

**Annale zéro n°2**  
**(Coefficient 8 – Durée 4 heures)**  
Aucun document autorisé – Calculatrice autorisée

## ÉTUDE DU BARRAGE DU MONT SAINT-MICHEL

Le sujet comprend deux parties relatives au même support.

- un exercice : temps conseillé = 1 heure
- une analyse d'un système pluri technique : temps conseillé = 3 heures

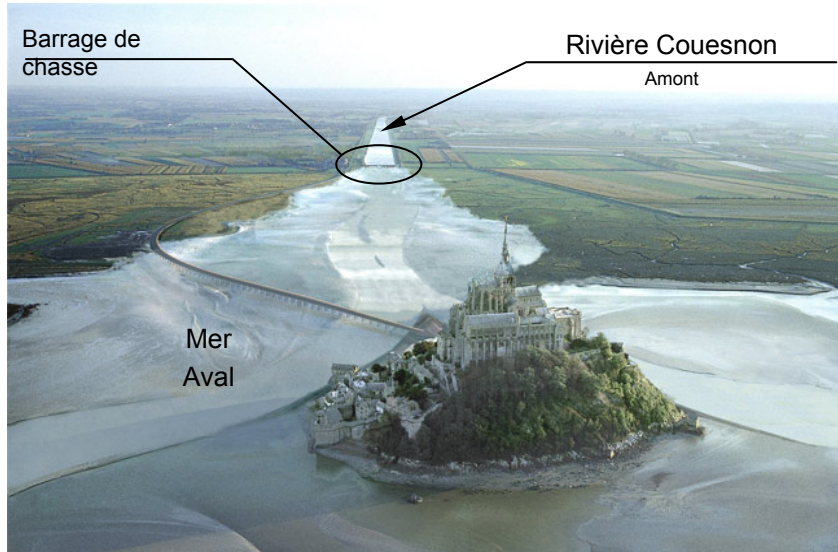
Le sujet comporte :

- Une présentation générale du support de l'épreuve (pages 2 et 3).
- Un exercice :
  - un texte de questionnement : questions 1 à 7 (pages 4 à 6) ;
  - des documents techniques DT1 et DT2 (pages 16 et 17) ;
  - un document réponse : DR1 (page 21)
- Une analyse d'un système pluri technique :
  - une présentation du cycle de fonctionnement (pages 7 et 8) ;
  - un texte de questionnement : questions 8 à 29 (pages 8 à 15) ;
  - des documents techniques : DT3 à DT5 (pages 18 et 20) ;
  - des documents réponses : DR2 à DR6 (pages 22 à 26).

Les deux parties du sujet peuvent être traitées indépendamment.

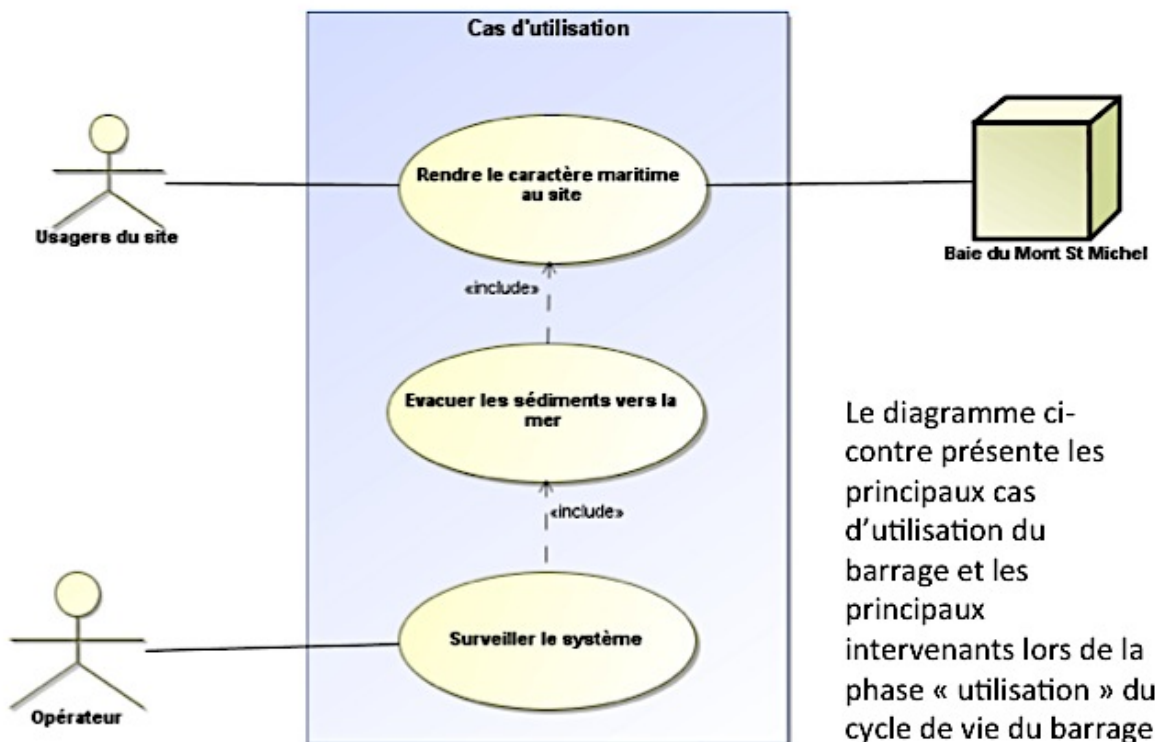
## Étude du barrage du Mont Saint-Michel

### Le rétablissement du caractère maritime du Mont St Michel Contexte géographique et environnemental.



Le Mont-Saint-Michel est un monument classé au patrimoine mondial de l'humanité. La construction d'une digue route en 1879 a provoqué, au fil du temps, une accélération de l'ensablement naturel de la baie : le Mont pourrait cesser d'être une île. Le Couesnon (rivière séparant la Bretagne de la Normandie) se jette dans la baie du Mont, sert de réserve d'eau douce en été et évite l'inondation de Pontorson, ville située sur le Couesnon à 9 km en amont du Mont St Michel.

Les études ont montré que l'ensablement est inévitable à terme si on n'agit pas sur les transports sédimentaires. Il est décidé de canaliser le Couesnon et de construire un barrage de chasse d'une contenance de 700 000 m<sup>3</sup> d'eau qui sera équipé d'échelles à poissons.



Le diagramme ci-contre présente les principaux cas d'utilisation du barrage et les principaux intervenants lors de la phase « utilisation » du cycle de vie du barrage

L'écosystème doit être préservé au mieux. Ce projet dit « rétablissement du caractère maritime du Mont-Saint-Michel » comprend de nombreux aménagements et travaux, dont celui du barrage de chasse. Grâce aux forces conjuguées de la mer, du Couesnon et du nouveau barrage, les sédiments seront évacués au large du Mont-Saint-Michel par un effet de chasse rendu possible grâce à l'accumulation d'une grande quantité d'eau retenue par le barrage à chaque marée haute et vidée rapidement dans la baie à chaque marée basse. Après la mise en fonction de l'ouvrage, il faudra plusieurs années, marée après marée, pour débiter les millions de mètres cube de sédiments accumulés et abaisser progressivement le niveau des grèves.



L'originalité de ce barrage réside dans son mode de fonctionnement. Les vannes laissent entrer l'eau de la marée haute dans la rivière Couesnon pour constituer une réserve qui sera libérée dans le lit de rivière et la baie du Mont St Michel à marée basse.

Cet ouvrage est constitué :

- d'une série de huit passes principales de 9 m de largeur ; ces huit passes identiques reçoivent le même équipement de vannes-secteurs mobiles, actionnées en fonction de la marée pour permettre l'évacuation progressive des sédiments accumulés ;
- de deux écluses à poissons (*non étudiées dans le sujet*) ;
- de deux culées de raccordement aux rives servant au logement de l'ensemble du matériel électrique, hydromécanique et hydraulique nécessaire à la commande des vannes mobiles, ainsi qu'au logement du matériel de contrôle, d'asservissement et de télégestion.



Les 8 vannes permettent de réguler les flux de marées et de créer un effet de chasse. Les photos ci-contre montrent le principe retenu au niveau des vannes ainsi que les 4 premières vannes installées.

## Exercice

### Impacts environnementaux et énergétiques des vannes du barrage

L'objectif de cette partie est d'analyser les impacts environnementaux et énergétiques lors de différentes phases du cycle de vie des vannes dans le cadre d'une démarche d'éco-conception.

Lors d'une démarche d'éco-conception, il faut garder à l'esprit :

- que tout produit ou système a besoin de matière et d'énergie pour être fabriqué ;
- que tout produit ou composant d'élément de système a besoin d'être fabriqué et transporté ;
- que tout constituant de ce système deviendra un jour un déchet. Il n'existe donc pas de produit « zéro impact ».

### Cycle de vie

Le cycle de vie d'un produit, comme celui de chaque vanne du barrage, peut être caractérisé par 5 grandes étapes, dont les deux premières sont l'extraction et la mise à disposition des matières premières et la deuxième la réalisation ou la fabrication du produit.

#### Question 1 (Copie)

Citer les 3 dernières grandes étapes caractéristiques des cinq étapes du cycle de vie des vannes

### Étude de la phase transport

On veut comparer l'impact, en terme d'émissions de gaz à effet de serre (GES), de deux scénarios envisagés pour transporter les vannes depuis leur lieu de fabrication [Châteauneuf sur Loire (45)] jusqu'au Mont-Saint-Michel.

Chaque corps de vanne représente une masse de 20 tonnes d'acier.

#### Scénario 1: Transport routier

La distance à parcourir en camion (>25t) est de 360 km.



#### Scénario 2 : Fer routage

L'entreprise qui fabrique les vannes dispose du rail jusqu'au sein de l'usine ce qui permet d'envisager le feroutage. Dans ce cas les corps de vannes sont transportés en train jusqu'à Avranches (50) soit 340 km puis en camion jusqu'au Mont-Saint-Michel soit 25 km.

### Facteurs d'émissions

Types de transports	Facteurs d'émissions
Transport routier par camions (>25 t)	29,4g équiv. C / t.km
Transport par fret ferroviaire	1,5g CO <sub>2</sub> / t.km

Rappel : Équivalent Carbone = Équivalent CO<sub>2</sub> x 0,2727



**Question 2 (Copie)**

**Calculez et comparez** les émissions de **CO<sub>2</sub>** (en kg CO<sub>2</sub>) pour les deux scénarios.

**En déduire** celui qui « impacte » le plus l'environnement.

**Justification du principe de vanne retenu**

Le barrage du Couesnon doit s'intégrer dans le paysage plat de la baie du Mont St Michel et rester le plus discret possible.

