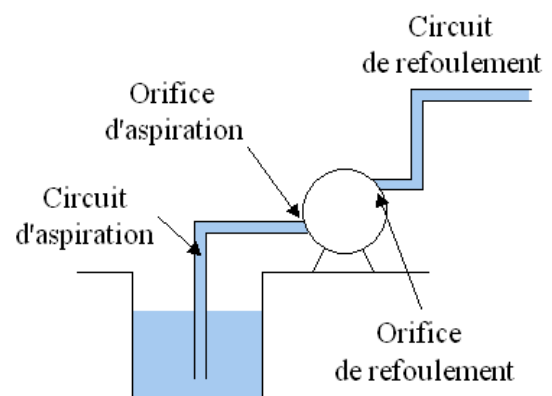


PCPI – 1 TS CIRA BTS CIRA Contrôle Industriel et Régulation Automatique	Chapitre 6 POMPES CORRECTION	PHYSIQUE
TP6 –Etude expérimentale d'un banc de pompes Travaux pratiques		
Objectifs : - Etudier les caractéristiques d'une pompe (HMT, puissance absorbée, puissance fournie, rendement) - Etudier des associations de pompes (en série ou en dérivation)		

POURQUOI UNE POMPE ?

Une pompe est un appareil **apportant** à un fluide **l'énergie** nécessaire pour :

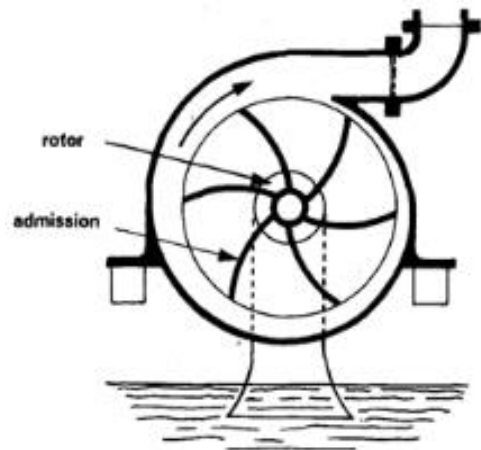
- **mettre** le fluide en **mouvement**
- **vaincre** une différence de **pression** entre 2 points d'un circuit hydraulique (remplir un réservoir sous une pression plus élevée que la pression initiale)
- **vaincre** une différence d'**altitude** entre 2 points d'un circuit hydraulique (remplir un réservoir à une altitude plus élevée que l'altitude initiale)
- **vaincre** des **pertes de charge** (pertes d'énergie)



Sans pompes, pas d'industrie du pétrole, pas de chimie, pas d'automobiles, pas de centrales thermiques, pas de machines à laver, pas d'eau au robinet ...

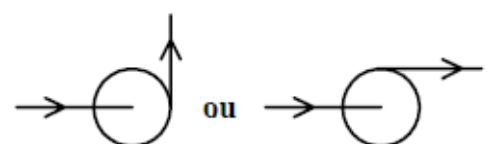
Une **pompe centrifuge** est une machine tournante qui pompe un liquide en le forçant au travers d'une roue à aube ou d'une hélice (impulseur).

Sous l'effet de l'impulseur, le **fluide pompé est aspiré** dans la pompe selon l'axe de la pompe, puis accéléré avant d'être **refoulé** tangentiellement avec de l'énergie supplémentaire (cinétique et/ou de pression et/ou de hauteur).



Voici la représentation d'une pompe :

- L'entrée de la pompe correspond à l'**aspiration** du fluide
- La sortie de la pompe correspond au **refoulement** du fluide

