

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

SERIE SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE

Épreuve relative aux enseignements technologiques transversaux

Sujet zéro (programme paru au B.O. n°12 du 22 mars 2012)

Coefficient 8 – Durée 4 heures

Aucun document autorisé

Calculatrice autorisée

Le sujet comprend deux parties relatives au même support.

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

Le sujet comporte :

- Une présentation générale du support de l'épreuve : le barrage de chasse du Mont Saint Michel, élément majeur du projet de rétablissement du caractère maritime du Mont Saint Michel : pages 2 à 5
- Un exercice
 - un texte de questionnaire : pages 6 à 8. Les questions sont notées **EX-Qi**.
 - un document technique DT1 : pages 18 à 20
- Une analyse d'un système pluritechnique
 - un texte de questionnaire : page 9 à 17. Les questions sont notées **ASP-Qi**.
 - des documents techniques : DT2 à DT6
 - des documents réponses : DR1 à DR5

Les deux parties du sujet peuvent être traitées indépendamment.

ETUDE DU BARRAGE DU MONT SAINT-MICHEL

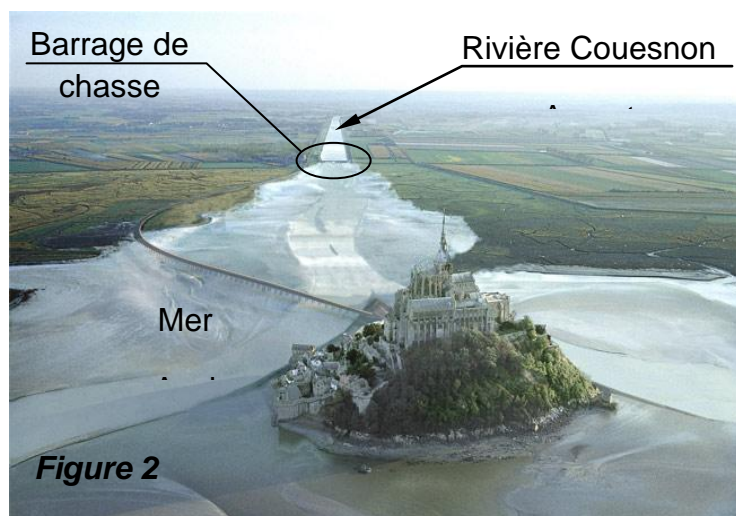
Présentation générale.

Contexte historique.



Situés en Basse-Normandie, le Mont Saint-Michel (*figure 1*) et sa baie constituent depuis le 8^{ème} siècle un lieu marqué par une forte histoire religieuse, civile et militaire ayant connu des périodes d'expansion et de stagnation. Son aspect maritime lui a procuré longtemps renommée et sécurité. Classé monument historique en 1874, des travaux de restauration sont entrepris à la fin du 19^{ème} siècle et donnent sa forme actuelle à la cité.

environnemental.



Contexte géographique et

Parmi ces travaux, la construction d'une digue route en 1879 a provoquée, décennie après décennie une accélération de l'ensablement naturel de la baie : le Mont pourrait cesser d'être une île (*figure 2*). Le canal du Couesnon (rivière séparant la Bretagne de la Normandie) sert de réserve d'eau douce en été, et évite l'inondation de Pontorson, ville située sur le Couesnon à 9 km du Mont, en hiver.

Les marées dans la baie du Mont Saint-Michel sont impressionnantes : d'une amplitude de treize mètres les jours de vives eaux, la mer se retire à grande vitesse sur une dizaine de kilomètres en un peu plus de six heures et revient aussi vite. L'expression consacrée est « qu'elle revient à la vitesse d'un cheval au galop ». Aujourd'hui, l'aspect insulaire du Mont Saint-Michel n'apparaît qu'aux grandes marées, soit cinquante-trois jours par an, et pendant quelques heures seulement.

En 1979, l'île est inscrite au Patrimoine Mondial, au titre de l'Art et au titre de la Culture. La loi « littoral » est votée. Les études ont montré que l'ensablement est inévitable à terme. Il faut agir sur les transports sédimentaires. On canalise le Couesnon et on prévoit de construire un

barrage servant de barrage de chasse de 700 000 m³ d'eau vers la mer. Des échelles à poissons sont prévues, pour les anguilles comme les saumons.

L'écosystème devra 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 (*figure 3*).

Grâce aux forces conjuguées de la mer, du Couesnon et du nouveau barrage, les sédiments seront chassés au large du Mont Saint Michel. Après la mise en fonction de l'ouvrage et de chasses progressives, il faudra plusieurs années, marée après marée, pour déblayer les millions de mètres cube de sédiments accumulés et abaisser progressivement le niveau des grèves.

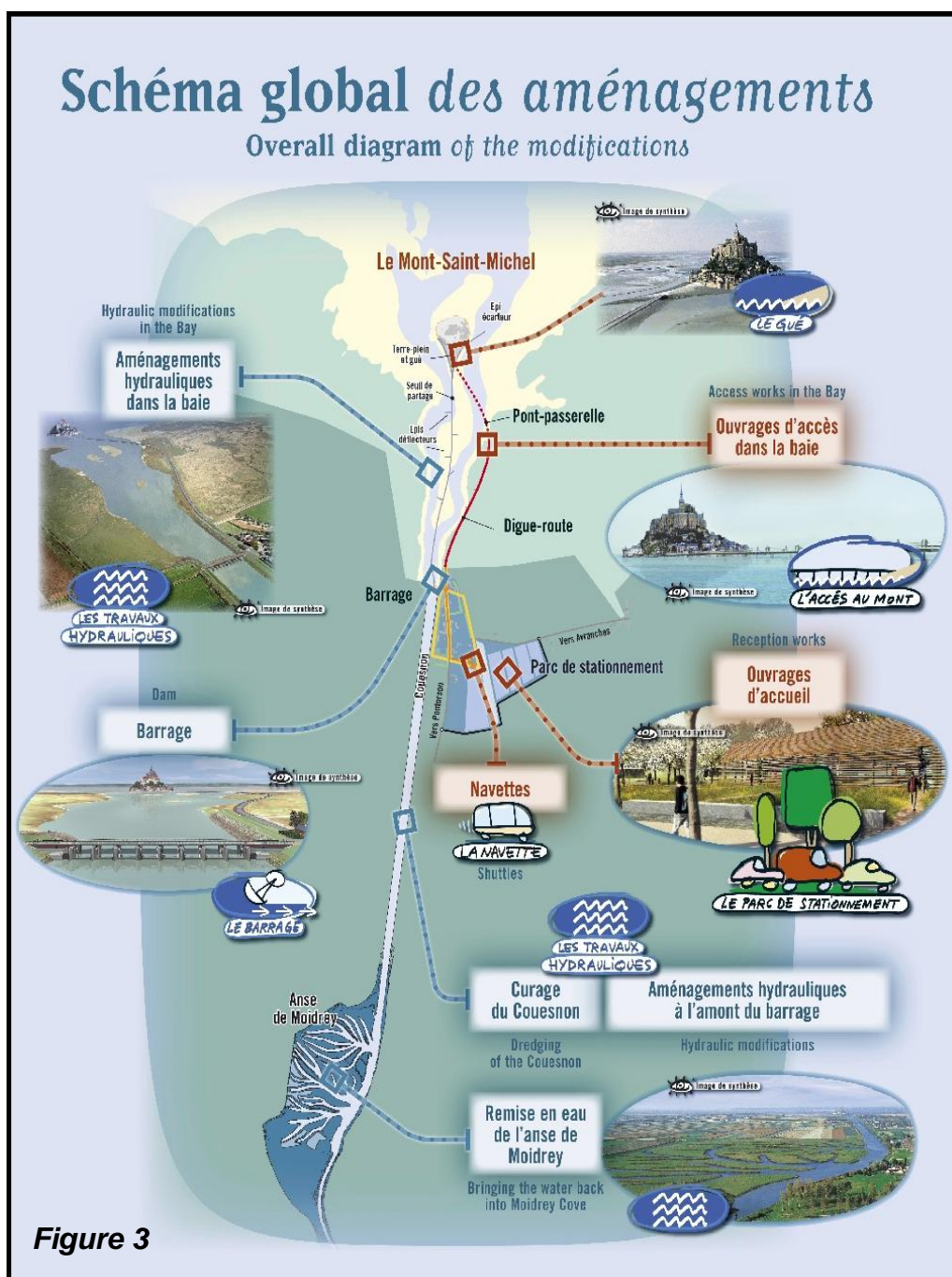


Figure 3

Cas d'utilisation du barrage de chasse.

La figure 4 présente le diagramme des principaux cas d'utilisation du barrage au travers des principaux intervenants lors de la phase « utilisation » du cycle de vie du barrage

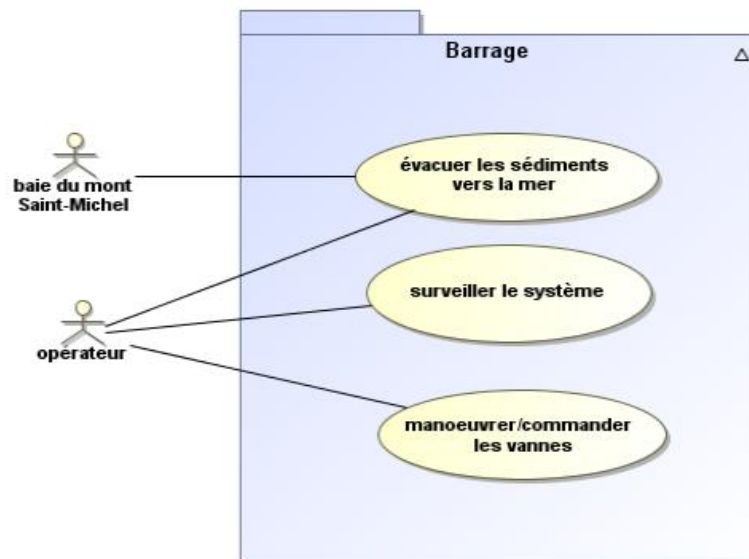
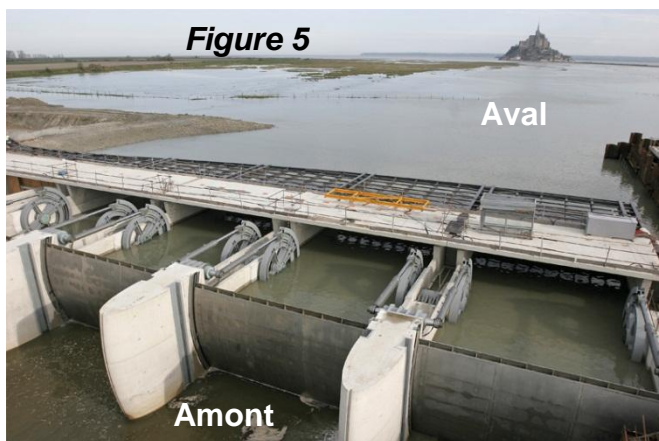


Figure 4

Description du barrage.



L'originalité de ce barrage réside dans son mode de fonctionnement. Les vannes peuvent fonctionner dans les deux sens, lorsque l'eau s'écoule de l'amont vers l'aval et inversement (figure 5), selon les conditions de marées et le débit du fleuve.

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 au fil des années autour du Mont-Saint-Michel ;
- de deux écluses à poissons (*non étudiées dans le sujet*), de 3,10 m de largeur chacune, intercalées entre les dernières passes et les culées (Appui d'extrémité du barrage sur la berge
- de deux culées de raccordement aux rives servant au logement de l'ensemble du matériel électrique, hydromécanique et hydraulique nécessaires à la commande des vannes mobiles, ainsi qu'au logement du matériel de contrôle, d'asservissement et de télégestion.

La figure 6 présente la structure du barrage au travers d'un diagramme de définition des blocs.

