

## EDITEC 1 R

Repère à reporter sur la copie

## **SESSION 2010**

CAPET
CONCOURS INTERNE
ET CAER

**Section: TECHNOLOGIE** 

# ÉTUDE D'UN SYSTEME TECHNIQUE

Durée: 6 heures

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

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

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB: Hormis l'en-tête détachable, la copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.

# Rétablissement du caractère maritime du Mont Saint-Michel

Ce sujet est composé de :

- un énoncé (pages 1 à 26);
- une annexe en trois parties (pages 27 à 33);
- un document réponse (pages 34 à 40) ;
- des documents techniques (pages 41 à 46).

# 1. Présentation générale



# 1.1. Contexte historique

L'Histoire du Mont Saint-Michel (*figure I*) et de sa baie commence par la construction d'une église en 709 sur commande de l'évêque d'Avranches (Aubert), à la suite de trois apparitions de l'archange Saint Michel.

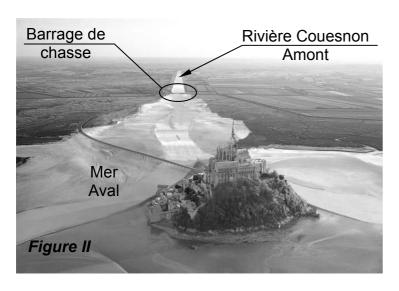
Les moines bénédictins parrainés par Richard 1<sup>er</sup> fondent l'abbaye en 966. L'abbaye devient un lieu de pèlerinage.

Jusqu'en 1782, l'abbaye et le Mont Saint-Michel subissent les soubresauts et éclats de

l'Histoire, avec des périodes d'expansion puis de stagnation. Durant toute cette période, le site, lieu de l'apparition de l'archange Saint Michel, reste un lieu de pèlerinage important, cette aura ne faisant que s'accroître durant la guerre de Cent ans, car le Mont Saint-Michel, et surtout sa baie, vont repousser toutes les attaques de l'agresseur anglais. L'aspect maritime du Mont Saint-Michel lui procure renommée et sécurité.

Le dernier grand changement s'effectue sous la révolution, avec la transformation du Mont Saint-Michel en prison. Une fois encore, le caractère insulaire du Mont, la difficulté pour y accéder, et dans ce cas pour s'en échapper, l'a rendu très efficient dans ces nouvelles fonctions. La prison est abandonnée en 1863, et le monastère est très détérioré, il est classé monument historique en 1874 et les travaux de restauration sont entrepris, ils se termineront en 1898 et donnent sa forme actuelle à la cité.

# 1.2. Contexte géographique



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. C'est un spectacle impressionnant qui attire de nombreux touristes.

La poldérisation\* est une tradition pour les habitants de la baie. De multiples tentatives plus ou moins fructueuses, ont été entreprises pour gagner des terres arables sur la mer. Elles ont commencé par l'endiguement des marais de Dol au Moyen Âge, puis par la construction de digues au cours du XIX<sup>e</sup> siècle et enfin par la construction d'une digue route en 1879. Elle retient le sable, et aggrave l'ensablement naturel de la baie : le Mont pourrait cesser d'être une île (*figure II*). 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. Il favorise la sédimentation du marais blanc et provoque l'extension du schorre\* (les herbus ou prés-salés). (\* lexique en annexe)

# 1.3. État des lieux et projets d'avenir

Un premier projet datant de 1969, permet de stopper l'endiguement de la baie. La valeur touristique de la Baie et du Mont est reconnue et le tourisme se développe.

Une fois l'état des lieux fait, vient la période d'étude du phénomène et de recherche de 1975 à 1995. Des études en bassin ont été réalisées par la SOGREAH. Pour ces études en bassin : la nacre pilée et la sciure remplacent le sable. Les paramètres (débits des rivières, pluies, évapotranspiration, cycle des marées) sont ajustés au modèle réduit. Le modèle est confronté au réel par des observations *in situ*. Des thèses sont rédigées.

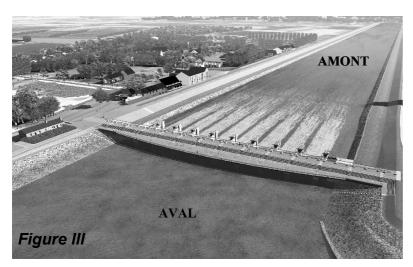
En 1979, l'île est inscrite au Patrimoine Mondial, au titre de l'Art et au titre de la Culture. La loi « littoral » est votée.

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.

La renommée du Mont Saint-Michel est maintenant mondiale, liée autant à l'architecture de son abbaye qu'à son insularité. Le tourisme est devenu indispensable au tissu économique local et régional. Accueillir les 3,3 millions de touristes de 2005 (les 10 millions prévus 2010) nécessite à la fois un parking et surtout que l'île reste île. Ces deux derniers points sont à concilier.

# 1.4. Organisation retenue

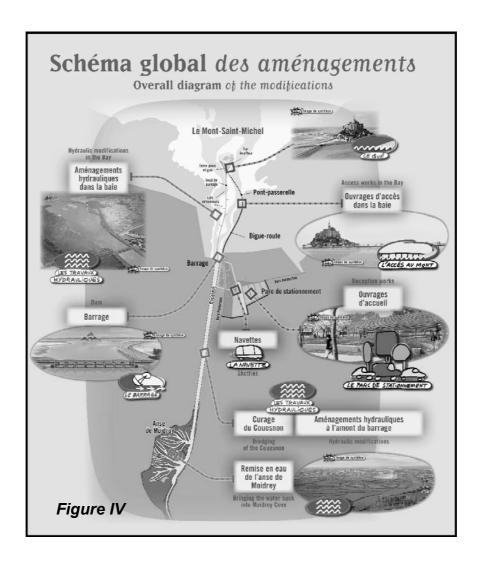


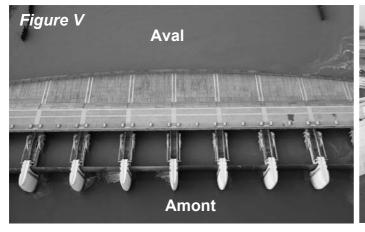
Le projet complet d'aménagement du site de la baie du Mont Saint-Michel (figure IV) comprend en particulier un barrage de chasse (figure III) qui fera l'objet de l'étude.

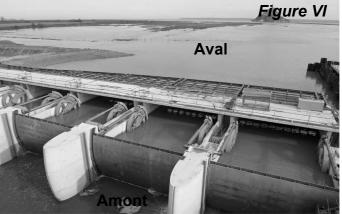
La mise en fonctionnement du barrage de chasse (figure V et figure VI) permettra de rejeter vers le large les sédiments apportés par la marée. Deux années sont prévues pour déblayer naturellement la moitié des 3 millions de m³ de sédiments et 8 ans pour arriver à 80 % de cet objectif.

Par ailleurs, le projet prévoit la destruction des parkings et de la digue actuels, ce qui restituera 15 hectares de grèves à la nature et redonnera au Mont son caractère maritime. Une digue-route, achevée en un pont-passerelle s'arrêtera à 300 m des remparts. Une cale permettra de franchir les derniers mètres pour accéder à la porte de l'Avancée.

Une navette de transport, non polluante et silencieuse, effectuera la desserte.







Le projet d'aménagement du site de la baie du Mont Saint-Michel peut être résumé par le diagramme des interacteurs suivant (*figure VII*) :

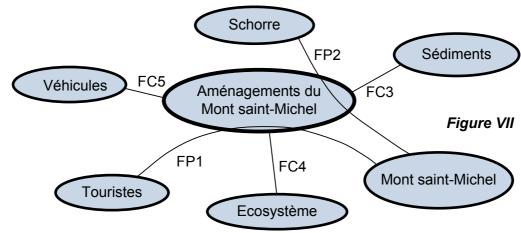
FP1: à déterminer.

FP2 : empêcher les schorres d'atteindre le Mont Saint-Michel.

FC3 : empêcher les dépôts sédimentaires dans la baie.

FC4 : préserver les éco systèmes.

FC5: à déterminer.



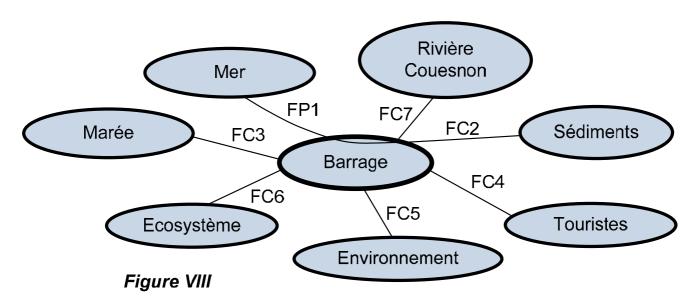
## Question n°1.

En vous aidant de la présentation générale, proposer une expression pour les fonctions FP1 et FC5.

# 2. Le barrage de Chasse

Afin de pouvoir réaliser partiellement la fonction principale FP2 et totalement la fonction contrainte FC3, le groupement de sociétés BRL Ingénierie, Luc Weisman Architecte, SPERTEC et ANTEA, a conçu et développé un système de barrage de chasse sous la direction du syndicat mixte « Baie du Mont Saint-Michel ».

Le diagramme des interacteurs est présenté ci-après (figure VIII).



FP1 : Entraîner les sédiments vers la mer (créer un débit sousverse).

FC2 : Stocker l'eau de la rivière Couesnon.

FC3: Retenir le jusant\* (marée descendante).

FC4 : Permettre un accès sécurisé des touristes.

FC5 : S'insérer dans l'environnement (aspect esthétique).

FC6: Respecter l'écosystème.

FC7 : Libérer la rivière en cas de crue.

Afin de répondre partiellement ou totalement aux différentes fonctions un système de vannes à fonctionnement séquentiel et asservi a été conçu. On utilise le phénomène de la chasse. Des analyses fonctionnelles en annexes 1 et 2 complètent cette description.

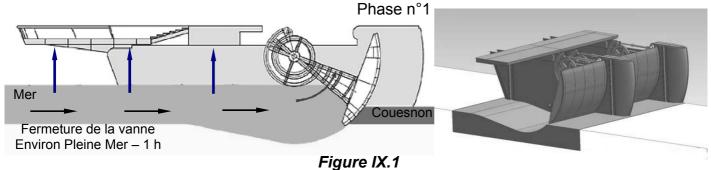
# 2.1. Principe de la chasse

# 2.1.1. Description globale

Les figures IX.1 à IX.7 décrivent le principe de la chasse.

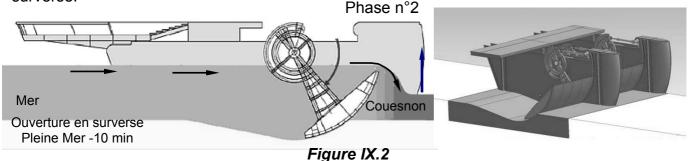
NB: la période des marées est de 12 h 25.

<u>Phase n°1</u> 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.