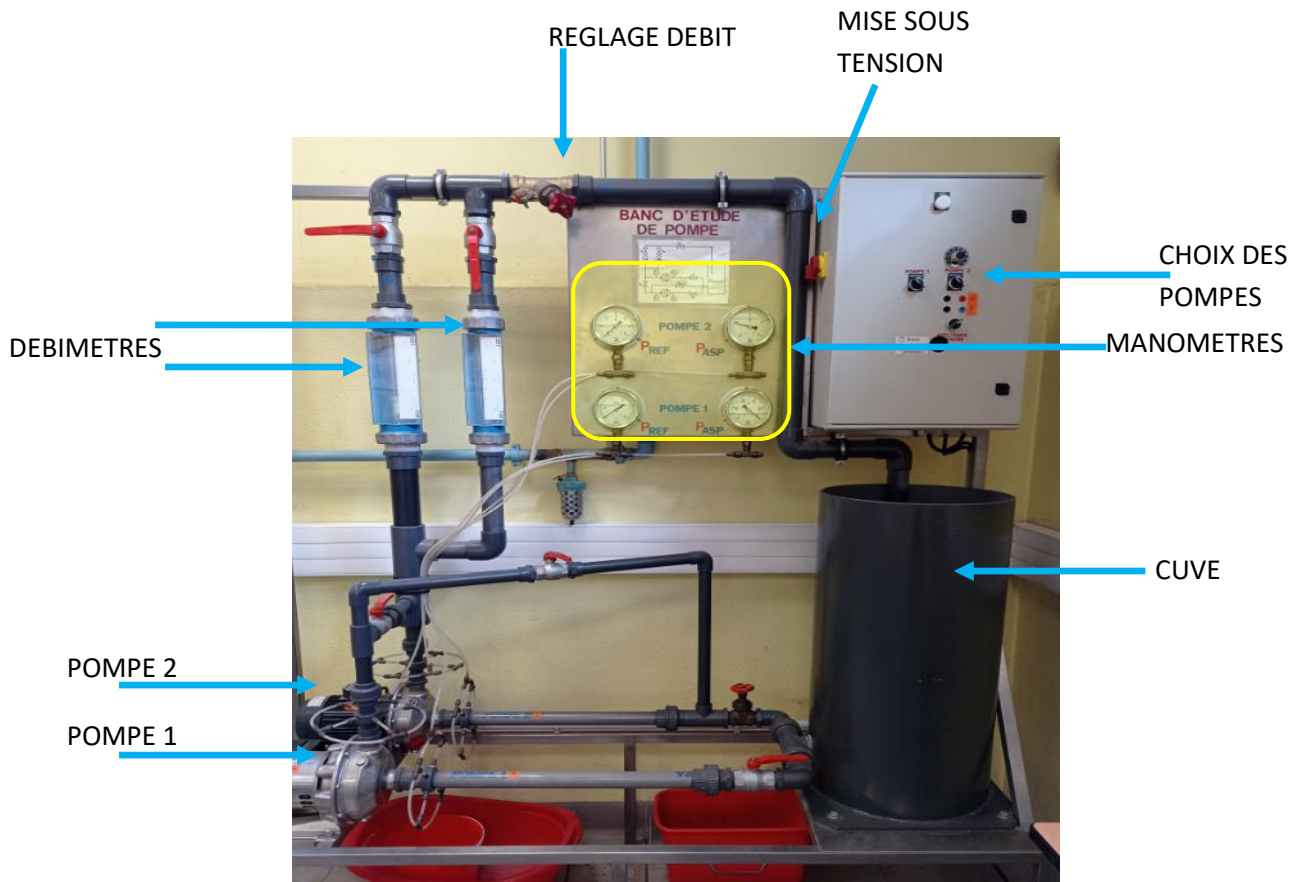


DOC 1 Présentation du banc de pompes

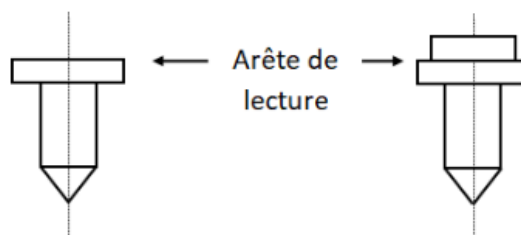
Le banc de pompes, qui permet d'étudier les pompes, est constitué de 2 pompes :

→ une pompe centrifuge à vitesse constante : **Pompe 1**

→ une pompe centrifuge à vitesse variable : **Pompe 2**

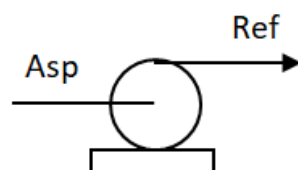
**DEBIMETRE**

La lecture des débits se fait à l'aide de 2 **débitmètres** à ludion, l'un étant plus précis que l'autre (attention : les 2 arrêts de lecture ne se font pas de la même manière)

**MANOMETRES :**

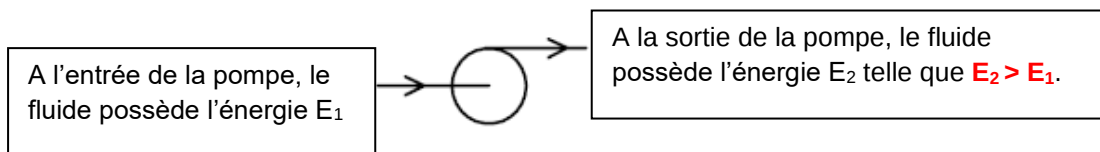
→ ils permettent la mesure de la pression d'aspiration et de refoulement de la pompe

→ ils mesurent des pressions relatives



DOC 2 HMT d'une pompe

Entre l'entrée et la sortie de la pompe, le fluide **GAGNE** de l'énergie, que les constructeurs de pompes appellent **HMT**.