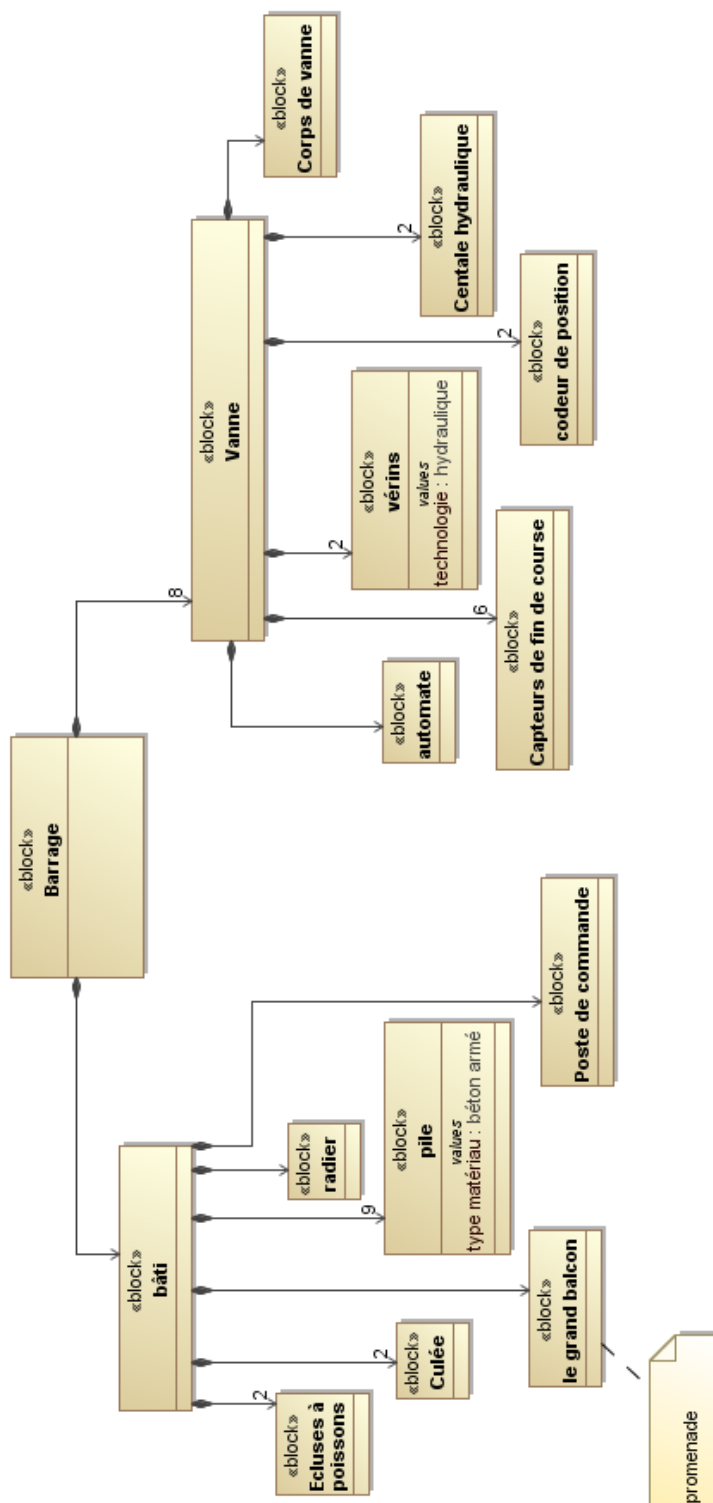


Figure 6

NB : Par souci de simplification, on appellera dans la suite du sujet le « corps de vanne » par le terme de « vanne ».

EXERCICE

L'exercice porte sur la mise en place d'un élément de vannes sur le chantier lors de la phase de vie **construction** et permet de valider le choix d'un matériel.

Les vannes sont installées par morceaux sur le barrage. On s'intéresse ici au composant le plus important de la vanne : le contre-corps de vanne. La mise en place ce composant nécessite au préalable leurs transports terrestres hors gabarit routier (Figure 7).

Figure 7



Cette mise en place se fait à l'aide d'une grue automotrice, le contre-corps de vanne étant suspendue par 4 élingues de levage en acier (Figure 8).

La masse d'un contre-corps de vanne est de 20 000 kg.

La tolérance prévue entre les piliers et la vanne est de +/- 20 mm.

Figure 8



La grue automotrice possède un bras télescopique (Figures 9 et 10) à l'extrémité duquel se trouve un crochet où sont reliées les quatre élingues.

Figure 9

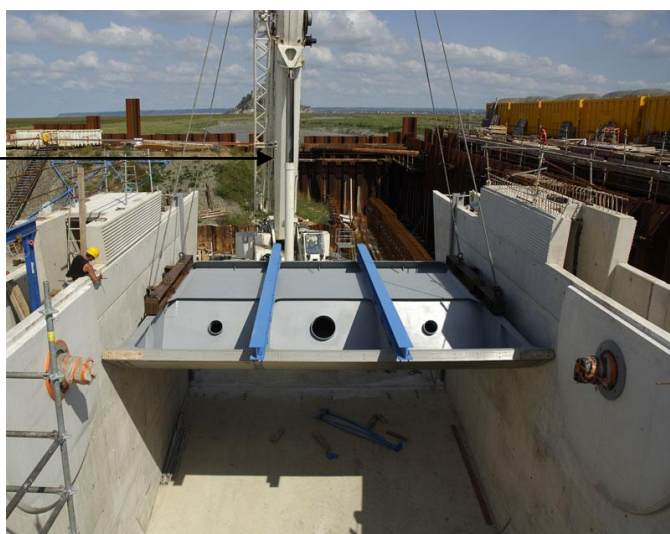
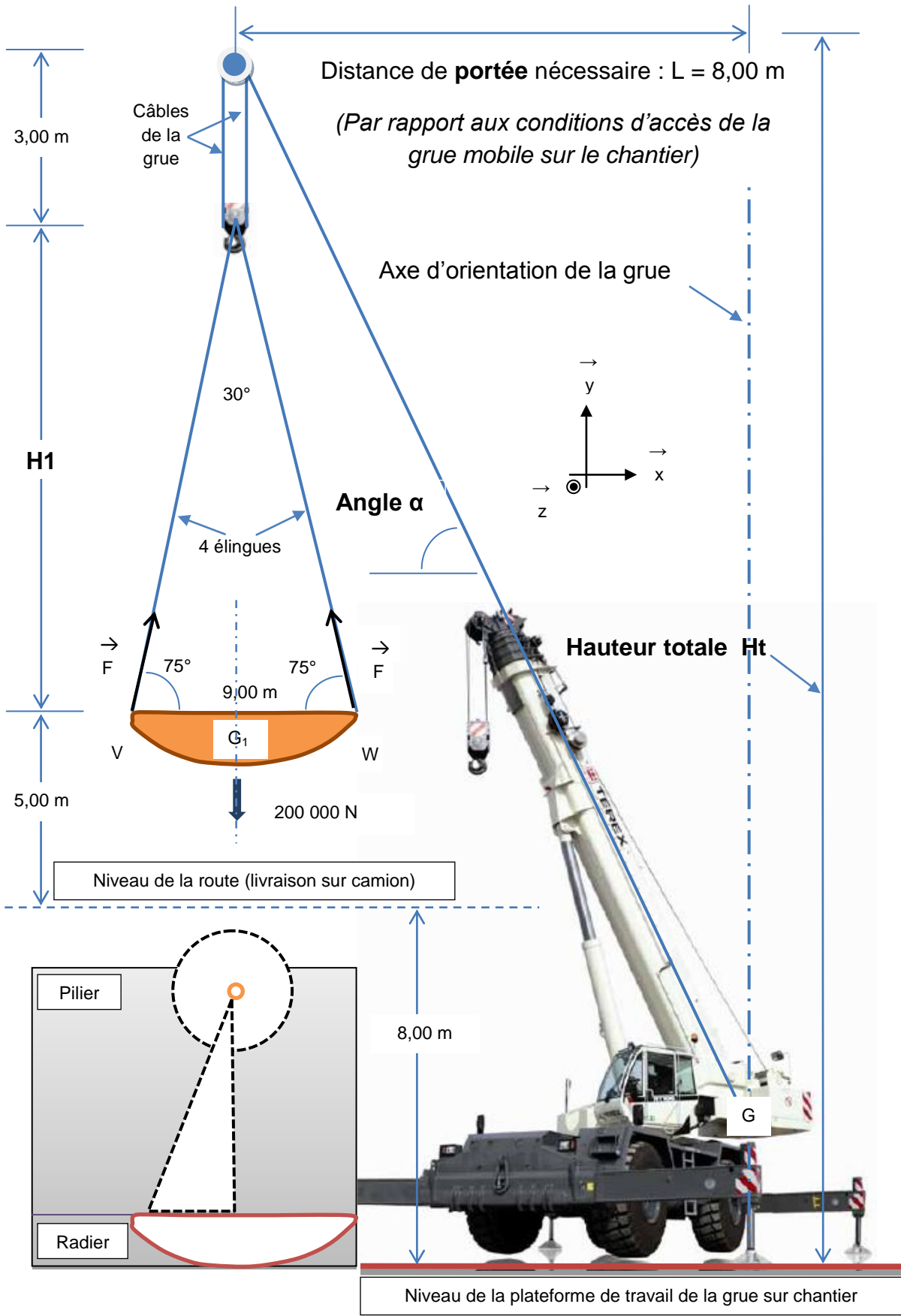


Figure 10 : Schématisation mécanique en plan, de la pose d'un de vanne avec une grue mobile



EX-Q1 : Définir la hauteur H_1 et calculer la hauteur totale H_t nécessaire pour le déchargement et la mise en place du contre-corps de vanne dans son socle.



EX-Q2 : Calculer l'angle de travail α du bras télescopique de la grue automotrice.

EX-Q3 : Choisissez dans le document ressource DT1 parmi les 3 modèles de grue automotrice proposées, celle qui sera nécessaire pour effectuer la pose de vannes dans les conditions initialement prévues.

EX-Q4 : La vanne de centre de gravité G_1 et de masse 20 000 kg est soulevée par l'intermédiaire de quatre élingues inclinées en liaison pivot sans frottement à leurs extrémités. Calculer l'effort \vec{F} repris par chacune des élingues.

On admettra que l'effort de traction axial \vec{F} , qui tient compte d'une pondération dû à l'effort dynamique occasionné par l'opération de soulèvement de la charge, sera égal à 60 000 N.

La loi de Hooke est donnée par la relation suivante :
$$\frac{\vec{F}}{S} = E \frac{\Delta l}{l}$$

\vec{F} en newton, S en mm^2 , Δl et l en mm et E , le module d'élasticité longitudinale (module de Young de l'acier du câble) en mégapascal (MPa)

On donne :

$$E = 200\,000 \text{ MPa}$$

$$S = \pi r^2$$

$$r = 6 \text{ mm}$$



EX-Q5 : Calculer l'allongement élastique unitaire et relative : $\frac{\Delta l}{l}$ en %. En déduire la déformation Δl en mm pour $l = 17,40$ m. Conclure quant à la valeur numérique trouvée.

ANALYSE D'UN SYSTEME PLURITECHNIQUE

Le système pluritechnique étudié est le barrage de chasse dit « barrage de la caserne » situé à l'embouchure du Couesnon. L'objectif du sujet est d'étudier plus particulièrement l'impact environnemental et énergétique du système d'ouverture et de fermeture des vannes de ce barrage. On s'intéressera également à la commande d'un vérin.

1 **Fonctionnement du barrage.**

L'objectif de cette partie est de s'approprier la compréhension du fonctionnement en s'appuyant sur des outils de représentation adaptés.

1.1. **Principe de la chasse.**

Le document technique DT2 décrit les différentes phases de fonctionnement du barrage de chasse.

1.2. **Etude séquentielle du fonctionnement du barrage**

Un diagramme d'activité est donné sur le document réponse DR1.

Lorsqu'il y a mouvement de la vanne, le sens de rotation est défini de la façon suivante : Sens 1 : trigonométrique (antihoraire), Sens 2 : anti-trigonométrique (horaire)

ASP-Q1 : Compléter le diagramme d'activité sur le document réponse DR1, en précisant le sens de rotation (1 ou 2) pour les différentes étapes.

A pleine mer plus 10h35 et niveau d'eau du Couesnon trop faible, il faut créer un bouchon d'eau claire (Voir phase n° 7 du document technique DT2).

ASP-Q2 : Compléter les chronogrammes d'ouverture et fermeture des vannes sur le document réponse DR2 sachant que :

- Le temps de passage de sousverse à fermée est : 1mn
- Le temps de passage de fermée à ouverture complète est : 9mn

2 **Bilan énergétique** du fonctionnement des huit vannes

L'objectif de cette partie est de quantifier la puissance nécessaire au fonctionnement normal des vannes.

