



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

ÉTUDE DU BARRAGE DU MONT SAINT-MICHEL

Éléments de réponses

Questions	Éléments de réponses
Exercice	
1	Phase 3 : Transports des éléments constitutifs du produit Phase 4 : Utilisation du produit Phase 5 : Recyclage, gestion de fin de vie du produit
2	Scénario 1 / $29,4 \cdot 360 \cdot 20 = 211\,680$ g equ C soit 776 kg CO ₂ Scénario 2 / $29,4 \cdot 25 \cdot 20 = 14\,700$ g equ C soit 54 kg CO ₂ $0,0015 \cdot 340 \cdot 20 = 10,2$ kg CO ₂ Soit au total : $54 + 10,2 = 64,2$ kg CO ₂ Large avantage au feroutage à condition que la vanne soit transportable par voie ferrée
3	Voir DR1
4	Les vannes sont des produits actifs et on va chercher à améliorer les rendements pour améliorer l'efficacité énergétique.
5	Lors de la fin de vie du barrage, les vannes en acier sont recyclables mais pas l'ouvrage de béton. Sa déconstruction et le recyclage des matériaux sera coûteux et impliquera un impact négatif sur le projet
6	Réponse : 20 tonnes = 2,55 m ³ Gain énergétique = $2,55 \cdot (52-24) = 71,4$ MWh
7	Pour éviter le dépôt de sédiment au pied de chaque pile, il faut que la vitesse de l'eau soit importante, voire turbulente. La solution elliptique est celle qui induit la vitesse d'eau la plus rapide le long d'un pilier en créant des perturbations minimales sur le nez de pile.
Analyse d'un système pluri technique	
8	Voir DR2
9	Voir DR 3
10	Voir DR4
11	Voir DR5
12	Voir DR5
13	Sur la courbe d'effort, on relève un effort maximal $F_v = 380$ kN . La pression d'huile dans le vérin est $p = \frac{4F_v}{\pi d^2} = 7,77$ MPa = 77,70 bars Le vérin pouvant supporter 250 bars, il est correctement dimensionné.
14	La vanne a une amplitude angulaire de 60°. Donc à 8°min^{-1} , elle met 10 min pour s'ouvrir. Durant ces 10 min, le vérin doit parcourir sa course de 2400 mm (Q8). Donc la vitesse moyenne de translation de tige de vérin est de $2400 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ soit $\frac{4 \text{ mm}}{s}$ Le vérin pouvant atteindre $10 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, il est conforme au système.
15	La vitesse de sortie de tige du vérin étant constante, la puissance maximale est $(P_v)_{\max} = (F_v)_{\max} \cdot V_{\text{moy}} = 380000 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 1,52$ kW La puissance au niveau du moteur est alors $(P_{\text{moteur}})_{\max} = \frac{(P_v)_{\max}}{\eta_{\text{pompe}} \eta_{\text{verts}}} = 1,88$ kW