**Question 3 (DR 1)**

À partir de cette contrainte environnementale et du cycle de fonctionnement décrit aux pages 7 et 8, **analyser et compléter** le document DR 1 en **justifiant** succinctement le choix des ingénieurs qui ont retenu le principe de vannes secteur.

**Étude de la phase utilisation des vannes**

Il est prévu que l'alimentation en énergie des vérins de manœuvre des vannes consomme environ 30% de la consommation électrique du barrage.

**Question 4 (copie)**

**Indiquez** si les vannes sont considérées comme des produits **actifs** ou **passifs** ?

Dans une démarche d'écoconception, l'amélioration de l'efficacité énergétique est souvent recherchée. À partir des données techniques des groupes électro hydrauliques (ci-dessous), **indiquez** les caractéristiques que l'on va chercher à modifier pour limiter la consommation de ressources énergétiques.

**Caractéristiques des vérins envisagés**

Course maximale du vérin	2,5	m
Diamètre du piston du vérin	0,25	m
Diamètre de la tige du vérin	0,20	m
Rendement estimé du vérin hydraulique	90	%

**Caractéristiques du groupe électro hydraulique envisagé**

Débit	30	l/min
Pression maxi	250	bars
Rendement estimé de la pompe hydraulique	90	%
Puissance nominale du moteur électrique	15	kW

**Étude de la phase fin de vie****Question 5 (Copie)**

L'analyse du cycle de vie met en évidence un impact négatif lors de la fin de vie. **Expliquez** ce que cela signifie et **justifiez** ce phénomène.

On admet que les vannes sont réalisées à partir d'acier non recyclé, on sait que la fabrication d'acier primaire nécessite une énergie de  $52 \text{ MWh/m}^3$  contre  $24 \text{ MWh/m}^3$  pour de l'acier recyclé et que la masse volumique de l'acier est de  $7850 \text{ kg/m}^3$ .

**Question 6 (Copie)**

**Calculez** le gain énergétique dû au recyclage d'une vanne en fin de vie.

**Analyse de l'efficacité de l'effet de chasse au niveau du barrage**

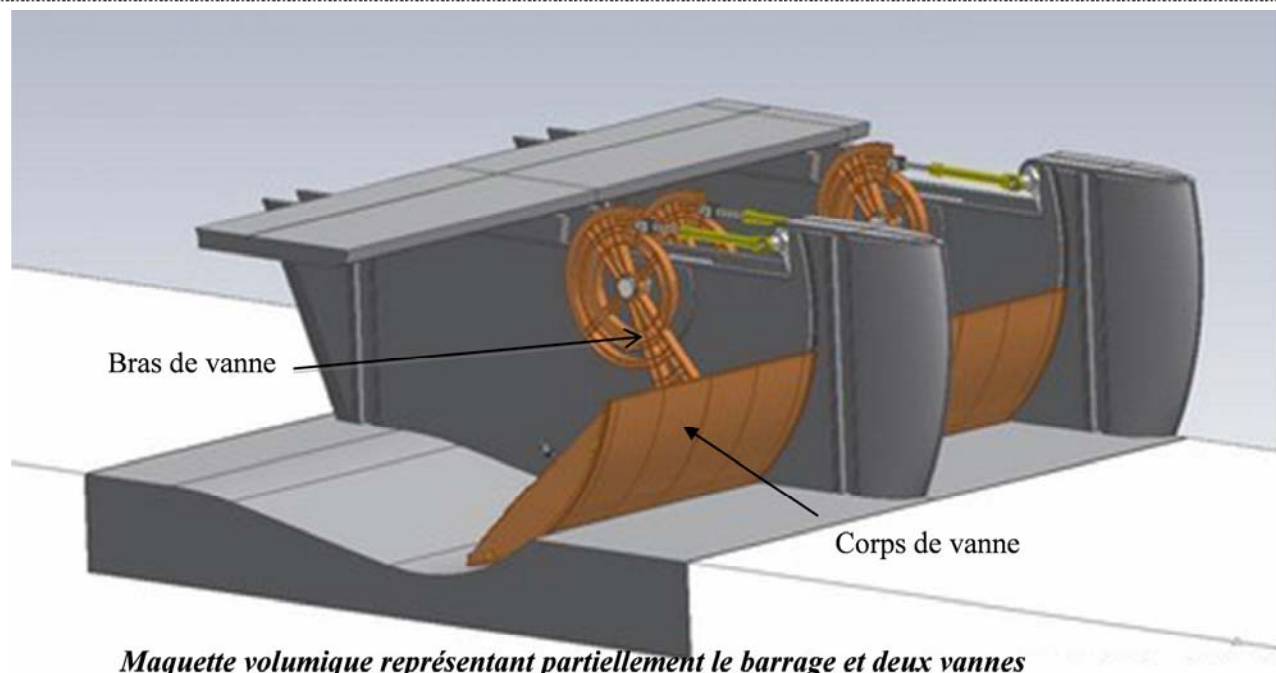
On s'intéresse aux choix techniques effectués pour augmenter l'efficacité de l'effet de chasse du barrage en limitant les dépôts de sédiments à proximité des piles du barrage. Pour trouver la forme de nez de pile la plus efficace, le bureau d'études effectue une série de simulations d'écoulement de l'eau le long de différentes formes de nez de piles.

Pour cette simulation, la vitesse de l'eau avant le barrage par rapport à la pile est fixée à  $6 \text{ m.s}^{-1}$  et les résultats du DT2 proposent des images de l'évolution de champ de vitesse de l'eau autour de la pile.



**Question 7 (DT2 et Copie)**

À partir des résultats des simulations présentés sur le document technique DT2, **analyser** les zones d'eaux turbulentes et d'eaux stagnantes et **justifier** rapidement le choix des ingénieurs de retenir des nez de pile de forme elliptique.

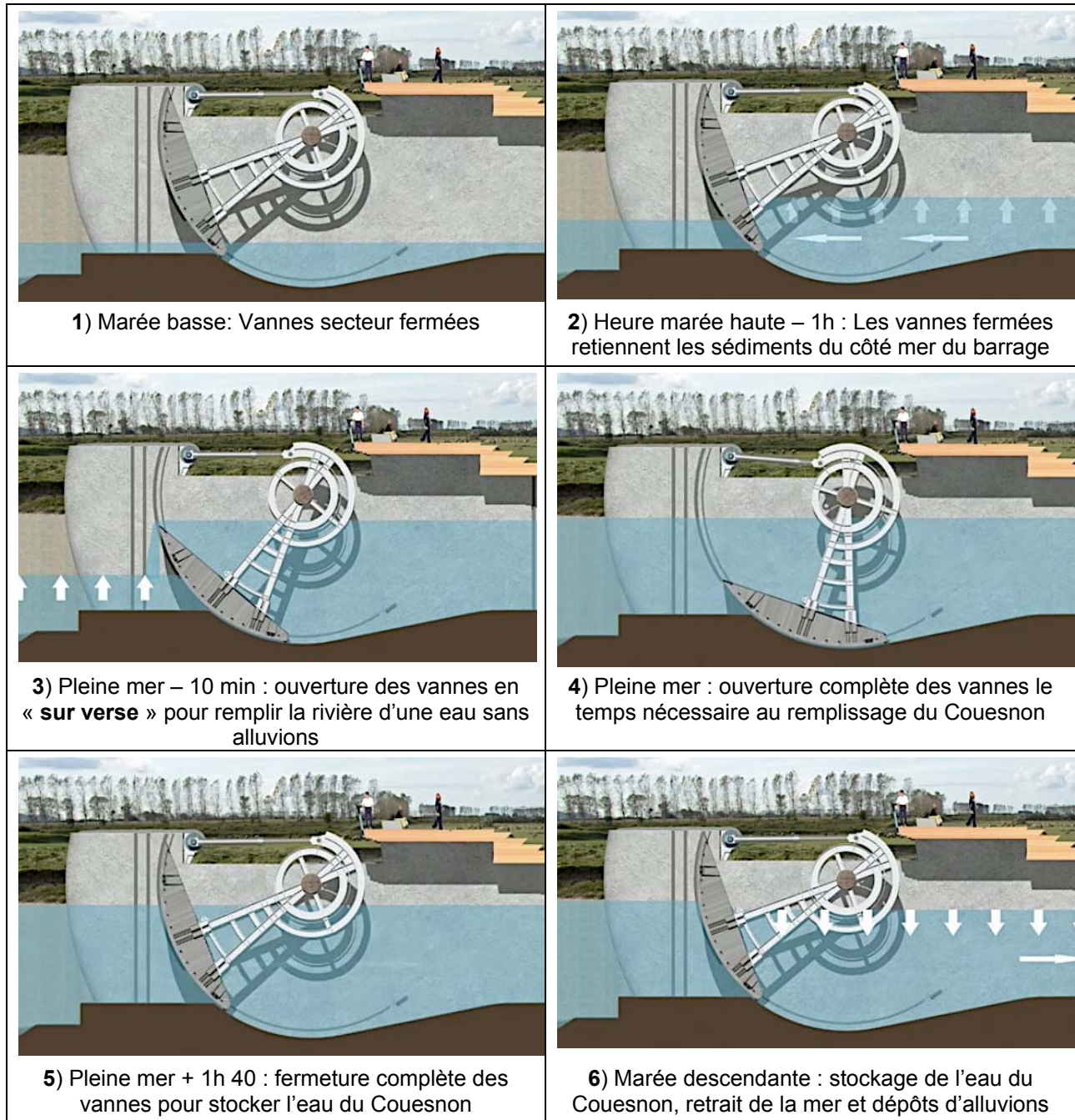


## Étude d'un système pluri technique

L'étude porte sur les chaînes d'énergie et d'information liées au comportement du barrage et au fonctionnement des vannes.

Les images ci-dessous décrivent un cycle de fonctionnement des vannes.

### Phases de fonctionnement du barrage sur un cycle de marée d'environ 12h 30







7) Marée haute + 6h : ouverture des vannes en « **sous verse** », effet de chasse des eaux du Couesnon libérées et élimination des alluvions de la baie



8) Marée basse et reprise du cycle de marée haute après la phase d'effet de chasse et reprise du cycle de fonctionnement.