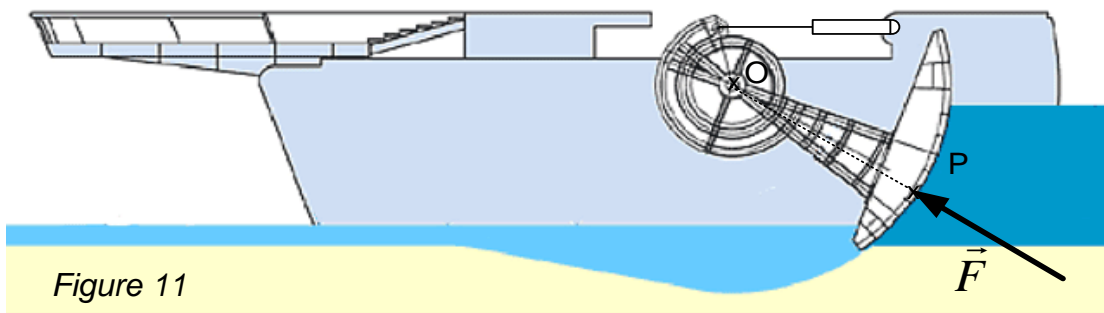
Chaque vanne est actionnée par l'intermédiaire de deux vérins hydrauliques. Le document technique DT3 précise l'architecture d'une des 8 vannes-secteurs qui composent l'ensemble du barrage.

2.1. Détermination de la puissance mécanique maximale nécessaire pour le déplacement d'une vanne.

Une vanne a été représentée sur le document réponse DR3 avec un seul vérin.

L'action mécanique exercée par l'eau sur la vanne est fonction de la hauteur d'eau stockée en amont et en aval. Cette action mécanique est maximale lorsque la différence d'eau entre l'amont et l'aval est maximale.

La figure 11 correspondant à la pleine mer + 6 heures, précise cet instant.



La résultante de l'action mécanique \vec{F} de l'eau sur la vanne s'exerce au point P, appelé centre de poussée. Cette résultante est tracée sur la figure 11.

Le moment créé au point O par le poids s'exerçant sur la vanne évolue au cours du mouvement de celle-ci, repéré par l'angle $\theta = (\vec{x}_0, \vec{x}_1)$. Le graphe du document technique DT3 représente le moment au point O créé par le poids sur la vanne en fonction de l'angle θ d'ouverture de celle-ci.

La position présentée sur le document réponse DR4 correspond au mode sousverse. La vanne est en position d'ouverture extrême. L'angle θ vaut alors -15° .

ASP-Q 3 : Recenser les actions mécaniques appliquées à la vanne.

ASP-Q4 : Proposer un modèle de l'action mécanique de l'eau sur la vanne au point O, centre de la liaison pivot entre la vanne et le bâti du barrage ? Justifier la géométrie de la vanne ?



ASP-Q5 : Modéliser et représenter, sur le document réponse DR3, le poids de la vanne, d'une valeur de 600 000 N, au centre de gravité G de la vanne.

ASP-Q6 : Déterminer la valeur absolue maximale du moment en O de la pesanteur sur la vanne. A quelle configuration cela correspond-il ?

ASP-Q7 : Appliquer le principe fondamental de la statique et déterminer le couple moteur appliqué par l'actionneur sur une vanne dans cette configuration.

2.2. Détermination de la puissance mécanique maximale nécessaire pour atteindre la position en mode sousverse.

Le cahier des charges impose une vitesse d'ouverture et de fermeture de la vanne de 0,0006 rad/s. On néglige les phénomènes d'inertie (faible vitesse de déplacement). Les liaisons mécaniques sont supposées parfaites.

ASP-Q8 : Le barrage comportant 8 vannes identiques, calculer la puissance mécanique totale nécessaire pour déplacer l'ensemble des vannes dans la position du document réponse DR3.

3 Synthèse des impacts environnementaux et énergétique du barrage

L'objectif de cette partie est d'analyser les impacts environnementaux et énergétiques lors de différentes phases du cycle de vie de l'ouvrage dans le cadre d'une démarche d'éco-conception. Cette analyse doit amener à une réflexion sur les poids relatifs de ces phases vis à vis d'un critère particulier.

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.

La démarche d'éco-conception n'a de sens que si elle est intégrée dans une démarche globale de conception. Les outils d'analyse de la valeur et de créativité doivent être utilisés en parallèle pour répondre efficacement aux besoins énoncés. Ainsi, le cycle de vie d'un ouvrage ou d'un système pluri technique, comporte : l'extraction des matières premières, la production des constituants, la fabrication des matériaux et produits qui le composent, des matériaux, matériels et engins nécessaires à sa réalisation, leur transport jusqu'au chantier, sa construction, la vie de l'ouvrage (exploitation, maintenance et entretien) et en fin de vie, sa déconstruction et la valorisation des matériaux.

ASP-Q 9 : Compléter le document réponse DR4 représentant les cinq étapes du cycle de vie de l'ouvrage concerné.



Le tableau 2 présente la synthèse des impacts environnementaux prévisibles pour chaque étape du cycle de vie de cet ouvrage .

Indicateurs	Unités	Fabrication %	Transport %	Réalisation %	Vie de l'ouvrage %	Fin de vie %	Total %
Consommation de ressources énergétique	J	50	4	20	20	6	100
Epuisement des ressources	kg équivalent antimoine	42	5	15	33	5	100
Consommation d'eau totale	m ³	81	2	6	9	2	100
Déchets solides	kg	75	1	1	3	20	100
Changement climatique	kg équivalent CO ₂	60	5	15	15	5	100
Acidification atmosphérique	kg équivalent SO ₂	57	9	16	17	1	100
Pollution de l'air	m ³	85	3	5	6	1	100
Pollution de l'eau	m ³	28	5	20	37	10	100
Formation d'ozone photochimique	kg équivalent éthylène	45	1	0	54	0	100

Tableau 2 : Impacts environnementaux prévisibles.

ASP-Q10 : A partir des données relevées dans le tableau 2, tracer sur le même graphique document réponse DR4 , le résultat pour les étapes du cycle de vie du barrage « fabrication » et « vie de l'ouvrage » en utilisant une couleur par étape. Proposer une analyse qualitative et comparée de l'impact de ces deux étapes.

On s'intéresse plus particulièrement à l'indicateur « **Consommation de ressources énergétique** ». La part de la puissance consommée par l'alimentation en énergie des vérins sur la puissance globale facturée par EDF est d'environ 30 %. Les concepteurs de l'ouvrage n'ont pas cherché à réduire cette consommation.

ASP-Q11 : Justifier la faible part de ce poste en utilisant le document technique DT2, et proposer des exemples d'autres postes de consommation en utilisant le diagramme SysML fig 6. Préciser la phase du cycle de vie sur laquelle doit se focaliser l'attention des concepteurs.

4 Validation du bus **CAN de transfert d'information**

L'objectif de cette partie est de valider un choix d'un bus de transfert d'information à partir d'une contrainte du cahier des charges.

La vitesse de rotation des vannes étant imposée, la mesure de leur position angulaire est nécessaire pour piloter la vitesse de sortie des tiges de vérin, c'est cette mesure qui doit être transféré à la commande par un bus CAN.

L'ouverture de la vanne à la vitesse angulaire de 0,0006 rad/s est obtenue par la sortie des tiges de vérin. La distance OA (voir document DT4) vaut 2 m.

Les documents techniques DT4 et DT5 présentent l'implantation des différents capteurs utilisés pour renseigner la commande sur les mouvements de la vanne. Parmi eux, chaque vanne utilise deux capteurs de position absolue (gauche et droite) de type **MHK5-C2B1-1216-B15V-0CC** (voir document technique DT6). Les valeurs issues de ces capteurs sont utilisées pour calculer l'écart de position angulaire entre les deux bras et corriger celui-ci voire arrêter le mouvement de la vanne s'il est trop important.

Le cahier des charges impose les éléments suivants :

- Précision angulaire du capteur : +/- 0,05°
- Temps maximum pour transmettre la position des 16 codeurs : 20 ms.

ASP-Q12 : Calculer puis tracer sur le document réponse DR3 le vecteur vitesse $\overrightarrow{V(A,1/0)}$, en prenant comme échelle 1cm \leftrightarrow 0,001 m/s. En déduire la vitesse de sortie de la tige du vérin.

ASP-Q13 : En utilisant le document technique **DT6**, donner la valeur maximale N_{\max} (précision maximale) du nombre de pas par tour des codeurs utilisés.

ASP-Q14 : 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.

Selon la position de la vanne, la valeur fournie par le codeur varie. L'incrémentation du codeur se fait dans le sens trigonométrique (anti-horaire) et la mesure de l'angle est égale à la position (valeur θ) augmentée de 90°.

ASP-Q15 : Compléter le tableau sur le document réponse **DR5**

Le tableau 1 donne le récapitulatif des adresses programmées sur les codeurs placés sur les piles du barrage.

Codeur	1G	1D	2G	2D	3G	3D	4G	4D	5G	5D	6G	6D	7G	7D	8G	8D
Adresse	11	12	21	22	31	32	41	42	51	52	61	62	71	72	81	82

Tableau 1

Exemple : Le codeur repéré 1G correspond au codeur placé sur la pile gauche de la vanne 1 et son adresse (en valeur décimale) est **11**.

D'après le tableau des adresses programmées, la valeur décimale pour le codeur placé sur la pile gauche de la vanne 2 (repéré 2G) vaut **21**. Pour déterminer l'adresse définie dans le codeur, il faut augmenter l'adresse programmée de 1 (Voir document technique DT6). Dans notre cas, la valeur décimale de l'adresse définie est donc égale à $21 + 1 = 22$.

Ainsi, **22** peut se décomposer sous la forme : $16 + 4 + 2$ soit converti en binaire sur 7 bits :

$$0 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0$$

La valeur binaire transmise sur le bus est donc **%0010110**.

La trame du champ d'arbitrage du codeur repéré 2G (composée de **4** bits pour la fonction codée et de **7** bits pour l'adresse définie dans le codeur) est donnée figure 12.

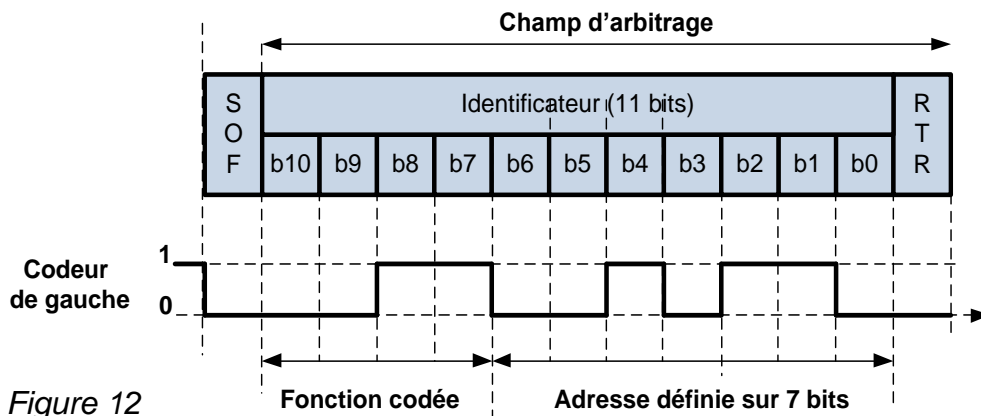


Figure 12

ASP-Q16 : A la lecture de la trame du champ d'arbitrage présentée figure 12, donner la valeur binaire de la fonction codée puis sa valeur décimale.



ASP-Q17 : A l'aide du document technique DT6 (commutateur rotatif bd : sélection du baudrate) et de la valeur décimale relative à la fonction codée trouvée précédemment, déterminez la vitesse V_T de transmission des informations en kbits.s^{-1} puis en bits.s^{-1} (rappel : $1\text{k} = 2^{10}$). Nota : la vitesse de transmission des 16 codeurs est identique.

