

# Le fonctionnement des soupapes différentielles à ressort

Bien que la soupape différentielle soit un composant traditionnel des installations de chauffage, elle est généralement méconnue et son fonctionnement sur un réseau de distribution à débit variable est fréquemment présenté de façon un peu simpliste.

Par voie de conséquence elle est rarement dimensionnée de façon convenable et encore moins souvent correctement réglée en fonction des caractéristiques de l'installation concernée.

La faute en revient à la difficulté d'analyser la façon dont elle fonctionne lorsqu'elle est couplée en parallèle avec un réseau de distribution desservant des émetteurs équipés de régulations terminales par action sur le débit (par exemple des robinets thermostatiques).

En l'absence d'un modèle de simulation suffisamment réaliste du système constitué par le réseau de distribution aval, le bipasse, la soupape différentielle et le réseau amont il est en effet très difficile d'appréhender son comportement hydraulique, et c'est pourquoi on est souvent conduit à faire des raisonnements partiellement ou même totalement faux !...

L'installation d'un bipasse équipé d'une soupape différentielle est motivée par trois objectifs (pris séparément ou non) :

▷ maintien de la hauteur manométrique de la pompe à sa valeur nominale,

▷ maintien de la différence de pression disponible (DPD) nominale à l'entrée du réseau de distribution <sup>(1)</sup>,

▷ maintien d'une irrigation minimale dans le générateur (si celui-ci ne comporte pas de dispositif de recyclage).

La soupape différentielle à ressort fonctionne sur le mode proportionnel, ce qui fait que la DPD doit nécessairement augmenter pour provoquer progressivement l'ouverture de la soupape.

L'augmentation de la DPD trouve forcément son origine dans une certaine diminution du débit total qui dépend elle-même du coefficient Z de la partie de l'installation située en amont du bipasse et du caractère plus ou moins plongeant de la courbe caractéristique de la pompe.

$$\Delta P = (DPD - DPD_{\text{nominale}}) = HM - Z_{\text{amont}} \cdot D^2$$

avec  $Z_{\text{amont}} = Z_{\text{APB}}$

La soupape est essentiellement caractérisée par deux paramètres :

▷ le coefficient Kv correspondant à l'ouverture maximale ( $K_{v50}$ ),

▷ la bande proportionnelle (BP).

(1) Ces deux objectifs sont également atteints avec des pompes de circulation à vitesse variable commandées par un dispositif de régulation électronique.

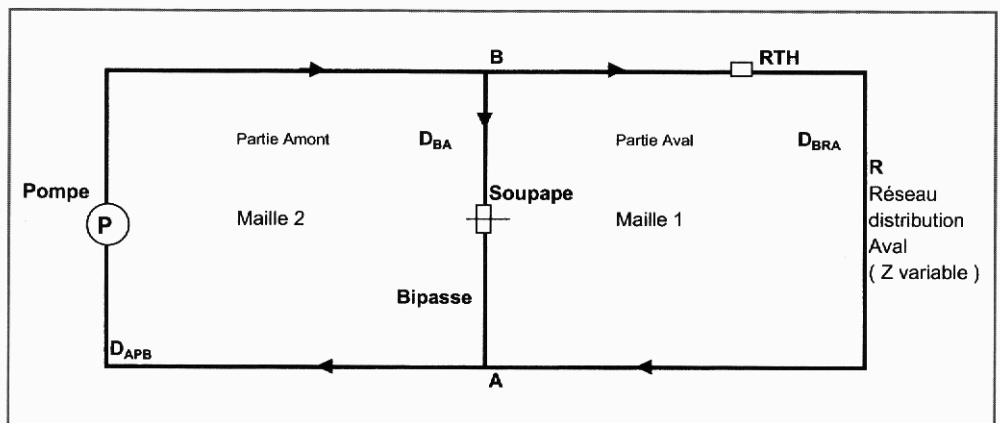


Figure 1. Schéma de principe d'une soupape différentielle installée en parallèle d'un réseau de distribution.

