + chaîne) c'est l'électrofrein, fermé quand il n'est pas alimenté, qui doit empêcher la vanne de s'ouvrir sous l'effet de la poussée de l'eau. Une autre possibilité (redondance) est que le système roue vis ne soit pas réversible : la roue peut entraîner la vis mais pas l'inverse pour des questions de frottement.

Pour la solution N°2 (vérin) c'est le pré-actionneur hydraulique (en position neutre) qui va empêcher la vanne de s'ouvrir.

#### **Q 3.1.2**

La solution N°1 est clairement plus adaptée ici, avec redondance possible.

#### **Q 3.2.1**

$$K_{red} = \frac{\Omega_{pignon\ Galle}}{\Omega_{MAS}} = \left(\frac{89}{16}\right)^4 \times \frac{29}{2} = 13881,9 \text{ initialement}$$

$$\text{Rayon primitif pignon Galle} = 0,3655 \text{ m}$$

$$L_{chaîne\_clapet\_relevé} = \sqrt{J(1000^2 + 1200^2) - 365,5^2} = 1519 \text{ mm}$$

$$L_{chaîne\_clapet\_abaissé} = \sqrt{J(6400^2 + 5933^2) - 365,5^2} = 8719 \text{ mm}$$

$$L_{chaîne\_déroulée} = 8719 - 1519 = 7,2 \text{ m}$$

$$\theta_{pignon\ Galle} = \frac{L_{chaîne\_déroulée}}{R} = \frac{7,2}{0,3655} = 19,7 \text{ rad}$$

$$\text{Vitesse MAS} = 1500 \times (1 - g) \times 2 \times \frac{\pi}{60} = 50 \times \pi \times (1 - 0,05) \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1} = 149,15 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$t_{relevage} = \frac{\theta_{pignon\ Galle}}{\Omega_{MAS}} \cdot k_{red} = \frac{L_{chaîne\ déroulée} \times \frac{1}{R_{pignon\ Galle}}}{1500 \times (1-g) \times \frac{2\pi}{60}} k_{red} = 1832 \text{ s avec l'ancien réducteur roue et}$$

vis sans fin

En modifiant le rapport de réduction de 29/2 à 60.

$$t_{relevage} = 1832 \times \frac{60}{\frac{29}{2}} = 7581 \text{ s} = 2 \text{ h } 6 \text{ min } 21 \text{ s}$$

Temps supérieur à l'exigence 1.3.4 affinée par l'exigence 1.3.4.1 (<70 min)

### Q 3.2.2

On modifie seulement la vitesse de la MAS (3000 G (1-g) tr·min<sup>-1</sup>).

$$t_{relevage} = 1832 \times \frac{29}{2} \times \frac{1500}{3000} = 3790 \text{ s} = 63 \text{ min } 10 \text{ s}$$

Temps inférieur à l'exigence 1.3.4 affinée par l'exigence 1.3.4.1 (<70 min)

### Q 3.2.3

Angle d'hélice = 4,1 deg

Rendement en multiplicateur = 0% jusqu'à 250 tr·min<sup>-1</sup>

Ensuite le rendement en multiplicateur augmente jusqu'à 50% à 3000 tr·min<sup>-1</sup>

D'après la classification classe 4 ou 5

Conclusion : il y a irréversibilité statique et réversibilité dynamique donc vérifie la nouvelle exigence (classe ≥ 4)

### Q 3.2.4

L'effort maximal sur la chaîne vaut 1 222 977 N (FOC p34/168)

Rayon primitif pignon Galle = 0,3655 m

$$k_{red2} = \frac{\Omega_{pignon\ Galle}}{\Omega_{MAS}} = \left(\frac{89}{16}\right) \times 60 = 57442,2$$

$$C_{MAS} = \frac{F_{chaîne\ max} \times R_{pG}}{k_{red2}} \times \frac{1}{\eta_{eng} \times \eta_{rv}} = \frac{1223000 \times 0,3655}{57442,2} \times \frac{1}{0,94 \times 0,77} = 10,75 \text{ N}\cdot\text{m}$$

On peut choisir une M3BP 112 MB en 4kW,  $C_{MASn} = 13,1\text{N}\cdot\text{m}$

On n'a pas tenu compte des effets des inerties (réducteur, clapet) sur le couple nécessaire à la mise en vitesse de la MAS. Ceci étant les rapports de réduction sont très importants et les temps de démarrage ne sont pas nécessairement très rapides dans ce type d'application (quelques secondes n'est pas déraisonnable). Leurs influences sont minimales.