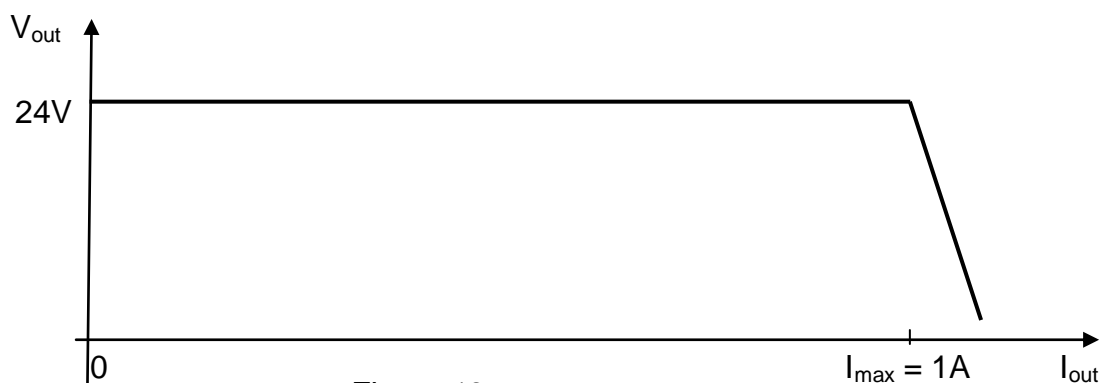
ASP-Q18 : Sur le document réponse DR5, donner la valeur décimale de l'adresse programmée puis les valeurs décimale et binaire de l'adresse définie pour le codeur monté sur la pile droite de la vanne 7, puis représenter sa trame relative au champ d'arbitrage en concordance avec celle du codeur repéré 2G .

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 composé (en tenant compte de la sécurisation de la transmission) au maximum de 128 bits.

ASP-Q19 : Dans le cas le plus défavorable, calculer le temps nécessaire $T_{\text{TRAME_CAN}}$ pour transmettre la position d'un codeur puis 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.

La caractéristique de sortie d'une alimentation régulée (courant de sortie I_{out} fonction de la tension de sortie V_{out}) donnée figure 13, fournit l'énergie nécessaire à la commande de 8 codeurs.

Nota : une deuxième alimentation identique est utilisée pour commander les 8 autres codeurs.



ASP-Q20 : En utilisant le document technique DT6, justifier si la tension d'alimentation des codeurs est compatible avec V_{out} .

ASP-Q21 : Donner le courant maximal I_{\max} que consomme un codeur. Justifier si le courant de sortie que peut fournir l'alimentation est suffisant pour commander simultanément l'ensemble des 8 codeurs.

ASP-Q22 : Déterminer la puissance maximale **Pmax** que doit fournir l'alimentation.

ASP-Q23 : Sachant que chaque codeur consomme en moyenne 20 Wh par jour, déterminer la consommation électrique annuelle en kWh pour l'ensemble des codeurs et commenter le résultat numérique trouvé.

5 Etude du pilotage du vérin

L'objectif de cette partie est de déterminer les paramètres (pression, débit,...) influant le choix des distributeurs (choix qui ne sera pas traité dans le sujet) permettant le pilotage du vérin et d'analyser l'agencement structurel retenu.

6.1. Détermination de la pression d'huile dans un vérin.

La vanne est mise en rotation à l'aide de deux vérins hydrauliques. Le poids de la vanne s'applique en son centre de gravité G et a pour valeur 600 000 N.

Durant la phase de sousverse (Phase n°6 du document technique DT2), l'action de l'eau sur la vanne est négligeable. L'étude statique sera donc menée sans tenir compte de cette action. Les liaisons sont supposées parfaites.

ASP-Q24 : Déterminer graphiquement sur le document réponse DR4 l'effort développé dans un vérin lorsque la porte est dans la configuration du document réponse.

Les caractéristiques des vérins sont les suivantes : diamètre du piston : 0,25 m, diamètre de la tige : 0,2 m.

ASP-Q25 : Calculer la pression de l'huile s'exerçant sur le piston de l'un des deux vérins dans cette configuration.

6.2. Détermination du débit d'huile.

La vitesse de sortie de la tige du vérin sera prise égale à 0,001 m/s.

ASP-Q26 : Déterminer le débit d'huile permettant de sortir la tige du vérin à la vitesse désirée.

6.3. **Commande du vérin.** Voir document technique **DT7**

ASP-Q27 : Citer la (ou les) commande(s) devant être alimentée(s) pour faire sortir la tige du vérin. En déduire l'intérêt d'un point de vue développement durable d'utiliser les 2 distributeurs 2/2 dans le circuit hydraulique.

FIN DU SUJET

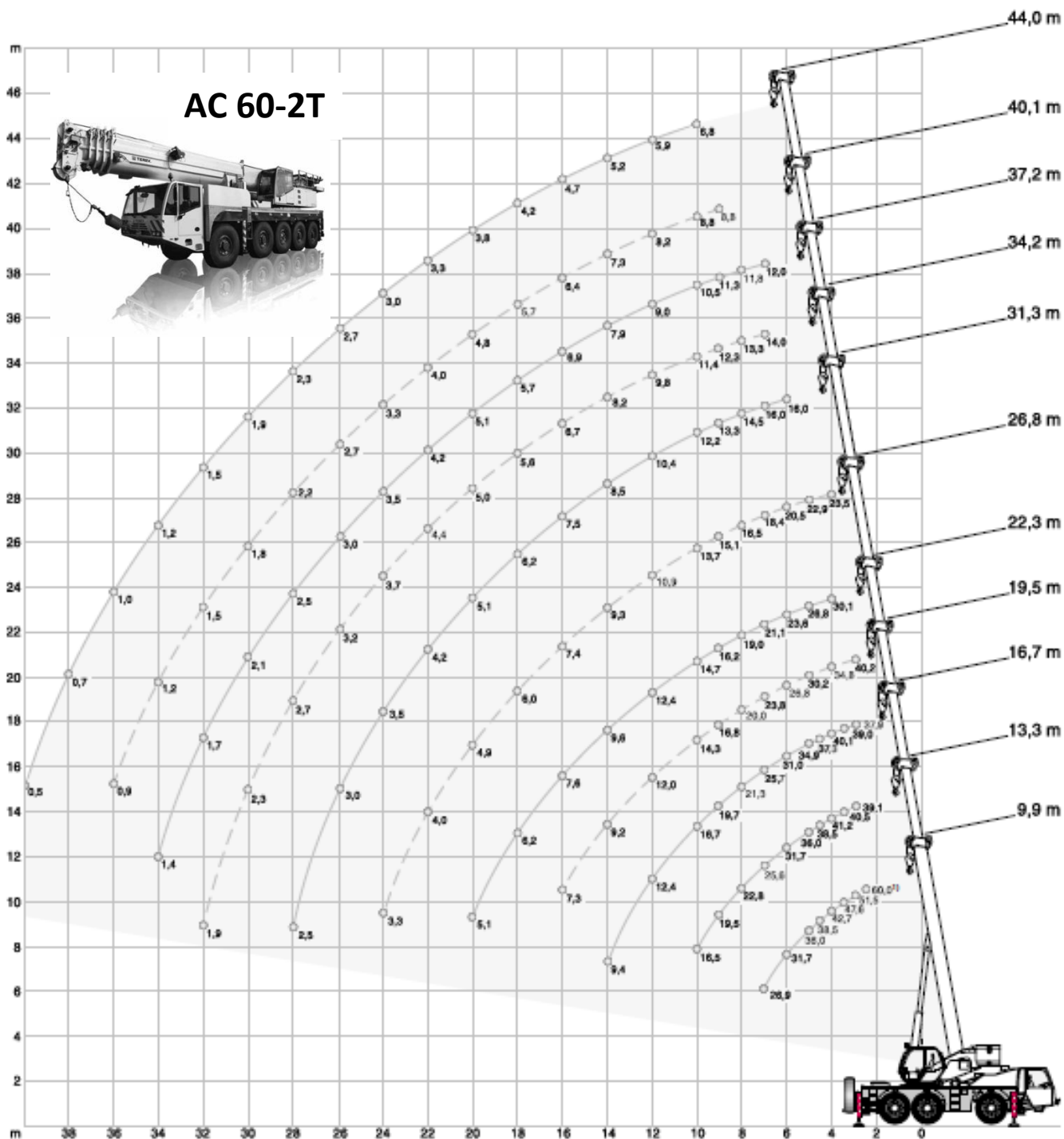
Document technique DT1 : Caractéristiques des grues de levage.

Caractéristiques de levage de la Grue Terex AC 60-2T

En abscisse : portée en m

En ordonnée : hauteur totale en m

Sur les courbes, les valeurs numériques correspondent à la masse soulevable en tonne



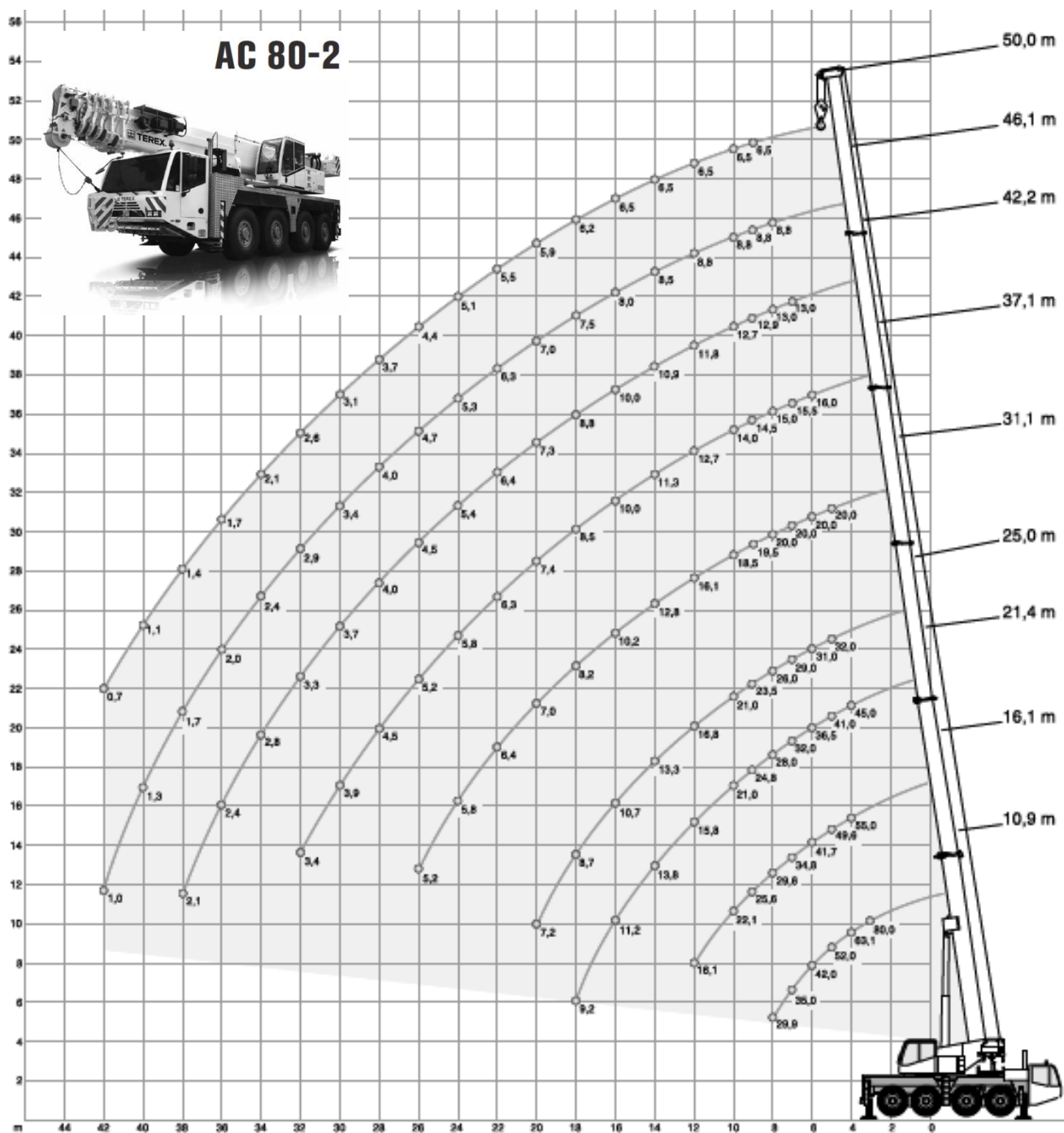
Document technique DT1 (suite)