#### Question 8 (DR 2)

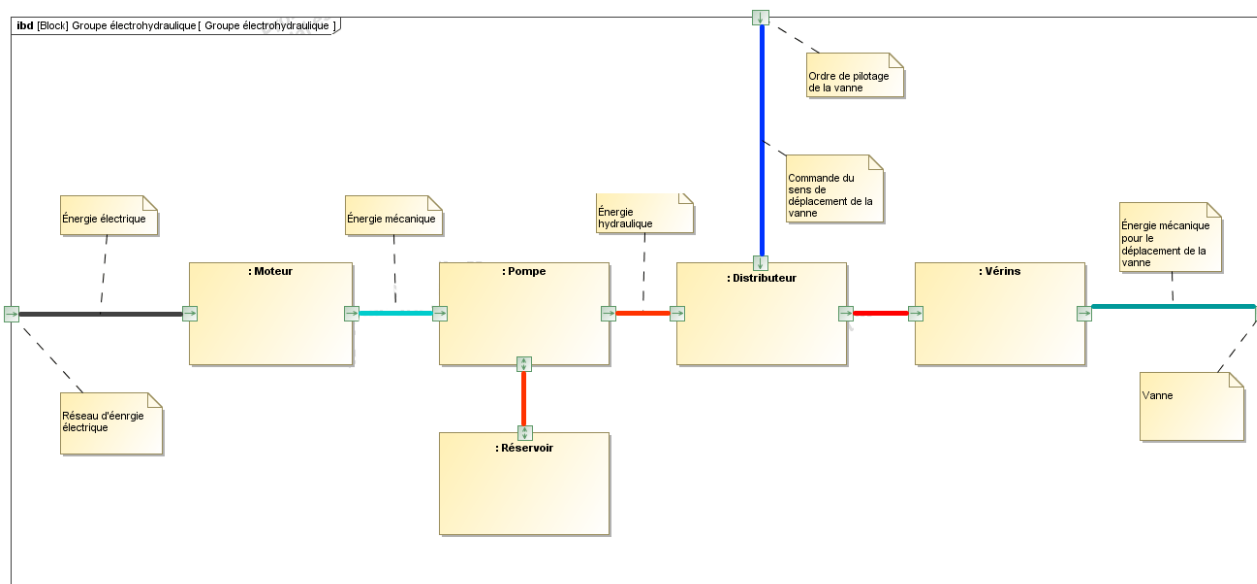
À partir de la description du cycle de fonctionnement du barrage, **compléter** sur le diagramme du document DR 2, les sens de rotation d'une vanne en fonctionnement.

### Vérification de la conception préliminaire de la chaîne d'énergie relative à une vanne

*On s'intéresse à la conception préliminaire amenant les ingénieurs à vérifier leurs premières hypothèses et à déterminer les ordres de grandeur des caractéristiques de chaque constituant de la chaîne d'énergie de manœuvre d'une vanne.*

En première analyse, la chaîne d'énergie des vannes correspond à l'agencement des constituants proposés dans le diagramme ci-après.





Cette structure de la chaîne d'énergie permet de proposer un premier niveau de modélisation du comportement global de la chaîne réalisé sur un logiciel de simulation multi-physique proposé dans le document DR 3.

#### Question 9 (DR 3)

Sur le document DR 3, **compléter** le schéma bloc de la simulation en précisant les unités des flux d'énergie entrants et sortants des blocs non renseignés.

### Pré détermination des caractéristiques des vérins de la chaîne d'énergie

Le bureau d'études veut vérifier le choix d'un vérin.

Caractéristiques des vérins retenus :

Course maximale du vérin	2500	mm
Diamètre du piston du vérin	250	mm
Rendement du vérin hydraulique	90	%
Vitesse maximale de translation de la tige	10	mm.s <sup>-1</sup>
Effort maximal en tirant	400	kN
Effort maximal en poussant	1120	kN
Pression de travail admissible	230	MPa

### Vérification de la course des vérins

Le document DR 4 propose les plans de la vanne dans les positions extrêmes.

#### Question 10 (DR 4)

**Déterminer et tracer** (en couleur), sur l'une des vues au choix, les positions extrêmes du vérin (entre les points B et A).

**Mesurer et calculer** la course du vérin.

**Vérifier** si la course du vérin retenu est correcte.

### Vérification des efforts et de la pression dans le vérin

Pour déterminer les efforts dans le vérin, le bureau d'étude pose les hypothèses simplificatrices suivantes :

- Frottements négligés dans la liaison pivot entre la vanne et la structure de l'ouvrage ;
- Efforts hydrostatiques négligés;

- Efforts hydrodynamiques négligés (justifié par des mouvements lents) ;
- Efforts répartis de façon identique sur chacun des 2 vérins.

Une étude sur une maquette numérique a permis au bureau d'étude de tracer la courbe d'effort dans l'un des deux vérins en fonction de l'angle de rotation de la vanne (voir DT 3).

Comme pour toute simulation numérique, il faut, avant de l'exploiter, vérifier que les résultats sont cohérents avec ce que l'on attend. Pour cela, le bureau d'étude décide de vérifier la concordance des résultats sur un point de la courbe en calculant l'effort exercé au point A dans la liaison pivot entre la vanne et la tige du vérin.

- La position retenue est définie sur le document DR5, la vanne étant dans la position  $\theta=42^\circ$ .
- La vanne complète, constituée de l'assemblage des 2 bras sur le corps, est en rotation autour de la liaison pivot en O, représente une masse totale de 40 tonnes.

#### Question 11 (DR 5)

Dans cette position particulière et en négligeant les poids des pièces constitutives du vérin, **expliquer** quelle action extérieure au vérin engendre un effort en A sur la tige du vérin.

Sur le document DR 5 proposant la vanne isolée dans l'inclinaison retenue, et en appliquant le principe fondamental de la statique à l'équilibre de la vanne, **déterminer** (par le calcul et/ou de manière graphique) l'effort axial s'exerçant sur la tige du vérin.

#### Question 12 (Copie et DR5)

**Vérifier**, sur la courbe d'effort dans le vérin des documents DR 5 (ou DT3), que la valeur calculée est cohérente avec la valeur attendue dans cette position.

#### Question 13 (Copie)

**Relever** sur la courbe d'effort (document DT3) la valeur maximale de l'effort dans le vérin.

**Calculer** la pression d'huile nécessaire pour produire cet effort.

**Contrôler** le bon dimensionnement du vérin en termes d'effort et de pression.

### Vérification de la vitesse de translation de la tige de vérin.

Le taux moyen retenu de rotation maximale de la vanne doit atteindre  $8^\circ/\text{min}$  pour une course maximale de 2,4m.

#### Question 14 (Copie)

**Déterminer** la vitesse moyenne de translation de la tige de vérin, exprimée en m.s-1.

**Contrôler** le bon dimensionnement du vérin.

### Vérification des groupes hydrauliques

Le bureau d'étude veut maintenant contrôler le bon dimensionnement du groupe hydraulique. En première approximation, il admet que la vitesse moyenne de translation de la tige du vérin peut être considérée comme constante tout au long de son déplacement.

Caractéristique du groupe hydraulique

Rendement de la pompe	90	%
Puissance maximale	15	kW
Rendement du vérin	90	%

**Question 15** (Copie)

**Calculer** la puissance théorique maximale nécessaire au déplacement d'une vanne.

Pour des raisons de sécurité liées à la continuité du service, le bureau d'étude a fait le choix d'alimenter les 16 vérins des 8 vannes par 4 circuits de puissance pouvant être inter connectés en cas de défaillance.

Ainsi, dans la situation la plus défavorable où 3 groupes sur 4 seraient défaillants, un seul des 4 groupes hydrauliques doit pouvoir assurer l'ouverture de toutes les vannes. Dans ce cas, le fonctionnement est dégradé et le taux de rotation des vannes est limitée à 2°/min.

**Question 16** (Copie)

Calculer la puissance théorique maximale pour un groupe hydraulique dans le cas de défaillance de trois autres groupes.

**Question 17** (Copie)

Conclure vis à vis du bon dimensionnement des groupes hydrauliques.

### Justification du choix d'une technologie hydraulique

Le schéma du document DR6 représente le principe de base du circuit hydraulique de puissance des 2 vérins d'une vanne.

**Question 18** (DR 6)

Sur le schéma hydraulique du document DR 6, **identifier** en le repassant en couleur, le circuit haute pression d'alimentation du vérin lorsqu'on veut obtenir une sortie de tige ainsi que, dans une autre couleur, le circuit de retour au réservoir.

**Identifier** la (ou les) commande(s) devant être alimentée(s) pour faire sortir la tige du vérin.

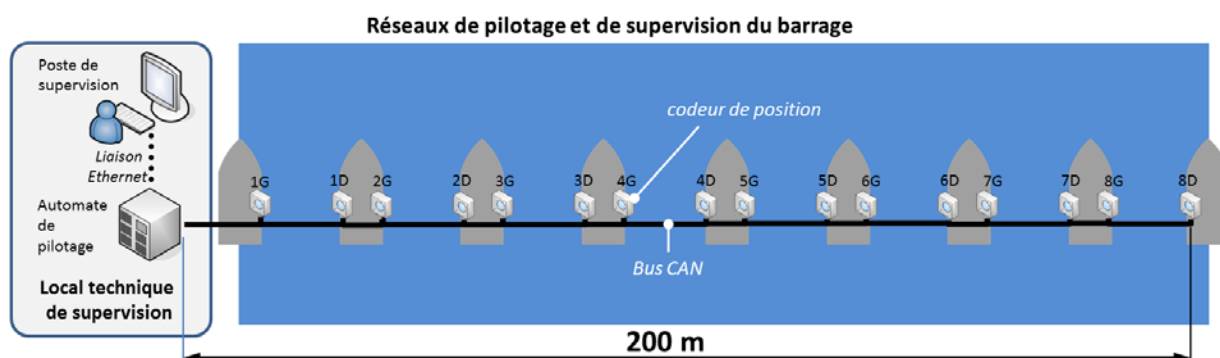
**Justifier** l'intérêt d'utiliser les 2 distributeurs YO1 et YO2 dans le circuit hydraulique.

Sachant que la durée moyenne de manœuvre des vannes est d'une heure par jour, **justifier le choix d'une technologie hydraulique** d'un point de vue efficacité énergétique et développement durable

### Vérification des caractéristiques de transmission des informations de position des capteurs

*Chaque vanne est équipée de 2 capteurs de position, un sur chaque côté. Ceux-ci permettent de connaître en permanence la position et la vitesse de la vanne au cours des différentes phases de fonctionnement. Pour être efficace, cette commande doit être réactive et fiable, ce qui implique le respect de conditions particulières à vérifier.*

*L'objectif du bureau d'études est de valider le choix d'un bus de transfert d'informations à partir d'une contrainte du cahier des charges, et d'assurer une redondance matérielle sur les réseaux.*



Chaque vanne utilise deux capteurs de position absolue (un pour chacun des 2 bras de chaque vanne) de type **MHK5-C2B1-1216-B15V-0CC** (voir document technique DT4). Les valeurs issues de ces capteurs sont transférées à l'automate de pilotage par un bus CAN.