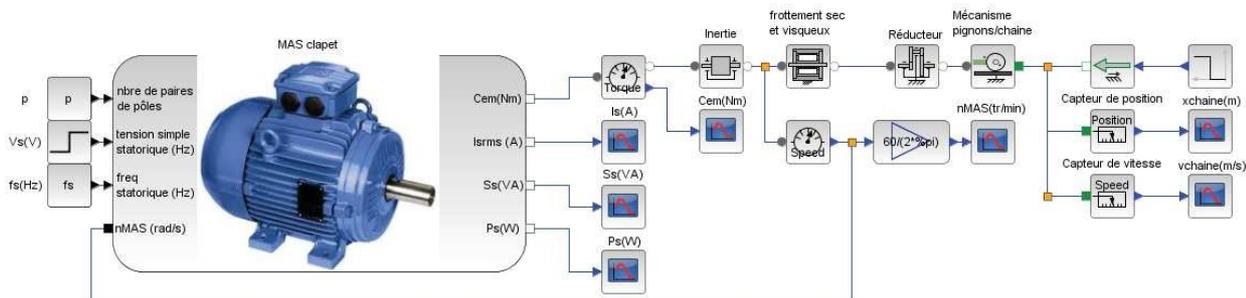
### Q 3.2.5

- Modifier le réducteur réversible en un réducteur irréversible en modifiant l'angle d'hélice : 4,1°.
- Remplacer les MAS tétrapolaires en MAS bipolaires (pour le respect du temps de démarrage) : M3BP 112 MB.

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 ».

### Q 3.3.1

$p = 2$     $V_s(\text{V}) = 230$     $f_s(\text{Hz}) = 50$    Effort(N) =  $-1225000 / (0,94 \times 0,77) = 1\,692\,456$  N  
Modèle cf. DR4



### Q 3.3.2

Le courant maximal vaut  $142 \text{ A} > 122 \text{ A}$  du GE\_ERP

Le courant nominal vaut  $88 \text{ A} < 111 \text{ A}$  du GE\_PRP

La puissance apparente maximale vaut :

$$S_{total\_max} = 98 \text{ kV}\cdot\text{A} < S_{GE\_ERP} = 84 \text{ kV}\cdot\text{A}$$

La puissance active maximale vaut :

$$P_{total\_max} = 67 \text{ kW} < P_{GE\_ERP} = 78 \text{ kW}$$

La puissance apparente suite aux démarrages vaut :

$$S_{total\_régime\_permanent} = 61 \text{ kV}\cdot\text{A} < S_{GE\_PRP} = 77 \text{ kV}\cdot\text{A}$$

La puissance active suite aux démarrages vaut :

$$P_{total\_régime\_permanent} = 50 \text{ kW} < P_{GE\_PRP} = 72 \text{ kW}$$

Donc problème pendant les phases de démarrage des MAS.

On peut envisager une compensation d'énergie réactive pour limiter la puissance apparente la valeur efficace du courant.

## PARTIE 4 - Utilisation pédagogique des modèles multi physiques en STI2D

### Q 4.1

L'exploitation des modèles multi-physiques favorise la compréhension des systèmes et les liens entre les différents domaines : mécanique, hydraulique, électrique, etc.

Que cela soit pour les systèmes non présents dans le laboratoire SII, mais également pour les systèmes présents mais difficilement observables dans l'ensemble des composantes.

Le programme du baccalauréat S-SI privilégie les approches scientifique et technologique d'analyse, de modélisation et d'expérimentation de systèmes pluri techniques. Il met également l'accent sur les différents niveaux de modélisation, amenant les élèves à identifier et à mesurer des écarts entre système souhaité, système réel et système modélisé et simulé en s'appuyant essentiellement sur des modèles de connaissance.