Questions	Éléments de réponses
16	Le groupe doit alimenter 16 vérins mais à une vitesse 4 fois plus petite donc $(P_{\text{mot-2}})_{\text{max}} = \frac{16 * (P_{\text{mot-1}})_{\text{max}}}{4} = 7,5 \text{ kW}$
17	Le second cas est le plus restrictif. Le groupe hydraulique pouvant fournir 15kW , il peut répondre à la contrainte du cahier des charges.
18	Voir DR6
19	Dans la référence MHK5-C2B1-1216-B15V-0CC, le 16 indique une « résolution dans le tour » de $2^{16}=65536$. La précision maximale est donc $N_{\text{max}}=65536$, ou nombre de pas par tour.
20	si pour un tour de 360° nous avons 65536 pas, alors $N_{1\text{DEG}} = 65536/360=182$ pas. La résolution angulaire $R_{\text{ANG}}=1/182=0,005^\circ$, elle est donc en accord avec le cahier des charges car 10 fois supérieure à la précision demandée.
21	la longueur du bus est de $200\text{m} < 250\text{m}$, donc débit max de 250kbit/s .
22	$T=1/250000= 4\mu\text{s}$
23	le cas le plus défavorable est celui où la trame sera la plus longue, donc quand le champ de donnée sera de 64 bits, alors la trame comportera $1+12+6+64+16+2+7=108$ bits. Sachant que la transmission d'un bit est de $4\mu\text{s}$, la durée de transmission $T_{\text{TRAME_CAN}}$ sera de $4\mu\text{s} \times 108 = 432\mu\text{s}$
24	$T_{\text{TOT_TRAME_CAN}} = T_{\text{TRAME_CAN}} \times 16 = 432\mu\text{s} * 16 = 7\text{ms}$. Le cahier des charges est respecté car la durée totale de transmission de l'information est inférieure à 10ms , comme imposé par le cahier des charges
25	le second poste sera installé sur le segment Ethernet, et devra supporter le protocole TCP/IP pour communiquer avec l'automate.
26	Le masque de sous réseau indique qu'il s'agit d'un réseau identifié « 192.168.0 », qui pourra accueillir des hôtes identifiés de 1 à 254 (les valeurs 0 et 255 sont toujours réservées). Comme l'adresse de chaque élément d'un réseau doit être unique, il faut donc choisir une adresse comprise entre 192.168.0.2 et 192.168.0.253
27	Les 2 états utilisés une seule fois sont : <ul style="list-style-type: none"> • Vanne en surverse • Vanne en sous verse
28	<ul style="list-style-type: none"> • Priorité 1 (la plus prioritaire) : E2COD - Aucune information n'étant disponible, la position de la vanne n'est plus connue par le système, il faut arrêter son mouvement en urgence. • Priorité 2 : E1COD – Pour avertir le système de la panne d'un des codeurs et lancer une maintenance. Le système peut néanmoins continuer à fonctionner car la position est connue par l'autre codeur. • Priorité 3 : POSV1 - Transmission de la position de la vanne.
29	Le cahier des charges impose une transmission des 16 codeurs en moins de 10ms , ce sera donc une durée inférieure à 10ms puisqu'un seul message (E2COD) sera nécessaire pour informer le système d'un arrêt d'urgence. Réponse 2 : la question 23 nous indique qu'une trame est transmise en $0.5\mu\text{s}$ environ, c'est donc l'ordre de grandeur de la transmission du message E2COD. Dans les deux cas, le temps de réponse est largement suffisant pour éviter la perte de contrôle de la vanne, d'autant que sa vitesse de déplacement est faible.

