

Printemps 2015

Final

Durée : 2 heures.

Tout document autorisé

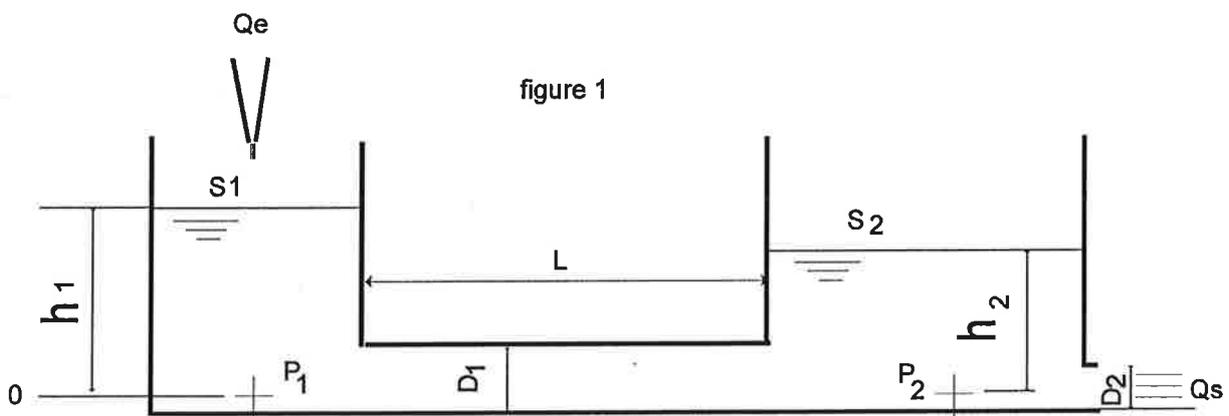
Les documents réponses 1 à 5 sont à rendre en fin d'épreuve

Première partie : Bond Graph (10 points)

Description :

Le système étudié est un problème hydraulique concernant le transfert de fluide (eau) entre deux réservoirs de section respective S_1 et S_2 à travers une conduite de longueur L et de diamètre D_1 et l'évacuation de celui-ci à travers un orifice de diamètre D_2 (voir figure 1 ci-dessous). On alimente le premier bassin par une arrivée d'eau dont le débit volumique est Q_e .

Q_s représente le débit de sortie. Le régime sera permanent dès qu'il y aura bien évidemment égalité des débits d'entrée et de sortie.



Objectifs de l'étude :

L'objectif de l'étude est de déterminer quelles hauteurs minimales doivent avoir nos bassins, (supérieur à h_1 et h_2) pour qu'il n'y ait pas débordement et le temps mis pour atteindre le régime permanent.

Hypothèses :

Qe est un débit constant. L'entrée et la sortie de l'eau du tuyau de longueur L se font parfaitement sans perte de charge. Concernant ce tuyau, deux éléments vont intervenir : l'inertie de la masse d'eau du tuyau (vu en cours) ainsi que les pertes de charges linéiques (formule de Poiseuille). Cette relation nous donne la liaison entre la pression et le débit volumique passant dans le tuyau, soit : $\Delta P = \frac{128 * \mu * L}{\pi * D_1^4} Q$ avec μ la viscosité dynamique de l'eau.

Par contre la sortie de l'eau avec un débit Q_s se fait de façon turbulente, c'est donc la relation

de Bernoulli que l'on met en place soit : $Q = \frac{\pi * D_2^2}{4} \sqrt{\frac{2}{\rho}} * \sqrt{\Delta P}$ avec ρ la masse

volumique de l'eau. (Relation non linéaire facilement intégrable par programmation dans 20-Sim)

Travail à effectuer :

1°) **Compléter**, sur le document réponses 1 figure 2, les cercles en pointillés, du Bond Graph en faisant apparaître les paramètres physiques du système.

2°) **Mettre en place** les causalités.

3°) **Donner** et **justifier** la dimension du vecteur d'état X. **L'exprimer** sur le document réponses

4°) **Donner**, sur le document réponses 2, la signification **physique**, sous forme littérale, des paramètres constituant ce vecteur d'état.

Fin de cette première partie

Mais, pour les curieux, vous pourrez plus tard, chez vous, mettre en place cette modélisation et en prenant comme valeurs des différents paramètres, celles données ci-après, déterminer en utilisant 20-Sim, le temps de réponse à 5% et les deux hauteurs h_1 et h_2 dans les cuves en régime permanent.