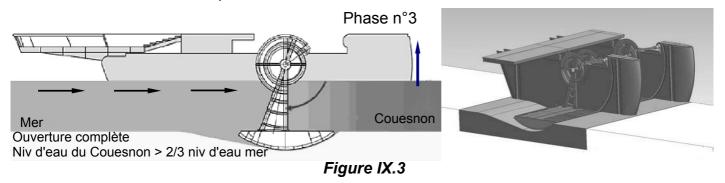
<u>Phase n°2</u> Pleine mer moins 10 minutes. Début du remplissage par l'eau de mer. Ouverture en surverse.



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.

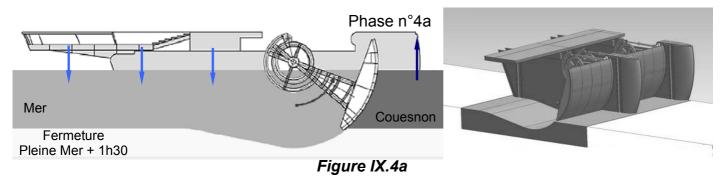
<u>Phase n°3</u> Niveau d'eau du Couesnon supérieur à 2/3 du niveau d'eau mer. Remplissage par l'eau de mer. Ouverture complète.



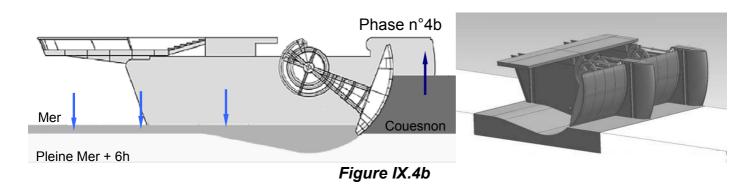
Cette ouverture complète est effectuée dès que le niveau d'eau dans le Couesnon est supérieur au 2/3 du niveau d'eau du flot\* (marée montante).

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.

<u>Phase n°4</u> 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\*. À 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.

<u>Phase n°5</u> Pleine mer plus 6 heures. Chasse. Ouverture progressive et contrôlée de la vanne à marée basse.

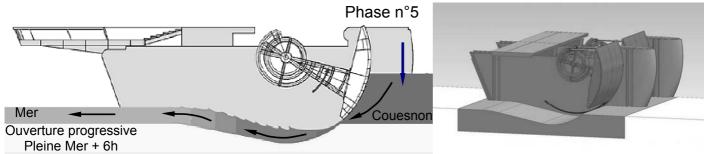
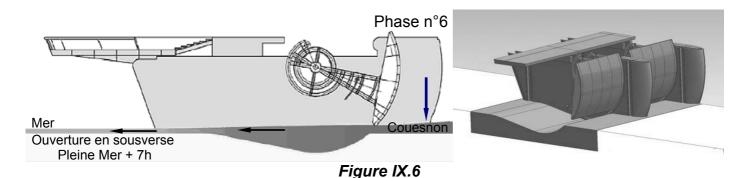


Figure IX.5

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.

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.

<u>Phase n°7</u> 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.

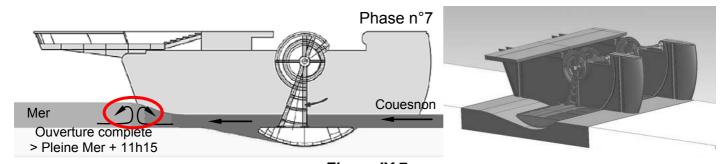


Figure IX.7

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.

# • Question n° 2.

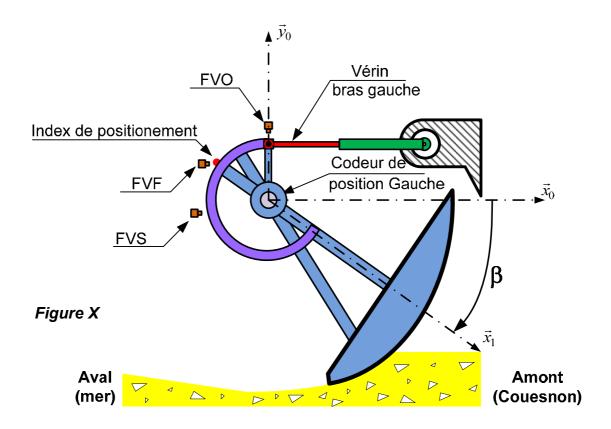
Compléter sur le document réponse 1 l'actigramme A-0 associée à la vanne. On pourra utiliser les documents situés en annexe 2.

# 2.1.2. Description de la motorisation d'une vanne et de la détection de ses positions

La figure X présente une description sommaire de la vanne.

À 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 (β°)
COMPLÈTEMENT OUVERTE	-90°
OUVERTE en SURVERSE	-53°
COMPLÈTEMENT FERMÉE	-20°
OUVERTE en SOUSVERSE	-10°

# 2.1.3. Étude séquentielle du fonctionnement du barrage

Cette partie permet de valider les différentes phases de fonctionnement. Le grafcet est donné sur le document réponse 1.

# Question n°3.

Pour chaque étape du grafcet, donner les phases de fonctionnement décrites dans le paragraphe 2.1.2 (répondre sur le document réponse 1).

## Question n°4.

Lorsqu'il y a mouvement de la vanne, le sens de rotation est défini :

Sens 1 : trigonométrique

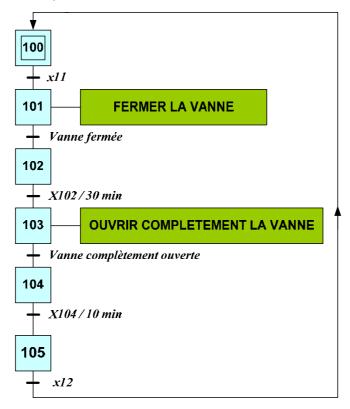
Sens 2: horaire

Compléter le grafcet sur le document réponse 1, en précisant les sens de rotation (1 ou 2) pour les différentes étapes.

# 2.1.4. Grafcet de formation d'un bouchon d'eau claire

L'objectif de cette partie est de vérifier la chronologie entre les phénomènes des marées et le fonctionnement des vannes.

On donne le grafcet de cette phase de fonctionnement :



Hypothèse : La vanne tourne à la vitesse angulaire de 8°⋅min<sup>-1</sup>.

#### Question n°5.

Si le niveau du Couesnon est toujours supérieur à 3 m, est-il nécessaire de créer d'un bouchon d'eau claire ?

# Question n°6.

À l'aide du grafcet fourni pour cette phase de fonctionnement, compléter le chronogramme associé sur le document réponse 2. Calculer les temps de passage de la vanne d'une position à une autre et préciser l'état du barrage.

## Question n°7.

La durée totale du cycle répond-elle au cahier des charges ?

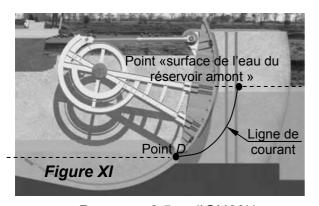
# 3. Vérification de la fonction technique : créer un débit sousverse

Le concepteur de la vanne prévoit, afin de faire correctement le transport sédimentaire, un débit de 100 m³·s⁻¹. L'objectif de cette partie est de valider le débit obtenu avec le principe de chasse.

# 3.1.1. Hypothèses de cette validation

On se place sur une ligne de courant, et l'écoulement est laminaire (figure XI).

La variation du niveau dans le bassin de retenue (dans le Couesnon) est lente, le fonctionnement est quasi statique.



L'altitude de la surface de l'eau, dans le bassin de retenue, varie  $y_1$  = 6,5 m à  $y_2$  = 4 m (IGN69)\* pour un coefficient de marée de 95. À la surface, dans le bassin de retenue, la vitesse de l'eau est quasi nulle et la pression sur l'eau est la pression atmosphérique.

Le fond du radier\* est à  $y_{radier} = 2 \text{ m (IGN69)}^*$ .

Au point *D* (au niveau de l'ouverture sousverse), la pression sur l'eau est la pression atmosphérique. La vitesse de l'eau est à déterminer.

Pour  $y_1 = 6.5$  m (IGN69)\*, on a  $y_D = 2.15$  m (IGN69)\*. Pour  $y_2 = 4$  m (IGN69)\*, on a  $y_D = 2.236$  m (IGN69)\*.

Le barrage est constitué de 8 vannes de largeur unitaire de L = 9 m.

On rappelle l'équation de Bernoulli,  $\frac{{V_i}^2}{2} + \frac{P_i}{\rho} + g \cdot y_i = \text{constante}$  applicable le long une ligne de courant avec :

 $V_i$ : la vitesse de l'écoulement du fluide au point i de la ligne de courant ;

 $P_i$ : la pression sur le fluide au point i de la ligne de courant ;

y<sub>i</sub>: l'altitude du point i de la ligne de courant ;

 $\rho$ : la masse volumique du fluide ( $\rho$  = 10<sup>3</sup> kg·m<sup>3</sup>);

g: l'accélération de pesanteur (g = 9,81 m·s<sup>-2</sup>).

La hauteur sousverse est définie par  $h = y_D - y_{radier}$  soit la différence d'altitude entre le point D et le haut du radier.

## Question n°8.

Écrire l'équation de Bernoulli, pour le point situé à la surface du bassin de retenue, à une altitude  $y_i$ .

Écrire l'équation de Bernoulli pour le point situé en D à une altitude  $y_D$ .

# Question n°9.

Les points étant sur une même ligne de courant, déduire la relation littérale liant la vitesse d'écoulement de l'eau au point  $D(V_D)$ , à l'altitude d'un point  $i(y_i)$ , de la surface de l'eau dans le bassin de retenue et à celle du point  $D(y_D)$ .

Effectuer l'application numérique pour  $y_1$  et  $y_2$ .

# • Question n°10.

Déterminer, littéralement, la relation liant le débit  $Q_v$  d'une vanne, à la section S de passage sousverse de l'eau et à la vitesse de l'eau au point  $D: V_D$ .

Déterminer, littéralement, la relation liant le débit  $Q_v$  aux altitudes  $y_i$  et  $y_D$ , pour une vanne.

#### Question n°11.

Déterminer, littéralement, la relation liant la section *S* à la hauteur sousverse *h*.

Déterminer, littéralement, le débit  $Q_v$  en fonction de g,  $y_i$ ,  $y_D$ ,  $y_{radier}$  et L.

Déterminer, numériquement, le débit pour  $y_1$  et  $y_2$ .

En déduire le débit total de chasse pour  $y_1$  et  $y_2$ .

#### Question n°12.

Est-il nécessaire de faire varier la hauteur sousverse dans cette phase ? Justifier en deux lignes maximum ?

Pour quelle valeur de  $y_i$  le débit de chasse est-il nul ?

# • Question n°13.

Quel débit supplémentaire a-t-on négligé pour l'ensemble des calculs précédents ? Son influence est-elle favorable ou défavorable au respect de la contrainte du cahier des charges  $Q = 100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ?

# 4. Vérification de la fonction : commander la position de la vanne

L'objectif est de valider le choix du vérin en étudiant la course nécessaire au bon fonctionnement.

Les grandeurs et schémas sont disponibles sur l'annexe 3.

L'altitude  $y_C$  (IGN 69)\* du point C, suivant les phases, est de :

- 10,86 m (IGN 69)\* en fonctionnement sousverse;
- 9,66 m (IGN 69)\* en fonctionnement vanne fermée ;
- 5,72 m (IGN 69)\* en fonctionnement surverse ;
- 2 m (IGN 69)\* en fonctionnement vanne ouverte.