Le cahier des charges impose les éléments suivants :

- Précision angulaire du capteur :  $\pm 0,05^\circ$
- Temps maximum pour transmettre la position des 16 codeurs : 10 ms.

**Question 19** (DT4 et Copie)

En utilisant le document technique DT4, **déterminer la valeur maximale  $N_{\max}$**  (précision maximale) du nombre de pas par tour des codeurs utilisés

**Question 20** (Copie)

**Calculer** le nombre de pas  $N_{1\text{DEG}}$  pour une variation d'un degré d'angle (garder uniquement la partie entière du résultat).

**En déduire** la résolution (ou précision) angulaire  $R_{\text{ANG}} = 1 / N_{1\text{DEG}}$ . La précision du capteur est-elle en adéquation avec le cahier des charges ?

**Justifier** votre réponse.

Le débit maximal d'un bus CAN est contraint par la longueur du bus comme indiqué ci-après :

Débit maxi	1 Mbit/s	800 Mbit/s	500 kbit/s	250 kbit/s	125 kbit/s	62,5 kbit/s	20 kbit/s	10 kbit/s
Longueur maxi	30 m	50 m	100 m	250 m	500 m	1000 m	2500 m	5000 m

**Question 21** (Copie)

A la lecture de ce tableau, et compte tenu de la configuration du réseau de pilotage, **déterminer** à quel débit maximal pourra être configuré ce réseau

**Question 22** (Copie)

En **déduire**  $T$ , la durée de transmission d'un bit sur le bus CAN ainsi configuré

Pour transmettre la position d'un codeur via le bus CAN à l'automate, le format d'un message/trame standard ISO 11898 version 2.0A est indiqué ci-dessous :





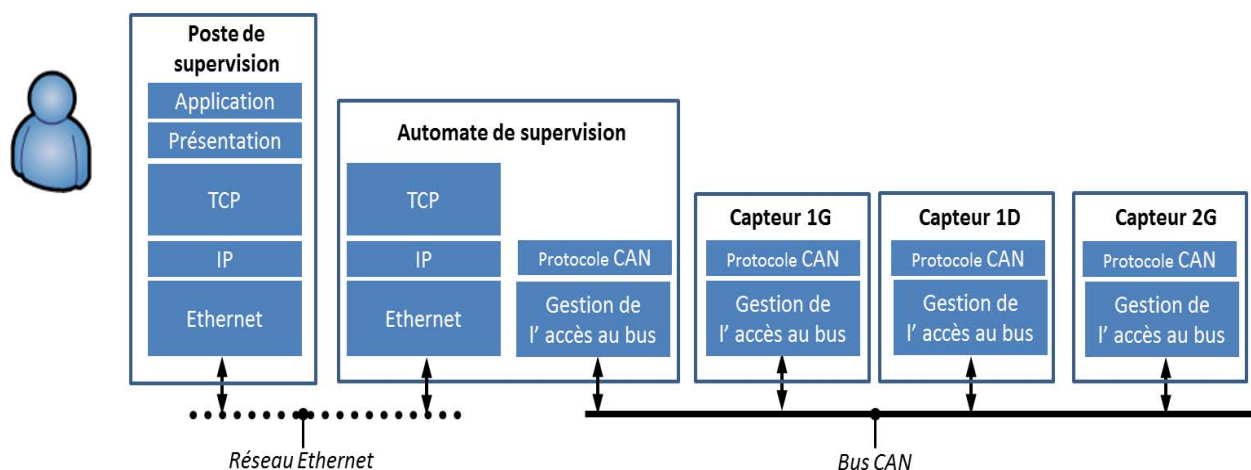
### Question 23 (Copie)

Dans le cas le plus défavorable, **calculer** le temps nécessaire  $T_{\text{TRAME\_CAN}}$  pour transmettre la position d'un codeur.

### Question 24 (Copie)

**Déterminer** le temps maximal nécessaire  $T_{\text{TOT\_TRAME\_CAN}}$  pour transmettre la position des 16 codeurs. Le cahier des charges est-il respecté ? **Justifier** votre réponse.

Les différents hôtes et protocoles utilisés sur ces 2 réseaux sont représentés ci-dessous :



Afin de garantir une sécurité maximale, un second poste de supervision est susceptible d'être installé sur le réseau en cas de défaillance du poste principal.

### Question 25 (Copie)

**Indiquer** sur quel segment du réseau devra être installé ce second poste ? Quel protocole faudra-t-il installer sur ce poste pour qu'il puisse communiquer avec l'automate ?

Le plan d'adressage du réseau de supervision est le suivant :

	Adresse IP	Masque de sous réseau
Automate de supervision	192.168.0.254	255.255.255.0
Poste de supervision	192.168.0.1	255.255.255.0

### Question 26 (Copie)

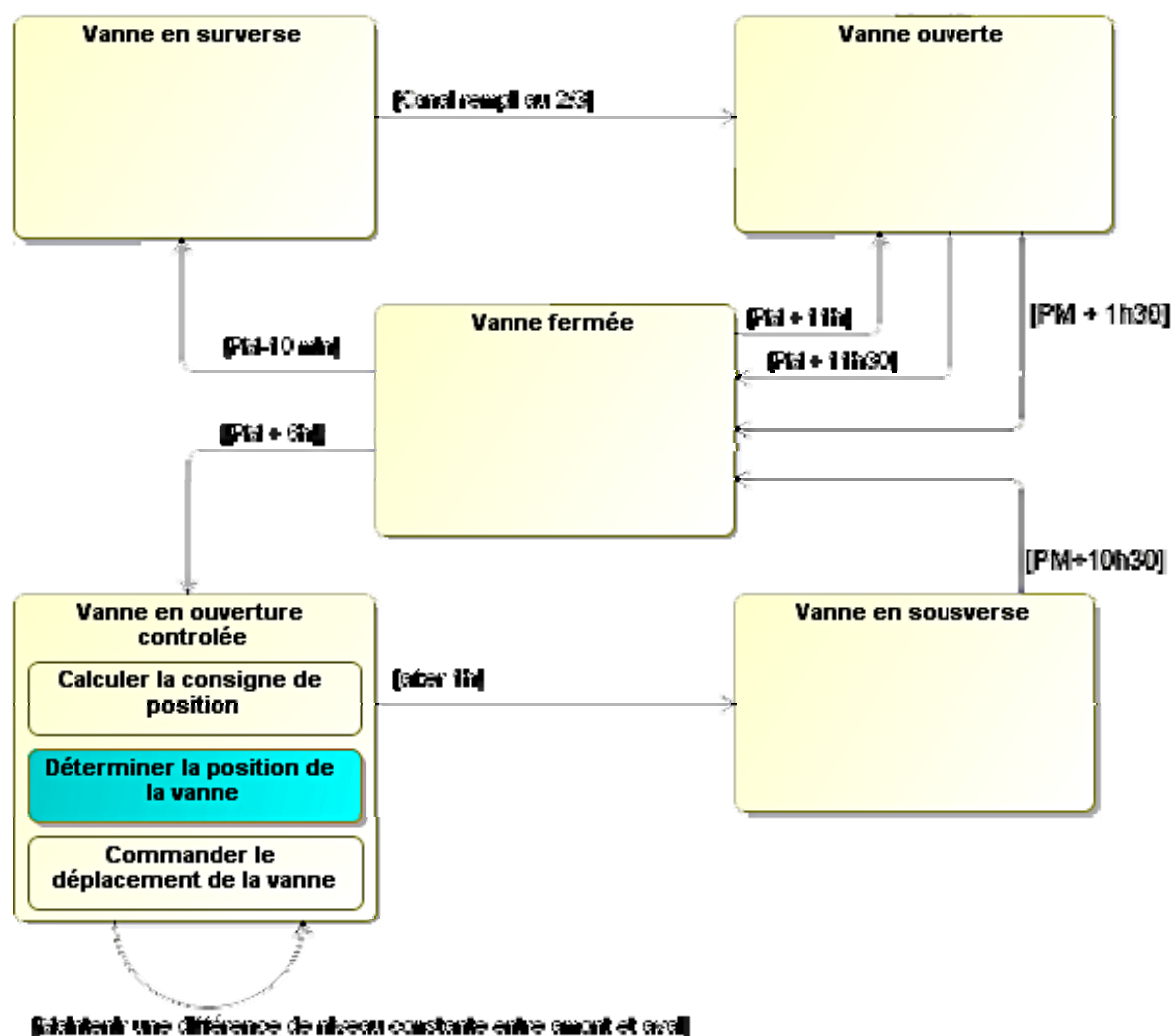
**Proposer** une plage possible d'adresses IP pour ce second poste qui n'entraîne pas de dysfonctionnement du réseau de supervision

### Traitement des informations de position de vanne garantissant un bon fonctionnement

L'acquisition précise et la transmission rapide des positions angulaires de chaque bras d'une vanne permettent de calculer « à chaque instant » la position réelle des vannes.

L'objectif de cette étude est d'analyser le traitement des informations acquises par les capteurs et transmises à l'automate par le bus CAN dans la phase de régulation du débit, ainsi que les causes possibles de déclenchement d'alertes.

Le diagramme d'état décrit le principe de commande retenu pour piloter un cycle de fonctionnement de chaque vanne.



### Question 27 (Copie)

**Analyser** le diagramme d'état ci-dessus et déterminez les deux états qui ne sont exécutés qu'une seule fois dans un cycle complet de fonctionnement.

Dans la phase « Vanne en ouverture contrôlée », la vanne doit être placée dans une position qui assure un débit constant. Il faut pour cela maintenir une différence de niveau constante entre amont et aval, et cela quel que soit le niveau de la marée.

Les 2 codeurs de positions associés à chaque vanne permettent d'obtenir la position réelle de la vanne afin de corriger sa position et ainsi maintenir ce débit constant.

Dans cette phase, plusieurs tâches sont exécutées simultanément. Le diagramme d'évolution de la tâche « déterminer la position de la vanne » est représenté sur le document DT5. Celui-ci détermine la position réelle de la vanne en fonction des informations fournies par les codeurs, mais s'assure aussi du bon fonctionnement de ceux-ci afin de ne pas fournir une donnée erronée. En cas de dysfonctionnements, des codes d'erreur sont transmis par le bus CAN à l'automate de pilotage afin d'éviter un mouvement erroné de la vanne.

Les différents processus de traitement qui pilotent le mouvement des vannes dialoguent en permanence entre eux via le bus CAN. Afin de garantir une sécurité maximale, aucun message ne doit être perdu. Pour cela il est défini des priorités en cas de transmission simultanée sur le bus. Le message ayant la plus haute priorité sera transmis immédiatement, les autres seront retransmis après.