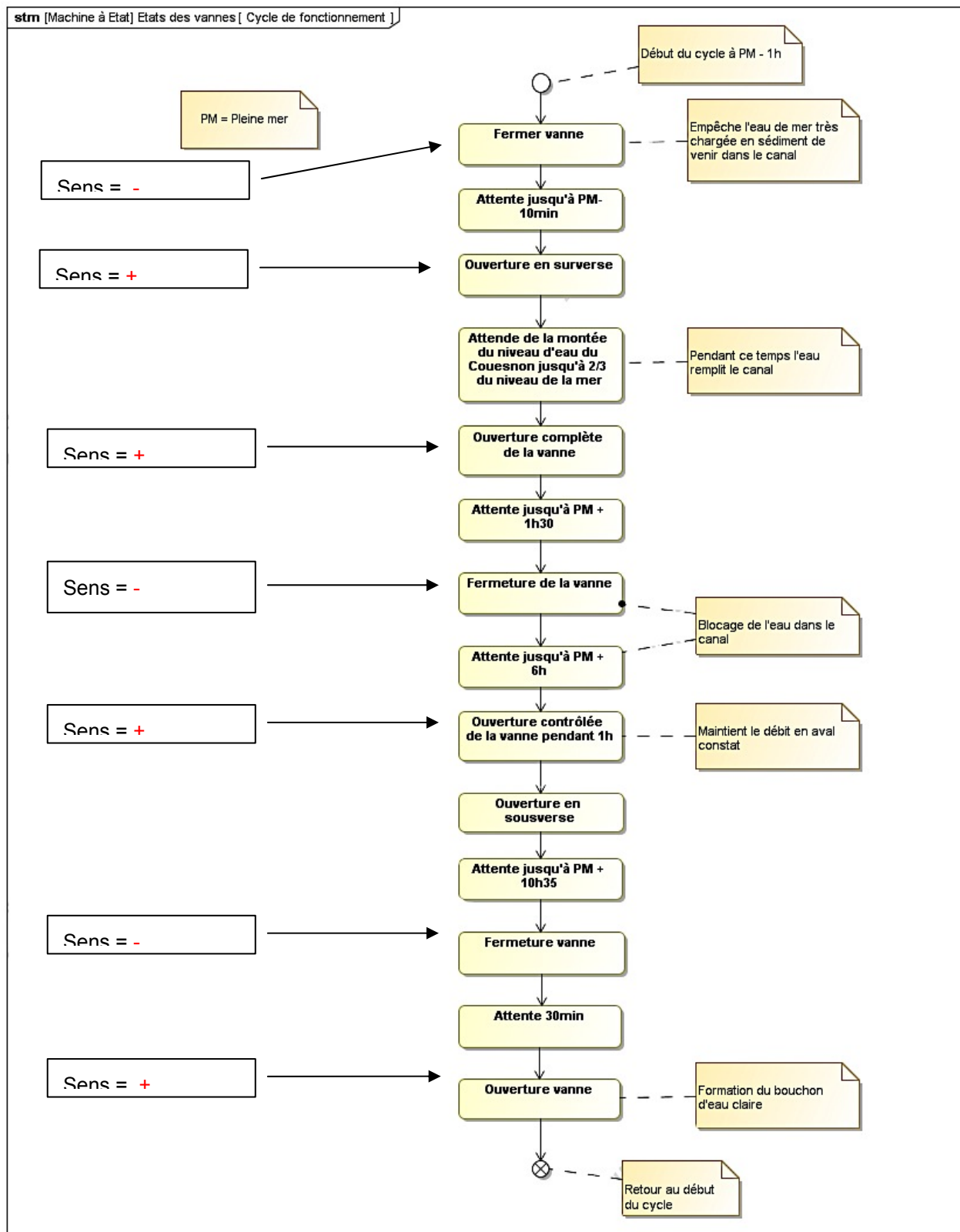
Document réponse DR 1

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

Principes de vanne envisageables	Analyse des solutions : avantages, inconvénients
	<p>Solution 1 par vanne secteur</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permet l'ouverture et le passage de l'eau par le bas de la vanne en « sous verse » ou par le dessus de la vanne en « sur verse » ; • Libère totalement le chenal en position ouverte ; • Vanne complètement intégrée au barrage, qui ne perturbe pas la vue sur la baie ; • Mécanisme simple ; • Mouvement de rotation de la vanne autour d'un pivot simple à obtenir et simple à piloter ; • Position normalement ouverte de la vanne en cas de panne de la motorisation (la vanne redescend sous l'action de son poids propre).
	<p>Solution 2 par vanne coulissante</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permet l'ouverture et le passage de l'eau par le bas de la vanne en « sous verse » ou par le dessus de la vanne en « sur verse » ; • Libère totalement le chenal en position ouverte mais cela complique l'intégration de la vanne au barrage, qui risque de perturber pas la vue sur la baie lorsque les portes coulissantes sont levées ; • Mécanisme de manœuvre plus complexe • Position normalement ouverte de la vanne en cas de panne de la motorisation (la vanne redescend sous l'action de son poids propre). • Solution possible mais plus compliquée
	<p>Solution 3 par porte pivotante</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ne permet pas l'ouverture et le passage de l'eau par le bas de la vanne en « sous verse » ou par le dessus de la vanne en « sur verse » : solution non possible