Caractéristiques de levage de la Grue Terex AC 80-2

En abscisse : portée en m

En ordonnée : hauteur totale en m

Sur les courbes, les valeurs numériques correspondent à la masse soulevable en tonne

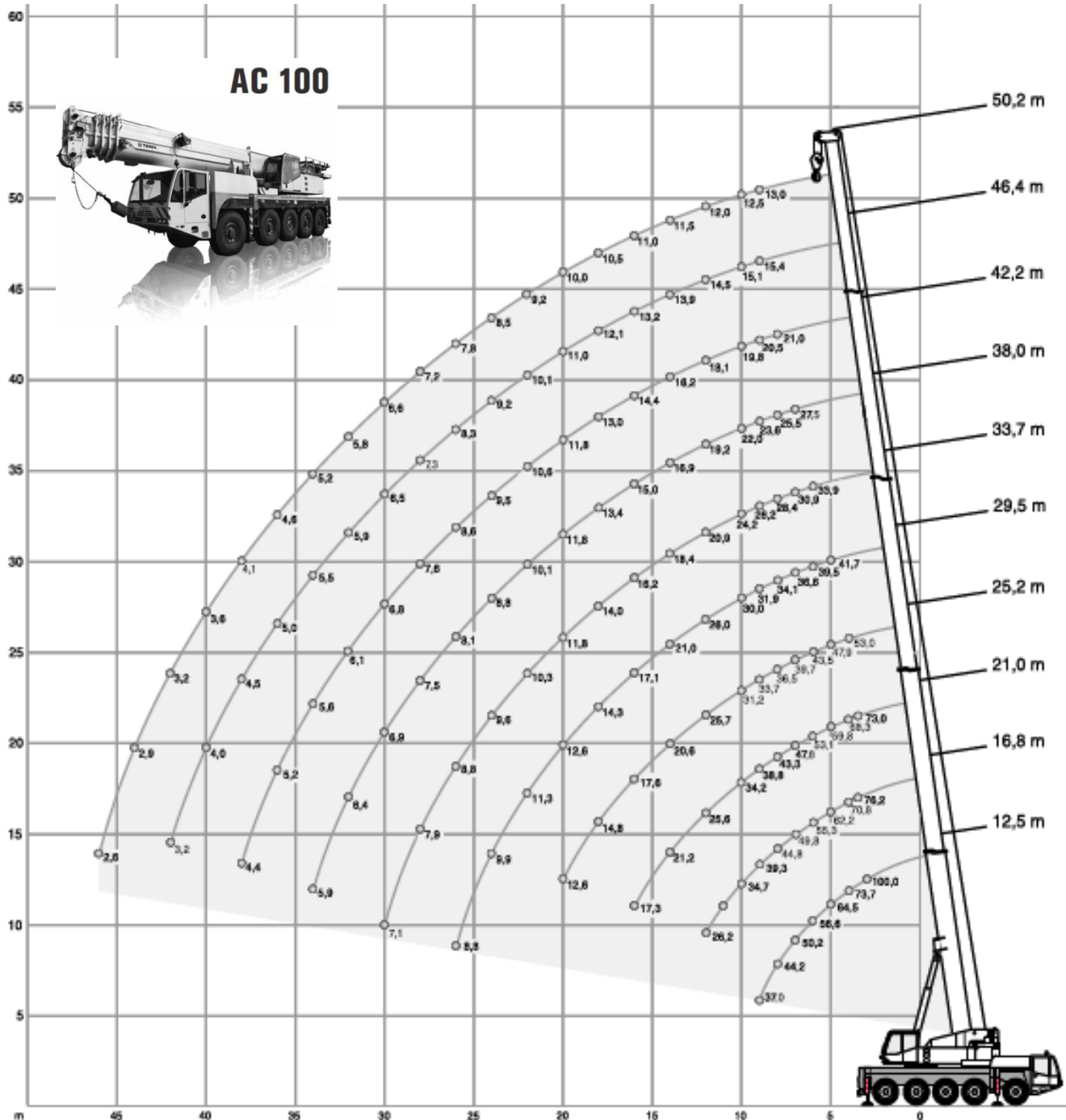


Caractéristiques de levage de la Grue Terex AC 100

En abscisse : portée en m

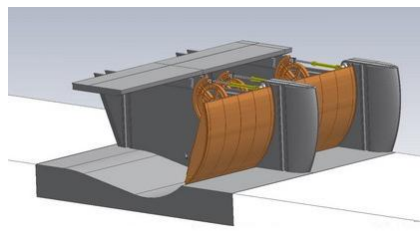
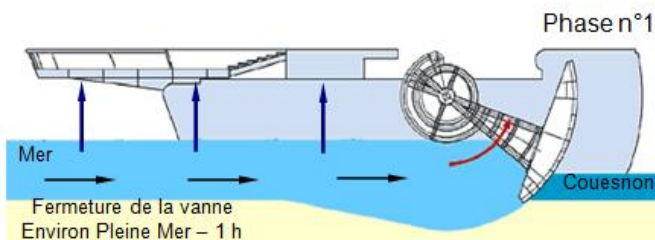
En ordonnée : hauteur totale en m

Sur les courbes, les valeurs numériques correspondent à la masse soulevable en tonne

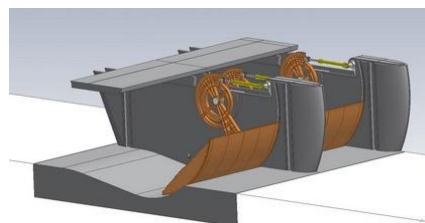
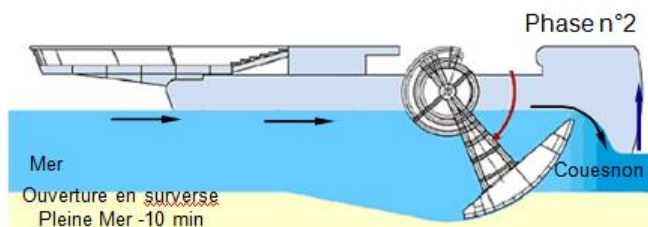


Document technique DT2 : Description des différentes phases de fonctionnement du barrage de chasse en fonction de l'heure de la marée.

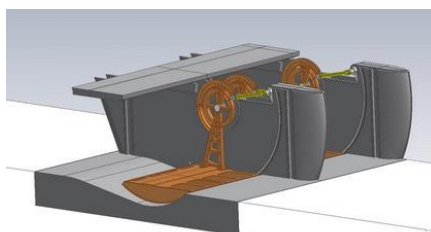
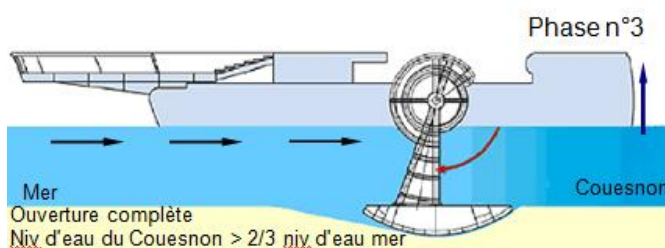
Phase n°1 Pleine mer moins 1 heure. Empêcher les sédiments de se déposer dans le Couesnon. Fermeture de la vanne. Les premiers flots* arrivent sur la vanne 1 heure avant la pleine mer, ils sont très fortement chargés en sédiments. La chute de la vitesse du flux entraîne une décantation naturelle. Les sédiments se déposent en aval du barrage.



Phase n°2 Pleine mer moins 10 minutes. Début du remplissage par l'eau de mer. Ouverture en surverse. En utilisant les similitudes associées à la mécanique des fluides, les études sur maquette ont permis de retenir la date "pleine mer moins 10 minutes" pour commencer à remplir le bassin de retenue. Elle s'effectue par le dessus de la vanne. Cette technique permet d'employer une eau peu chargée en sédiments, on minimise ainsi les risques de comblement de la partie amont du barrage.



Phase n°3 Niveau d'eau du Couesnon > 2/3 niveau d'eau mer. Remplissage par l'eau de mer. Ouverture complète. Cette ouverture complète est effectuée dès que le niveau d'eau dans le Couesnon est supérieur au 2/3 du niveau d'eau du flot* (marée montante). La durée de cette phase est très courte, elle correspond à un volume d'eau en vives eaux de 900 000 m³ et en mortes eaux de 470 000 m³. Pour optimiser le remplissage, le barrage est totalement ouvert.



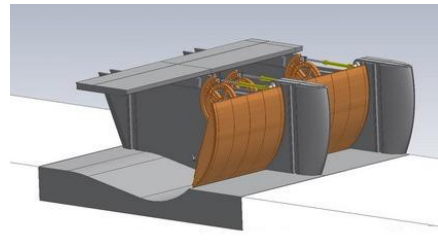
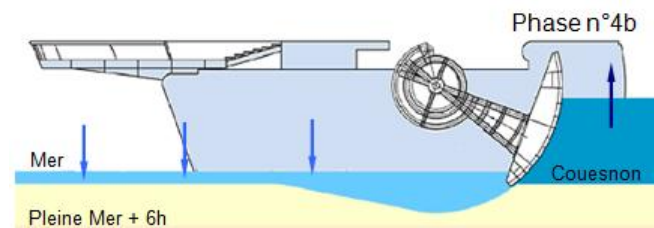
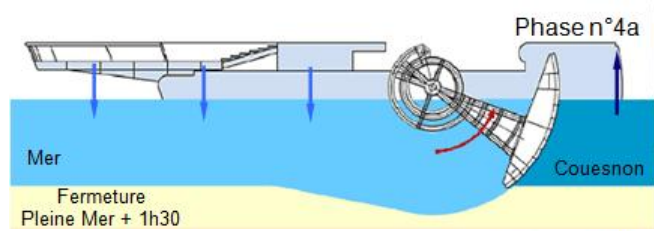
suite



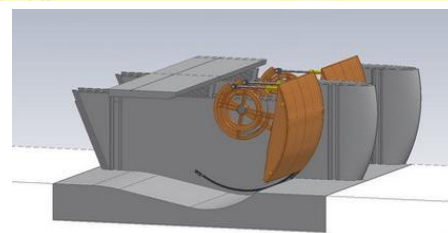
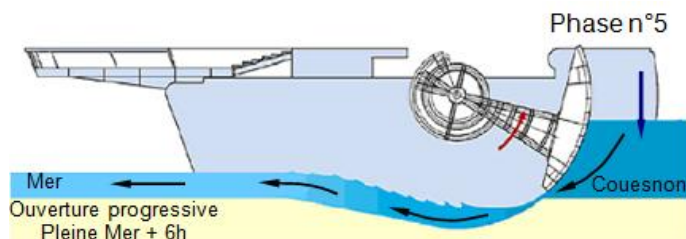
Document technique DT2 : (suite).

Phase n°4 Pleine mer plus 1 heure 30 minutes. Empêcher l'eau stockée d'aller vers la mer. Fermeture. La fermeture s'effectue lorsque les niveaux amont et aval sont équivalents. Ce qui correspond, approximativement, à 1 heure 30 minutes après la pleine mer.

Une fois la vanne fermée, on attend la fin du jusant*. A l'eau de la marée, vient s'ajouter le débit de la rivière Couesnon. Un débit de fuite est maintenu, afin que le chenal du Couesnon soit toujours matérialisé.

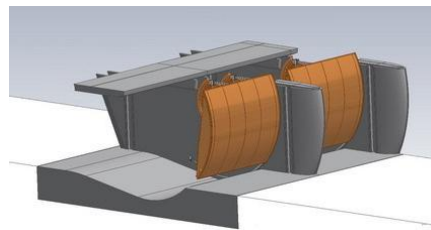
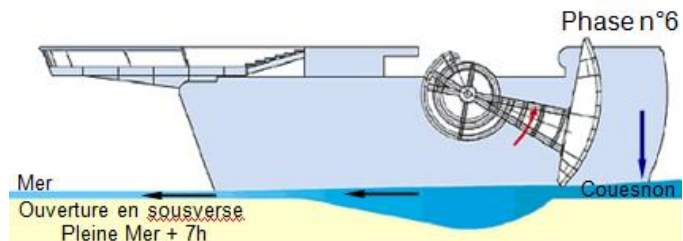


Phase n°5 Pleine mer plus 6 heures. Chasse. Ouverture progressive et contrôlée de la vanne à marée basse. L'ouverture lente et progressive des vannes permet une chasse contrôlée. Elle est soutenue pendant une heure environ. La mesure et le contrôle du niveau aval permettent d'avoir un débit quasi constant.