Cette énergie gagnée peut s'exprimer en :

→ **pascal**

→ **mètre**

Cette énergie permet :

→ mettre en mouvement le fluide entre les points A et B

→ vaincre une différence de pression entre 2 points d'un circuit hydraulique

→ élever un fluide entre deux points A et B

→ vaincre des pertes de charge (pertes d'énergie) entre 2 points A et B

Dans ce TP, une étude théorique a permis de donner la formule permettant de calculer la HMT des pompes :

$$HMT = 10,2 \times (P_{ref}^* - P_{asp}^*) + 0,0069 \times Q_v^2$$

Avec

→ P_{ref}^* : pression relative de refoulement de la pompe (bar)

→ P_{asp}^* : pression relative d'aspiration de la pompe (bar)

→ Q_v : débit volumique du liquide ($m^3 \cdot h^{-1}$)

→ HMT : en mètre de colonne d'eau mCE

DOC 3 Puissance hydraulique d'une pompe

$$P_{hyd} = \rho \times g \times Q_v \times HMT$$

Avec

→ ρ : masse volumique du liquide (kg/m^3)

→ g : intensité de pesanteur ($g = 10 N/kg$)

→ Q_v : débit volumique du liquide ($m^3 \cdot s^{-1}$)

→ HMT : en mètre de colonne d'eau mCE

DOC 4 Rendement d'une pompe

$$rendement = \frac{\text{puissance hydraulique fournie}}{\text{puissance électrique absorbée}}$$

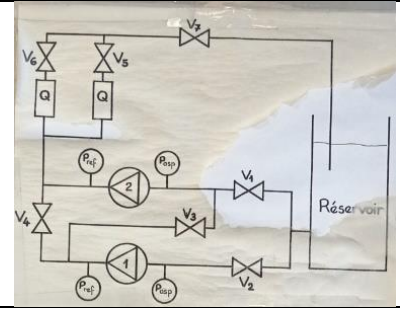
PARTIE 1 : ETUDE D'UNE POMPE SEULE : pompe 2

1 Ci-contre le schéma du circuit hydraulique.
On souhaite dans un premier temps étudier uniquement la **Pompe 2**

- ☐ **Repasser** en couleur le « chemin » suivi par l'eau.
- ☐ **Préciser** alors comment doivent être alors les vannes (ouvertes l'eau circule ou fermées l'eau ne circule pas) :

→ Vanne V_1 : **O** → Vanne V_2 : **F**

→ Vanne V_3 : **F** → Vanne V_4 : **F**



2 EXPERIMENTATION : TABLEAU 1

Le réglage du débit de la pompe s'effectue sur la vanne de réglage en haut du banc de pompes. **V7**

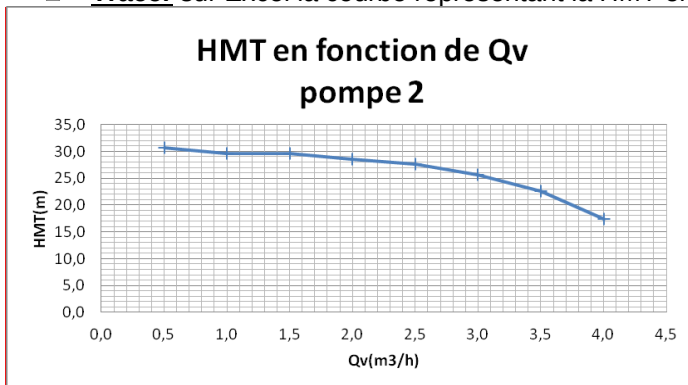
- ☐ **Brancher** le banc de pompes sur le wattmètre
- ☐ **Brancher** le wattmètre sur le secteur (branchements déjà effectués)
- ☐ **Mettre** le banc de pompes sous tension.
- ☐ **Mettre** la **Pompe 2** en marche.
- ☐ **Régler** la fréquence d'alimentation de la pompe 2 à 50 Hz. (regarder dans le « trou » l'affichage numérique de la fréquence)
- ☐ A l'aide de **V7** faire **varier** le débit volumique de 0,5 en 0,5, depuis 0,5 m³/h jusqu'à une valeur maximale que vous noterez.
- ☐ Pour chaque valeur du débit, **noter** pour la **Pompe 2** dans le tableau Excel au bureau du professeur les valeurs de :
 - le débit volumique Q_v en m³/h
 - P^*_{ref} (bar)
 - P^*_{asp} (bar)
 - la puissance absorbée P_{ABS} (en W) lue sur le wattmètre

Calculer via Excel :