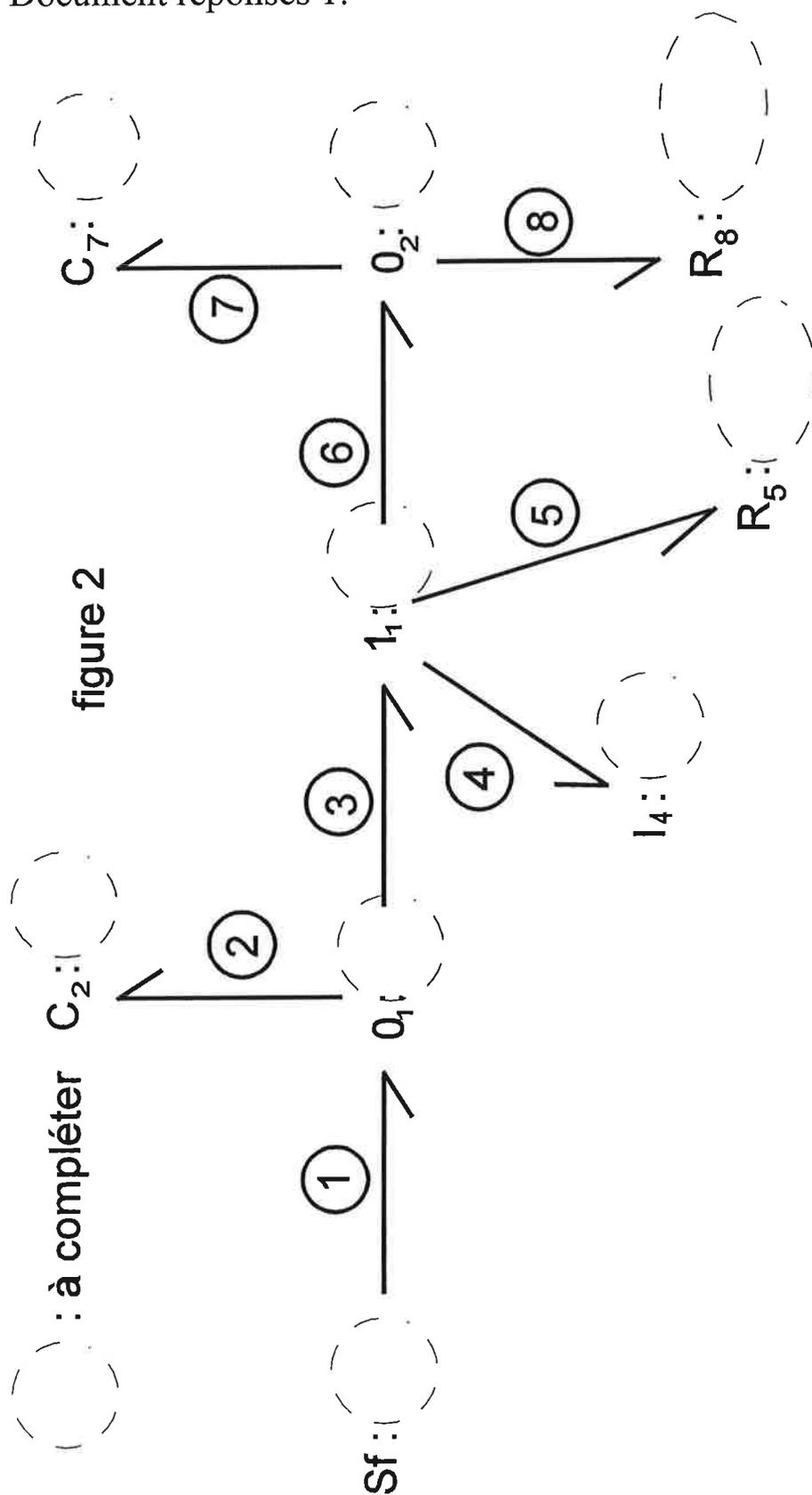
Prendre :

$S_1 = 1 \text{ m}^2$; $S_2 = 2 \text{ m}^2$; $L = 10 \text{ m}$; $\mu = 0,001 \text{ Pa.s}$; $D_1 = 0,05 \text{ m}$; $D_2 = 0,1 \text{ m}$; $\rho = 10^3 \text{ kg / m}^3$
et enfin $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Conseils :

Pour le solveur numérique prendre Runge Kutta d'ordre 4 avec un pas de 1 seconde et un temps de 2000 secondes.