L'altitude du radier\* est de 2 m (IGN 69)\* sur la partie en amont du Couesnon.

On utilisera l'hypothèse d'une étude plane, on s'appuiera sur la figure XIX de l'annexe 3.

## • Question n°14.

Construire un graphe de liaisons, associé au schéma de la figure XIX de l'annexe 3. Un soin particulier sera apporté à la définition des liaisons.

## Question n°15.

Déterminer l'altitude  $y_C$  (IGN 69)\* en fonction de  $\psi c$ ,  $\beta$ ,  $R_1$ ,  $y_0$ . En déduire la relation  $\beta = f(y_0)$ .

# • Question n°16.

Déterminer, graphiquement sur la figure du document réponse 3, les positions du point *C* correspondant aux altitudes 10,86 m (IGN69)\*, 9,66 m (IGN69)\*, 5,7 m (IGN69)\*.

## Question n°17.

Déterminer, graphiquement sur la figure du document réponse 3, l'angle  $\beta$  correspondant aux altitudes 10,86 m (IGN69)\*, 9,66 m (IGN69)\*, 5,7 m (IGN69)\*.

#### Question n°18.

Déterminer, graphiquement sur la figure du document réponse 3, les positions du point *B* correspondant aux altitudes 10,86 m (IGN69)\*, 9,66 m (IGN69)\*, 5,7 m (IGN69)\*.

#### Question n°19.

Pour les quatre valeurs d'altitude proposées, déterminer graphiquement, la valeur de  $\lambda$ .

#### Question n°20.

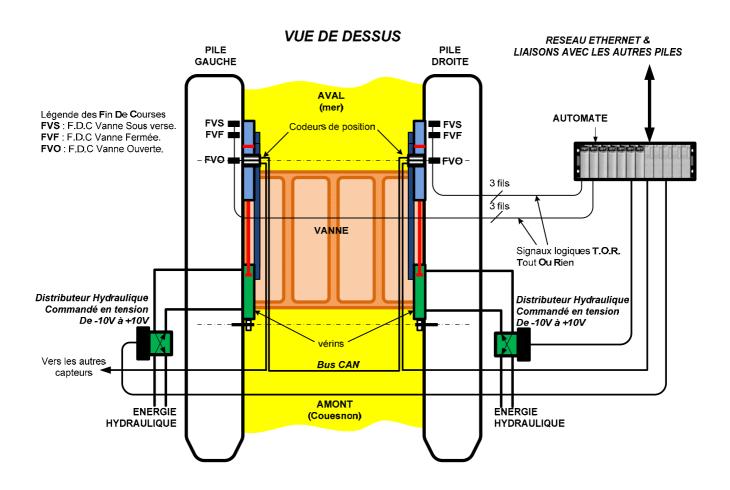
Les valeurs des contraintes associées (course du vérin) au cahier des charges fonctionnel, sont-elles respectées ?

# 5. Vérification de la fonction : capter la position absolue

Chaque vanne utilise deux capteurs de position absolue (gauche et droite). 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.

L'objectif de cette partie est de vérifier la précision angulaire des codeurs et de valider la communication entre les codeurs et l'automate.

# Schéma simplifié d'automatisme d'une vanne



# 5.1. Étude d'un des deux capteurs de position

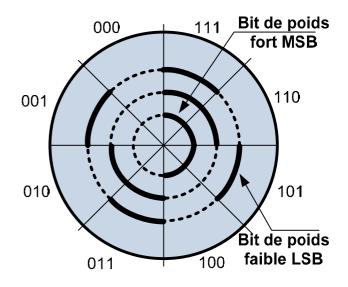
La référence des capteurs de position utilisés est MXK5-C2B1B-1216-B15V-0CC (voir document technique DT1). Il utilise un bus CAN pour dialoguer avec l'automate (voir les documents techniques DT2 : bus CAN et DT3 : protocole CANopen).

# Principe de fonctionnement d'un codeur de position absolue

Le capteur de position est solidaire de l'axe de rotation de la vanne, c'est un <u>codeur de</u> <u>position absolue</u> binaire. Un disque optique lié mécaniquement à l'arbre qui l'entraîne, comporte une succession de parties opaques et transparentes.

La position angulaire de l'axe peut être déterminée avec une précision maximale de 16 bits (65536 points par tour) grâce au disque codé suivant le type de capteur.

Le disque interne du codeur absolu binaire comporte *n* pistes. Pour chaque position angulaire de l'axe, le disque fournit un code binaire sur n bits. L'exemple d'un codeur 3 pistes codées en binaire est présenté ci-contre :



#### Question n°21.

Déterminer la valeur maximale, notée  $N_{max}$  (en décimal), en sortie du codeur de position.

## • Question n°22.

Calculer le nombre de pas  $N_{1DEG}$  pour 1° d'angle (garder seulement la partie entière du résultat).

# • Question n°23.

Pour la position  $-90^{\circ}$  la valeur fournie par le capteur est égale à 0 et l'incrémentation du codeur se fait dans le sens trigonométrique :  $Angle_{mesuré} = 90^{\circ} + position$ . Compléter le tableau sur le document réponse 3.

#### Question n°24.

L'adresse affectée au codeur de gauche est 33 (valeur décimale), l'adresse de celui de droite est 22 (valeur décimale) et la vitesse de transmission est réglée à 125 kbits·s<sup>-1</sup>. Donner la position exacte des potentiomètres pour chaque codeur en traçant des flèches de couleur verte sur le document réponse 4.

#### Question n°25.

Pour les deux codeurs de la question précédente, donner les valeurs hexadécimales des adresses (*ADD\_COD\_DROITE<sub>H</sub>* et *ADD\_COD\_GAUCHE<sub>H</sub>*), les valeurs binaires sur 7 bits (*ADD\_COD\_DROITE<sub>B</sub>* et *ADD\_COD\_GAUCHE<sub>B</sub>*) et les valeurs binaires des *COD-ID\_DROITE<sub>B</sub>* et *COD-ID\_GAUCHE<sub>B</sub>* sur 11 bits (répondre sur le document réponse 4).

Compléter le chronogramme correspondant au champ d'arbitrage sur le document réponse 5 pour ces deux codeurs. Lequel des deux est le plus prioritaire pour accéder au bus CAN ? (Justifier la réponse en trois lignes au maximum).

# • Question n°26.

La transmission de la position des capteurs s'effectue suite à une demande de l'automate. Sur le document réponse 5 la trame émise par le capteur pour une position quelconque vous est donnée. Étant donné que la trame contient un grand nombre de bits, elle a été décomposée en plusieurs lignes :

- Ligne 1 : SOF, Champ d'arbitrage et champ de commande ;
- Ligne 2 : 4 octets de donnée ;
- Ligne 3 : 4 octets de donnée ;
- Ligne 4 : CRC, ACK, champ de fin de trame et espace inter trame.

Donner les valeurs binaire et hexadécimale du champ d'arbitrage (écrire ces valeurs sur le document réponse 5 : ligne 1). Puis en déduire l'adresse en décimale du codeur, justifier la méthode pour trouver cette valeur (5 lignes maximum).

## Question n°27.

Donner les valeurs binaire et hexadécimale du *DLC*, écrire ces valeurs sur le document réponse 5 : ligne 1.

## Question n°28.

Sur le document réponse 5, repérer sur la trame les bits de stuffing (ligne 2 et ligne 3) et colorier les avec un crayon de couleur verte (remarque : afin de faciliter le repérage le premier bit de stuffing est déjà marqué bit 22 de la ligne 2).

Ensuite décoder les valeurs binaire, puis hexadécimale des huit valeurs transmises. Écrire les valeurs sur le document réponse 5 : ligne 2 et 3.

## Question n°29.

À partir des valeurs trouvées précédemment, donner la signification de ces huit valeurs (protocole CANopen). Donner la valeur hexadécimale et décimale de la position transmise *POS* par le codeur.

# • Question n°30.

À partir de la valeur de la position POS trouvée à la question 29, calculer l'angle  $\beta$  (en degré) et donner la position correspondante de la vanne.

## Question n°31.

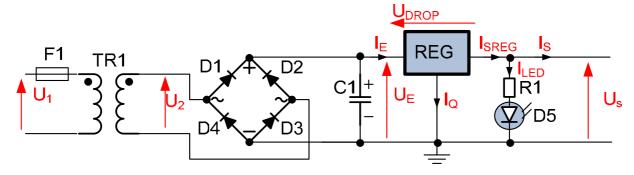
Calculer le temps nécessaire  $T_{TRAME\ CAN}$  pour transmettre une position du codeur.

## Question n°32.

La résolution angulaire est égale à  $R_{ANG} = \frac{1}{N_{1DEG}}$ , calculer sa valeur numérique. La précision du capteur est-elle en adéquation avec le cahier des charges ? (Justifier en quelques lignes)

# 5.2. Étude de l'alimentation des capteurs de position

L'alimentation ci-dessous fournit l'énergie électrique nécessaire pour huit des seize codeurs de position IDEACOD (voir documentation technique DT1).



On se propose de vérifier que l'alimentation permet bien de fournir l'énergie nécessaire aux huit codeurs et valider le choix des composants utilisés.

## Données:

- U₁ tension secteur 230 V efficace de fréquence 50 Hz;
- U<sub>S</sub> tension de sortie continue égale à 24 V;
- m rapport de transformation de TR1 est égal à 0,104;
- La tension de seuil des diodes D1, D2, D3, et D4 est égale à V<sub>DR</sub> = 1,1 V ;
- Les paramètres caractéristiques de la LED D5 sont : V<sub>F</sub> = 1,6 V et I<sub>F</sub> = 20 mA ;
- Les paramètres caractéristiques du régulateur REG sont :
  - U<sub>S</sub>= 24 V,
  - $I_{SREG} = I_E + I_Q = I_E \operatorname{car} I_Q \approx 0,$
  - $U_{DROP}$  minimum = 3 V, RTH<sub>J-A</sub> = 65 °C/W et  $TJ_{max}$  = 125 °C;
- Liste de valeurs normalisées pour le condensateur C1;
  - Capacité: 1000 μF, 2200 μF, 3300 μF, 4700 μF (tolérance 10 %),
  - Tension de service : 16 V, 25 V, 40 V et 63 V ;
- Liste de valeurs normalisées de résistance, série *E12* :
  - 1 1,2 1,5 1,8 2,2 2,7 3,3 3,9 4,7 5,6 6,8 8,2 (tolérance 5 %).

# Question n°33.

Calculer l'intensité du courant  $I_S$  nécessaire pour alimenter les huit codeurs de position IDEACOD.

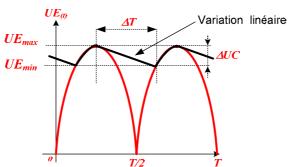
#### Question n°34.

Donner le rôle de la diode *D5* et calculer la valeur de la résistance *R1*.

# • Question n°35.

Le transformateur est considéré comme parfait, calculer la tension efficace  $U_{2ff}$  (arrondir à l'entier supérieur).

La tension aux bornes du condensateur C1 varie entre les valeurs  $U_{Emin}$  et  $U_{Emax}$ , voir la courbe ci-dessous.



# Question n°36.

Donner l'expression littérale de  $U_{Emin}$  en fonction de  $U_{DROP}$  et  $U_S$ , calculer cette valeur.