Document réponse DR 2 : Cycle de fonctionnement d'une vanne

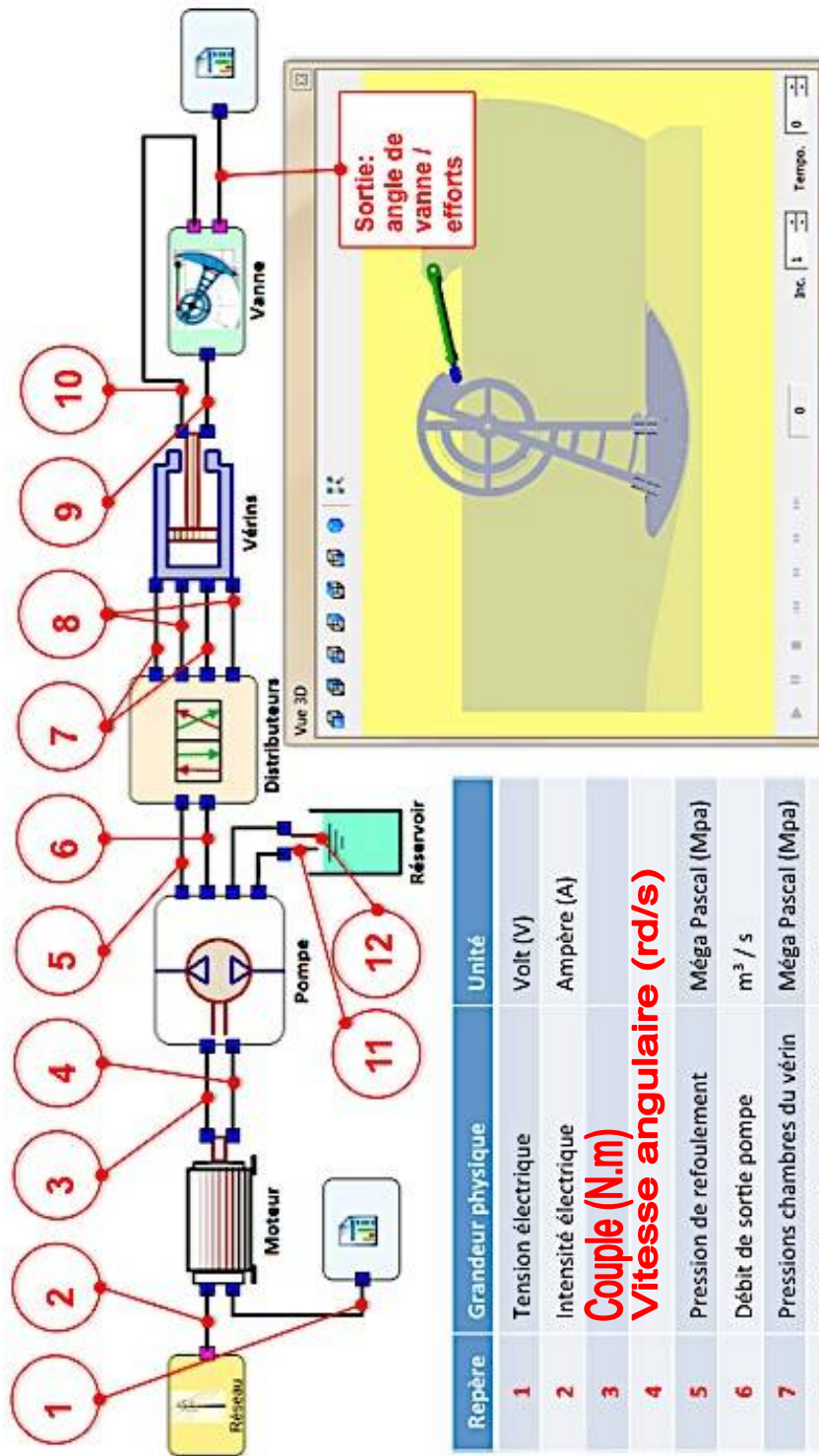
Question 5 : Dans chaque case, indiquer + pour le sens trigonométrique (anti horaire) et – pour le sens inverse(horaire)