- la HMT (en m)
- la puissance hydraulique P_{hyd} (en W)
- le rendement P_{hyd} / P_{abs}

3 EXPLOITATION

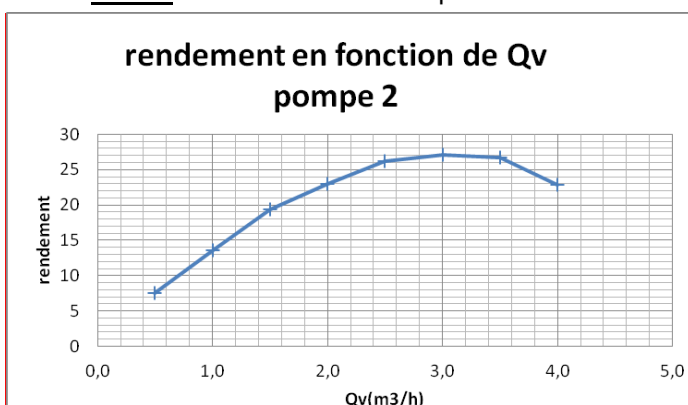
- ☐ **Tracer** sur Excel la courbe représentant la HMT en fonction du débit volumique. **COURBE 1**



- ☐ **Relever** la valeur du débit pour laquelle la HMT elle maximale :

$Q_v = 0,5 \text{ m}^3/\text{h}$

- ☐ **Tracer** sur Excel la courbe représentant le rendement en fonction du débit volumique. **COURBE 2**



- ☐ **Relever** la valeur de débit pour laquelle le rendement de la pompe est maximal

$Q_v = 3 \text{ m}^3/\text{h}$

PARTIE 2 : ETUDE D'UNE POMPE SEULE : pompe 1

4

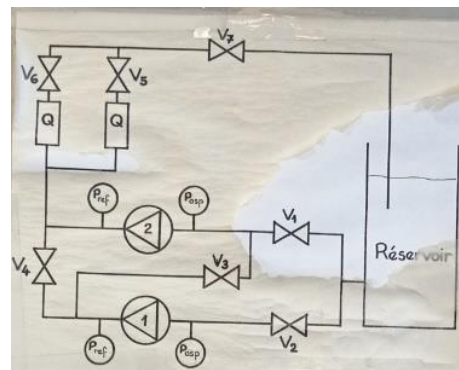
Ci-contre le schéma du circuit hydraulique.

On souhaite étudier uniquement la **Pompe 1**

- ☐ **Repasser** en couleur le « chemin » suivi par l'eau.
- ☐ **Préciser** alors comment doivent être alors les vannes

→ Vanne V_1 : **F** → Vanne V_2 : **O**

→ Vanne V_3 : **F** → Vanne V_4 : **O**

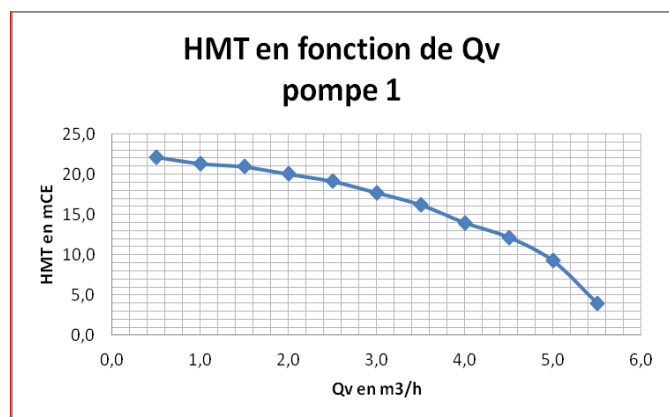


5

EXPERIMENTATION : TABLEAU 2

On refait exactement les mêmes mesures que pour la pompe 2, mais pour un gain de temps, les mesures ont déjà été faites par vos enseignantes et voici les résultats obtenus pour la pompe 1

- ☐ **Tracer** sur Excel la courbe représentant la HMT en fonction du débit volumique. **COURBE 3**

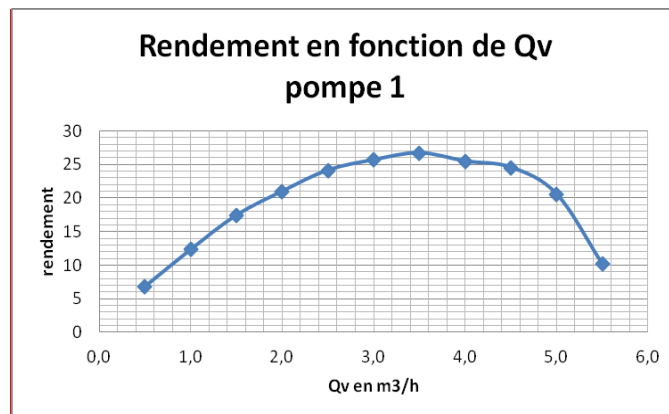


EXPLOITATION

- ☐ **Relever** la valeur du débit pour laquelle la HMT elle maximale :