Document réponses 1:



NOM :

Document réponses 2 :

Vecteur d'état :

$$X = \begin{bmatrix} \\ \\ \end{bmatrix}$$

Explication

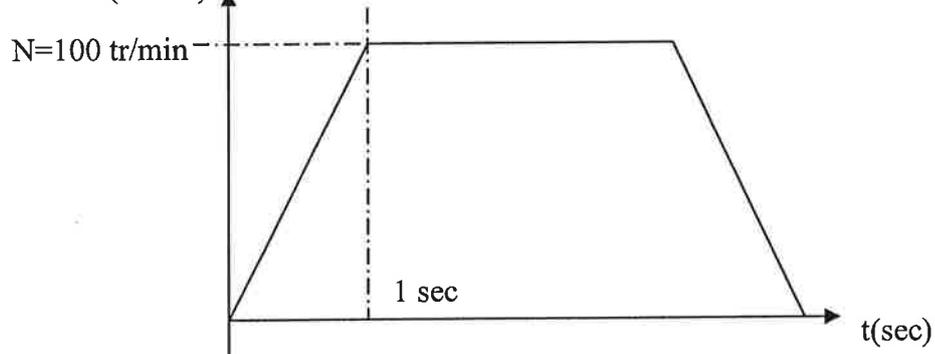
Signification physique :

NOM :

Deuxième- partie : Etude hydraulique (10 points)

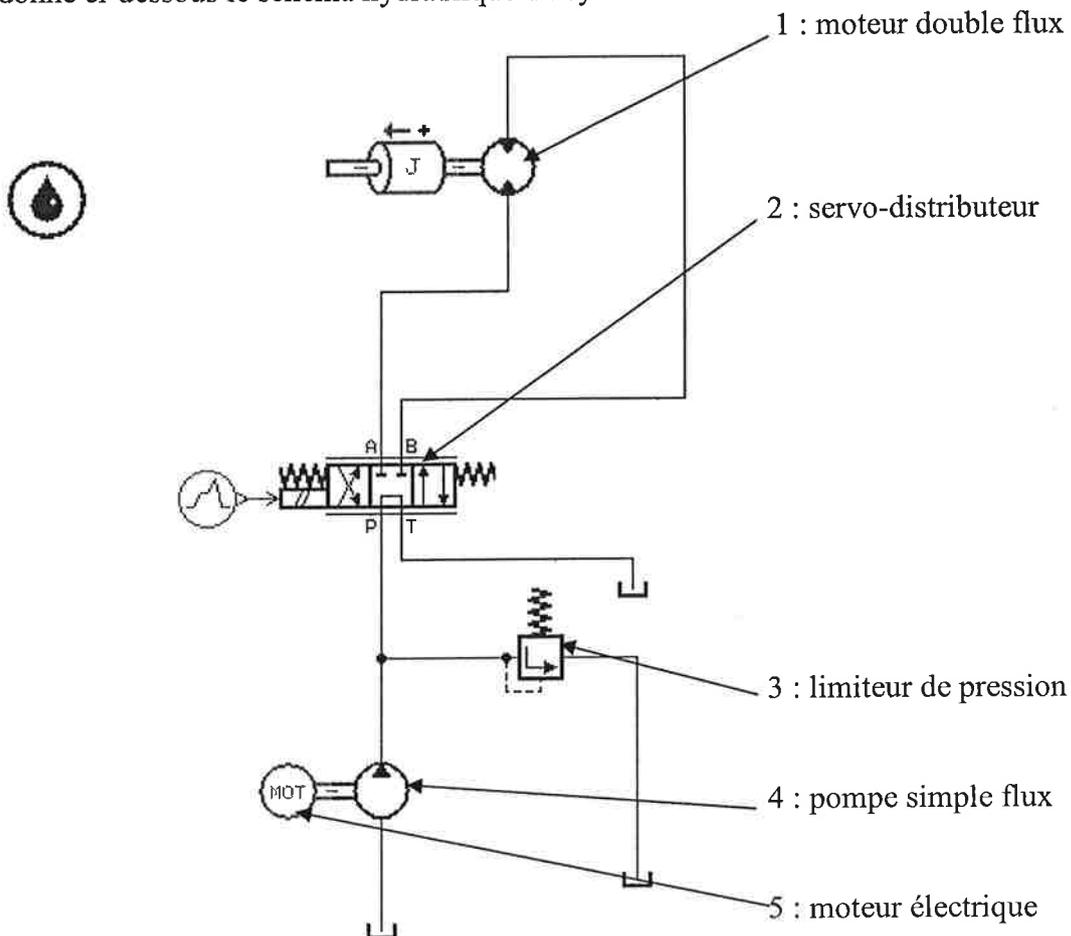
Un moteur hydraulique doit entrainer une charge inertielle suivant les caractéristiques en vitesse ci-après :

Loi en trapèze : $N(\text{tr/min})$



La charge est uniquement **inertielle** et a comme valeur : $J = 34 \text{ kg.m}^2$

On donne ci-dessous le schéma hydraulique du système :



Les caractéristiques de l'installation sont les suivantes :

- Le moteur électrique tourne à vitesse constante $N_{\text{mot}} = 2400$ tr/min
- La pompe a une cylindrée de $9 \text{ cm}^3/\text{tr}$; le limiteur de pression est réglé à 200 bars. (pression supportée par ce type de pompe)
- Le moteur hydraulique a une cylindrée de $182 \text{ cm}^3/\text{tr}$.