# Question n°37.

Donner l'expression littérale de  $U_{Emax}$  en fonction de la valeur maximale de  $U_{2max}$  et de la tension de seuil des diodes (D1 à D4)  $V_{DR}$ . Calculer cette valeur.

#### Question n°38.

Calculer la valeur de la capacité du condensateur C1 ( $\Delta T = 40$  % de T et l'intensité dans le condensateur C1 égale à  $ISREG_{max}$ ). Choisir le condensateur C1 (capacité normalisée et tension de service). Justifier votre choix en cinq lignes au maximum.

#### Question n°39.

La capacité du condensateur C1 est égale à 2200  $\mu$ F avec un  $\Delta T$  identique à la question précédente, calculer la nouvelle valeur moyenne de  $U_E$ :  $U_{Emoy} = U_{Emax} - (\Delta UC / 2)$ . Calculer la puissance dissipée par le régulateur  $P_{D/S}$ , prendre pour la tension  $U_E$  sa valeur moyenne  $U_{Emoy}$ .

## Question n°40.

Calculer la température de jonction  $T_{JREG}$ . Utiliser la formule ci-dessous.

 $T_{JREG} = P_{DIS} \cdot (RTH_{J-A}) + T_A$  avec  $T_A$  température ambiante égale à 30°C.

Un dissipateur est-il nécessaire ? Justifier votre réponse en trois lignes au maximum.

## • Question n°41.

Cette structure permet-elle d'alimenter convenablement les huit codeurs ?

## 6. Vérification de la fonction : commander la vitesse de la vanne

L'objectif de cette partie est de vérifier le débit nécessaire à l'alimentation du vérin pour satisfaire les conditions de vitesse de fermeture de la vanne (cela inclut le fonctionnement en sousverse).

Les grandeurs et schémas sont disponibles sur l'annexe 3.

Cette vérification sera effectuée en trois temps :

- dans un premier temps, par une étude permettant de déterminer les relations générales caractérisant à ce mouvement ;
- dans un deuxième temps, par une validation de ces relations obtenues pour une position donnée ;
- et enfin par le calcul du débit nécessaire pour respecter le cahier des charges fonctionnel.

On utilisera l'hypothèse d'une étude plane, on s'appuiera sur la figure XIX de l'annexe 3.

# Question n°42.

Pour chaque liaison, déterminer, littéralement, le torseur cinématique. Un soin particulier sera apporté au formalisme utilisé.

# Question n°43.

Déterminer, littéralement, les vitesses suivantes  $\overline{V}$  (B,3/0), et  $\overline{V}$  (B,2/3).

# • Question n°44.

Déduire, littéralement, de la question précédente V (B,2/0), en fonction des grandeurs scalaires  $\lambda$ ,  $\dot{\lambda}$ ,  $\dot{\theta}$  et de vecteurs unitaires.

## Question n°45.

Déterminer, littéralement,  $\overrightarrow{V}$   $\overrightarrow{(B,1/0)}$  en fonction de a, b,  $\dot{\beta}$ , et de vecteurs unitaires. Déterminer, littéralement,  $\overrightarrow{V}$   $\overrightarrow{(C,1/0)}$  en fonction de  $\dot{\beta}$ ,  $R_1$ ,  $\psi_C$  et de vecteurs unitaires.

# Question n°46.

Montrer que V(B, 2/0) = V(B, 1/0).

En déduire deux relations scalaires en projetant dans la base  $(\vec{X}_0, \vec{y}_0, \vec{Z}_0)$ .

## Question n°47.

Déterminer, littéralement, une fonction  $\dot{\lambda} = k(\beta, \dot{\beta})$ .

# Question n°48.

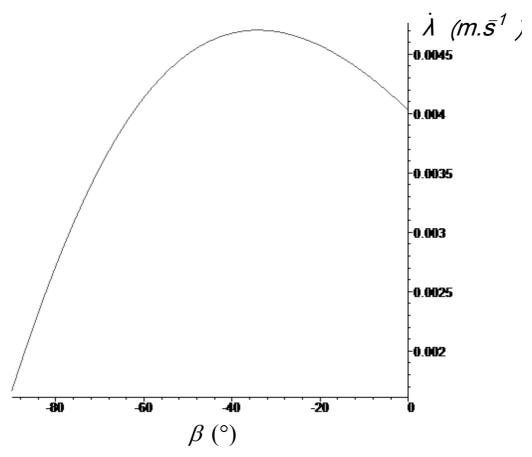
Déterminer, numériquement,  $\dot{\beta}$  pour  $||\vec{V}(C,1/0)|| = 1,628 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . On considère  $\dot{\beta}$  comme constant pour cette phase de fonctionnement.

## Question n°49.

Calculer (numériquement), les trois valeurs de  $\dot{\lambda}$ , pour les différentes positions de  $\beta$  = -10°, -20°, -90°.

## Question n°50.

On propose la courbe  $\dot{\lambda} = f(\beta)$ , avec  $\dot{\beta}$  constant. Donner la valeur de  $\dot{\lambda}$  correspondant au débit maximum.



# Question n°51.

Nous nous plaçons dans la position particulière  $\beta$  = -90°, avec un mouvement de 1 par rapport à 0 dans le sens trigonométrique tel que  $\|\overrightarrow{V}(C,1/O)\|$  = 1,628·10<sup>-2</sup> m·s<sup>-1</sup>.

Déterminer, sur la figure fournie document réponse 6,  $||\overrightarrow{V}(B,2/3)||$ .

Les traits de construction devront apparaître, le résultat devra être mis en évidence. Vérifier cette valeur avec celle obtenue sur la courbe précédente.

# Question n°52.

Calculer, numériquement le débit d'huile nécessaire, pour les positions de  $\beta$  = -10°, -20°, -90°. Calculer, numériquement, en utilisant la courbe, le débit maximal.

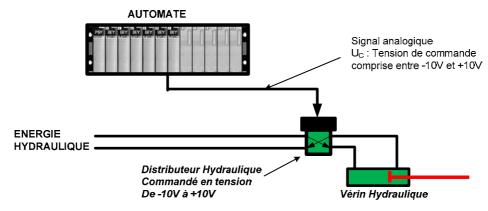
#### Question n°53.

Ce débit est il constant ? En déduire le type de commande nécessaire. Vérifier que ce débit correspond au cahier des charges.

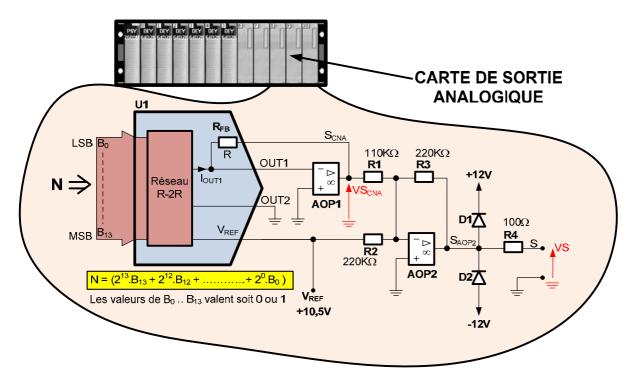
# 7. Vérification de la fonction : convertir les ordres N / A

L'objectif de cette partie est de valider le choix de la carte numérique analogique de l'automate et, de vérifier qu'elle est bien à même de générer la tension de commande du distributeur hydraulique.

# Schéma simplifié de la commande d'un vérin.



# Schéma électronique de la sortie de l'automate.



Les amplificateurs opérationnels sont considérés comme parfaits ( $Z_E = \infty$ ,  $A_0 = \infty$  et  $\varepsilon = 0$ ).

Le convertisseur numérique analogique 14 bits utilise un réseau R/2R pour convertir un nombre N en une grandeur analogique, la formule de  $I_{OUT1}$  vous est donnée ci-dessous.

$$I_{OUT1} = \frac{V_{REF} \cdot N}{R \cdot 2^n}$$
 avec  $n =$  nombre de bits du convertisseur.

# • Question n°54.

Exprimer  $VS_{CNA}$  en fonction  $I_{OUT1}$  et  $R_{FB}$  et montrer que  $VS_{CNA} = -\frac{V_{REF} \cdot N}{2^n}$ .

## Question n°55.

L'intensité du courant  $I_{R4}$  est nulle ( $V_S = VS_{AOP2}$ ), exprimer  $V_S$  en fonction de  $V_{REF}$ ,  $VS_{CNA}$  et  $V_S$  en fonction de  $V_{REF}$  et N.

# Question n°56.

 $V_{REF}$  = 10,5 V, calculer les valeurs  $V_{Smin}$  pour  $N = N_{min}$ ,  $V_{Smax}$  pour  $N = N_{max}$  et  $V_{S}$  pour  $N = 2^{n} / 2$ . Tracer la courbe  $V_{S} = f(N)$ .

## Question n°57.

Donner le rôle des deux diodes D1 et D2 ainsi que le rôle de la résistance R4.

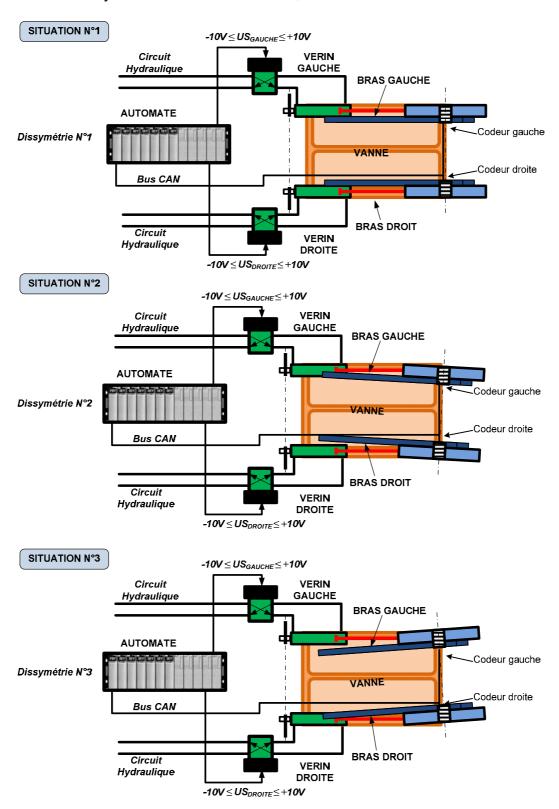
## Question n°58.

Calculer le quantum q du convertisseur  $q = \frac{2 \cdot V_{REF}}{2^n - 1}$ . Cette valeur est-elle en adéquation avec les caractéristiques de la carte de l'automate (justifiez en 5 lignes au maximum votre réponse).

La précision du convertisseur est-elle en adéquation avec les contraintes du système ?

# 8. Vérification de la fonction : asservir la position

L'objectif de cette partie est d'étudier la compensation des dissymétries entre les bras droit et gauche afin d'éviter une déformation trop importante de l'axe mécanique de la vanne. Trois situations de dissymétries vont être étudiées, la vanne est considérée à l'arrêt.