$Q_v = 0,5 \text{ m}^3/\text{h}$

- ☐ **Tracer** sur Excel la courbe représentant le rendement en fonction du débit volumique. **COURBE 4**



- ☐ **Relever** la valeur de débit pour laquelle le rendement de la pompe est maximal

$Q_v = 3,5 \text{ m}^3/\text{h}$

PARTIE 3 : ASSOCIATION DE POMPES

CONTEXTE INDUSTRIEL

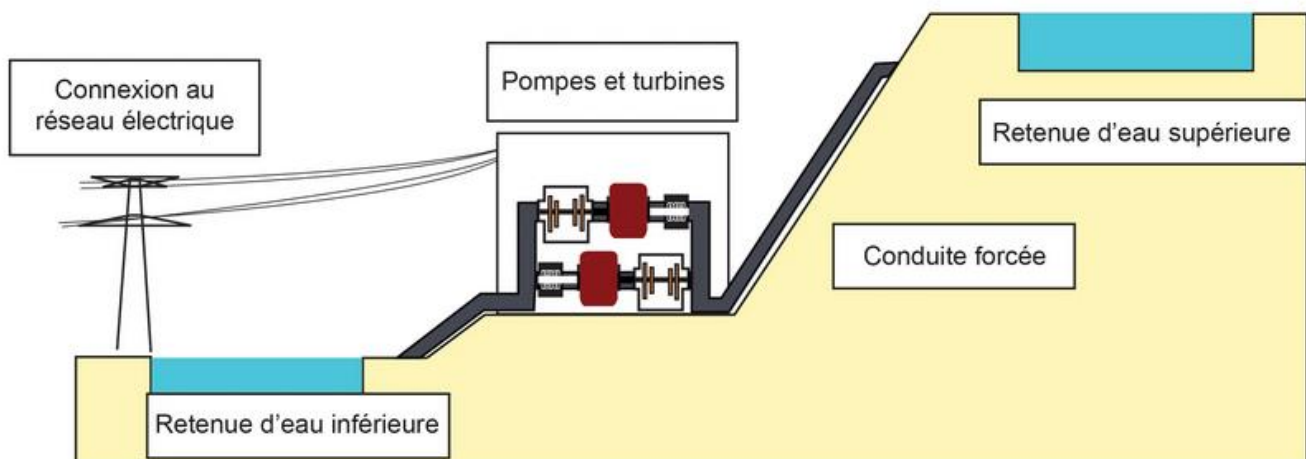
Grand'Maison, le barrage hydroélectrique le plus puissant de France, produit de l'électricité depuis des décennies mais il est désormais appelé à absorber aussi les pics de consommation ou de surproduction liés à l'essor des énergies renouvelables intermittentes.

Une prouesse : l'eau lâchée par le barrage parcourt en pente douce 7 km de galeries souterraines, avant de rejoindre une conduite verticale haute de 1000 mètres qui la précipite à 400 km/h dans les turbines de la centrale. De quoi alimenter 750 000 personnes en électricité.

Mais ensuite, une partie de l'eau reprend l'exact chemin inverse, poussée par des turbines réversibles qui la ramènent à 1700 m d'altitude dans le réservoir amont.

"On reconstitue le stock de la batterie", résume Maxime Pradel, coordonnateur d'exploitation du site isérois.

Ces barrages un peu particuliers aussi appelés "STEP" (stations d'énergie par pompage turbinage), basés sur un principe utilisé de longue date, sont aujourd'hui le principal moyen de stocker l'électricité.

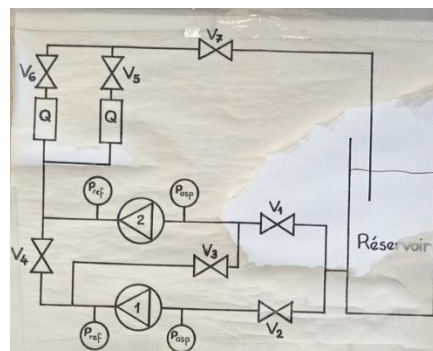
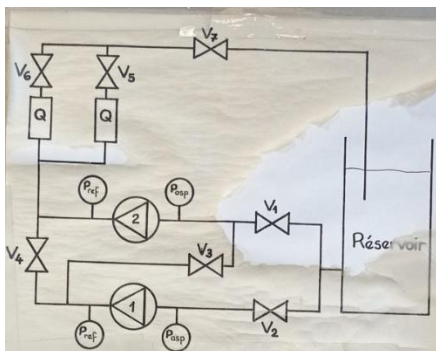


QUESTION

Les ingénieurs et techniciens se demandent s'il vaut mieux associer différentes pompes en série ou en parallèle pour permettre le pompage de l'eau dans la retenue inférieure afin de l'emmener dans la retenue supérieure.