Document réponse DR 3

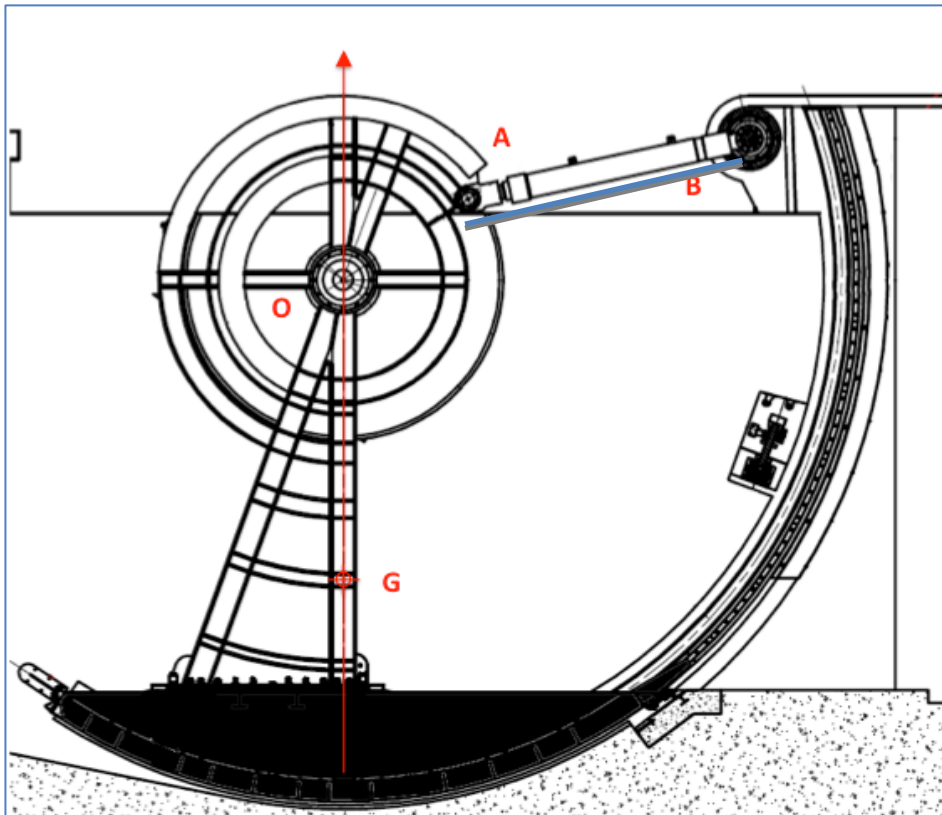
Simulation du comportement énergétique

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



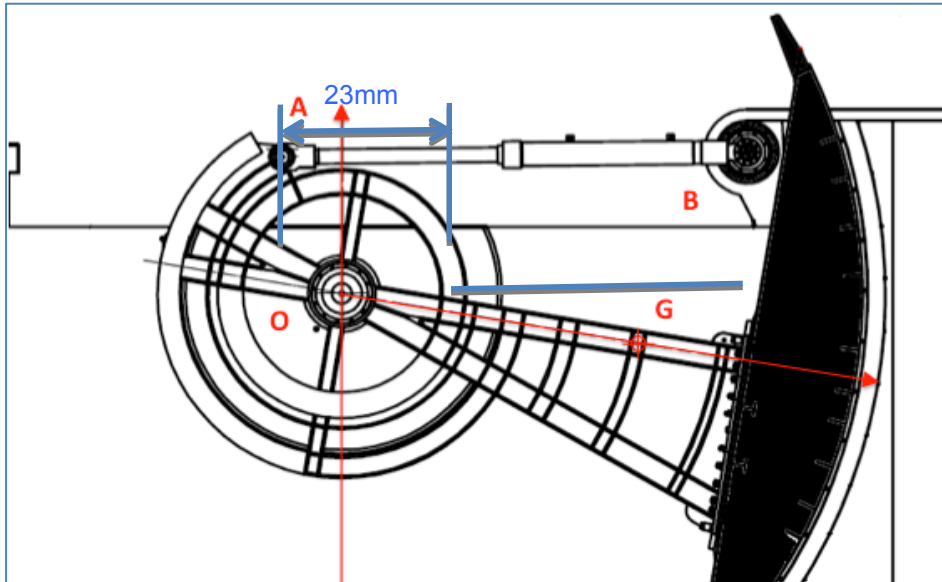
Document réponse DR 4: Mouvements de la vanne