En STI2D, l'élève peut apprendre par la technologie et comprendre les modèles par l'analyse des comportements des systèmes techniques et non l'inverse ce qui reste le fondement de la pédagogie en STI2D. Nous sommes là, dans l'utilisation non pas exclusivement mais principalement des modèles de comportement.

Sur le modèle du clapet par éléments finis :

En S.SI : Après avoir expliqué la méthode des éléments finis, les élèves pourront modifier les paramètres de calculs (définition du maillage) et modifier les paramètres externes et internes afin d'identifier les écarts entre les différents résultats.

En STI2D : La méthode de calcul et le modèle sont donnés. Les élèves modifient seulement les paramètres externes et internes du modèle afin d'observer les différents comportements.

Sur le modèle multi physique de la chaîne d'énergie :

En S.SI : A partir d'une partie du modèle, les élèves vont identifier les composants à rajouter et modifient le modèle.

En STI2D : Le modèle est donné. Les élèves modifient certaines caractéristiques.

#### Q 4.2

Comme précisé précédemment, un élève en STI2D, peut apprendre par la technologie et comprendre les modèles par l'analyse des comportements des systèmes techniques. La modalité pédagogique à privilégier est donc inductive. En enseignement technologique transversal, les modèles seront multi-physique. Par exemple le modèle multi-physique de la chaîne d'énergie du barrage qui peut associer énergie électrique, hydraulique et mécanique.

En enseignement technologique de spécialité, le modèle numérique pourra être plus spécifique à la spécialité. Par exemple, le modèle du clapet par éléments finis pour déterminer sa déformée.

#### Q 4.3

L'objectif de formation O5 : Utiliser un modèle de comportement pour prédire un fonctionnement ou valider une performance, est constitué de 3 compétences. La mise en place d'indicateurs de performance et de niveaux d'appréciation permet d'observer la progression des élèves dans l'acquisition de ces compétences. Dans le tableau suivant, les indicateurs de performance sont définis en prenant en compte leur progressivité.

COMPETENCES	INDICATEURS DE PERFORMANCE
CO5.1 Expliquer des éléments d'une modélisation proposée relative au comportement de tout ou partie d'un système.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'ouverture et le lancement d'une simulation d'un modèle au préalable paramétré, se fait de manière autonome,</li> <li>- A partir d'un modèle multi-physiques donné, les blocs sont correctement identifiés par rapport au réel : <ul style="list-style-type: none"> <li>• blocs liés aux composants d'un système,</li> <li>• blocs correspondant aux paramètres d'entrée,</li> <li>• blocs d'acquisition de grandeurs physiques,</li> <li>• blocs pour visualiser des résultats.</li> </ul> </li> <li>- Des blocs « systèmes » sont choisis et reliés aux autres éléments.</li> </ul>
CO5.2 Identifier des variables internes et externes utiles à une modélisation, simuler et valider le comportement du modèle.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les variables du modèle donné sont identifiées,</li> <li>- A partir d'un modèle numérique donné, les variables sont modifiées au regard du réel,</li> <li>- La configuration du simulateur est prise en compte en fonction des objectifs de simulation,</li> <li>- Les hypothèses de simulation sont explicitées,</li> <li>- Les résultats sont analysés afin de valider le modèle.</li> </ul>
CO5.3 Evaluer un écart entre le comportement du réel et le comportement du modèle en fonction des paramètres proposés.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les grandeurs physiques à comparer sont identifiées,</li> <li>- Les écarts sont commentés,</li> <li>- Une analyse critique entre le comportement du réel et du modèle est réalisée.</li> </ul>

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

### **Q 5.1**

Mise en situation :

L'ETLV1 prend appui en 1<sup>ère</sup> sur l'enseignement transversal de technologie avec une durée de 1h par semaine de co-enseignement conjoint : un enseignant de discipline technologique et un enseignant LV1.

Le support qui servira de base pour « l'étude de dossier technologique » sera le Barrage de Vichy et le document DT5 : Loi Cadre sur l'Eau viendra en complément.