6 EXPERIMENTATION

- **Repasser** en couleur le « chemin » suivi par l'eau pour que les 2 pompes soient branchées en :
SERIE **PARALLELE**



- **Préciser** alors comment doivent être alors les vannes (ouvertes l'eau circule ou fermées l'eau ne circule pas)

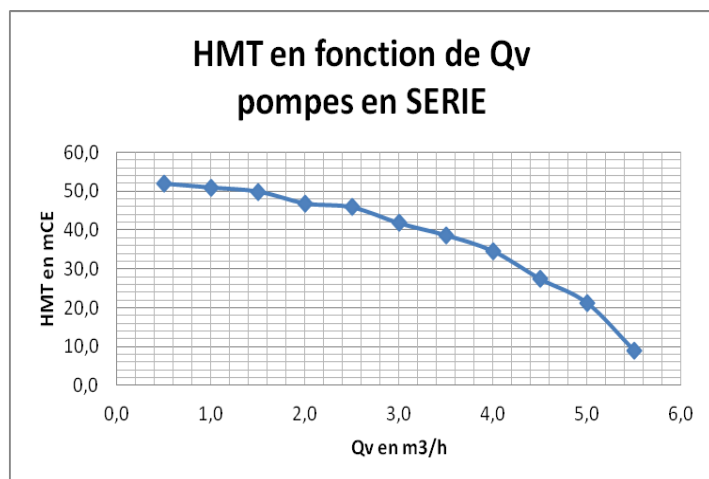
	POMPE 1 SEULE	POMPE 2 SEULE	Association SERIE	Association PARALLELE
Vanne V1	F	O	F	O
Vanne V2	O	F	O	O
Vanne V3	F	F	O	F
Vanne V4	O	F	F	O

- **Préciser** quelles sont les pressions à relever pour calculer la HMT :

- de la pompe mono vitesse **P1 seule** ? **P_{ASP1} ET P_{REF1}**
- de la pompe à vitesse variable **P2 seule** ? **P_{ASP2} ET P_{REF2}**
- de l'association **série** des 2 pompes ? **P_{ASP1} ET P_{REF2}**
- de l'association **parallèle** des 2 pompes ? **P_{ASP1} OU P_{ASP2} ET P_{REF1} OU P_{REF2}**

9 EXPERIMENTATION série

- **Régler** les vannes V1, V2, V3 et V4 pour que les **2 pompes** soient associées en **SERIE**
- Pour différentes valeurs du débit, **mesurer** les pressions adaptées pour **calculer** la HMT.
- **Tracer** la courbe représentant la HMT de cette association **SERIE** de pompes en fonction du débit.



Choisir un débit fixe par exemple :

$$Q_v = 1 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

- Retrouver** $HMT_1 = 21,3 \text{ mCE}$
- Retrouver** $HMT_2 = 29,6 \text{ mCE}$
- Relever** $HMT_{\text{série}} = 50,9 \text{ mCE}$

- Conclure** en donnant une relation entre les HMT :

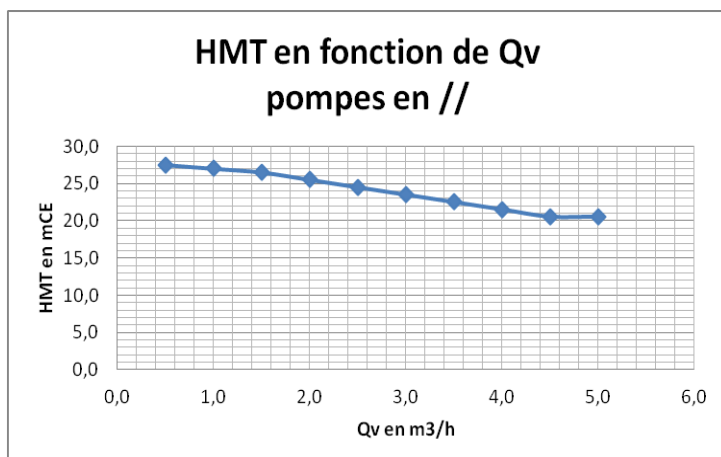
$$HMT_1 + HMT_2 = HMT_{\text{série}}$$

- **Expliquer** quel est donc l'intérêt de brancher des pompes en **SERIE** en complétant la phrase suivante ?