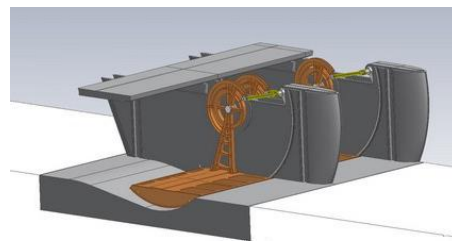
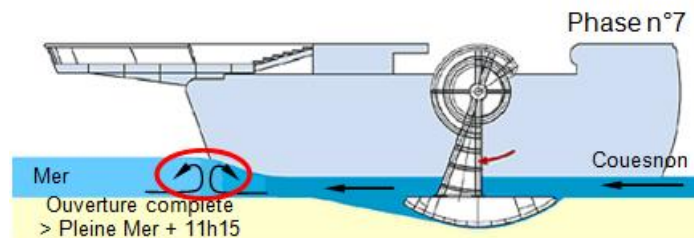
suite 

Phase n°6 Pleine Mer plus 7 h.
Écoulement normal du Couesnon.
Ouverture en sousverse.
Une heure après la chasse, on dispose avec la vanne en position sousverse, d'un écoulement de l'amont vers l'aval équivalent à une petite crue de rivière.



Phase n°7 Pleine Mer plus 10 h 35
et niveau d'eau du Couesnon trop faible.
Formation d'un bouchon d'eau claire.
Fermeture pendant 30 min puis ouverture complète pendant 10 min. Si le débit descendant en écoulement libre est trop faible, il faut créer un bouchon d'eau claire afin de bloquer le plus loin possible dans la baie le premier flux très chargé en sédiments.

Pour créer ce bouchon, on réduit le débit descendant à la mer durant une demi-heure puis les vannes sont de nouveau ouvertes pendant dix minutes.

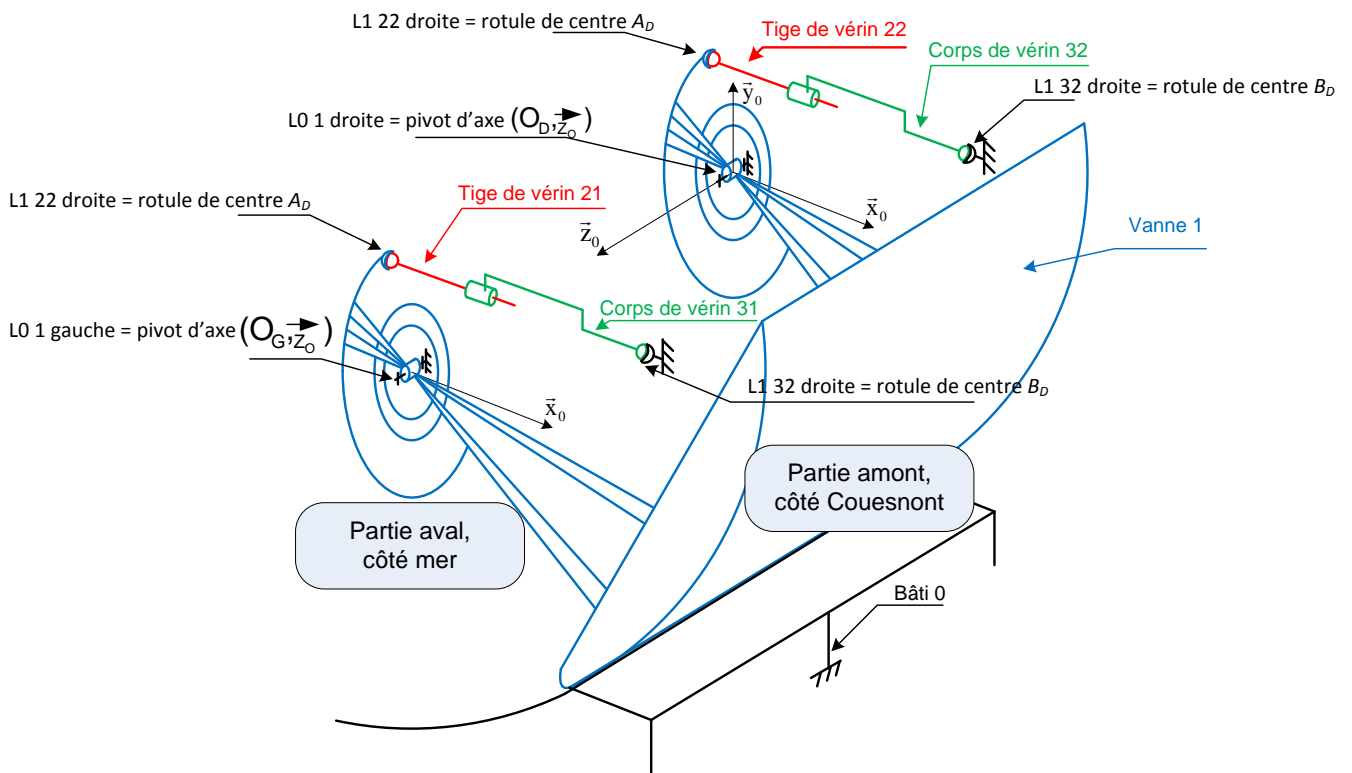


Puis le cycle recommence en phase n°1

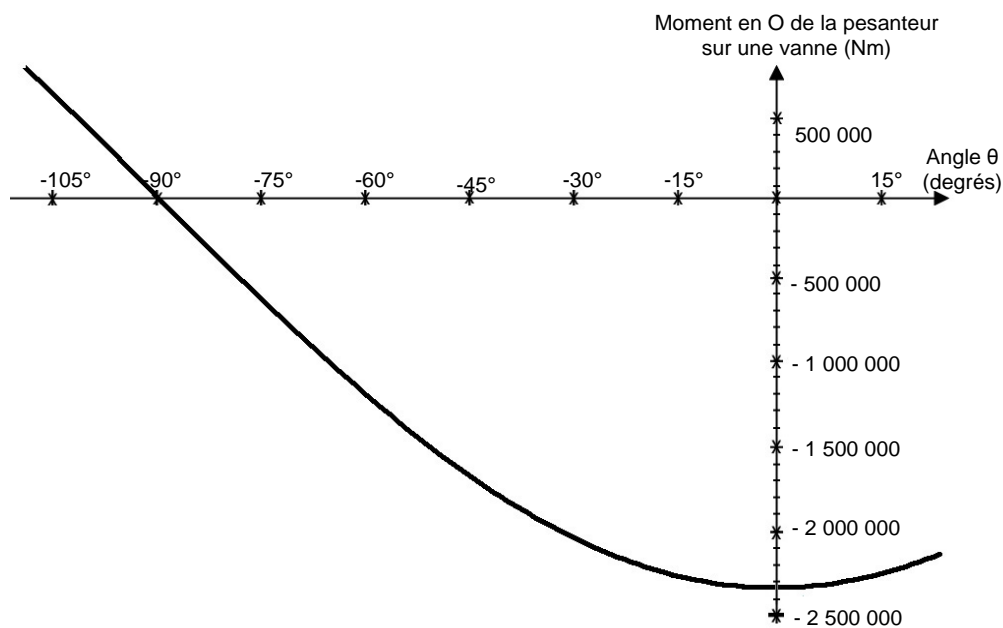
NB : la période des marées est de 12h25.

DT3 : Modélisation d'une vanne

Schéma cinématique d'une des huit vannes du barrage



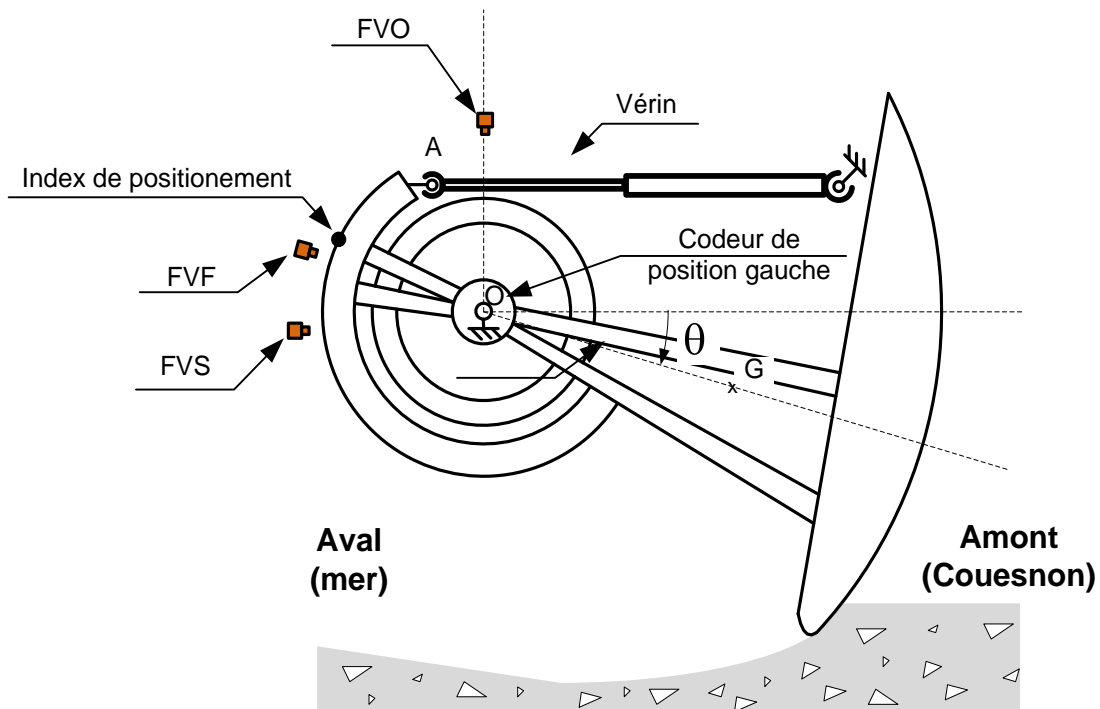
Graphe du moment au point O créé par le poids sur la vanne en fonction de l'angle θ d'ouverture de celle-ci.



DT4 : Implantation des capteurs servant au pilotage d'une vanne.

