

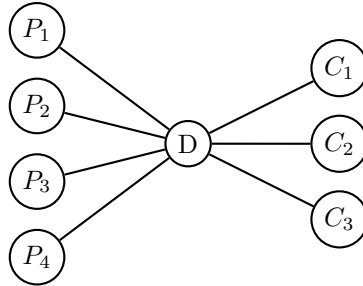
Atelier de Modélisation Quantitative

Distribution de pétrole lourd

G. Vinsard
(d'après un premier sujet analogue de D. Maillet)

15 mars 2019

Un réseau de distribution de pétrole lourd a la topologie



Les nœuds P_1, P_2, P_3, P_4 représentent les sites d'extraction (Production) et les nœuds C_1, C_2, C_3 les sites d'utilisation (Consommation) du pétrole; le nœud D représente le site de répartition (Dispatching) entre production et consommation. Les branches $P_n \rightarrow D$ et $D \rightarrow C_n$ représentent les pipelines, i.e. les conduites dans lesquelles circule le pétrole avec un certain débit volumique qui ne dépend que de la différence de pression à ses extrémités.

Pipeline	$P_1 \rightarrow D$	$P_2 \rightarrow D$	$P_3 \rightarrow D$	$P_4 \rightarrow D$	$D \rightarrow C_1$	$D \rightarrow C_2$	$D \rightarrow C_3$
Débit	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	q_1	q_2	q_3
Longueur	L_1	L_2	L_3	L_4	l_1	l_2	l_3
Diamètre	D_1	D_2	D_3	D_4	d_1	d_2	d_3

Les conduites sont supposées horizontales (la gravité ne joue aucun rôle). Pour que le pétrole se déplace bien dans le sens où tous les débits sont positifs, les sites de production sont dotés de pompes capables de créer des pressions P_1, P_2, P_3, P_4 aux nœuds de même nom. Les sites de consommation n'ont pas de telles pompes mais ils possèdent des vannes pour couper le débit de pétrole; donc, pour $n = 1, 2$ ou 3 , soit la pression en C_n est $P_0 = 1$ bar soit le débit est $q_n = 0$,

Les données physiques du pétrole sont : la masse volumique ρ et la viscosité η

$$\begin{array}{cc} \rho \text{ (kg/m}^3\text{)} & \eta \text{ (mPa s)} \\ 1000 & 10 \end{array}$$

Les données génériques (chaque groupe recevra son jeu de données personnel) sont

Pipeline	$P_1 \rightarrow D$	$P_2 \rightarrow D$	$P_3 \rightarrow D$	$P_4 \rightarrow D$	$D \rightarrow C_1$	$D \rightarrow C_2$	$D \rightarrow C_3$
Longueur (km)	70	400	800	640	50	370	1250
Diamètre (m)	0.15	0.3	0.44	0.6	0.24	0.5	0.75
Débit (m^3/jour)	100	200	300	400			

Cas où D est une simple jonction des pipelines et où on connaît la production

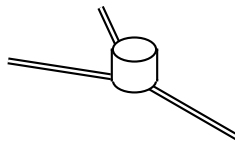
Dans le cas où D est une simple jonction et où tous les sites de consommation sont alimentés, on suppose connus les débits Q_1, Q_2, Q_3 et Q_4 .

a) Calculer formellement les débits q_1, q_2, q_3 en fonction des Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 , des données géométriques des pipelines et des données physiques du pétrole. On fera l'hypothèse que l'écoulement dans chacun des pipelines est laminaire.

b) Donner pour chaque pipeline la condition pour l'écoulement y soit laminaire et vérifier qu'il l'est (ou pas).

Cas où D comporte un réservoir de stockage et où on connaît la production

On suppose que la jonction des pipelines en D comporte un réservoir, c'est dire qu'il débouchent tous les sept à la base d'une cuve de diamètre $D_c = 20$ m comme ceci (seuls trois des pipelines sont représentés)



La hauteur de pétrole dans le réservoir est h et elle peut varier dans le temps.

c) On suppose que la « simple jonction » précédente était en fait réalisée avec le réservoir. Et tout d'un coup, à l'instant $t = 0$ on ferme la vanne du site de consommation C_3 . Comment évoluent les grandeurs dans le temps ? (Répondre quantitativement à cette question)

d) À un instant T suffisamment grand pour que le régime stationnaire se soit établi, on ouvre de nouveau la vanne de C_3 ; même question qu'en c).

e) Les questions c) et d) ont fait apparaître des constantes de temps τ et τ' . On souhaite maintenant calculer la solution périodique du problème où : on ouvre la vanne de C_3 pendant un temps $T/2$; on la ferme pendant un temps $T/2$; et ainsi de suite. Calculer l'évolution des grandeurs dans ce régime.

Goodies

- Le nœud de stockage est à l'altitude z_D par rapport aux autres nœuds supposés tous à la même altitude. Refaire le problème.
- Quelles sont les énergies nécessitées pour le transport d'un kg de pétrole de P_n à C_q ($n = 1 \dots 4$, $q = 1 \dots 3$) ? Les comparer à celle d'un kilogramme de pétrole (les PCI).
- Le problème a été limité au cas de l'écoulement laminaire dans les pipelines ; que se passe-t'il en régime turbulent ?