Question 10 : Vérifier graphiquement la course du vérin



Position ouverte
de la vanne

Echelle 1:100



Position en « sous
verse » de la
vanne

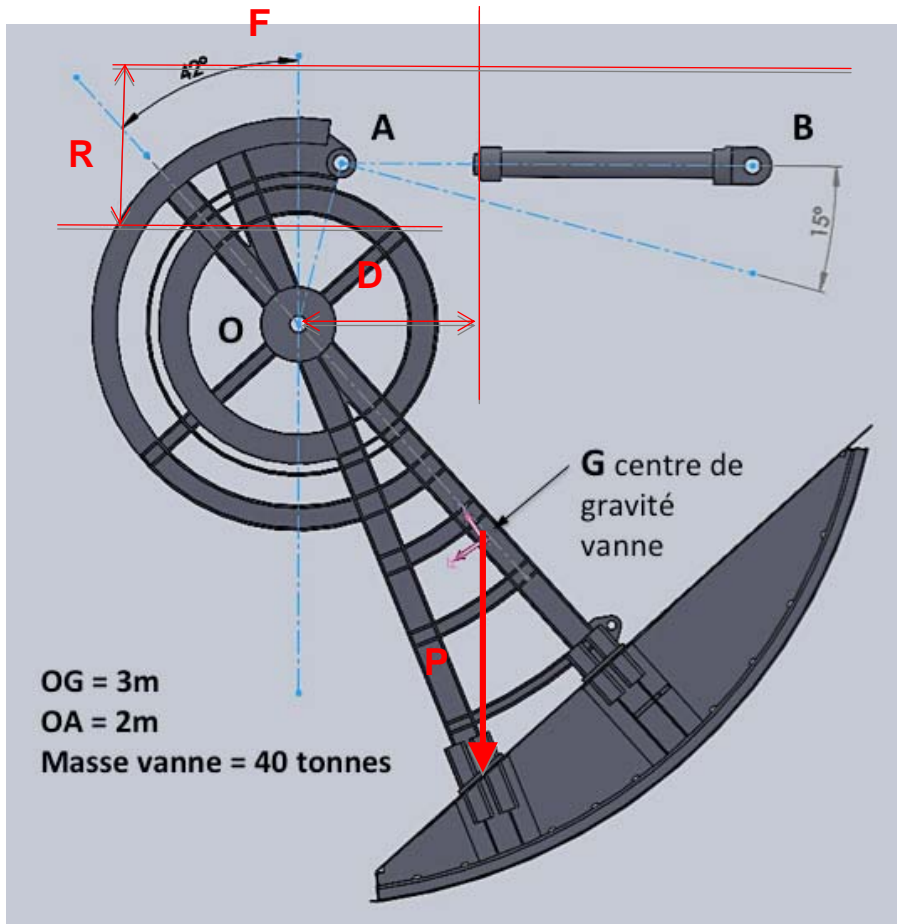
Echelle 1:100

Conclusion quant à la course du vérin retenu : la course mesurée de 23 mm correspond à une course maxi de 2300 mm, soit 2,3m, inférieure à la course maxi du vérin de 2,5m. Le vérin choisi convient.

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

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

Vérification de la simulation pour un angle de 42° et détermination de l'effort maxi