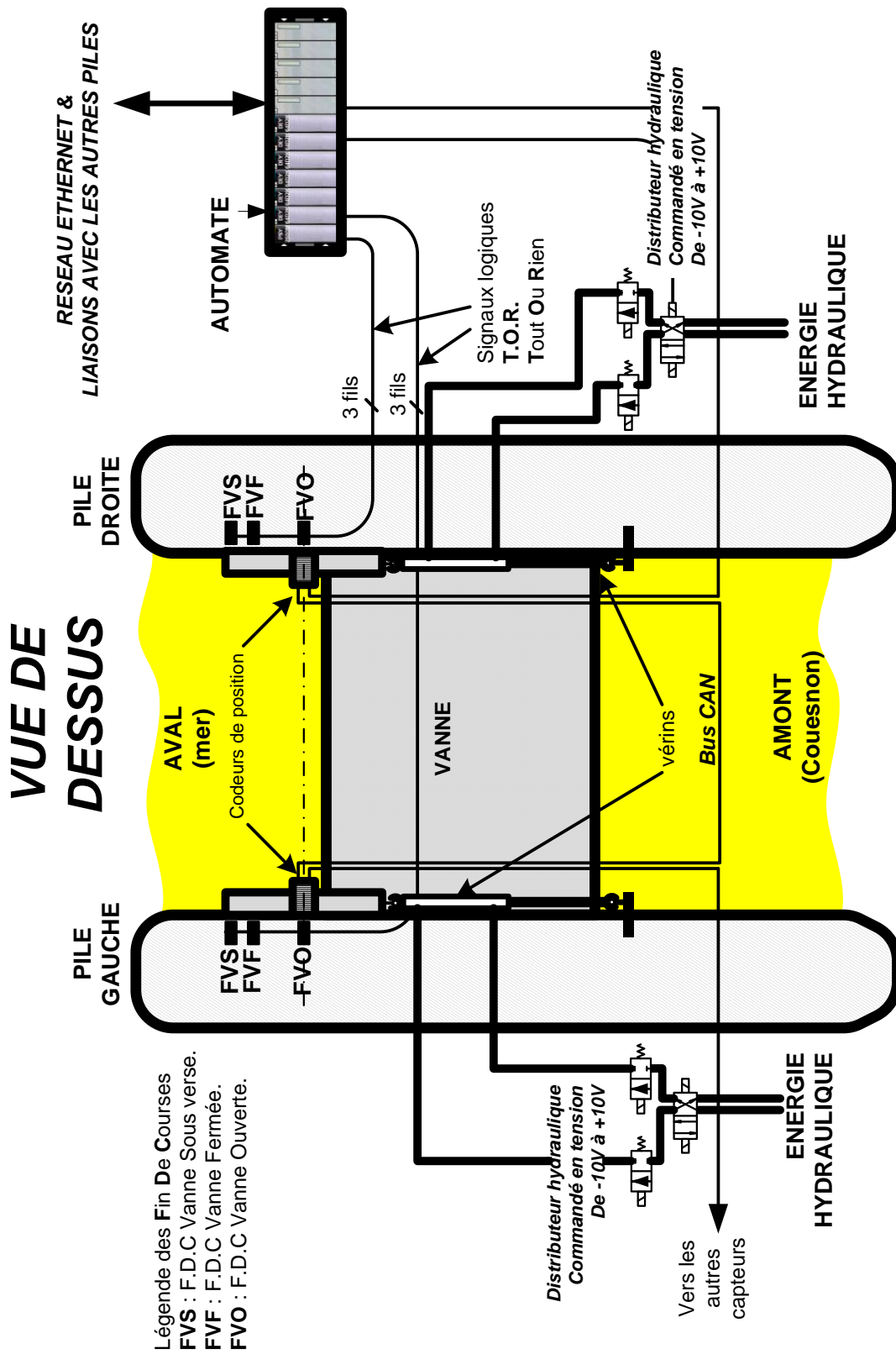
A chaque vanne sont associés :

- deux vérins hydrauliques ;
- deux codeurs de position ;
- deux capteurs de **Fin de course Vanne Fermée (FVF)** ;
- deux capteurs de **Fin de course Vanne Sousverse (FVS)** ;
- deux capteurs de **Fin de course Vanne Ouverte (FVO)**.



Position de la vanne (description)	Angle (θ)
COMPLETEMENT OUVERTE	-90°
OUVERTE en SUR-VERSE	-55°
COMPLETEMENT FERMEE	-25°
OUVERTE en SOUSVERSE	-15°

DT5: Schéma simplifié d'automatisme d'une vanne.





CODEURS ABSOLUS MULTITOURS CANOPEN, SERIE MHK515-CANO

MHK5



CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES

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

CONFIGURATION

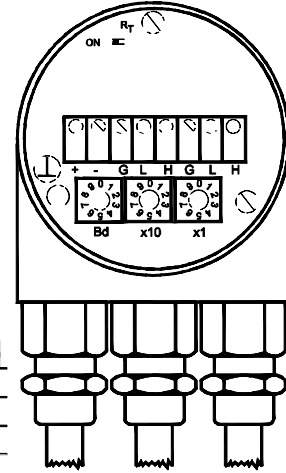
Le numéro de noeud se fait via 2 commutateurs rotatifs dans la boîte de raccordement. Les Adresses programmables vont de 0 à 89, sachant que chaque participant au bus ne peut posséder qu'une seule adresse. L'adresse définie dans le codeur est augmentée de 1. La boîte de raccordement à bornes se désolidarise du codeur proprement dit via 2 vis pour en faciliter l'installation.

La boîte à bornes intègre également une résistance de fin de bus activée par un dipswitch, qui permet de terminer la liaison.

Sélection du Baudrate

La sélection du baudrate (kbit/s) est réalisée à l'aide de l'un des swithches rotatifs de la boîte à bornes. Les vitesses de transmission suivantes peuvent être sélectionnées:

Baudrate kBit/s	Swithches rotatifs codés BCD
20	0
50	1
100	2
125	3
250	4
500	5
800	6
1000	7
réservé	8..9



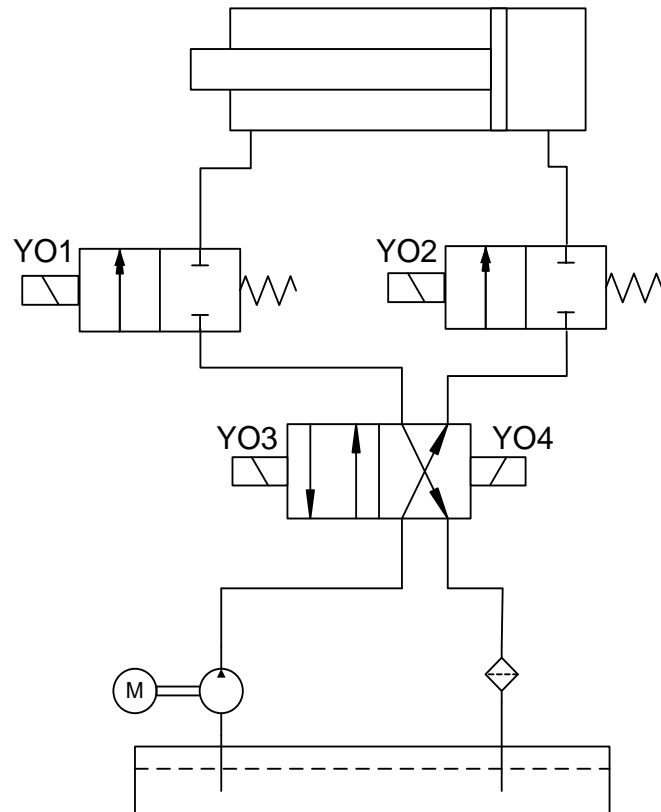
REFERENCE

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

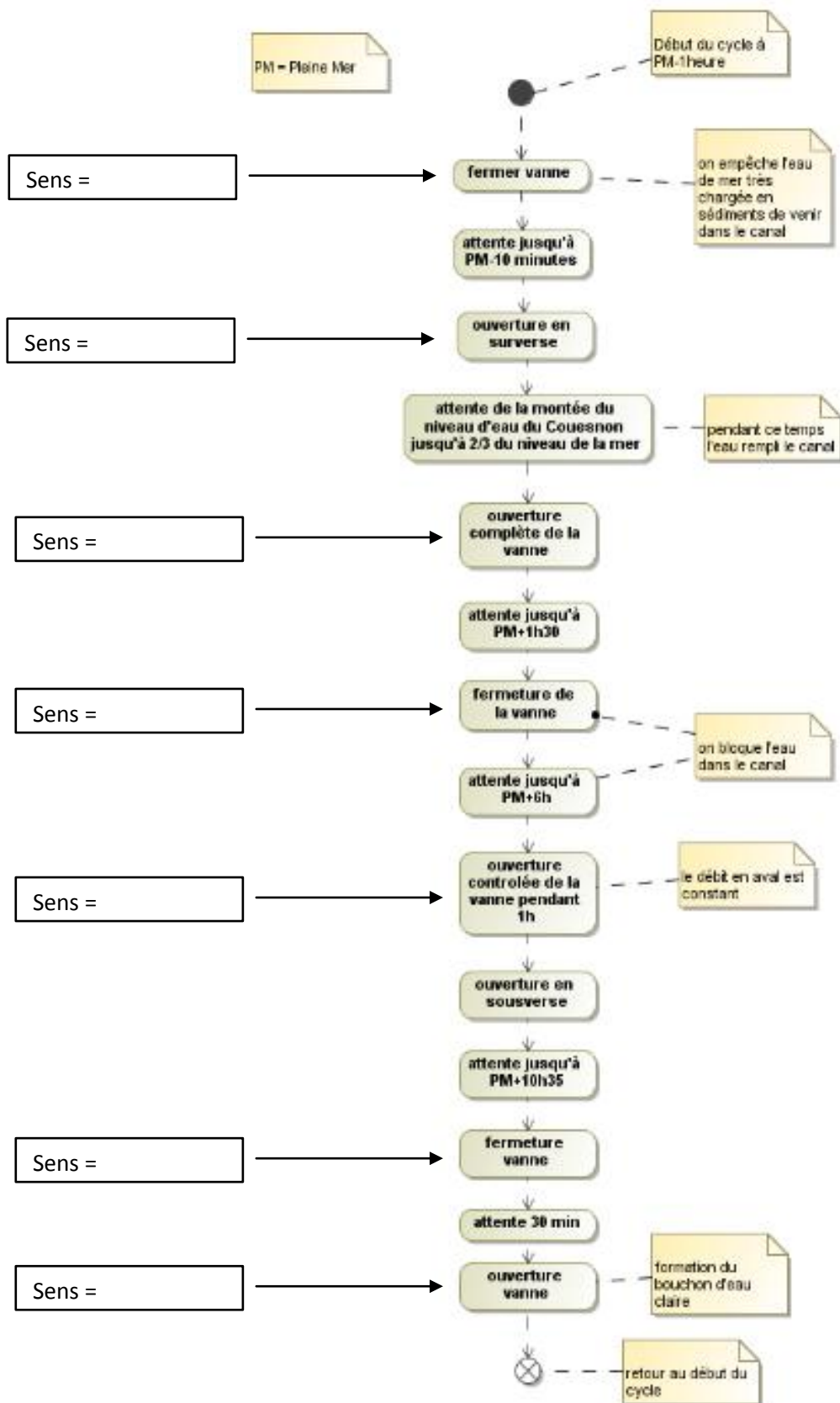
Description	Référence
Référence	MHK- --- B1 B - --- - - - - - OCC-
Interface	CANopen C2
Code	Binaire B1
Nombre de tours	Monotour 00 Multitour 12 Multitour 14
Nombre de pas par tour (Bits)	4096 12 8192 13 65536 16
Brûle	Serrage C Synchro S Axe creux B
Diamètre de l'axe	10 mm 10 06 mm 06 15 mm (axe creux)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