#### Question 28 (Copie)

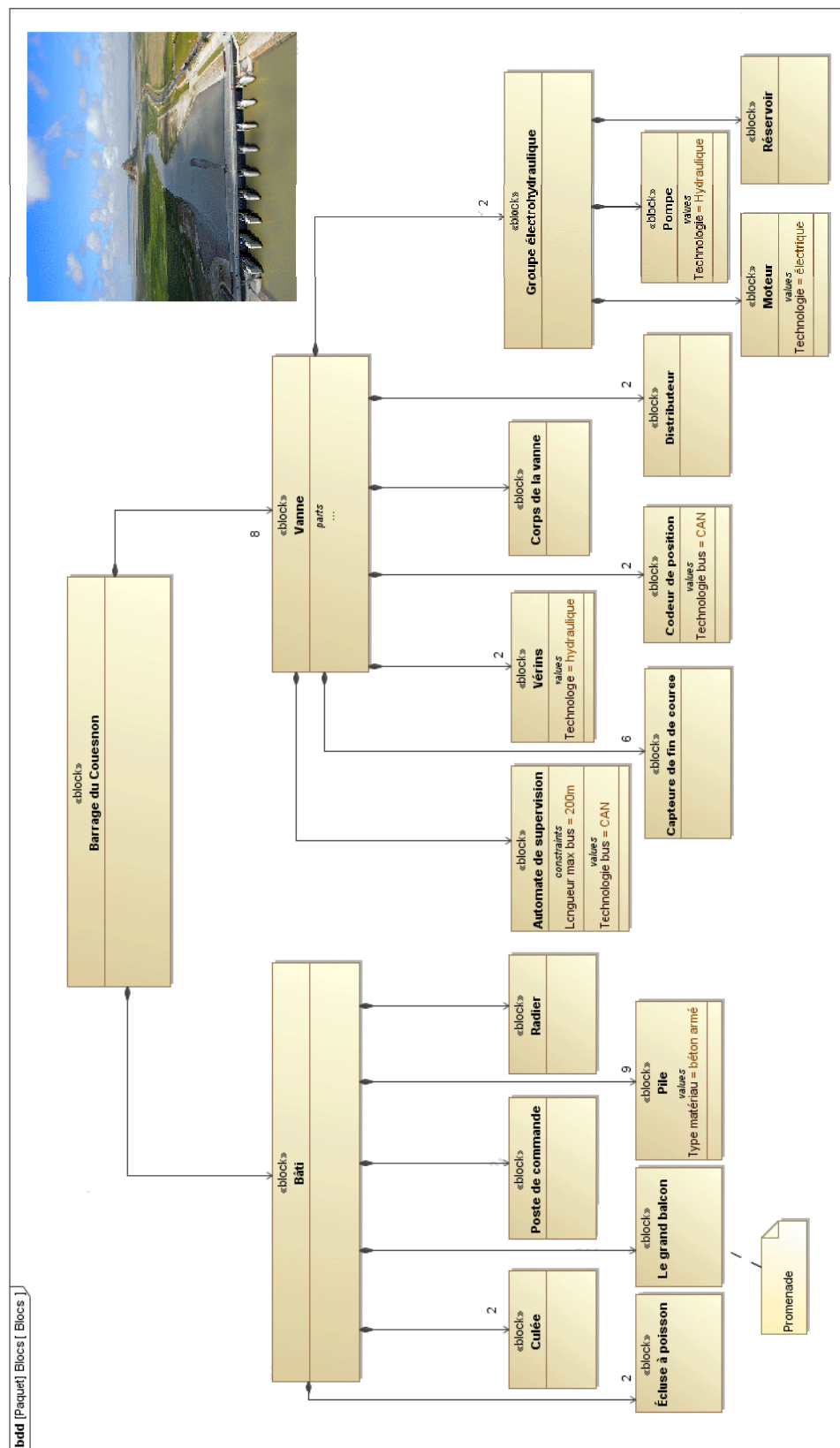
A partir de l'analyse du programme « déterminer la position de la vanne » décrit sur le document DT5, **classer** par ordre priorité les 3 messages **POSV1**, **E2COD** et **E1COD**, susceptibles d'être transmis sur le bus CAN en fonction de leur importance pour la sécurité et la bonne marche du barrage.

#### Question 29 (Copie)

Compte tenu du choix du bus utilisé ici, en combien de temps maximum un message d'arrêt d'urgence de la vanne sera-t-il transmis à l'automate de pilotage ? La sécurité de l'installation est-elle garantie ?

# Document technique DT 1

## Diagramme SysML de définition des blocs du barrage

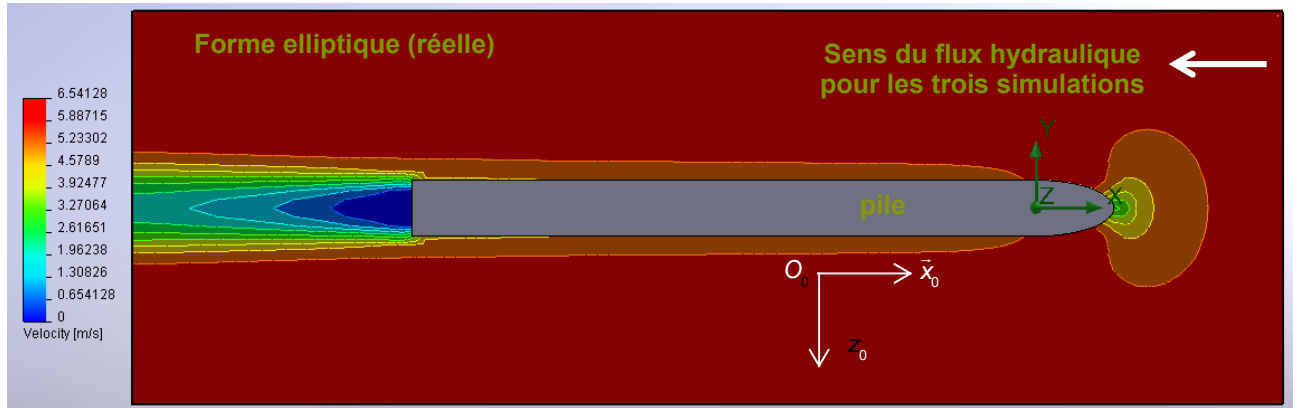




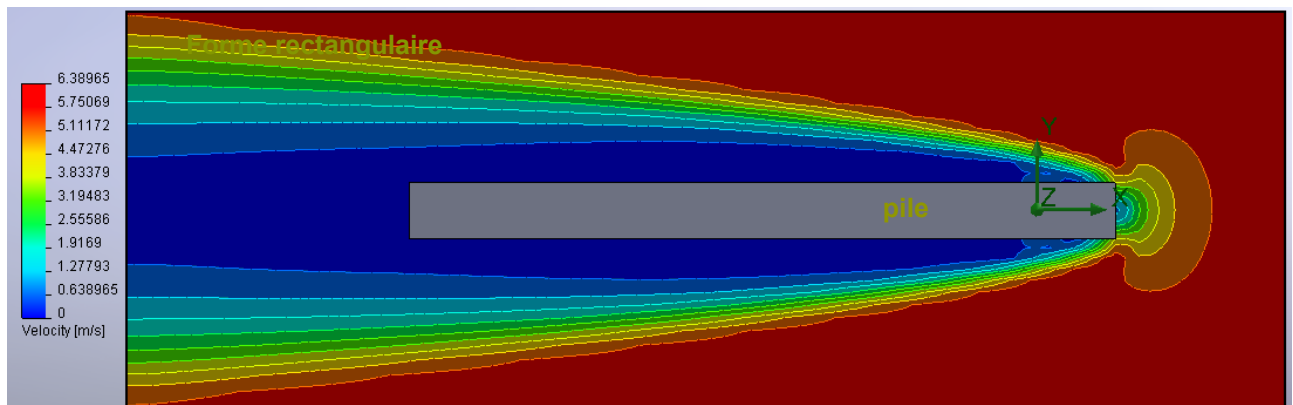
## Document technique DT 2

### Simulation du comportement du courant le long d'une pile du barrage

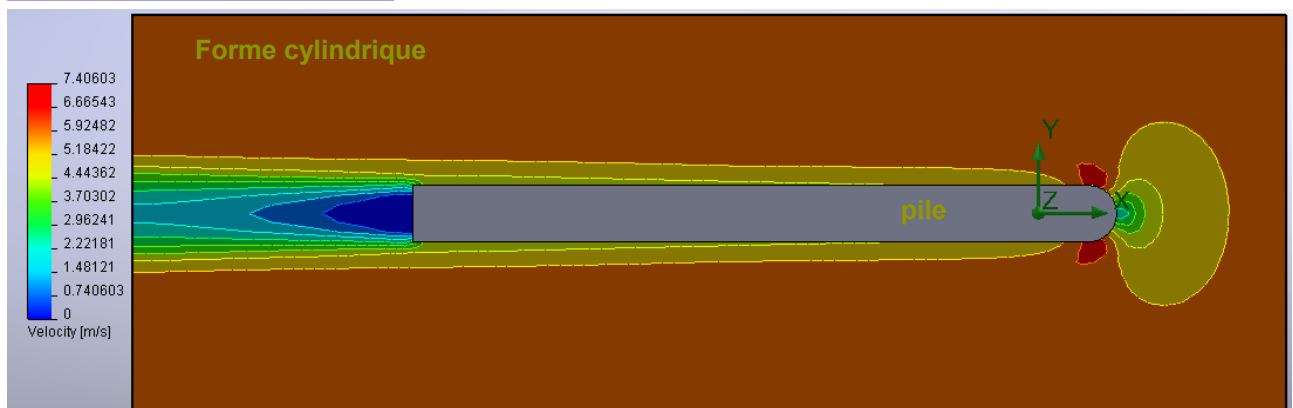
Échelle des vitesses ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )



Échelle des vitesses ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )