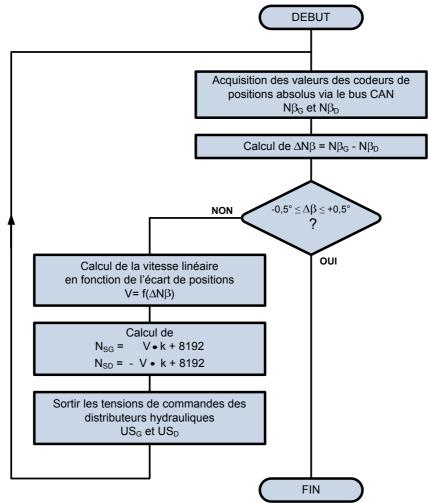


## Question n°59.

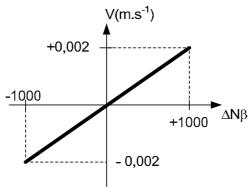
Pour les trois situations, les positions angulaires des bras sont connues et données dans le tableau du document réponse 7. Calculer les valeurs N,  $\Delta\beta$  et  $\Delta N\beta$  des codeurs absolus gauche et droite pour les 3 situations (répondre sur le document réponse 7).

**Remarque**: Ne pas oublier que la valeur N = 0 est obtenue pour la position  $\beta = -90^{\circ}$  et la valeur de N augmente dans le sens trigonométrique.

L'algorithme de commande ci-dessous est implanté dans l'automate pour compenser les dissymétries.



La courbe  $V = f(\Delta N\beta)$  vous est donnée ci-dessous.



## Question n°60.

À partir de la courbe  $V = f(\Delta N\beta)$  en déduire la relation mathématique entre V et  $\Delta N\beta$ . Calculer les valeurs de  $V_{S/T2}$  et  $V_{S/T3}$  pour les situations 2 et 3, répondre sur le document réponse 7. **Remarque**: Arrondir les résultats des calculs de  $V_{S/T2}$  et  $V_{S/T3}$  à quatre chiffres après la virgule.

#### Question n°61.

Sachant que  $k = 1,1\cdot10^6$ , déterminer les valeurs de  $NSG_{SIT2}$  et  $NSD_{SIT3}$  et  $NSD_{SIT3}$  des convertisseurs numériques analogiques pour les deux situations (répondre sur le document réponse 7).

#### Question n°62.

Calculer les valeurs des tensions des sorties analogiques de l'automate de  $USG_{SIT2}$  et  $USD_{SIT2}$ ,  $USG_{SIT3}$  et  $USD_{SIT3}$  (répondre sur le document réponse 7).

On rappelle que 
$$US_{(V)} = 10.5 \cdot \left( \frac{2 \cdot N}{16384} - 1 \right)$$
.

## Question n°63.

L'algorithme de commande permet-il de corriger les dissymétries entre les vérins ? Expliquer comment l'algorithme de commande permet de réduire l'écart entre les deux bras.

# 9. Vérification de la fonction : dimensionner le vérin hydraulique

L'objectif de cette partie est de valider la section du vérin. Les grandeurs et schémas sont disponibles sur l'annexe 3.

#### Question n°64.

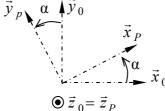
Parmi les hypothèses citées dans de l'annexe 3, laquelle (lesquelles) permet (tent) de conclure à la possibilité d'une étude plane, et suivant quel plan.

 $\vec{y}_p$   $R_1$   $\vec{x}_0$   $\vec{y}_p$   $\vec{x}_0$   $\vec{y}_p$   $\vec{x}_0$ 

Nous adoptons une étude plane avec le schéma proposé figure XIX de l'annexe 3.

La figure XII ci-contre présente, dans le plan  $(O, \vec{X}_0, \vec{y}_0)$ , la forme de la « surface » sur laquelle agit l'eau.

Action de l'eau sur la vanne (1).



L'action mécanique élémentaire de l'eau sur la vanne (1) est définie par :

$$\int_{-\infty}^{\alpha} \vec{x}_0 \quad d\vec{F}(eau \to 1) = -p\vec{x}_p ds \text{ en } P$$

Avec:

- P est défini par  $\overrightarrow{OP} = R_1 \vec{x}_p$  avec  $(\vec{x}_0, \vec{X}_p) = \alpha$  et  $\alpha \in [\alpha_1^{\circ}, \alpha_2^{\circ}]$ ;
- p est la pression de l'eau ;
- ds est la surface élémentaire avec  $ds = L \cdot R_1 \cdot d\alpha$ ;
- L est la largeur de la vanne (suivant  $\vec{z}_0$ ).

L'étude est effectuée dans le cas le plus défavorable, c'est-à-dire en fin de phase 4 (pleine mer + 6 h).

# Question n°65.

Déterminer, littéralement, l'action mécanique  $\vec{F}(eau \rightarrow 1)$  de l'eau sur la vanne (1).

## Question n°66.

En déduire  $\|\vec{F}(eau \rightarrow 1)\|$  en fonction de L,  $R_1$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  et p.

## Question n°67.

Faire l'application numérique avec p = 269775 Pa et  $\alpha \in [-54^{\circ}, -2, 1^{\circ}]$ .

On définit le centre de poussée (ou l'axe de poussée) par le(s) point(s) particulier(s) Q pour le(s)quel(s) le moment associé à l'action mécanique de l'eau sur la vanne est nul :  $\overline{M_Q}(eau \rightarrow 1) = 0$ .

## • Question n°68.

Déterminer, littéralement, les coordonnées  $X_Q$  et  $Y_Q$  du centre de poussée dans la base  $(\vec{X}_0, \vec{y}_0, \vec{Z}_0)$ .

#### Question 69.

Conclure sur l'intérêt de ce type de forme pour la construction de la vanne et sur l'emplacement des deux bras.

Pour la suite du problème, nous prendrons une force  $\vec{F}(eau \to 1) = F_{e \to 1} \vec{X}_Q$  appliquée au point Q avec  $(\vec{X}_0, \vec{X}_Q) = \alpha_Q$  et  $\overrightarrow{OQ} = R_1 \vec{X}_Q$ .

Détermination de l'action mécanique d'une tige de vérin (2) sur la vanne (1).

## • Question n°70.

Effectuer l'inventaire des actions mécaniques extérieures agissant sur la vanne (1).

#### Question n°71.

Effectuer l'inventaire des actions mécaniques extérieures agissant sur l'ensemble (tige(2) + corps (3)).

# Question n°72.

En isolant successivement, l'ensemble (tige(2) + corps(3)) puis la vanne 1, déterminer, littéralement, l'action mécanique d'une tige du vérin (2) sur la vanne (1).

# Question n°73.

Calculer, numériquement, la norme de l'action mécanique d'une tige de vérin (2) sur la vanne (1) en position « vanne fermée ».

Vérification du dimensionnement d'un vérin (chaque vanne est maintenue par deux vérins).

## Question n°74.

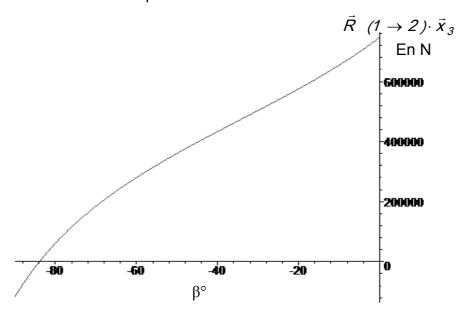
En isolant tout ou partie d'un vérin, déterminer la pression d'huile  $P_h$  nécessaire pour maintenir la vanne en position fermée.

## Question n°75.

Les vérins sont-ils dimensionnés correctement?

Vérification de la validité du choix dans les différentes configurations possibles.

Une étude globale nous permet d'obtenir la norme de l'action mécanique de la tige d'**UN** vérin sur la vanne en fonction de la position de celle-ci.



# • Question n°76.

Dans la configuration la plus défavorable, le vérin répond-t-il toujours au cahier des charges ?

# Lexique

# Quelques définitions :

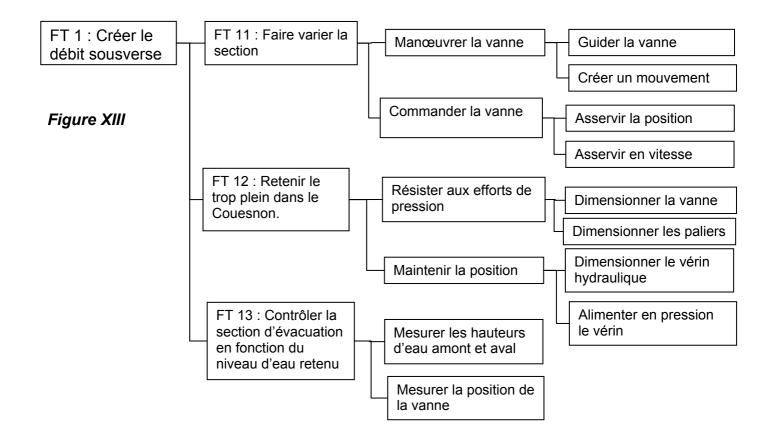
- le flot est la marée montante ;
- le jusant est la marée descendante ;
- la poldérisation est la transformation d'une région en polder ;
- un polder est une terre gagnée sur la mer par drainage et endiguement ;
- un schorre est la partie haute des vasières littorales, souvent recouverte de prairies (prés salés ou herbus) ;
- IGN 69 est l'altitude 0 de référence des cartes marines ;
- un radier est une dalle épaisse en béton qui constitue la fondation d'un ouvrage ou d'un canal.

# Annexe 1 : analyse fonctionnelle de la vanne

# Éléments du cahier des charges simplifiés

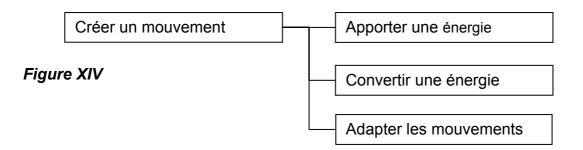
Une analyse fonctionnelle FAST de la vanne est proposée. La fonction FT1 « Créer un débit sousverse » est partiellement étudiée.

La fonction : FT 1 « Créer un débit sousverse ». (Figure XIII)



Fonction	Critères d'appréciation				
Créer un débit sousverse	Débit de 100 m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> le plus constant possible				
Dimensionner la vanne	Vanne fermée : point le plus haut, 9,66 m (IGN69)*				
	Hauteur du radier* 2 m (IGN 69)*;				
	Largeur de la vanne : 9 m				
Dimensionner le vérin	Vérin hydraulique :				
hydraulique	Diamètre piston 0,25 m				
	Diamètre tige 0,2 m				
	Course totale 2,5 m				
Asservir position	L'altitude du secteur angulaire haut :				
	10,86 m (IGN 69)* en fonctionnement sousverse				
	9,66 m (IGN 69)* en fonctionnement vanne fermée				
	5,7 m (IGN 69)* en fonctionnement surverse				
	2 m (IGN 69)* en fonctionnement vanne ouverte				
Asservir en vitesse	8°/ min (2,327·10 <sup>-3</sup> rad·s <sup>-1</sup> ) en fonctionnement séquencé				
	2°/min (5,817·10 <sup>-5</sup> rad·s <sup>-1</sup> ) en fonctionnement simultané				
Alimenter en pression le vérin	Énergie hydraulique :				
	Débit 12 L/min soit 2×10 <sup>-4</sup> m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup>				
	Pression 315×10 <sup>5</sup> Pa maxi (nominale 250×10 <sup>5</sup> Pa)				

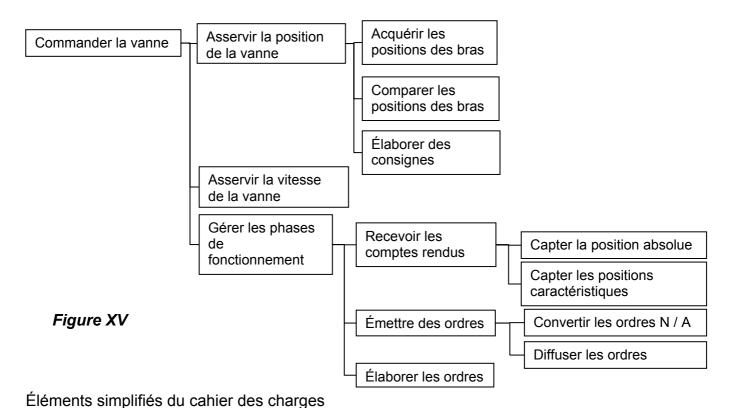
La fonction technique : « Créer un mouvement » peut à son tour être déclinée de la manière suivante : (figure XIV)



Éléments simplifiés du cahier des charges.

