



Introduction au comptage de l'énergie thermique

1 - Pourquoi mesurer l'énergie thermique	2
2 - Composition d'un compteur d'énergie / Compteurs compacts et séparés	3 à 6
3 - Schémas d'installation d'un compteur d'énergie thermique	7 à 9
4 – Comparaison entre les différents types de mesureurs de débit	10 à 11
5 - Fonction du calculateur : calcul de la puissance thermique et cumul de l'énergie	12 à 16
6 – Dimensionnement d'un compteur d'énergie thermique	17 à 19
7 – Réglementation des compteurs d'énergie	20 à 25

POURQUOI MESURER L'ENERGIE THERMIQUE

- Connaître les quantités d'énergie produites par une chaudière et consommées par les circuits des utilisateurs
 - Connaître le rendement des installations
 - Adapter la production d'énergie thermique à la demande des circuits des utilisateurs
 - Détecter des anomalies de consommation (surconsommations qui peuvent parfois être facilement réduites).
 - Valider de manière normalisée et fiable les quantités d'énergie thermique effectivement produites (ce qui conditionne par exemple les aides financières de l'ADEME à la production réelle d'une chaudière).
 - Permettre la vente d'énergie thermique en se basant sur la consommation réelle du client
-

COMPOSITION D'UN COMPTEUR D'ENERGIE

Un compteur d'énergie thermique est toujours constitué de 3 éléments :

1^{er} élément : Un mesureur de débit (appelé parfois mesureur, ou débitmètre, ou compteur d'eau) : dispositif de mesure du débit du fluide caloporteur



COMPOSITION D'UN COMPTEUR D'ENERGIE

2^{ème} élément : Deux sondes de température, qui mesurent la température sur le tuyau de départ et sur le tuyau retour

Les sondes sont caractérisées par 3 paramètres :

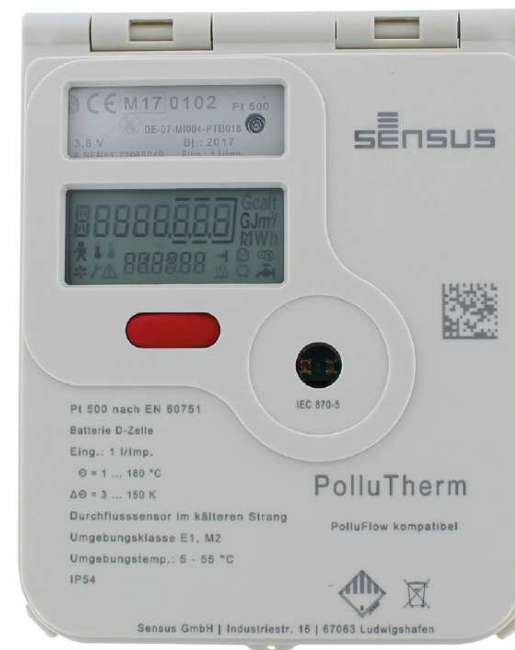
- Type de sonde Pt100 ou Pt500
- Longueur de la sonde : 45, 100 ou 150 mm
- Longueur du câble

Les sondes doivent être installés dans des supports spécifiques: robinet porte-sonde (DN15/20) ou doigt de gant. (cf règles d'installation dans le guide de pose des compteurs d'énergie.



COMPOSITION D'UN COMPTEUR D'ENERGIE

3^{ième} élément : Un calculateur (appelé parfois intégrateur ou concentrateur) :
automate qui récupère et traite les données transmises par le mesureur et les sondes. Il calcule la puissance thermique instantanée et fait le cumul de cette puissance instantanée, qui constitue l'énergie thermique consommée par un circuit. L'unité légale de mesure de l'énergie est le MegaWatt.heure (MWh)



COMPTEUR COMPACT OU SEPARÉ

Les 3 éléments peuvent être dissociés ou faire partie d'un ensemble complet (compteur compact).