CODE DE COMMANDE : MHK515-CANO-001 = MHK5 - C2 B1 B - 12 13 - B 15 0 - OCC

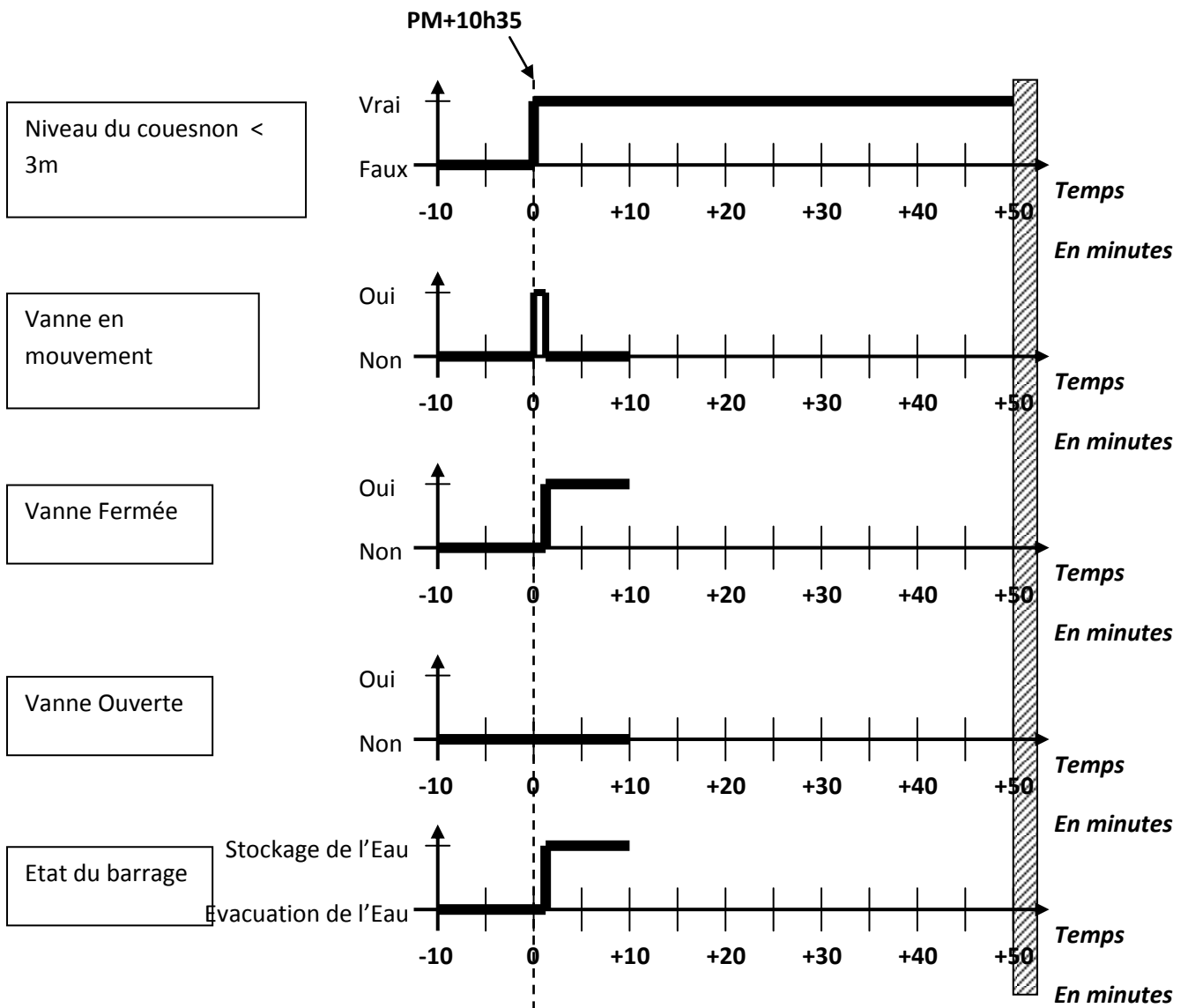
DT7 : Schéma hydraulique complet de la commande d'un vérin.



Document réponse DR1

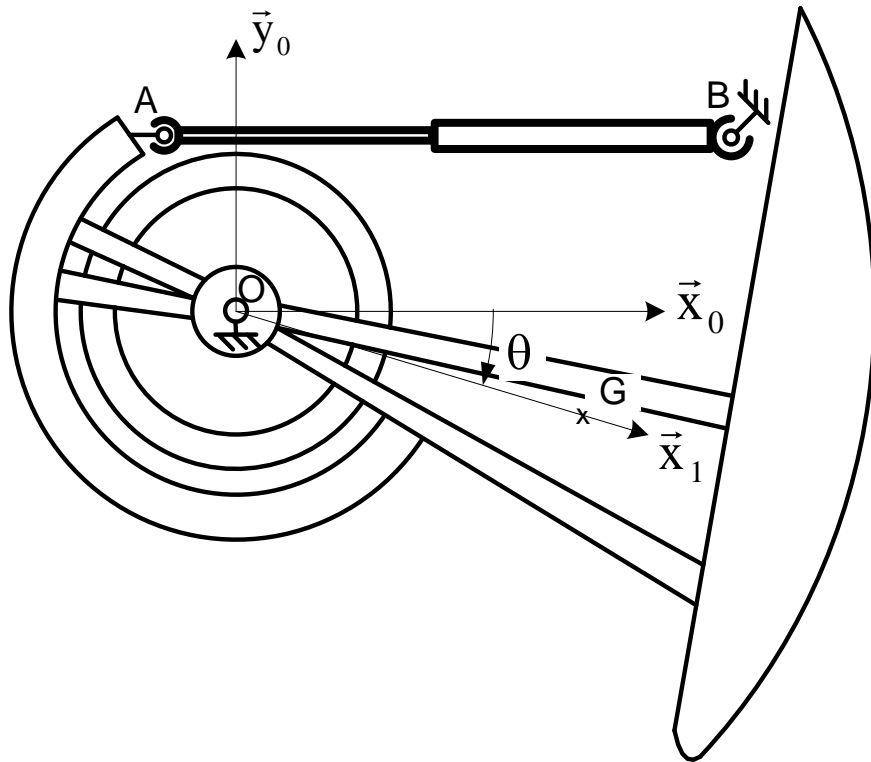


ASP-Q2

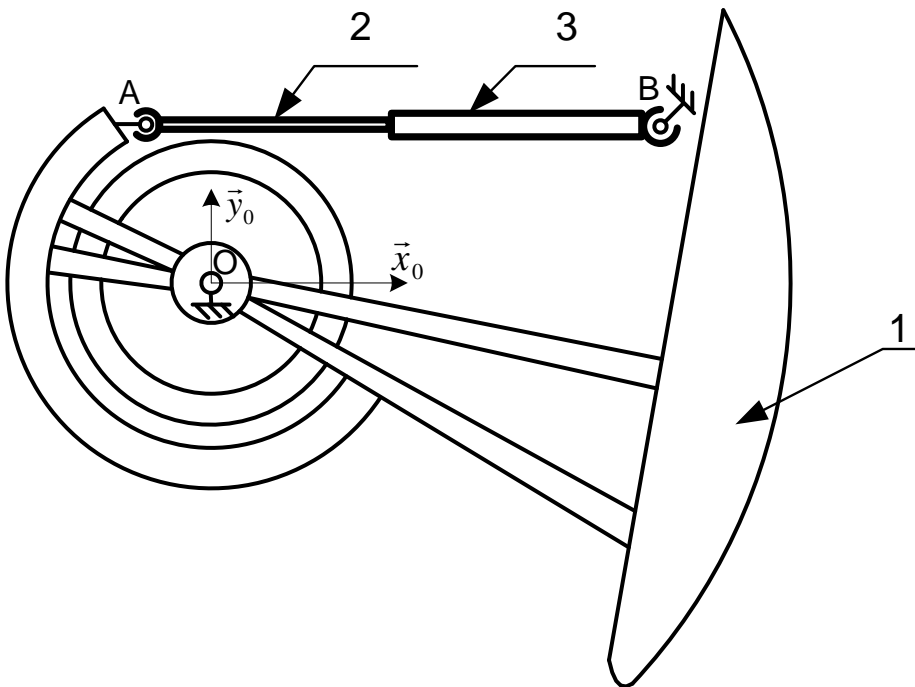


Document réponse DR3

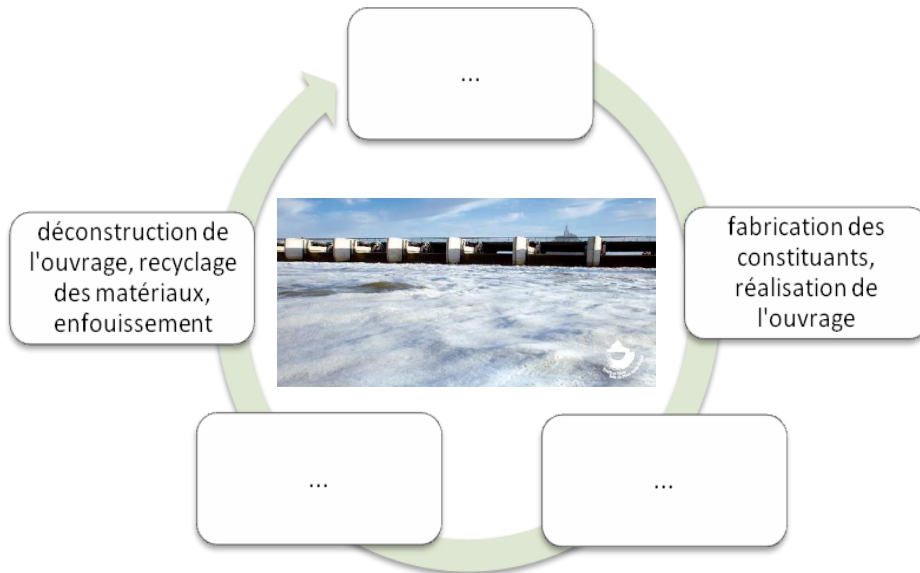
ASP-Q5 et ASP-Q24 : Echelle des efforts : 1 cm \leftrightarrow 200 000 N



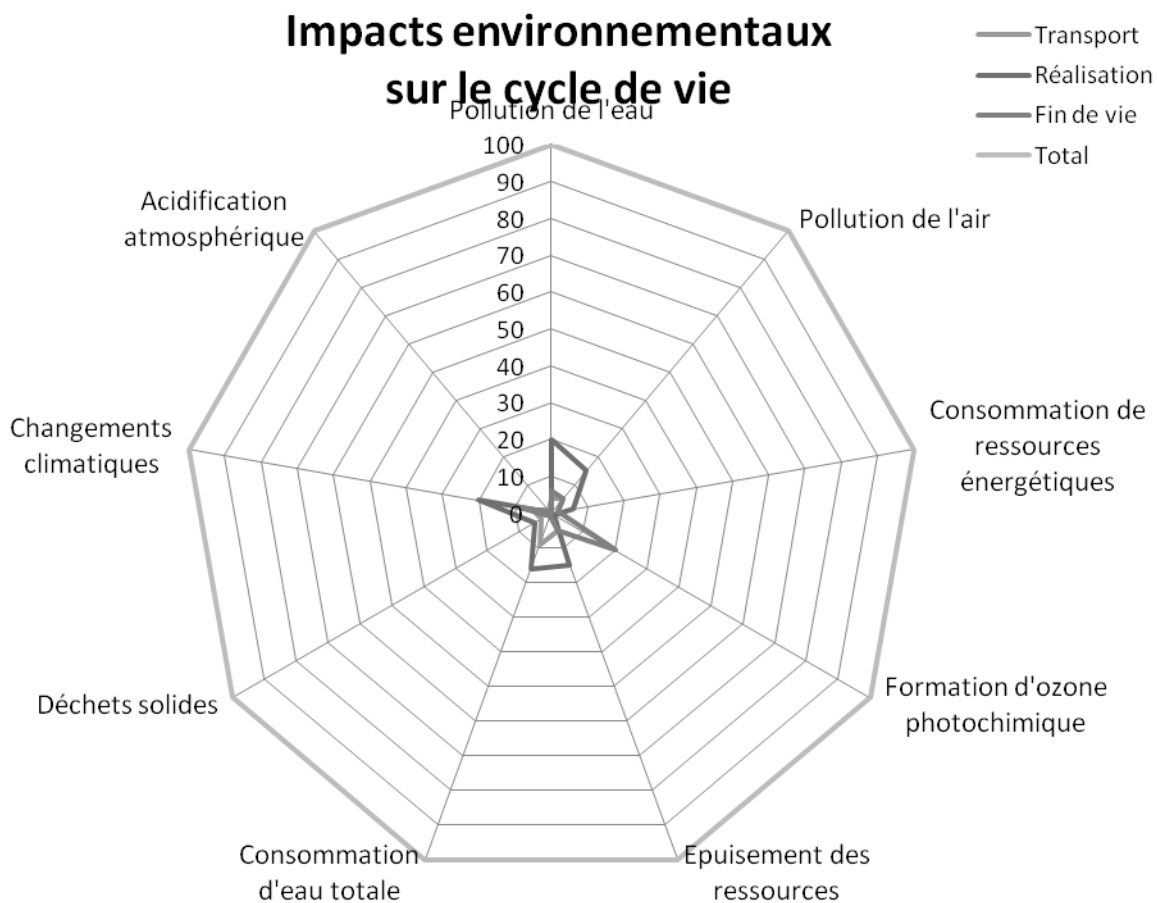
ASP-Q12 : Echelle des vitesses : 1 cm \leftrightarrow 0,001 m/s



ASP-Q9



ASP-Q10



Document réponse DR5

ASP-Q15

Position de la vanne	Angle θ	Mesure de l'angle	Valeur N issue du codeur en décimal	Valeur N issue du codeur en hexadécimal
Ouverte	- 90°	0°	0	\$ 0000
Ouverte en surverse	- 55°	35°	6370	\$18E2
Fermée	-25°			
Ouverte en sousverse	-15°			

ASP-Q18

Valeur décimale de l'adresse programmée :

Valeur décimale de l'adresse définie :

Valeur binaire : 0 ou 1

b10	b9	b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
Fonction codée					Numéro de nœud (adresse)					