Fonction	Critères d'appréciation
Apporter une énergie	Énergie hydraulique :
	Débit 12 L/min soit 210 <sup>-4</sup> m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup>
	Pression 315×10 <sup>5</sup> Pa maxi (nominale 250×10 <sup>5</sup> Pa)
Convertir une énergie	Vérin hydraulique :
	Diamètre piston 0,25 m
	Diamètre tige 0,2 m
	Course totale 2,5 m

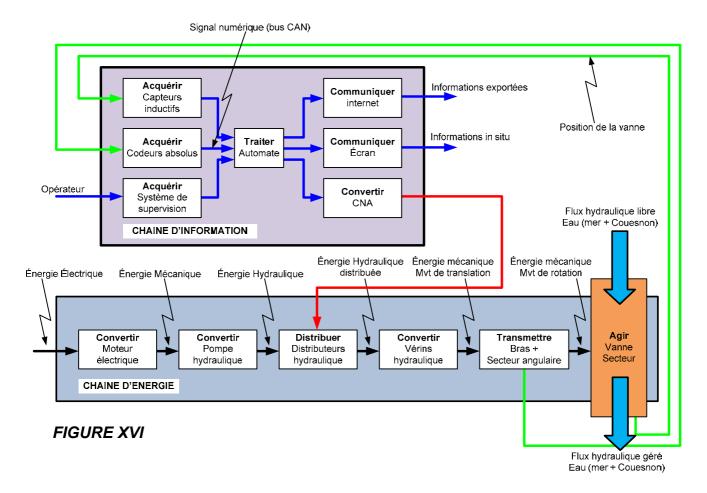
La fonction technique « Commander la vanne » peut être déclinée de la manière suivante (figure XV) :



Fonction	Critères d'appréciation					
Capter la position absolue	Précision angulaire : +/- 0,1°					
	Temps maximum pour transmettre la position de					
	16 codeurs : 20 ms.					
Capter les positions caractéristiques	Sans / Avec contact					
	Précision (distance à l'obstacle)					
	Amplitude de mesure					
Convertir les ordres N / A	Nombre de bits : 14					
	Résolution : 1,28 mV					
	Amplitude de commande : -10 V à +10 V.					
	Débit maxi du distributeur 22 L·min <sup>-1</sup>					
	Pression maxi 315 bar.					
Diffuser les ordres	Filaire					
Élaborer les ordres	Entrées / Sorties					

# Annexe 2 : analyse structurelle du système

Une étude structurelle nous permet de mettre en évidence la chaîne d'énergie et la chaîne d'information (partielles). Notre étude portera sur la validation de performances mises en évidence avec la méthode F.A.S.T. pour des éléments de structure appartenant aux deux chaînes. (Figure XVI)



# Annexe 3 : modélisation de la vanne

# Hypothèses

Les liaisons sont parfaites. L'eau est considérée comme un fluide parfait.

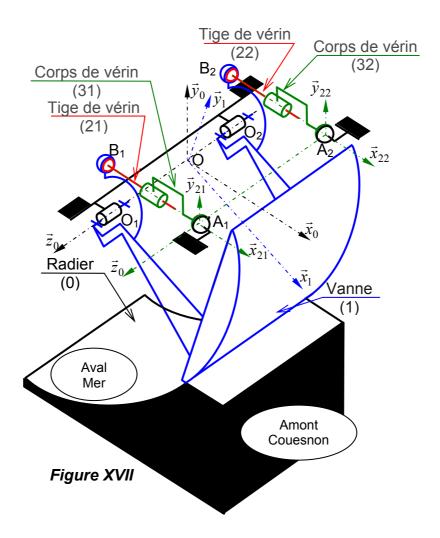
La géométrie des différents solides est parfaite.

La pression d'alimentation des deux vérins est strictement identique (figure XVII).

Le plan  $(O, \vec{X}_0, \vec{y}_0)$ : plan de symétrie du système.

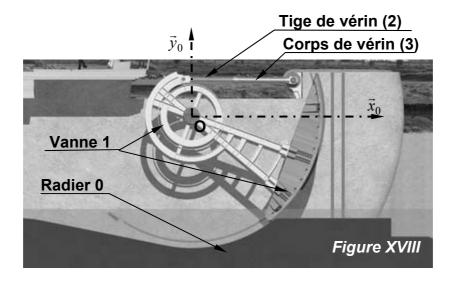
L'accélération de pesanteur g = 9,81 m⋅s<sup>-2</sup>.

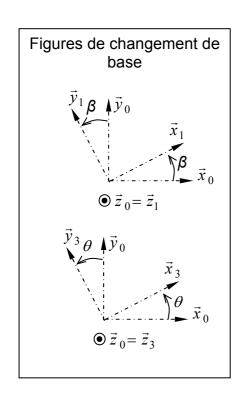
La pression hydrostatique de l'eau est constante.

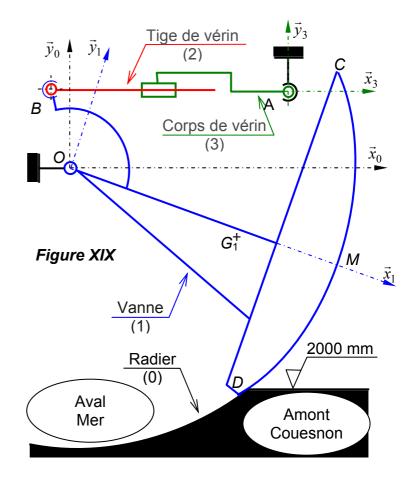


# Données et grandeurs utiles

Un modèle plan est proposé figures XVIII et XIX







Le repère  $R_0(O, \vec{X}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ , supposé galiléen, est lié au radier (0).

Le repère  $R_1(O, \vec{X}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0)$  est lié à la vanne (1).

Le repère  $R_2(B, \vec{X}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_0)$  est lié à la tige de vérin (2).

Le repère  $R_3(A, \vec{X}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_0)$  est lié au corps de vérin (3).

$$\overrightarrow{OZO_1} = L\overline{Z}_0 \qquad \overrightarrow{OB} = a\vec{x}_1 + b\vec{y}_1 \qquad \overrightarrow{OG_1} = c\vec{x}_1 + d\vec{y}_1$$

$$\overrightarrow{AB} = -\lambda \quad (t) \quad \vec{x}_3 \qquad \overrightarrow{OA} = e\vec{x}_0 + f\vec{y}_0 \qquad \overrightarrow{OM} = R_1\vec{x}_1$$

$$\beta = (\vec{x}_0, \vec{x}_1) = (\vec{y}_0, \vec{y}_1), \qquad \theta = (\vec{x}_0, \vec{x}_3) = (\vec{y}_0, \vec{y}_3), \qquad (\overrightarrow{OM}, \overrightarrow{OC}) = \psi_C$$

$$(\overrightarrow{OM}, \overrightarrow{OD}) = \psi_D,$$

 $G_1$  centre de masse de la vanne (1). La vanne (1) est de masse  $m_1$ .

Les masses des vérins sont négligées devant celles des vannes.

y<sub>0</sub> est l'altitude du point O (IGN 69).

La relation liant  $\beta$  et  $\theta$  est la suivante :  $\tan \theta = \frac{f - b \times \cos \beta - a \times \sin \beta}{e - a \times \cos \beta + b \times \sin \beta}$ .

 $P_h$  est la pression hydraulique dans le vérin.  $S_v$ . est la section du vérin.

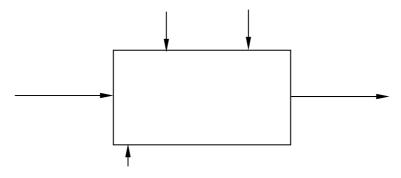
# Valeurs numériques :

Diamètre du piston du vérin (2) : 0,25 m. Diamètre de la tige du vérin (2) : 0,2 m.

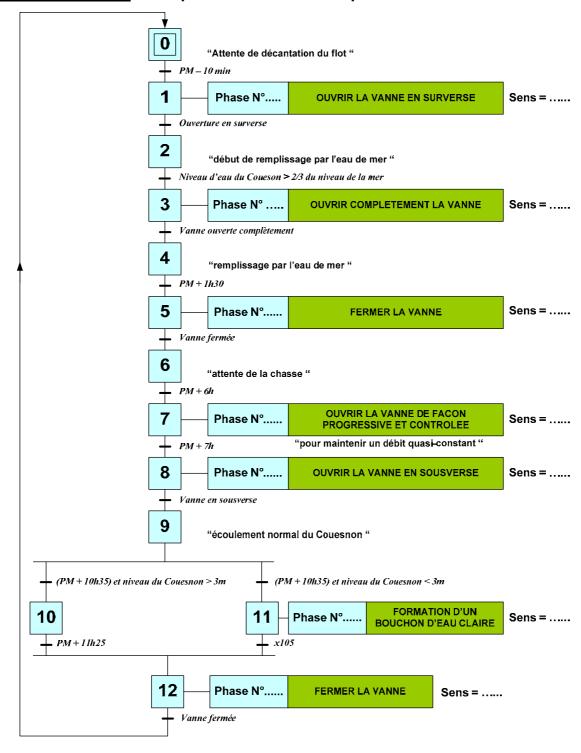
Course totale du vérin : 2,5 m.

$$\psi_{\text{C}}^{\circ} = 38,25^{\circ}$$
  $\psi_{\text{D}}^{\circ} = -34^{\circ}$   $R_{1} = 7 \text{ m}$   $y_{\text{O}} = 7,5 \text{ m}$   $a = -1,09 \text{ m}$   $b = 1,68 \text{ m}$   $e = 5,45 \text{ m}$   $f = 1,9 \text{ m}$   $c = 3,97 \text{ m}$   $d = -0,42 \text{ m}$   $m_{1} = 63700 \text{ kg}$ 