Compteurs compacts

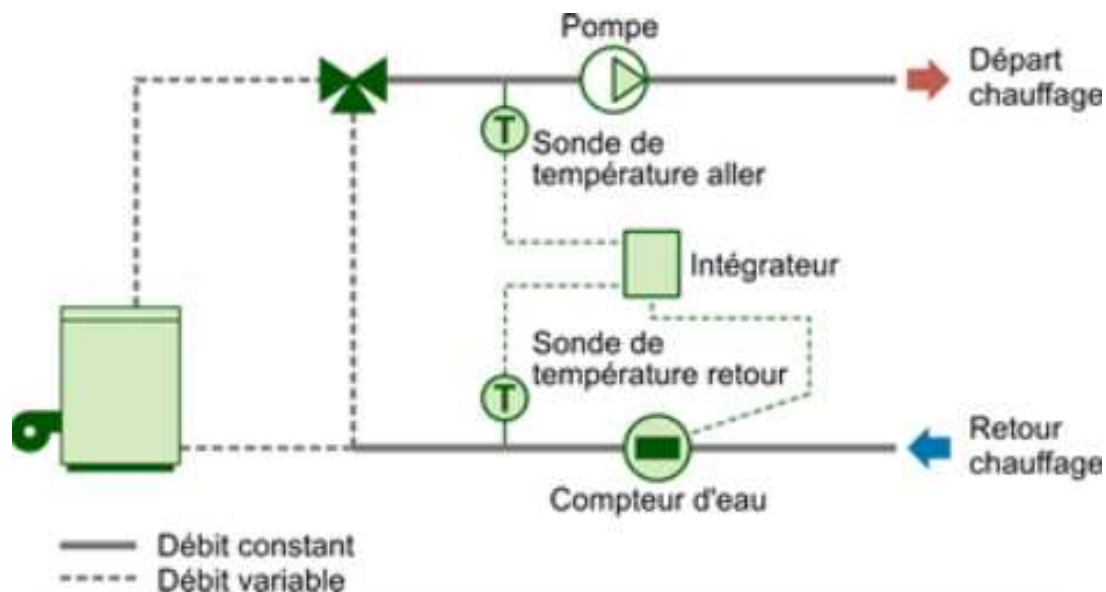
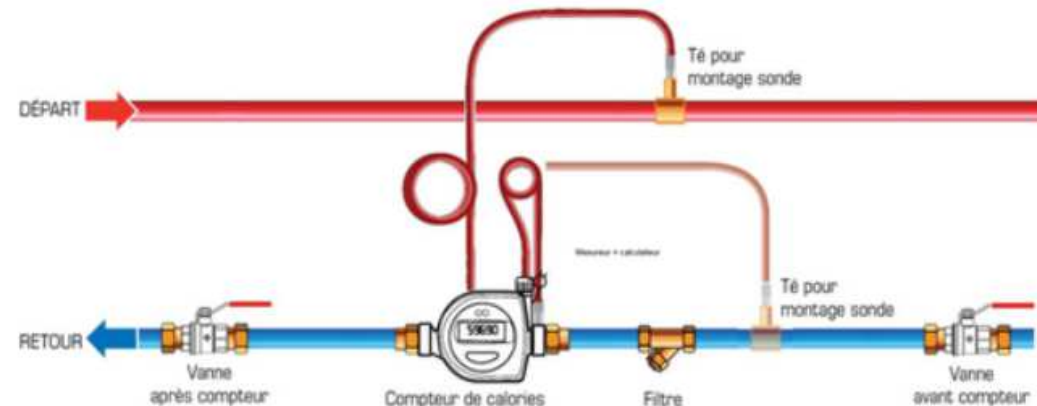