# Notes de calcul en thermique et hydraulique

	A	B	C	D	E	G	H	J	K	M	N
10							Formules				
11								$KV_{BRA}$	$=1/(K12^{0,5})$		
12	$KV_{RO} = 1/(E12^{0,5})$		$Z_{RO}$	$=E25/(E24^{0,5})$	$Y_1$	1		$Z_{BRA}$	$=E14+(E12/(H12^{0,5}))$	$D$ (m³/h)	$=(E18/K20)^{0,5}$
13	$KV_{SO} = 1/(E13^{0,5})$		$Z_{SO}$	0,39	$D_{BRA}$ (m³/h)	0,9998752		$P_{BRA1}$ (bar)	$=K12^{0,5} \cdot (H13^{0,5})$	$D_{BA} + D_{BRA}$	$=K17+H13$
14	$KV_C = 1/(E14^{0,5})$		$Z_C$	$=(E26-E25)/(E24^{0,5})$				$\Delta P$ (bar)	$=K13-E16$	$DD$	$=N12/N13$
15			$BP$ (bar)	0,2				$Y_2$	$=SI(H18>1;1;H18)$		
16			$P_{BRAN}$ (bar)	$=E26$	$KV_{BA}$	$=1/(K16^{0,5})$		$Z_{BA}$	$=E13/(K15^{0,5})$		
17	$KV_{APB} = 1/(E17^{0,5})$		$Z_{APB}$	$=E27/(E23^{0,5})$				$D_{BA}$ (m³/h)	$=H13^{0,5} \cdot ((K12/K16)^{0,5})$		
18			$HM$ (bar)	0,45	Valeurs limites de $Y_1 = SI((K14/E15) < 0,0001; K14/E15)$			$P_{BRA2}$ (bar)	$=K16^{0,5} \cdot (K17^{0,5})$		
19					$KV$	$=1/(K19^{0,5})$		$Z$	$=K12 \cdot K16 / ((K12^{0,5}) + (K16^{0,5}))^{0,5}$		
20					$KKV$	$=1/(K20^{0,5})$		$ZZ$	$=K19+E17$		
21											
22			Données nominales								
23			$D_{APB}$ (m³/h)	1							
24			$D_{BRAN}$ (m³/h)	1							
25			$P_{RTH}$ (bar)	0,05							
26			$P_{BRAN}$ (bar)	0,35							
27			$P_{APB}$ (bar)	0,1							
28											

Figure 2. Formules.

Cette dernière est égale à l'augmentation de la DPD nécessaire pour passer de la fermeture ( $Y = 0$ ) à la position d'ouverture maximale ( $Y = 1$ ). ( $Y$  est le degré d'ouverture de la soupape. Sa valeur est toujours comprise entre 0 et 1.)

Pour étudier le fonctionnement de la soupape il faut donc mettre en équation le système correspondant au schéma **figure 1** en admettant pour simplifier (au moins dans un premier temps) les hypothèses de travail suivantes :

▷ le robinet thermostatique (RTH) situé en tête du réseau de distribution aval représente l'ensemble des robinets thermostatiques de l'installation,

▷ les courbes caractéristiques du RTH et de la soupape sont supposées être linéaires (la courbe caractéristique est décrite par la fonction  $K_v = f(Y)$ ),

▷ la hauteur manométrique de la pompe est supposée constante,

▷ le coefficient  $Z$  de la tuyauterie de bippasse est supposé négligeable devant celui de la soupape,

▷ la soupape est juste fermée lorsque la DPD aux bornes est égale à la DPD nominale. Dans ces conditions toute augmentation de pression consécutive à la fermeture plus ou moins partielle du RTH provoque l'ouverture progressive de la soupape.

Cela implique que la soupape soit bien réglée :

Le principe général adopté pour étudier numériquement le schéma de la figure 1 consiste à calculer de deux

façons différentes le débit total de l'installation (c'est-à-dire le débit à la pompe).

$$\left. \begin{array}{l} \text{pression différentielle de fermeture de la soupape} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{perte de pression nominale du réseau de distribution aval} \end{array} \right.$$

Pour automatiser la procédure itérative décrite ci-après on peut utiliser le solveur EXCEL particulièrement efficace pour obtenir quasi instantanément la situation d'équilibre hydraulique recherchée.