Hypothèses :

Dans une première approche très généreuse, on considère les pertes de charges autres que celles du servo-distributeur négligeables, les rendements volumétriques de la pompe et du moteur égaux à l'unité ainsi que les rendements mécaniques.

Le servo-distributeur est symétrique et a une perte de charges par arête ΔP de 35 bars sous un débit de X l/min. On peut avoir, pour cette valeur de pertes de charges, dans le catalogue du constructeur de servo-distributeurs, plusieurs valeurs de débits nominaux :

Débit nominal en l/min	4	12	24	40
Désignation du servo-distributeur	A	B	C	D

ainsi qu'une relation qui peut nous être utile ; soit ;

$$Q_x = Q_n \sqrt{\frac{\Delta P_x}{\Delta P_n}}$$

Objectifs de l'étude :

- Choisir parmi les 4 servo-distributeurs proposés, celui qui correspond à nos besoins.
- Déterminer les puissances utiles et dissipées dans le circuit hydraulique
- Déterminer le rendement de l'installation

Travail à effectuer : (Répondre directement sur les documents réponses 3 à 5)

8°) **Déterminer** le couple moteur nécessaire à l'entraînement de la charge

9°) **En déduire** la différence de pression ΔP utile du moteur, puis **calculer** le débit utile du moteur.

10°) **Déterminer** le débit de la pompe. **Conclure** quant à la pression régnant à la sortie de la pompe.

11°) **Choisir** en faisant les calculs nécessaires, parmi les 4 servo-distributeurs proposés, le plus adapté à nos exigences.

12°) l'élément 3 est un limiteur de pression taré à 200 bars. Sachant que son débit maxi est de 10 l/min/bar, après **avoir tracé** l'allure de sa caractéristique $Q = f(\Delta P)$, **déterminer** la pression réelle en sortie de pompe ainsi que le débit traversant le limiteur de pression.

13°) **Déterminer** successivement la puissance hydraulique de la pompe, notée P_4 , la puissance hydraulique utile au niveau du moteur, notée P_1 , la puissance dissipée à travers le limiteur de pression, notée P_3 , ainsi que les puissances dissipées par arête du servo-distributeur, notées P_{21} et P_{22} .

14°) **Déterminer** le rendement hydraulique de l'installation.

Fin de la deuxième partie

Détermination du couple moteur nécessaire à l'entraînement de la charge :

$C_{\text{mot}} = \quad \text{N.m}$

ΔP utile du moteur : _____

$\Delta P = \quad \text{bars}$

calcul du débit utile du moteur : _____

$Q_{\text{mot}} = \quad \text{l/min}$

Détermination du débit de la pompe : _____

$Q_{\text{pompe}} = \quad \text{l/min}$

Conclusion quant à la pression régnant à la sortie de la pompe :

$P_{\text{sortie de pompe}} = \quad \text{bars}$

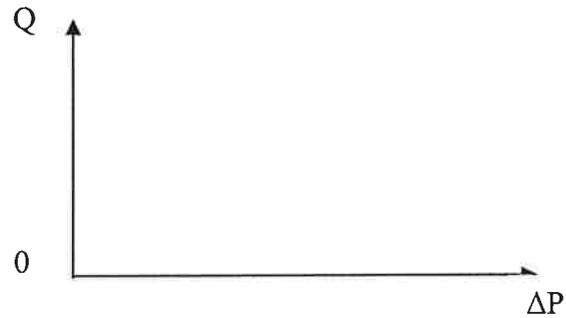
Choix parmi les 4 servo-distributeurs proposés, le plus adapté à nos exigences :

Entourer le bon servodistributeur	A	B	C	D
-----------------------------------	---	---	---	---

NOM :

Document réponses 3

Tracé de l'allure de la caractéristique $Q = f(\Delta P)$:



Débit traversant le limiteur de pression : _____

$Q_{\text{limiteur}} =$ l/min

Détermination de la pression réelle en sortie de pompe : _____

$P_{\text{réelle sortie de pompe}} =$ bars

Détermination de :

- la puissance hydraulique de la pompe, notée P_4 :

$P_4 =$ W

- la puissance hydraulique utile au niveau du moteur, notée P_1 :

$P_1 =$ W

- la puissance dissipée à travers le limiteur de pression, notée P_3

$P_3 =$ W

NOM :

- les puissances dissipées par arête du servo-distributeur, notées P_{21} et P_{22} .

$P_{21} =$	W	$P_{22} =$	W
------------	---	------------	---

Détermination du rendement hydraulique, noté η , de l'installation.

$\eta =$

NOM :

Document réponses 5