Pour un **débit** donné, la **pression** (ou la hauteur manométrique totale) fournie par l'ensemble des deux pompes est la **somme des pressions** (ou des hauteurs manométriques totales) des pompes branchées en **série**

10 EXPERIMENTATION parallèle

- ☐ **Régler** les vannes V_1 , V_2 , V_3 et V_4 pour que les **2 pompes** soient associées en **PARALLELE**
- ☐ Pour différentes valeurs du débit, **mesurer** les pressions adaptées pour **calculer** la HMT.
- ☐ **Tracer** la courbe représentant la HMT de cette association **PARALLELE** de pompes en fonction du débit.



Choisir une HMT fixe par exemple :

HMT = 20 mCE

- **Retrouver** $Q_{v1} = 2 \text{ m}^3/\text{h}$
- **Retrouver** $Q_{v2} = 3,8 \text{ m}^3/\text{h}$
- **Relever** $Q_{v//} = 5 \text{ m}^3/\text{h}$
- **Conclure** en donnant une relation entre les Q_v :

$$Q_{v1} + Q_{v2} = Q_{v//}$$

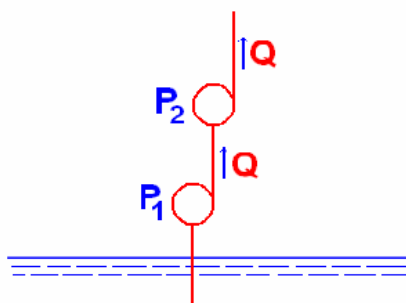
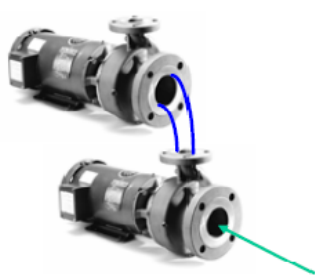
- ☐ **Expliquer** quel est donc l'intérêt de brancher des pompes en **PARALLELE** en complétant la phrase suivante ?

Pour une **HMT** donnée, le **débit volumique** fourni par l'ensemble des deux pompes est la **somme des débits volumiques** des pompes branchées en **parallèle**

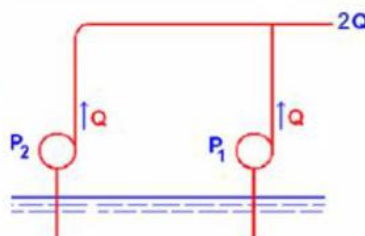
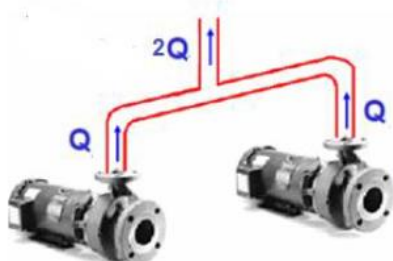
11 BILAN

- ☐ **Associer** chaque représentation à la situation **SERIE** ou **PARALLELE**

SERIE



PARALLELE



RETOUR SUR NOTRE ETUDE DU BARRAGE DE GRAND'MAISON

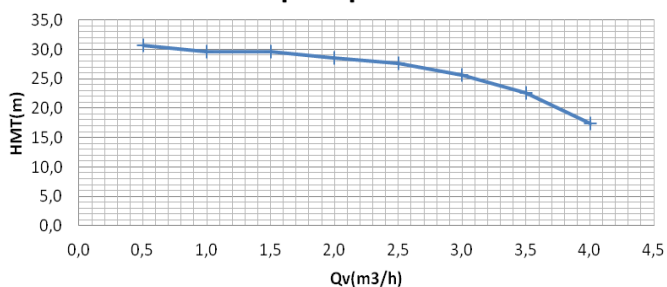
Si les techniciens souhaitent additionner

- les débits volumiques de chaque pompe ils associeront les 2 pompes en **parallèle**.
- Les HMT de chaque pompe ils associeront les 2 pompes en **série**