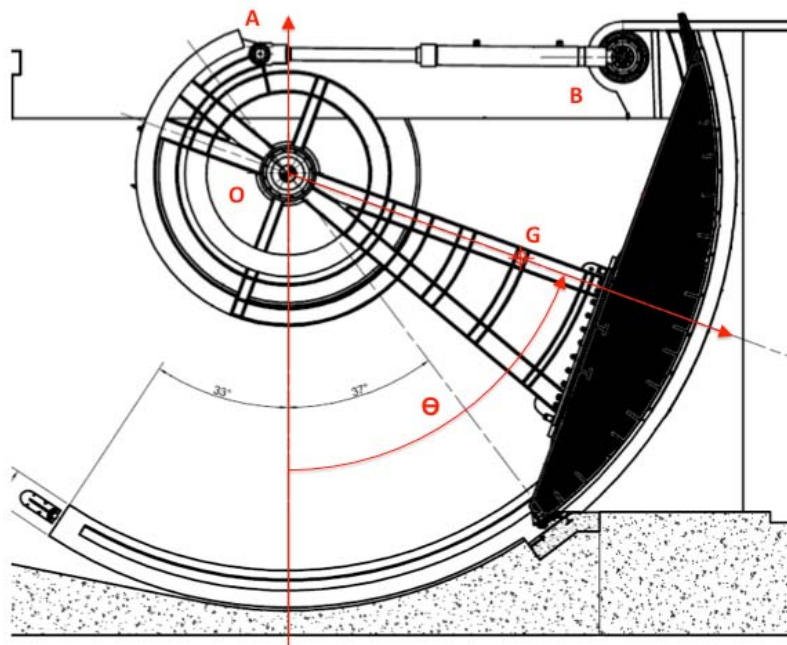
Échelle des vitesses ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )



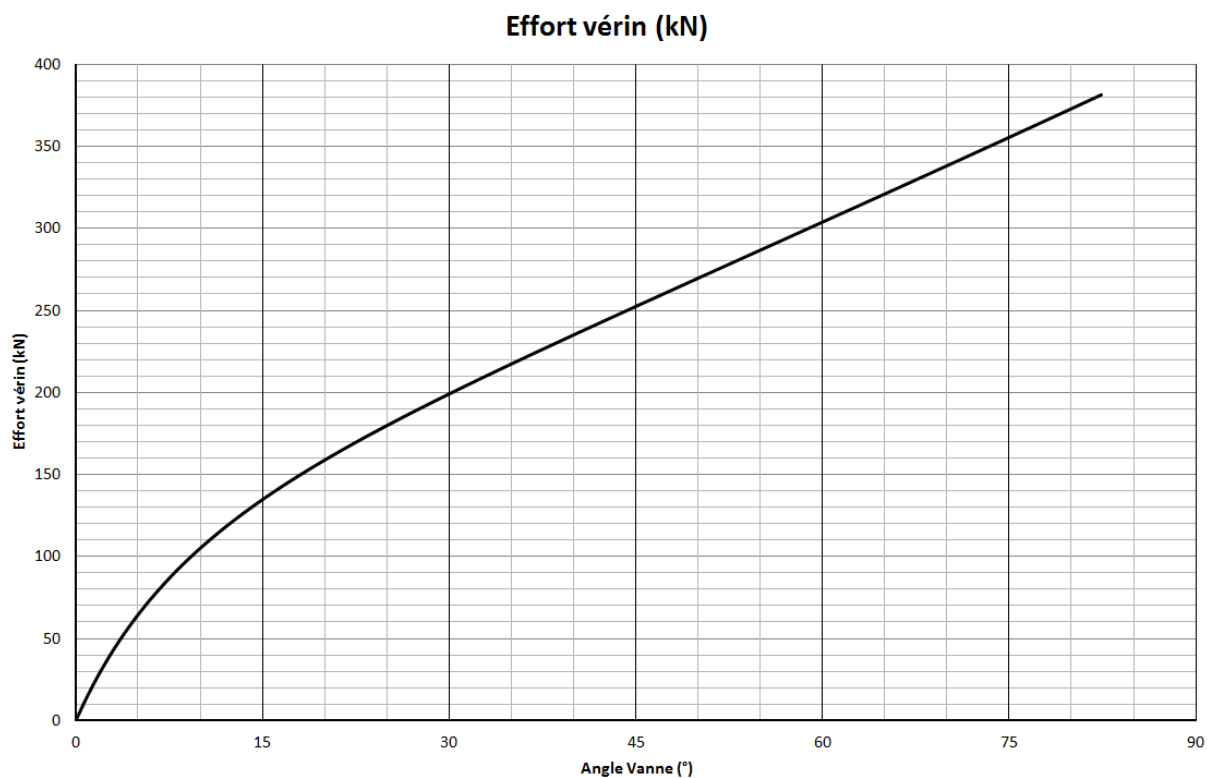
## Document technique DT 3

### Courbe d'effort dans le vérin en fonction de l'angle de vanne

Définition de l'angle  $\theta$  d'ouverture de vanne en position fermée



Courbe d'effort du vérin (en kN) en fonction de l'angle d'ouverture de vanne (en °)



## Document technique DT 4 : Fiche technique du codeur.



# MHK5

CODEURS ABSOLUS MULTITOURS CANOPEN, SERIE MHK515-CANO



### CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES

Interface	Suivant ISO 11898
Transmission	Max 1 MBauds
Adressage	Par switchs rotatifs
Alimentation	10 – 30Vdc
Consommation	max 100mA (24Vdc)

### REFERENCE

MHK5	C2	B1	B	12	13	B	15	0	0CC
Codeur absolu multitour	CANopen	Version	Code : Binaire	Nombre de tours : 2 <sup>12</sup> (4 096)	Résolution dans le tour : 2 <sup>13</sup> (8 192)	Axe creux	Diamètre de l'axe 15mm, bagues de réduction disponibles	Sans option mécanique	Sortie boîte à bornes

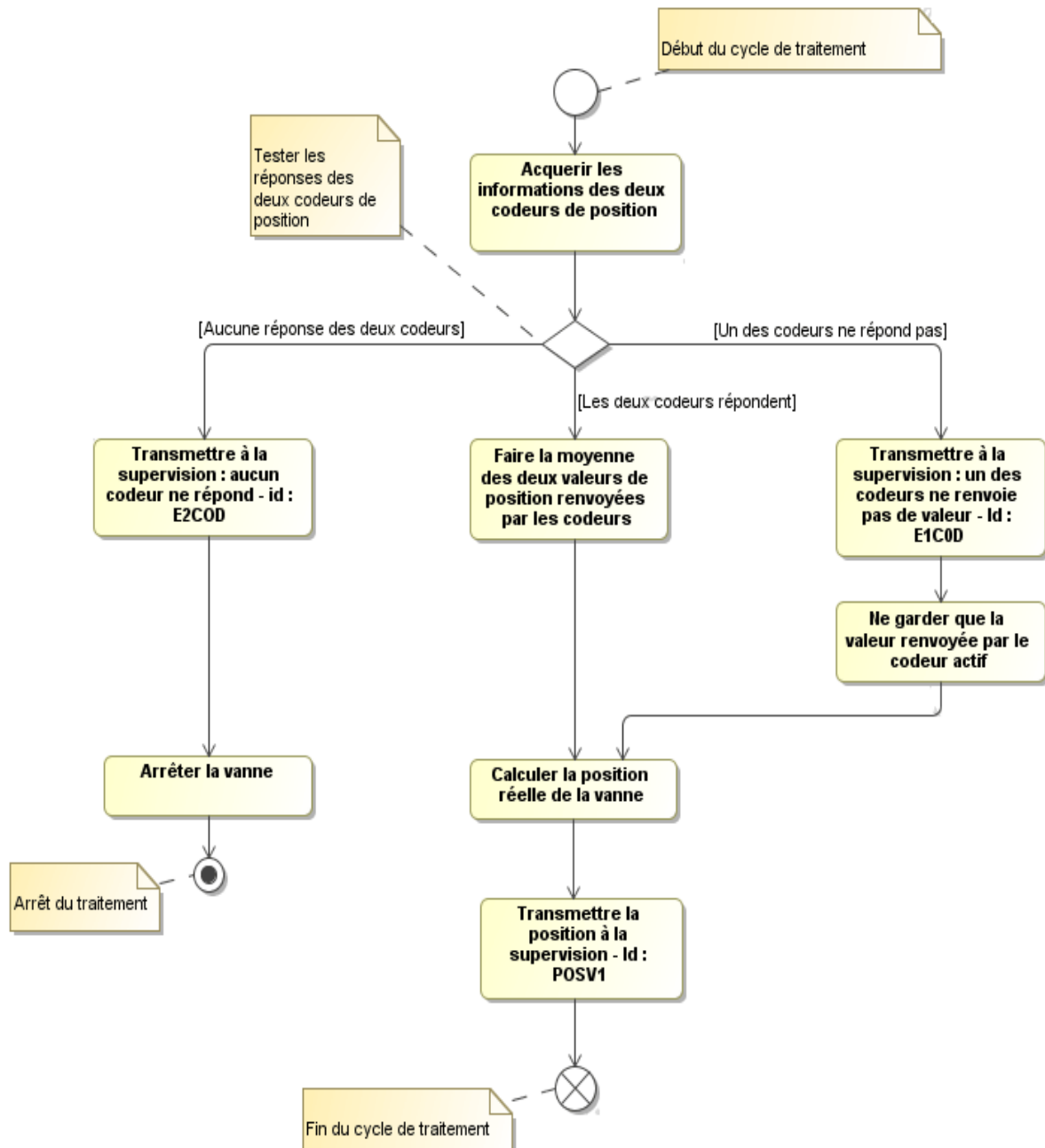
### Description

### Référence

Référence	MHK-	B1	B -	--	-	-	-	-	0CC-
Interface	CANopen	C2							
	C2, C5, CF	B1							
Code	Binaire		B						
Nombre de tours	Monotour			00					
	Multitour			12					
	Multitour			14					
Nombre de pas par tour (Bits)	4096				12				
	8192				13				
	65536				16				
Bride	Serrage						C		
	Synchro						S		
	Axe creux						B		
Diamètre de l'axe	10 mm						10		
	06 mm						06		
	15 mm (axe creux)						15		
Option mécanique	sans							0	
	Joint d'étanchéité supplémentaire (IP66)							S	
	Version inox							V	
	customisé							C	
Connection	Boîte à bornes								0CC