# **Question n°2:**

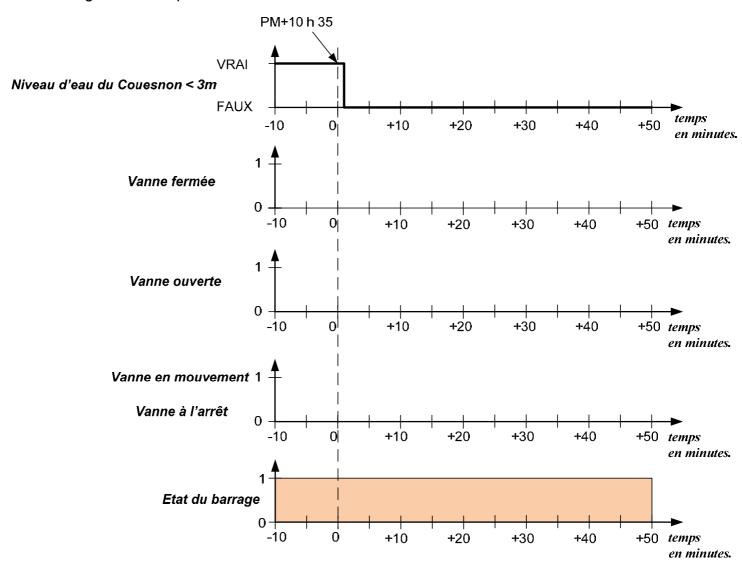


# Questions n°3 et n°4 : Compléter les numéros de phase et les sens de rotation.



# **Question n°6**:

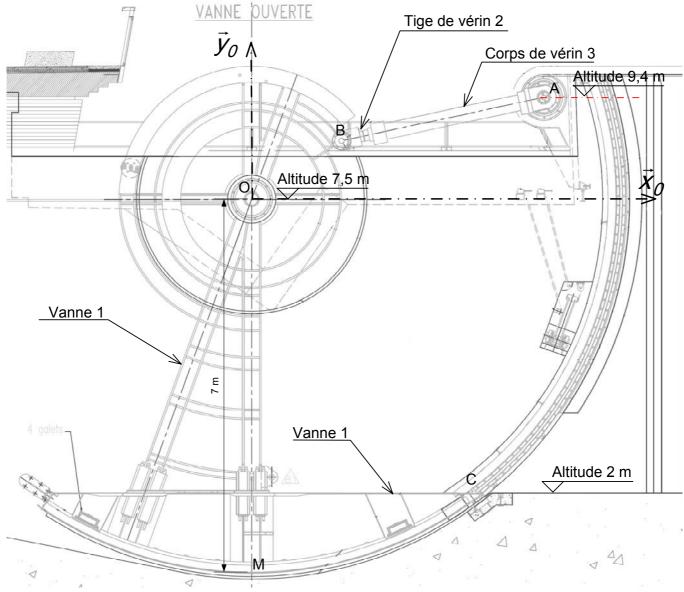
On fixe l'origine des temps à la date PM + 10 h 35.



NB: l'état du barrage correspond:

- à 1 pour « Stockage de l'eau » ;
- à 0 pour « Évacuation de l'eau stockée ».

Questions n°16, n°17 et n°18 : échelle 1,42 cm sur la figure pour 1 mètre.



# Question n°23:

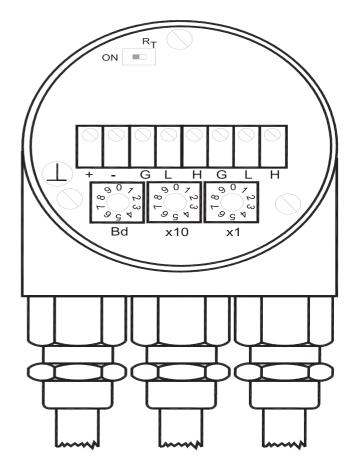
Position de la vanne	Position en degré	Angle <sub>mesuré</sub> (en °)	N : valeur issue du codeur
OUVERTE			
OUVERTE EN SUR-VERSE			
FERMÉE			
OUVERTE EN SOUS-VERSE			

**Remarque** : Arrondir le nombre *N* à l'entier inférieur.

# Questions n°24 et 25:

# **Codeur de GAUCHE**

# **Codeur de DROITE**



ADRESSE\_GAUCHED=

ADD\_COD\_GAUCHE<sub>H</sub>=

ADD\_COD\_GAUCHE<sub>B</sub>=

COD-ID\_GAUCHE<sub>B</sub>=

ADRESSE\_DROITED=

ADD\_COD\_DROITE<sub>H</sub>=

 $ADD\_COD\_DROITE_B=$ 

COD-ID\_DROITE<sub>B</sub>=

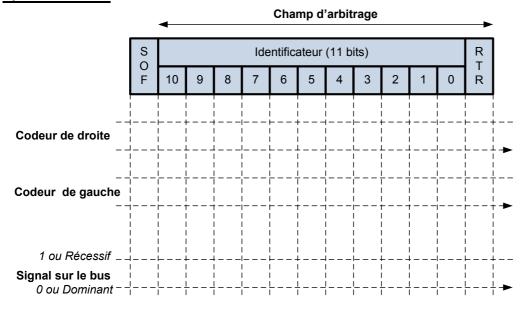
# Remarque:

H : correspond à une valeur hexadécimale.

 $\boldsymbol{\mathsf{D}}$  : correspond à une valeur  $\boldsymbol{\mathsf{décimale}}.$ 

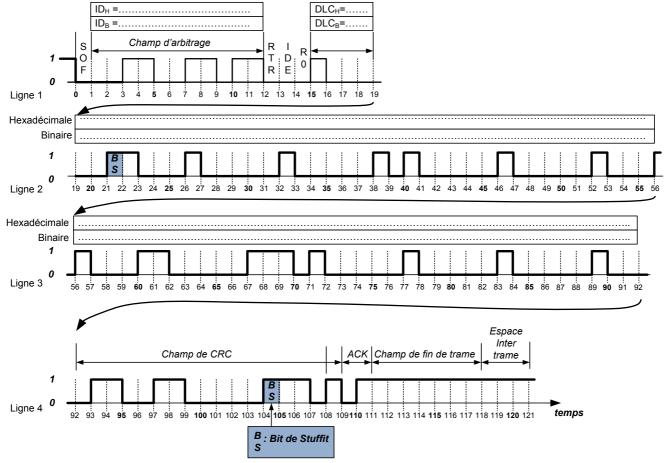
**B** : correspond à une valeur **binaire**.

# **Question n°25:**



Remarque: le bit RTR = 0

# Questions n°26, n°27 et n°28:

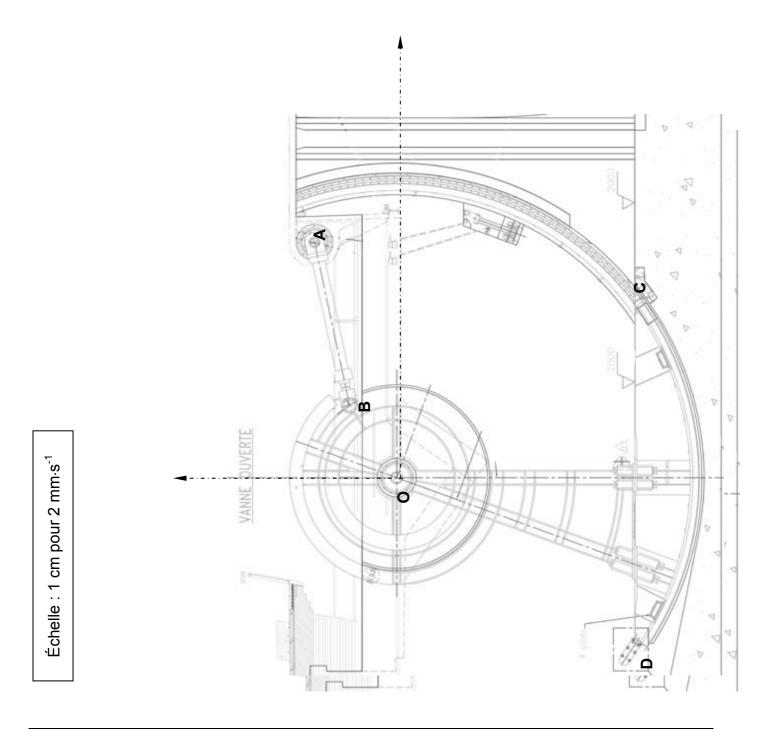


## Remarque:

H : correspond à une valeur hexadécimale.

B: correspond à une valeur binaire.

# **Question n°51**:



# **Question n°59:**

SIT	UATION	Position de	es codeurs	$\Delta \beta = \beta_{G} - \beta_{D}$ $\Delta N \beta = N \beta_{G} - N \beta_{D}$
			DROITE	$\Delta N \rho = N \rho_G - N \rho_D$
1	ß	-60	-60	
1	<b>N</b> $eta$ décimal			
2	β°	-38	-42	
	<b>N</b> $eta$ décimal			
3	β°	-53	-47	
	<b>N</b> $eta$ décimal			

**Remarque** : arrondir les valeurs de N à l'entier inférieur.

# **Questions 60, 61 et 62**:

SITUATION	V (m⋅s <sup>-1</sup> )	NSG	NSD	USG	USD
2					
3					

**Remarque** : Arrondir les résultats des calculs de  $V_{S/T2}$  et  $V_{S/T3}$  à quatre chiffres après la virgule.



# 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)

#### **CONFIGURATION**

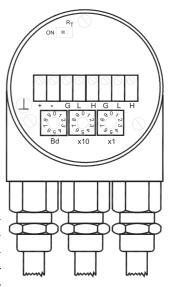
Le numéro de noeud se fait via 2 commutateurs rotatifs dans la boîte de raccordement. Les Adresses programmables vont de 0 à 89, sachant que chaque participant au bus ne peut posséder qu'une seule adresse. L'adresse définie dans le codeur est augmentée de 1. La boîte de raccordement à bornes se désolidarise 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 switches rotatifs de la boîte à bornes. Les vitesses de transmission suivantes peuvent être selectionnées:

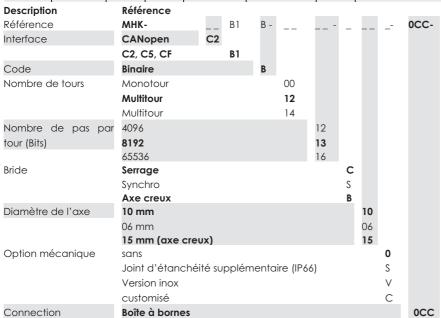
Baudrate kBit/s	Switches rotatifs codés BCD				
20	0				
50	1				
100	2				
125	3				
250	4				
500	5				
800	6				
1000	7				
réservé	89				



Swite	Switches rotatifs codés BCD					
	Adresse de l'appareil 089					
x1	Unité					
x10	Dizaine					
Bd	Configuration du Baud-rate					