Éléments de calculs

$$\text{PFS} \Rightarrow \sum \text{Moments / O} = 0$$

$$P \cdot D + F \cdot R = 0$$

$$F = (P \cdot D) / R = P \cdot (D/R)$$

Sur la figure : $D = 24 \text{ mm}$ et $R = 20 \text{ mm}$

$$D/R = 1,2 \text{ donc module de } F = P \cdot 1,2$$

$$P = M \text{ vanne} \cdot g, \text{ en prenant } g = 10 \text{ m/s}^2$$

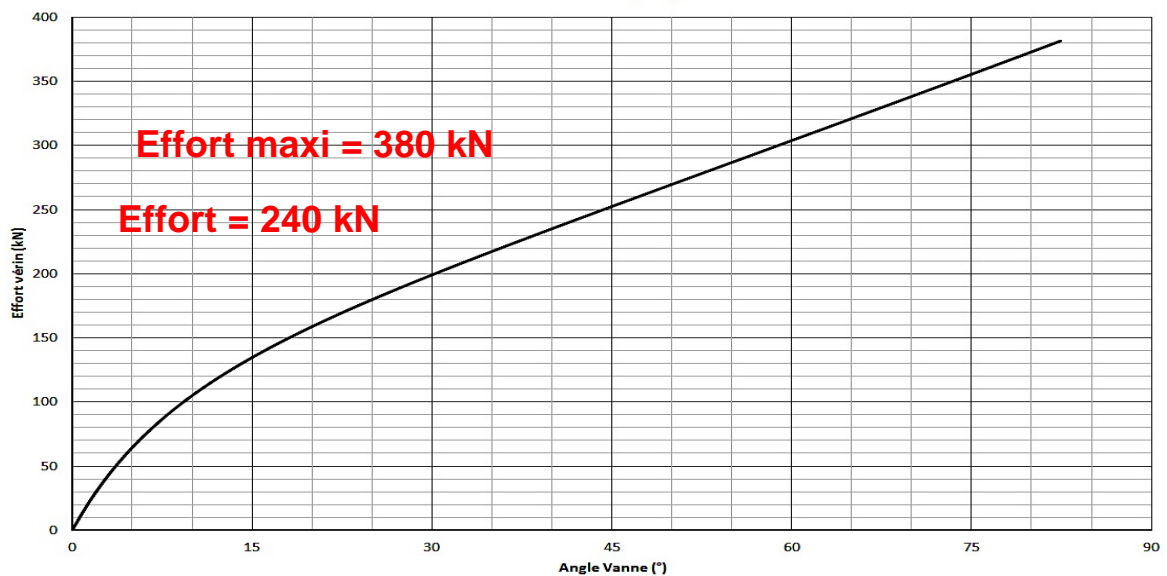
$$P = 40\,000 \text{ kg} \cdot 10 = 4 \cdot 10^5 \text{ N}$$

Pour un vérin, le poids est divisé par 2

$$F = 2 \cdot 10^5 \cdot 1,2 = 2,4 \cdot 10^5 \text{ N}$$

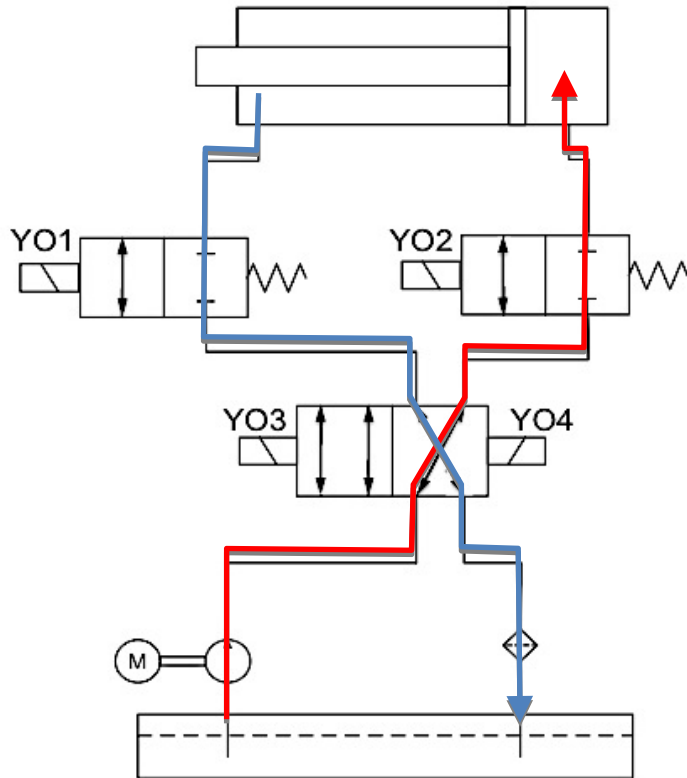
$$\mathbf{F = 240 \text{ kN}}$$

Effort vérin (kN)



Document réponse DR 6 : Circuit hydraulique

Question 15 : Identifier de couleurs différentes le circuit de haute pression et le circuit de retour de l'huile vers le réservoir lors de la sortie de tige du vérin.



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

Pour faire sortir la tige de vérin, il faut que la pompe alimente la chambre de gauche donc YO4 et YO2 alimentés et que la chambre de droite soit relié au réservoir donc YO1 alimenté.

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

Les distributeurs 2/2 sont des bloqueur. Si on souhaite arrêter le mouvement, on arrête d'alimenter YO1 et YO2. C'est intéressant car quelque soit les charges subies par le vérin, il n'est pas nécessaire d'alimenter la pompe lors de l'arrêt du vérin et cette position ne consomme aucune énergie.