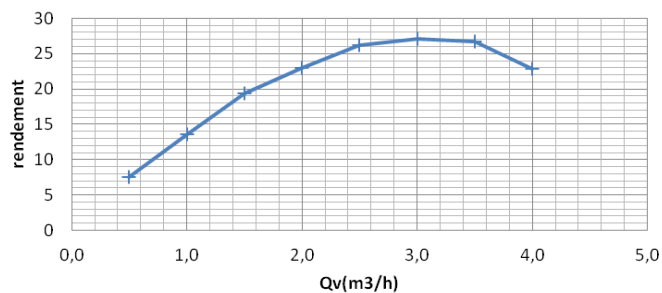
CORRECTION ENSEIGNANTE

POMPE 2		TABLEAU 1				
Qv (m³/h)	P*ref2 (bar)	P*asp2 (bar)	HMT (mCE)	P _{abs} (W)	P _{hyd} (W)	rendement
0,5	2,90	-0,10	30,6	565,00	42,50	8
1,0	2,80	-0,10	29,6	605,00	82,19	14
1,5	2,8	-0,10	29,6	635,00	123,31	19
2,0	2,70	-0,10	28,6	690,00	158,82	23
2,5	2,60	-0,10	27,6	730,00	191,55	26
3,0	2,40	-0,10	25,6	785,00	213,02	27
3,5	2,10	-0,10	22,5	820,00	218,99	27
4,0	1,60	-0,10	17,5	850,00	193,89	23
4,5	0,70	-0,1	8,3	850,00	103,75	12
5,0	0,3	-0,1	4,3	845	59,06	7

**HMT en fonction de Qv
pompe 2**



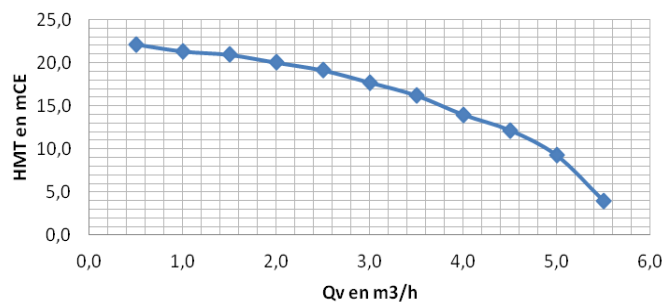
**rendement en fonction de Qv
pompe 2**



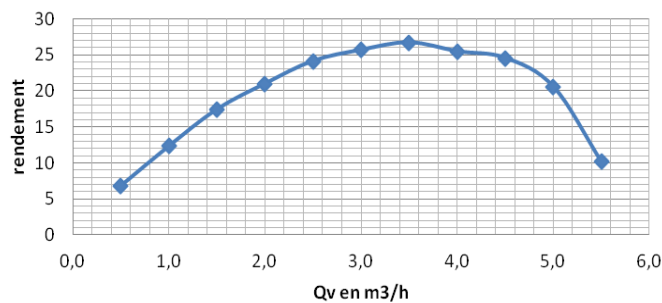
POMPE 1 **TABLEAU 2**

Qv	P*ref1	P*asp1	HMT	P _{abs}	P _{hyd}	rendement
0,5	2,18	0,01	22,1	450	31	7
1,0	2,10	0,01	21,3	480	59	12
1,5	2,06	0,01	20,9	500	87	17
2,0	1,97	0,01	20,0	530	111	21
2,5	1,88	0,01	19,1	550	133	24
3,0	1,74	0,01	17,7	575	148	26
3,5	1,60	0,02	16,2	590	158	27
4,0	1,38	0,02	14,0	610	155	25
4,5	1,2	0,02	12,2	620	152	25
5,0	0,92	0,03	9,3	625	128	21
5,5	0,4	0,03	4,0	600	61	10

**HMT en fonction de Qv
pompe 1**



**Rendement en fonction de Qv
pompe 1**



CORRECTION ENSEIGNANTE

SERIE

Qv	P*ref2	P*asp1	HMT	Pabs	Phyd	rendement
0,5	5,10	0,01	51,9	1000	72	7
1,0	5,00	0,01	50,9	1060	141	13
1,5	4,90	0,01	49,9	1120	208	19
2,0	4,60	0,01	46,8	1190	260	22
2,5	4,50	0,01	45,8	1250	318	25
3,0	4,10	0,01	41,8	1330	348	26
3,5	3,80	0,02	38,6	1380	376	27
4,0	3,40	0,02	34,6	1450	384	27
4,5	2,7	0,02	27,5	1490	343	23
5	2,1	0,03	21,3	1505	296	20
5,5	0,9	0,03	9,1	1450	139	10

PARALLELE

Qv	P*ref1	P*asp1	HMT	Pabs	Phyd	rendement
0,5	2,60	-0,10	27,5	1085	38	4
1,0	2,55	-0,10	27,0	1120	75	7
1,5	2,50	-0,10	26,5	1155	111	10
2,0	2,40	-0,10	25,5	1190	142	12
2,5	2,30	-0,10	24,5	1210	170	14
3,0	2,20	-0,10	23,5	1250	196	16
3,5	2,10	-0,10	22,5	1255	219	17
4,0	2,00	-0,10	21,5	1280	239	19
4,5	1,9	-0,10	20,5	1295	257	20
5,0	1,9	-0,10	20,6	1315	286	22