Le tableau **figure 2** donne l'ensemble des formules et algorithmes de calcul utilisés.

Les étapes successives de la procédure sont les suivantes :

## Phase A : 1<sup>re</sup> détermination du débit total

1<sup>o</sup>) Calcul du coefficient  $Z$  de la branche BRA (circuit aval) :

On se fixe la valeur de  $Y_1$  (degré de fermeture des robinets thermostatiques)

$$Z_{BRA} = Z_C + (Z_{RO} / Y_1^2)$$

$Z_C$  = coefficient  $Z$  du circuit aval (hors RTH)

$Z_{RO}$  = coefficient  $Z$  du RTH à la levée nominale

2<sup>o</sup>) Calcul de la perte de pression aval. On entre une valeur arbitraire du débit aval  $D_{BRA}$ .

$$\Delta P_{BRA} = Z_{BRA} \cdot D_{BRA}^2$$

3<sup>o</sup>) Calcul de l'augmentation de pression aux bornes du circuit aval (c'est aussi, par définition, l'augmentation de pression aux bornes du bippasse) :

$$\Delta P = \Delta P_{BRA} - \Delta P_{BRA \text{ nominal}}$$

4<sup>o</sup>) Calcul du degré d'ouverture de la soupape :

$$Y_2 = \frac{\Delta P}{BP}$$

5<sup>o</sup>) Calcul du coefficient  $Z$  du bippasse :

$$Z_{BA} = \frac{Z_{SO}}{Y_1^2}$$

6<sup>o</sup>) Calcul du débit de bippasse :

$$D_{BA} = D_{BRA} \cdot \left( \frac{Z_{BRA}}{Z_{BA}} \right)^{0,5}$$

7<sup>o</sup>) 1<sup>re</sup> détermination du débit total :

$$D_1 = D_{BA} + D_{BRA}$$

## Phase B : 2<sup>e</sup> détermination du débit total

8<sup>o</sup>) Calcul du coefficient  $Z$  de la maille 1 fermée :

$$Z = \frac{(Z_{BA} \cdot Z_{BRA})}{(Z_{BA}^{0,5} + Z_{BRA}^{0,5})^2}$$

9<sup>o</sup>) Calcul du coefficient  $Z$  total ( $ZZ$ ) :

$$ZZ = Z + Z_{APB}$$

10<sup>o</sup>) 2<sup>de</sup> détermination du débit total :