## Document technique DT 5

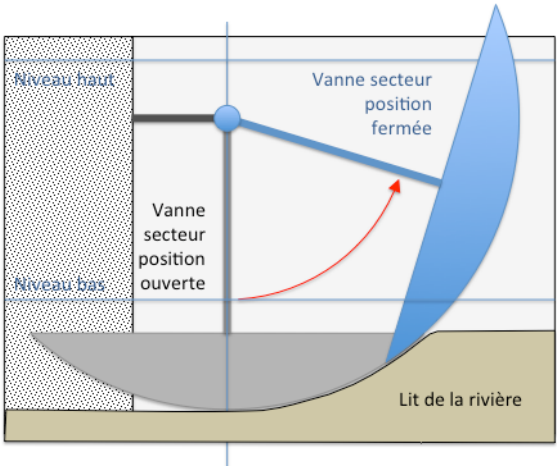
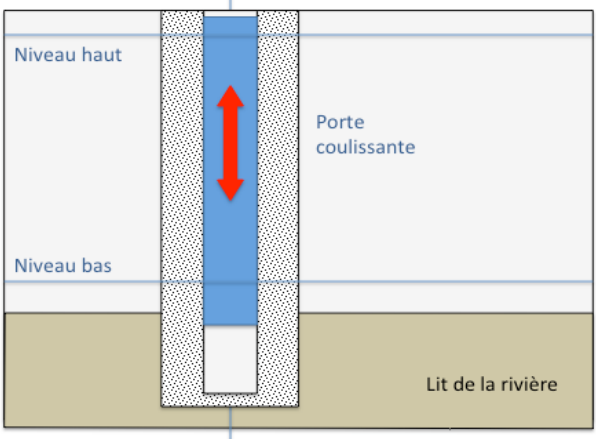
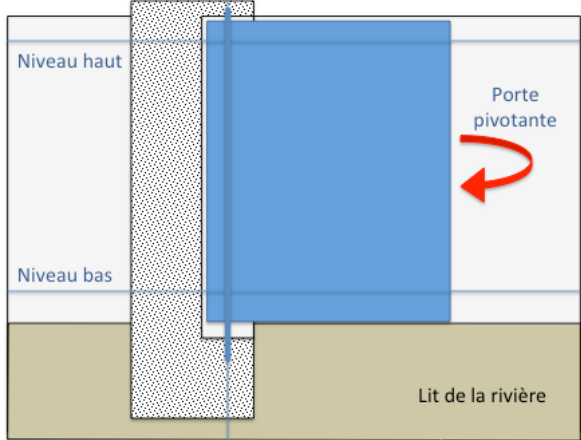
### Diagramme d'état d'acquisition des informations de position des capteurs



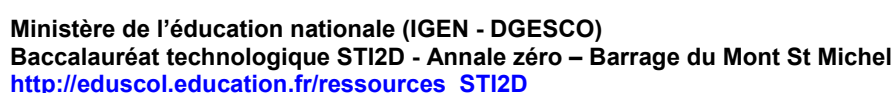


## Document réponse DR 1

**Question 3: Compléter** succinctement la colonne « Analyse, avantages, inconvénients » du tableau ci-dessous pour les solutions 2 et 3.

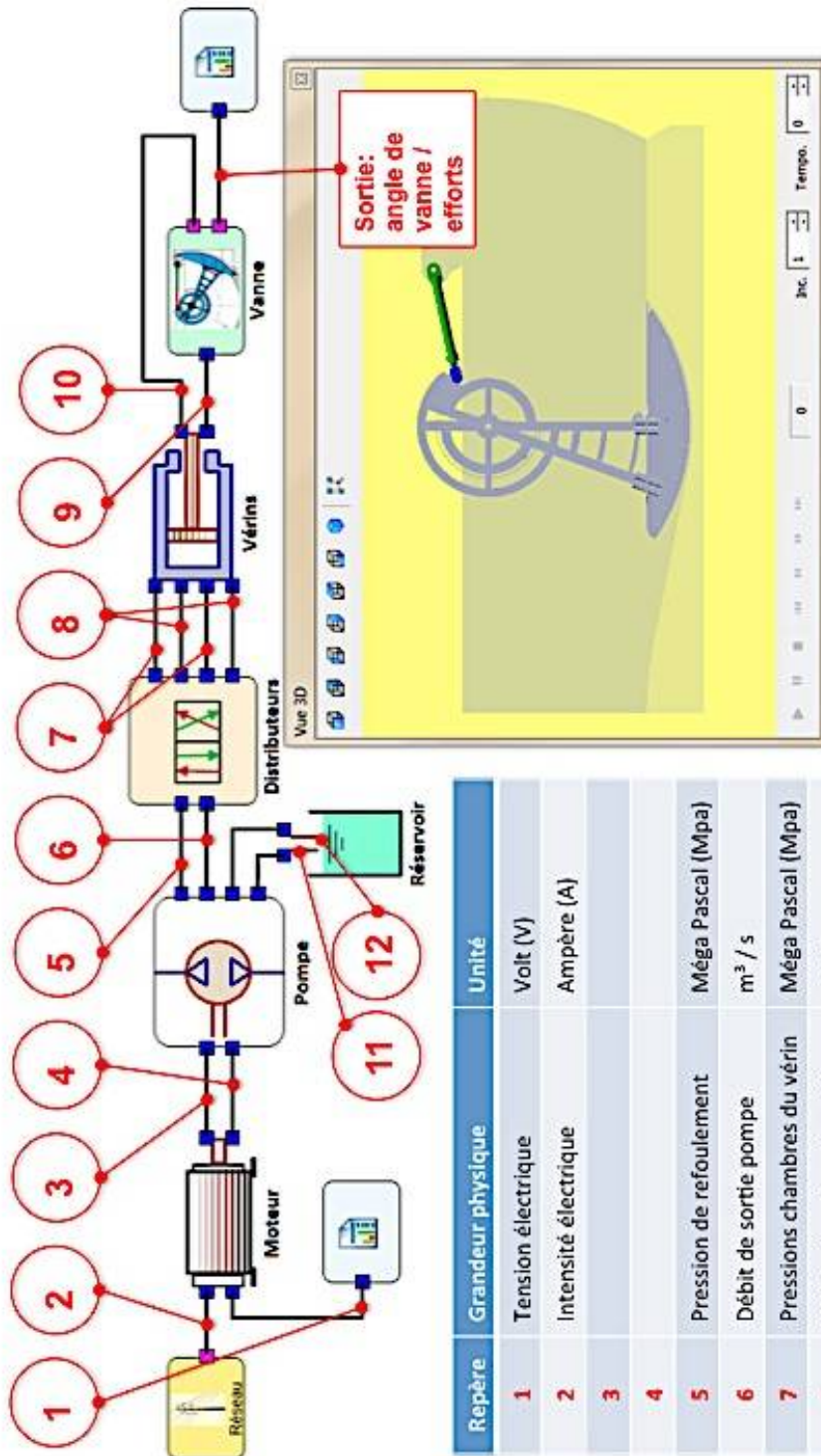
Principes de vanne envisageables	Analyse des solutions : avantages, inconvénients
	<p><b>Solution 1 par vanne secteur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Permet l'ouverture et le passage de l'eau par le bas de la vanne en « sous verse » ou par le dessus de la vanne en « sur verse » ;</li> <li>• Libère totalement le chenal en position ouverte ;</li> <li>• Vanne complètement intégrée au barrage, qui ne perturbe pas la vue sur la baie ;</li> <li>• Mécanisme simple ;</li> <li>• Mouvement de rotation de la vanne autour d'un pivot simple à obtenir et simple à piloter ; Position normalement ouverte de la vanne en cas de panne de la motorisation (la vanne redescend sous l'action de son poids propre).</li> </ul>
	<p><b>Solution 2 par vanne coulissante</b></p> <p>Cadre à compléter</p>
	<p><b>Solution 3 par porte pivotante</b></p> <p>Cadre à compléter</p>

**Question 8 :** Dans chaque case, indiquer + pour le sens trigonométrique (anti horaire) et – pour le sens inverse (horaire)



## Document réponse DR 3 : Simulation du comportement énergétique

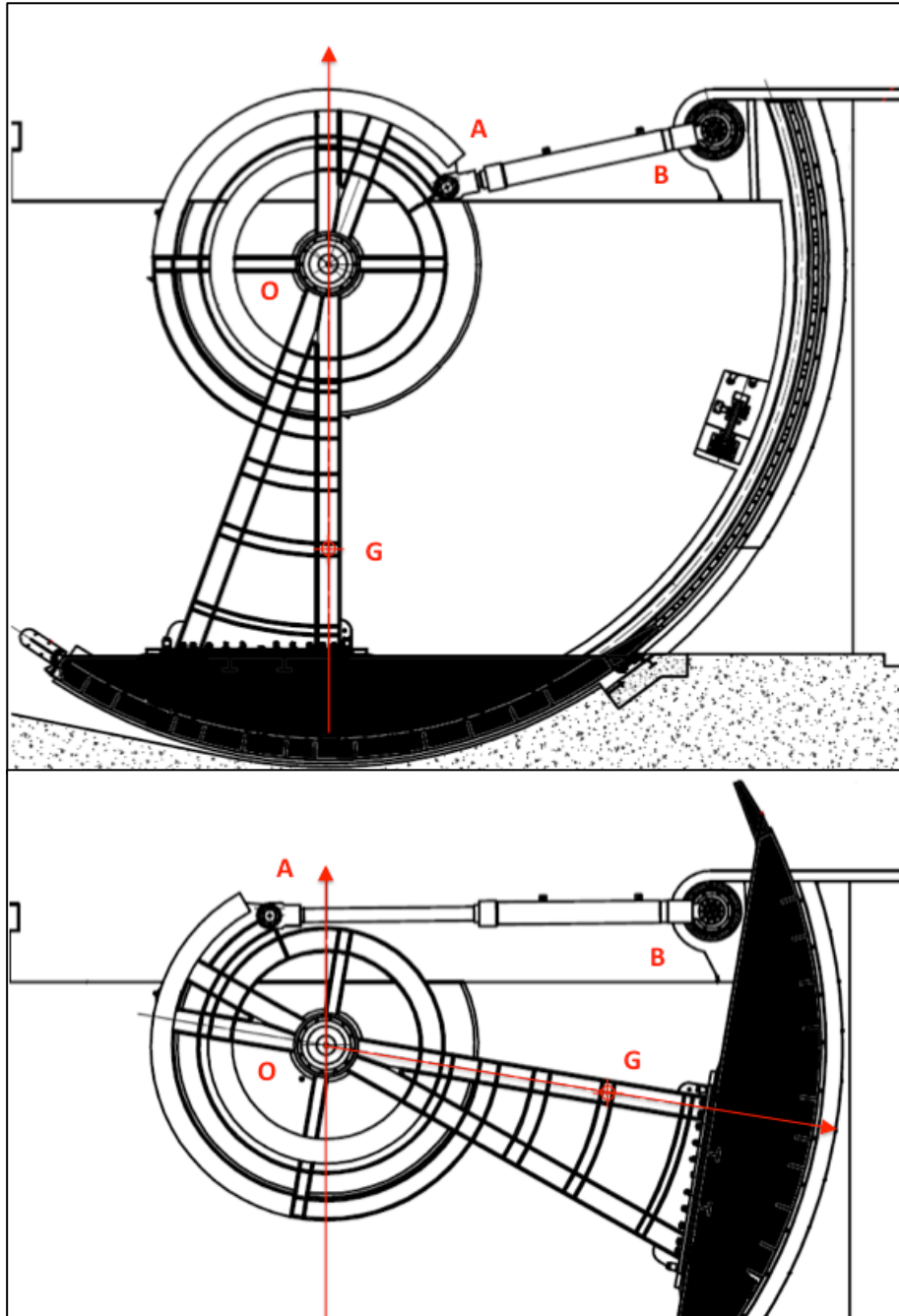
**Question 9 : Compléter** le schéma bloc de la simulation en précisant les grandeurs et unités des flux d'énergie entrants et sortant des blocs non renseignés du tableau (lignes 3,4, 9 et 10)