#### **REFERENCE**

MHK5	C2	B1	В	12	13	В	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

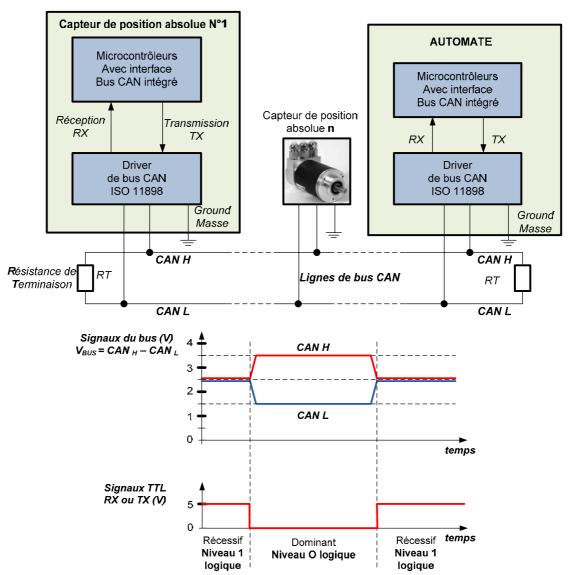


CODE DE COMMANDE : MHK515-CANO-001 = MHK5 - C2 B1 B - 12 13 - B 15 0 - 0CC

## **LE BUS « CAN »**

#### **Description:**

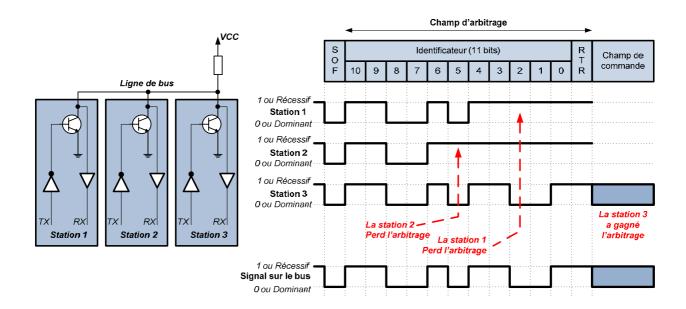
Le bus **C.A.N.** (Controller **A**rea **N**etwork) est né du besoin de trouver une solution de communication série dans les véhicules automobiles et pour les systèmes industriels. Auparavant, les organes de commandes des véhicules échangeaient les données par l'intermédiaire de lignes dédiées (non multiplexés). L'augmentation du nombre d'organes embarqués a contraint les équipementiers automobiles à développer une nouvelle architecture à base de bus. Avec le bus **CAN**, les stations (nœuds) : organes de commande, capteurs ou actionneurs, etc. sont reliés par un bus série asynchrone symétrique.



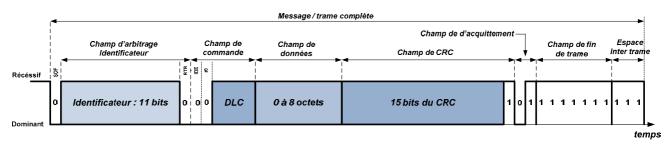
#### Principe de fonctionnement :

C'est un bus multi-maître, orienté messages courts (8 octets de données maximum). Le protocole est basé sur le principe de diffusion générale : lors d'une transmission d'un message, aucune station (nœud) n'est adressée en particulier, mais le contenu du champ d'adresse (ID : Identificateur) définit la fonction du message (vitesse, accélération, température, etc..). Grâce à cet identificateur, les stations qui sont en permanence à l'écoute du réseau, reconnaissent et traitent les messages qui les concernent et ignorent simplement les autres.

Les stations sont câblées sur le bus par le principe du « *OU câblé* », en cas de conflit c'est-à-dire émission simultanée, la valeur 0 écrase la valeur 1. On appelle donc l'état <u>dominant</u> l'état logique 0 et l'état <u>récessif</u> l'état logique 1. Lors de l'arbitrage bit à bit, dès qu'une station émettrice se trouve en état récessif et détecte un état dominant, elle perd la compétition et arrête d'émettre. Tous les perdants deviennent automatiquement des récepteurs du message, et tentent à nouveau d'émettre que lorsque le bus devient libre.



## Format d'un message/trame standard ISO 11898 version 2.0A :



Le message/trame est composé des champs suivants :

- bit SOF (Start Of Trame): 1 bit;
- zone d'arbitrage (identificateur) : 11 bits ;
- bit RTR (Remote Transmission Request): 1 bit:

Dominant : trame de données,

**Récessif** : trame de demande de message ;

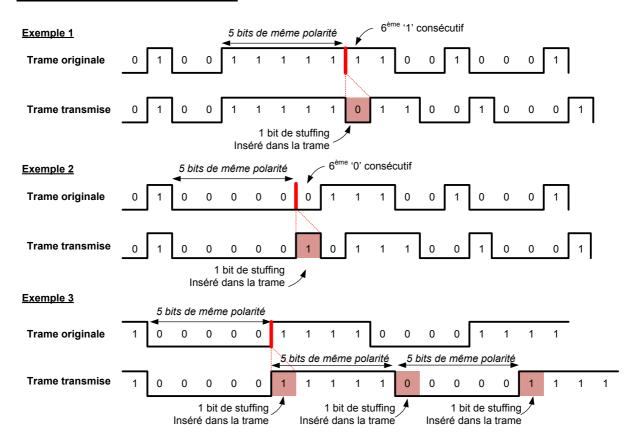
- bit IDE: Bit dominant -> format standard: 1 bit;
- bit **r0** : réservé pour une utilisation future (par défaut bit dominant) : **1** bit ;
- DLC : nombre d'octets contenus dans la zone de données : 4 bits ;
- zone de données de longueur comprise entre 0 et 8 octets :
- zone CRC (Cyclic Redundancy Code)de 15 bits. Ces bits sont recalculés à la réception et comparés aux bits reçus. S'il y a une différence, une erreur CRC est déclarée ;
- zone **ACK** composé d'un bit à l'état récessif ainsi qu'un bit séparateur **ACK**. Le premier bit doit être forcé à l'état dominant par les stations ayant bien reçu cette trame : **2** bits ;
- zone EOF: (End Of Frame) permet d'identifier la fin de la trame: 7 bits;
- zone Espace Inter Trame: 3 bits.

## Les bits de bourrage ou bit stuffing.

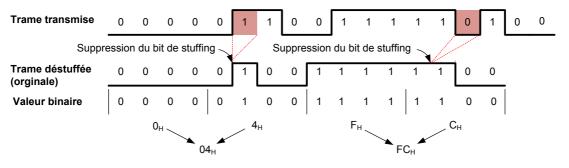
Aussi, afin de sécuriser la transmission des messages, la méthode dite de <u>bit stuffing</u> (bit de bourrage) est utilisée. Cette méthode consiste à insérer un bit de polarité <u>inverse</u> pour casser des chaînes trop importantes de bits identiques dès que l'on a émis 5 bits de même polarité sur le bus. On obtient ainsi dans le message un plus grand nombre de transitions ce qui permet de faciliter la synchronisation lors de la réception par les nœuds.

Cette technique est uniquement active sur les champs de **SOF**, d'arbitrage, de contrôle, de données et de **CRC**. Pour un fonctionnement correct de tout le réseau, cette technique doit être implémentée aussi bien à la réception qu'à l'émission. C'est le microcontrôleur qui gère ces bits.

## Quelques exemples de bit stuffing.



Exemple 4 : Décodage d'une trame CAN



## **LE PROTOCOLE « CANopen »**

#### **Description**

Le codeur de position absolue **IDEACOD** utilise le protocole standardisé **CANopen**. Cette documentation décrit succinctement l'interface entre le protocole **CANopen** et le bus **CAN**. L'appareil répond aux spécifications **CANopen** suivant les normes **DS406** définies par « **CANopen user group** » :

- transmission de l'information sur 2 fils ;
- nombre de participants maximum : 127.

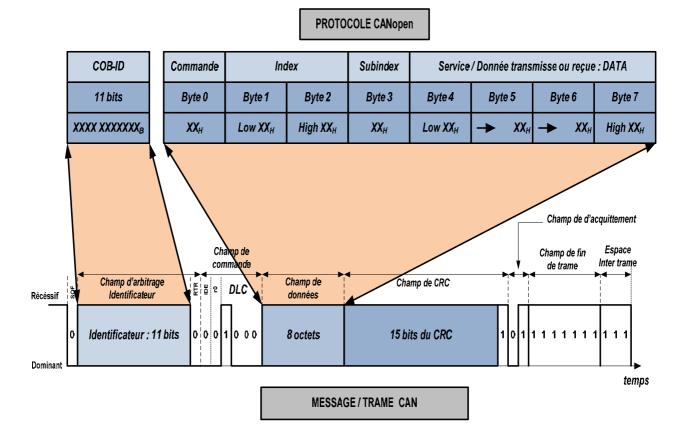
La transmission des informations est effectuée par des trames de données. Les trames sont divisées en un **COB-Identifier** et 8 octets de données successives. C'est le **COB-Identifier** qui détermine la priorité du message.

Un numéro de nœud différent est attribué à chaque appareil. Le numéro de nœud d'un codeur **IDEACOD** est configuré avec les switchs rotatifs du boîtier de raccordement.

#### Implémentation du protocole CANopen avec le bus CAN.

La transmission de données sur le bus **CAN** est réalisée par une trame de **11** bits (**COB-ID**) + **8** octets (**bytes**). La figure ci-dessous décrit cette intégration.

Avec le protocole CANopen la longueur de trame est toujours de 8 octets et le DLC est égal à 1000<sub>B</sub>.



## **Description du COD-ID**

Le COB-ID détermine uniquement le type de message. Il est décomposé de 4 bits pour la fonction codée (PDO) identifiant le message et de 7 bits pour l'adresse de l'appareil (codeur absolu).

10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
Fonction codée Numéro de nœud (adresse)											
Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	X: Sélectionnable 0 ou 1

# Transmission de la position actuelle

La valeur de la position actuelle est envoyée sur le bus **CAN** avec la trame suivante:

COB-ID	Valeur de process (position actuelle du codeur)								
11 bits	11 bits Byte 4		Byte 6	Byte 7					
XXXX XXX XXXX <sub>B</sub>	2 <sup>7</sup> to 2 <sup>0</sup>	2 <sup>15</sup> to 2 <sup>8</sup>	2 <sup>23</sup> to 2 <sup>16</sup>	2 <sup>31</sup> to 2 <sup>24</sup>					

Fonction Numéro de Codée Nœud (adresse) PDO

Pour transmettre cette trame, les paramètres suivants doivent être positionnés avec les valeurs cidessous:

- le COB-ID utilise la fonction codée PDO=0011<sub>B</sub>;
- la valeur de commande est égale à 22<sub>H</sub>;
- la valeur de index est égale à 2000<sub>H</sub>;
- la valeur de subindex est égale à 00 H.

#### Exemple de trame

Position du codeur : 23A7<sub>H</sub>

Adresse du capteur NN (réglage avec les switchs:  $10_D$  soit  $0A_H$  ou encore  $0001010_B$ ).

COB-ID Commande		Commande	Index		Subindex	Valeur de process (position actuelle du codeur)			
PDO	NN	Download	2000 <sub>H</sub>		Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
0011 <sub>B</sub>	0001010 <sub>B</sub>	22 <sub>H</sub>	00 <sub>H</sub>	20 <sub>H</sub>	00 <sub>H</sub>	A7 <sub>H</sub>	23 <sub>H</sub>	00 <sub>H</sub>	00 <sub>H</sub>

#### Remarque

H: correspond à une valeur hexadécimale.

 $\boldsymbol{\mathsf{D}}$  : correspond à une valeur  $\boldsymbol{\mathsf{décimale}}.$ 

**B** : correspond à une valeur **binaire**.