$$D_2 = \left( \frac{HM}{ZZ} \right)^{0,5}$$

# Notes de calcul en thermique et hydraulique

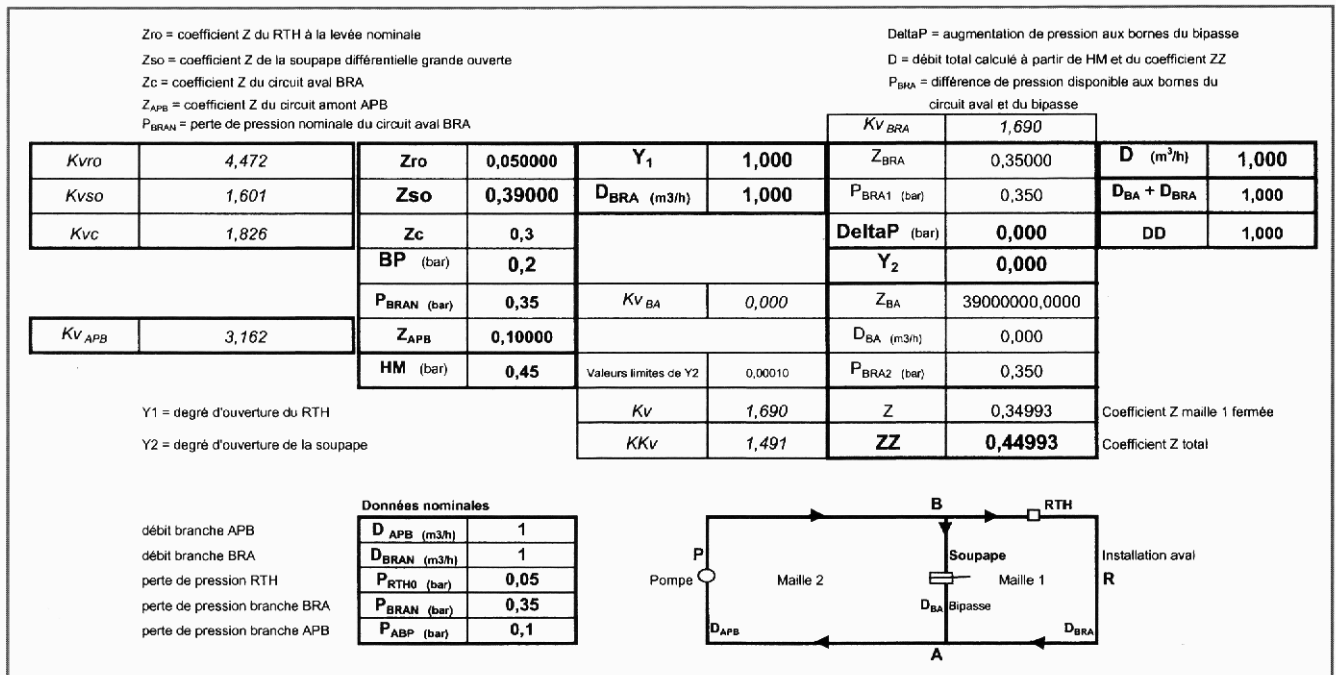


Figure 3. Situation nominale.

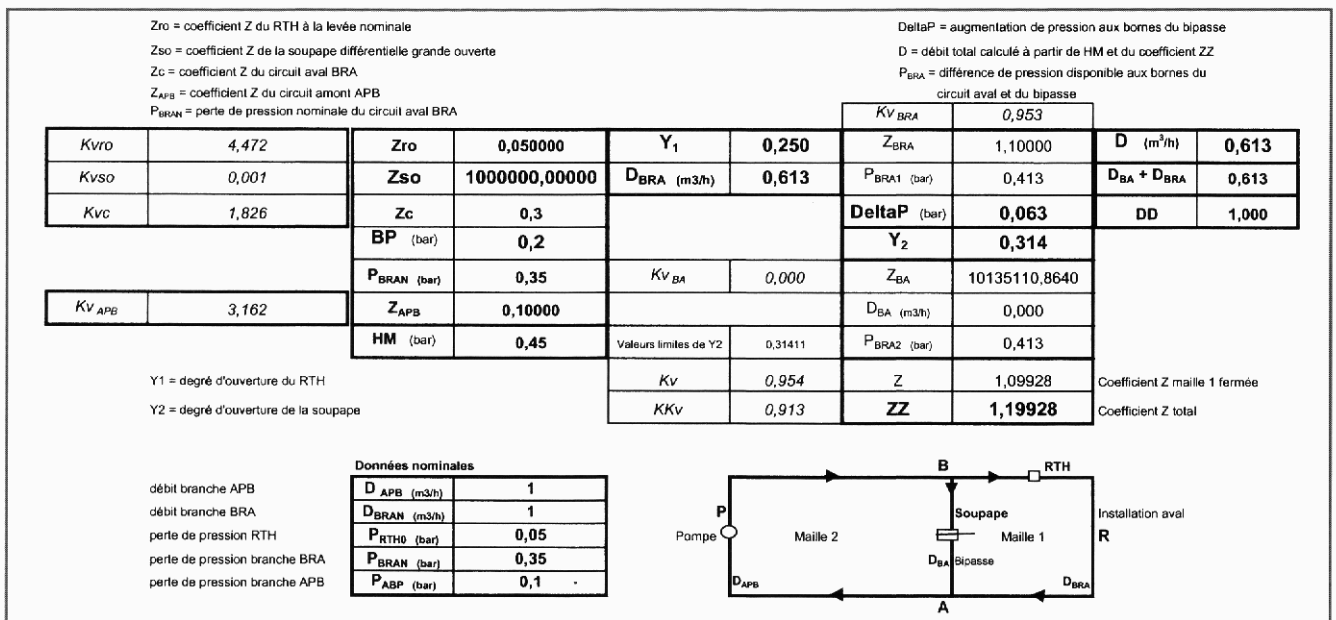


Figure 4. Situation de fermeture partielle des RTH en l'absence de soupape.