Repère	Grandeur physique	Unité
1	Tension électrique	Volt (V)
2	Intensité électrique	Ampère (A)
3		
4		
5	Pression de refoulement	Méga Pascal (Mpa)
6	Débit de sortie pompe	m <sup>3</sup> / s
7	Pressions chambres du vérin	Méga Pascal (Mpa)
8	Débites chambres du vérin	m <sup>3</sup> / s
9		
10		
11	Pression d'admission	Méga Pascal (Mpa)
12	Débit de sortie réservoir	m <sup>3</sup> / s

## Document réponse DR 4: Mouvements de la vanne

Question 10 : Vérifier graphiquement la course du vérin



Position ouverte de la vanne

Échelle 1:100

Position en «sous verse» de la vanne

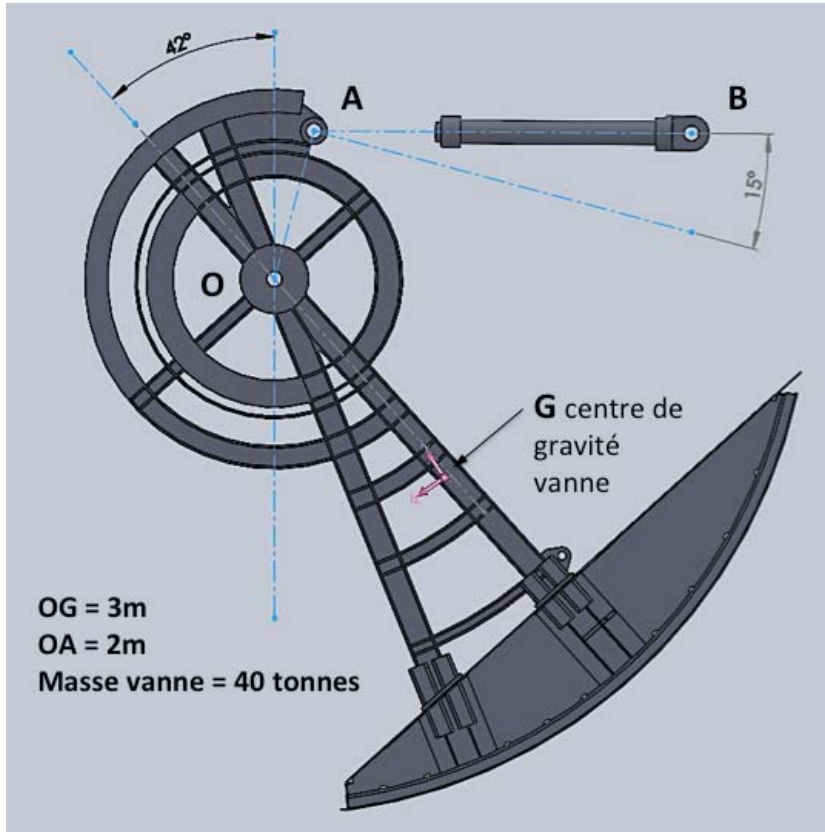
Échelle 1:100

Conclusion quant à la course du vérin retenu :



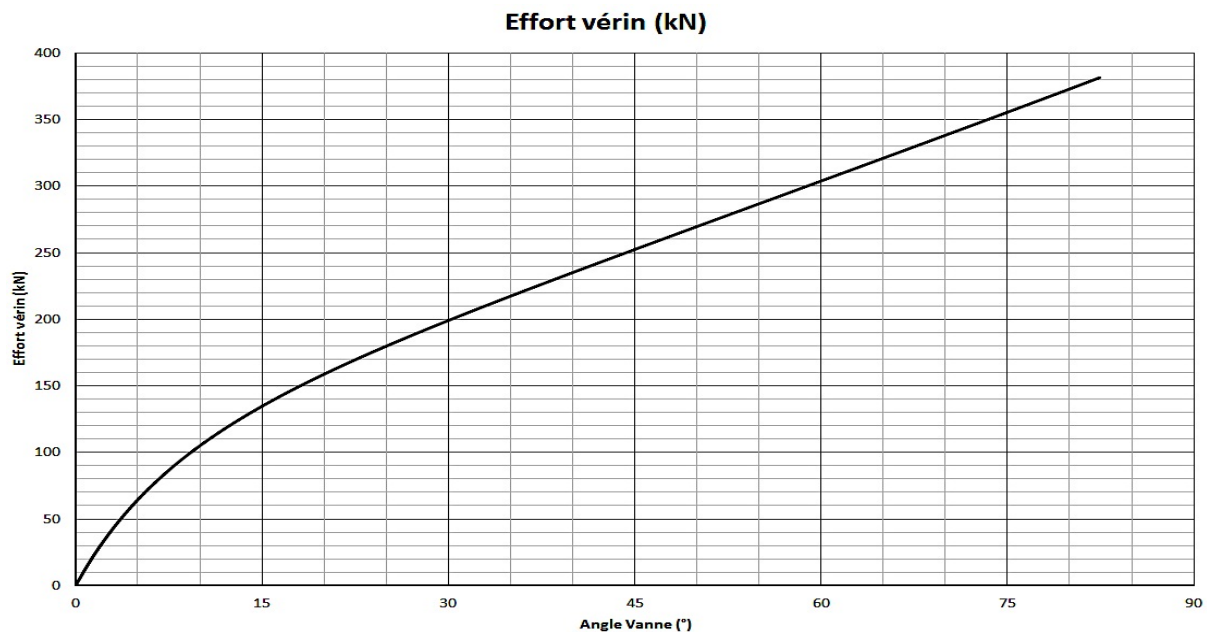
## Document réponse DR 5 : Charge d'un vérin pour $\theta = 42^\circ$

**Question 11 :** Au choix, calculer ou résoudre graphiquement (en précisant les hypothèses retenues) l'effort axial exercé sur la tige du vérin.



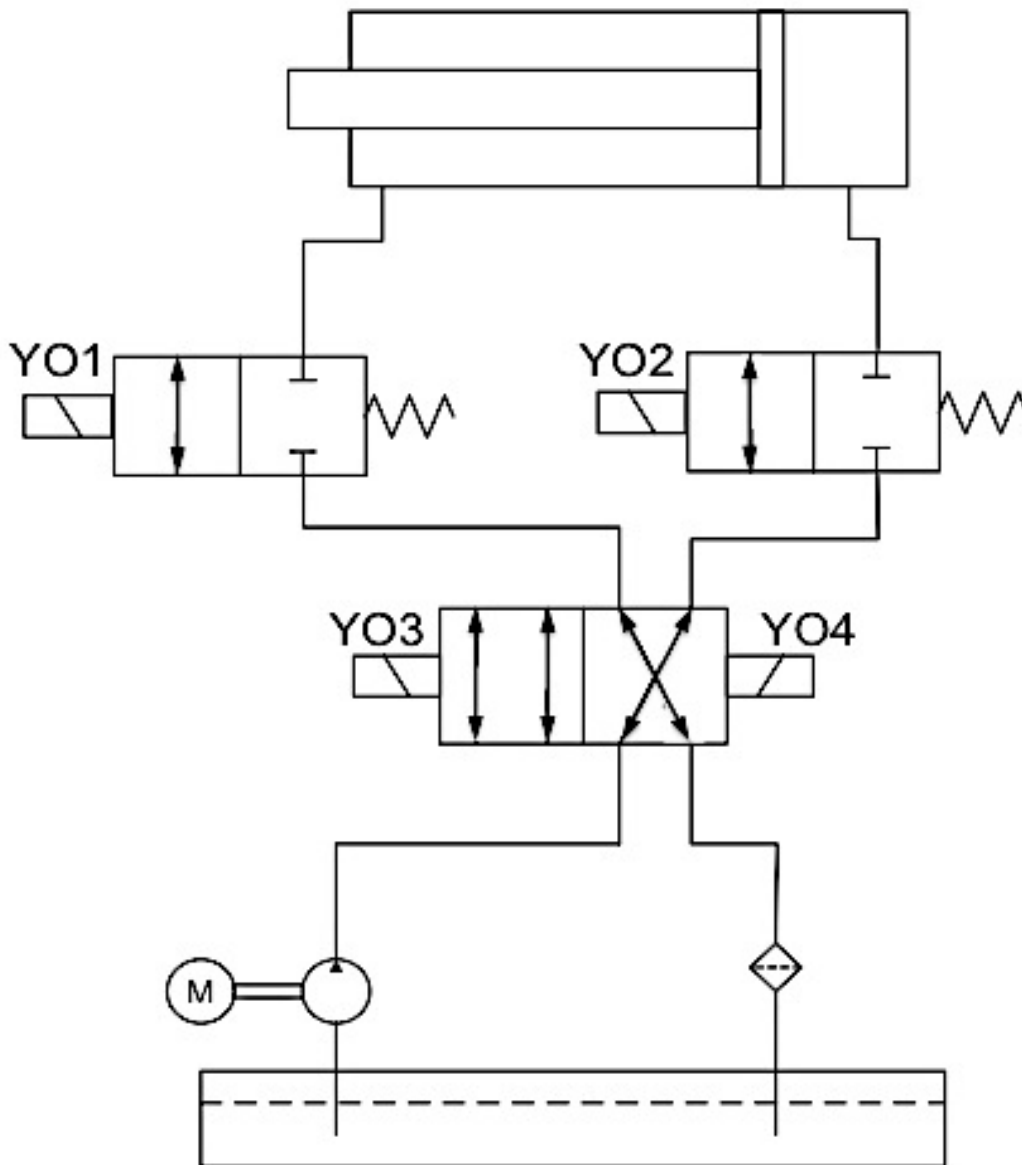
Éléments de calculs

Vérification de la simulation pour un angle de  $42^\circ$  et détermination de l'effort maxi



## Document réponse DR 6 : Circuit hydraulique

**Question 18 : Identifier** à l'aide de couleurs différentes le circuit de haute pression et le circuit de retour de l'huile vers le réservoir lors de la sortie de tige du vérin.



**Commandes** des électrovannes alimentées pour faire sortir les tiges de vérin :

**Intérêt** des 2 distributeurs d'un point de vue développement durable :