Etude centrée sur le centre d'intérêt 1 (CI1) : développement Durable et compétitivité des produits.

Dossier technologique utilisé : DT5 : Loi Cadre sur l'Eau.

Notions et pôles de compétences mis en jeu :

Pôles de connaissances : Matériaux et structures.

Notions : « L'idée de progrès » (les matériaux innovants, développement durable et éco conception à ajouter).

Modalités pédagogiques et étapes de « l'étude de dossier technologique » :

6 groupes de 4 en classe entière ou 3 groupes de 4 en groupe à effectif réduit.

Etapes de « 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. Analyse de la loi Cadre sur l'Eau (DT5) et des problèmes apparus au niveau du plan d'eau.

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 en LV1.

3. Répartition entre les élèves des activités à mener.

Mise en place d'un lexique.

Recherche des documentations techniques.

Analyse de la loi cadre sur l'Eau (DT5) et des problèmes rencontrés au niveau du 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'Elodée de Nutall (plante aquatique monocotylédone vivace).

Analyse des matériaux utilisés au niveau du plan d'eau (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 ; une protection anticorrosion par peinture des clapets est à prévoir ; prévoir des bagues en matériaux autolubrifiant (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 : bonne résistance à la rupture et à la traction.

Mise en place d'une frise chronologique (dates importantes).

Textes réglementaires.

Objectifs à atteindre pour les Masses d'Eau Artificielles (MEA) : bon état écologique et bon état chimique.

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.
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 synthèse en LV1 explicitant l'étude, les nouvelles connaissances mises en œuvre, les démarches adoptées et les conclusions atteintes. Présentation orale du groupe (exemple : 10 minutes de présentation suivi de 10 minutes d'entretien) : 2h au total.

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

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 (LV1 : travail sur le lexique et sur le vocabulaire technique lié au Développement Durable et à la loi Cadre sur l'Eau : DT5, et sur les Notions : « L'idée de progrès », enseignement technologique : 1.2 Eco conception, 4h en CE : voir DR5).

## **Q 5.2**

Du côté enseignant, classiquement on distingue 6 modalités de co-enseignement ou de co-intervention.

1 – L'un enseigne, l'autre observe :

L'un des avantages de cette co-intervention est qu'une observation plus précise est possible. Cela permet entre autre de faciliter la mise en place d'une évaluation formative en précisant à l'avance ensemble quels observables identifier. Par la suite les enseignants ont à partager l'analyse des observations.

2 – L'un enseigne, l'autre aide :

Dans ce fonctionnement du co-enseignement, un professeur garde la responsabilité de l'enseignement tandis que l'autre circule à travers la classe, fournissant une aide discrète aux élèves en fonction des besoins. Il est intéressant d'alterner les rôles.

3 – Enseignement parallèle :

Les enseignants font en même temps la même chose : l'avantage est la réduction du nombre d'élèves. Dans un certain nombre de cas, l'apprentissage des élèves serait grandement facilité s'ils avaient juste eu plus d'attention de l'enseignant et davantage la possibilité de prendre la parole.

#### 4 – L'enseignement en ateliers :

Dans cette approche de co-enseignement, les enseignants se divisent le contenu. Chaque professeur enseigne le contenu à un groupe et reproduit son intervention ensuite auprès de l'autre groupe. Un troisième atelier peut donner aux élèves la possibilité de travailler en autonomie.

#### 5 – Enseignement avec groupe différencié :

Dans toute classe, il y a des moments pendant lesquelles les élèves ont besoin d'une attention particulière. Dans cette formule, un enseignant prend la responsabilité de l'ensemble du groupe, tandis que l'autre œuvre avec un petit groupe. Cette organisation peut être choisie à des moments différents, au début ou à la fin de la séance et peut être brève. Elle peut concerner les élèves ayant des difficultés ou tout au contraire des élèves à l'aise qui vont être stimulés de manière approfondie.

#### 6 – En tandem :

Dans l'enseignement en tandem, les enseignants sont acteurs avec toute la classe en même temps. Cette organisation peut être très utile lorsque l'un parle, mène un dialogue avec le groupe classe, tandis que l'autre agit, manipule, écrit.