Si cette nouvelle valeur de D2 est différente de la première valeur calculée D1, il faut modifier la valeur de D<sub>BRA</sub> initialement choisie et recommencer les calculs autant de fois qu'il est nécessaire pour obtenir l'égalité D1 = D2.

Le tableau **figure 3** donne l'état nominal d'une installation correspondant au schéma de la figure 1.

Le débit total est de 1 m³/h et la DPD aux bornes du réseau de distribution est de 0,35 bar.

Le tableau **figure 4** donne l'état de l'installation en cas de fermeture partielle des robinets thermostatiques et en l'absence de soupape différentielle.

Le débit total s'abaisse à 0,613 m³/h et la DPD aux bornes du réseau de distri-

bution est de 0,413 bar, ce qui correspond à une augmentation de 0,063 bar.

Le tableau **figure 5** reprend les données du précédent tableau mais cette fois avec une soupape différentielle dont les caractéristiques sont les suivantes :

Kv<sub>so</sub> = 1,601 et BP = 0,2 bar

# Notes de calcul en thermique et hydraulique

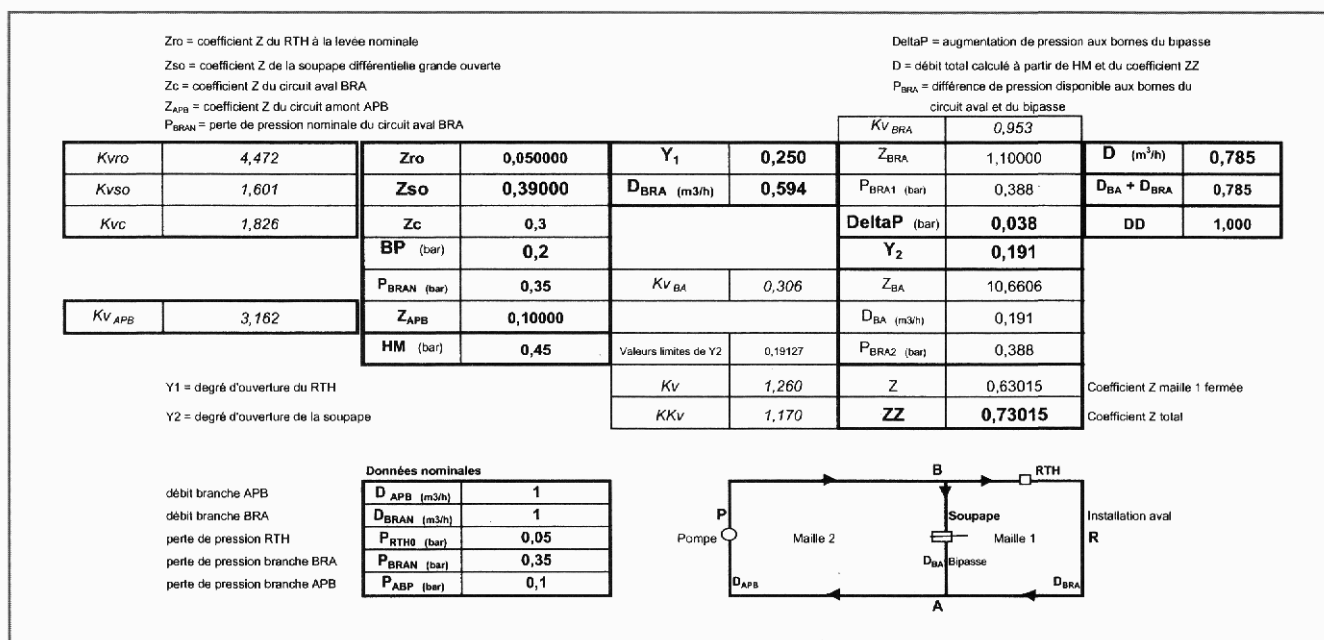


Figure 5. Situation de fermeture partielle des RTH avec soupape K<sub>vso</sub> = 1,601 et BP = 0,2.

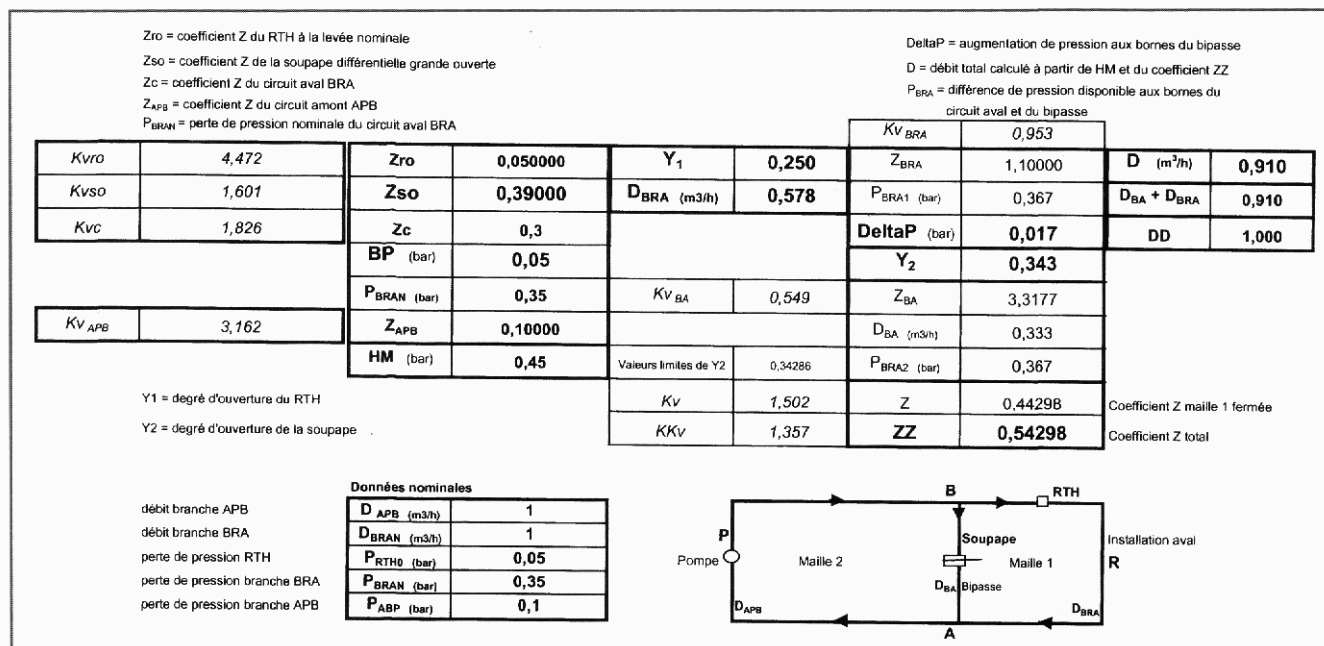


Figure 6. Situation de fermeture partielle des RTH avec soupape K<sub>vso</sub> = 1,601 et BP = 0,05.

On obtient alors un débit total égal à 0,785 m³/h et une DPD de 0,388 bar ce qui correspond à une augmentation de 0,038 bar (au lieu de 0,063 bar en l'absence de soupape).

L'amélioration des conditions de fonctionnement apportée par la soupape est flagrante!

Le tableau **figure 6** reprend les mêmes données que précédemment à une différence près : la bande proportionnelle de la soupape est réduite à 0,050 bar.

Dans ces conditions le débit total est égal à 0,910 m³/h et la DPD ne

dépasse pas 0,367 bar (à comparer à la valeur nominale de 0,350 bar).

Cette fois les résultats obtenus sont tout à fait satisfaisants...

En complément de ces quelques exemples le lecteur pourra à sa guise multiplier les simulations numériques

afin d'apprécier en particulier l'incidence :

- ▷ de la perte de pression nominale amont ( $Z_{APB}$ ),
- ▷ du coefficient  $K_{vso}$  de la soupape,
- ▷ de la bande proportionnelle BP de la soupape.

Il pourra, entre autres, déterminer dans quelle mesure il est possible de compenser une grande bande proportionnelle par un coefficient  $K_{vso}$  élevé et acquérir ainsi, au fil des simulations

successives, une véritable "connaissance" du système sans laquelle il est bien difficile de dimensionner convenablement une soupape différentielle en vue d'obtenir des résultats précisément définis en termes de débit et de pression.

Il pourra aussi vérifier que l'efficacité de la soupape, qui se traduit par le maintien du débit total et de la DPD à l'entrée du réseau de distribution à des valeurs aussi proches que possible des valeurs nominales, est d'une façon

générale d'autant plus grande que son coefficient  $K_{vso}$  est élevé et que sa bande proportionnelle BP est faible. ■

# THERMIQUE APPLIQUÉE AUX BÂTIMENTS

**D. HERNOT ET G. PORCHER**

Synthèse des données de base relatives aux procédés d'isolation, de chauffage et de ventilation des bâtiments.

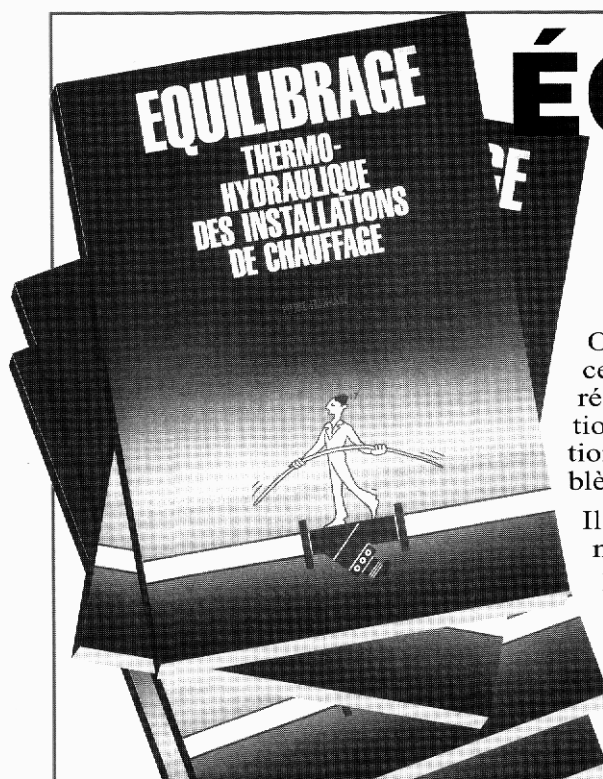
La première partie traite des lois fondamentales régissant les transferts de chaleur. Les auteurs se sont volontairement limités à l'étude des régimes permanents qui sont utilisés dans la plupart des projets. Ces lois sont immédiatement appliquées au génie climatique.

L'approche en seconde partie du bilan thermique des locaux conduit à la détermination des besoins en chaleur et aux techniques de l'isolation thermique.

**LES ÉDITIONS PARISIENNES**  
6, passage Tenaille  
75014 PARIS  
Tél. : 01 45 40 30 60  
Fax : 01 45 40 30 61



► SERVICE LECTEUR N°2613 ◀



**370 F**  
TTC franco

## ÉQUILIBRAGE

**THERMO-HYDRAULIQUE  
DES INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE**

**P. FRIDMANN**

Ouvrage à la fois pédagogique et pratique destiné à tous ceux qui ont à concevoir, à réaliser et à exploiter des réseaux de distribution de fluides, qu'il s'agisse d'installations de chauffage, d'eau chaude sanitaire ou de climatisation, et plus particulièrement à ceux préoccupés par les problèmes d'équilibrage hydraulique de ces réseaux.

Il est divisé en quatre parties principales dont les deux premières sont presque exclusivement consacrées aux règles pratiques et d'équilibrage des installations neuves ou existantes, du diagnostic aux calculs, et des calculs aux méthodes de réglage *in situ*.

Deux autres chapitres fournissent des éléments de base de l'hydraulique appliquée au génie climatique.

204 pages, 163 figures, 4 programmes informatiques.

**LES ÉDITIONS PARISIENNES**  
6, passage Tenaille - 75014 PARIS  
Tél. : 01 45 40 30 60 - Fax : 01 45 40 30 61

► SERVICE LECTEUR N°2614 ◀