Compteurs séparés

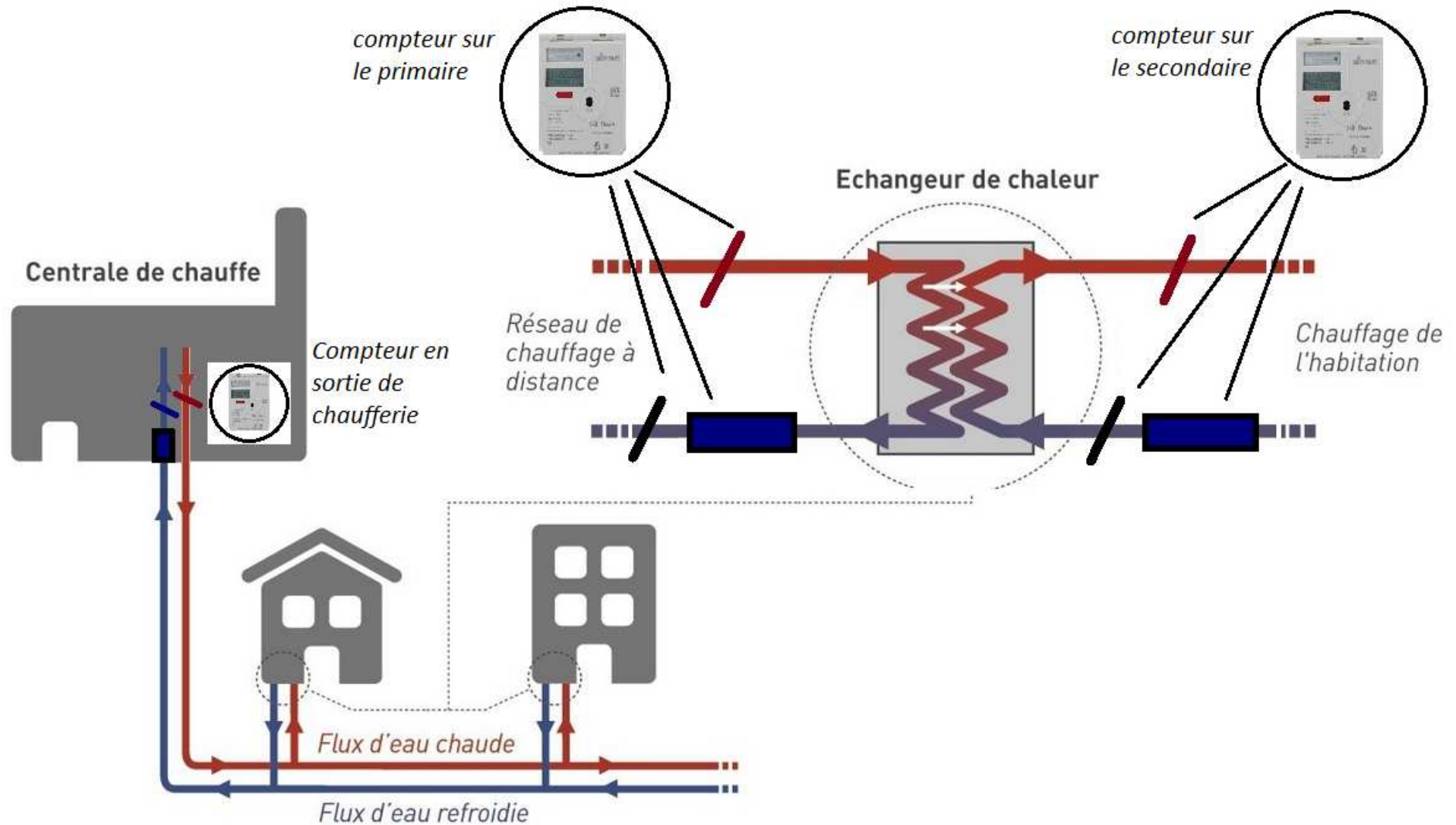


SCHEMA D'INSTALLATION D'UN COMPTEUR D'ENERGIE

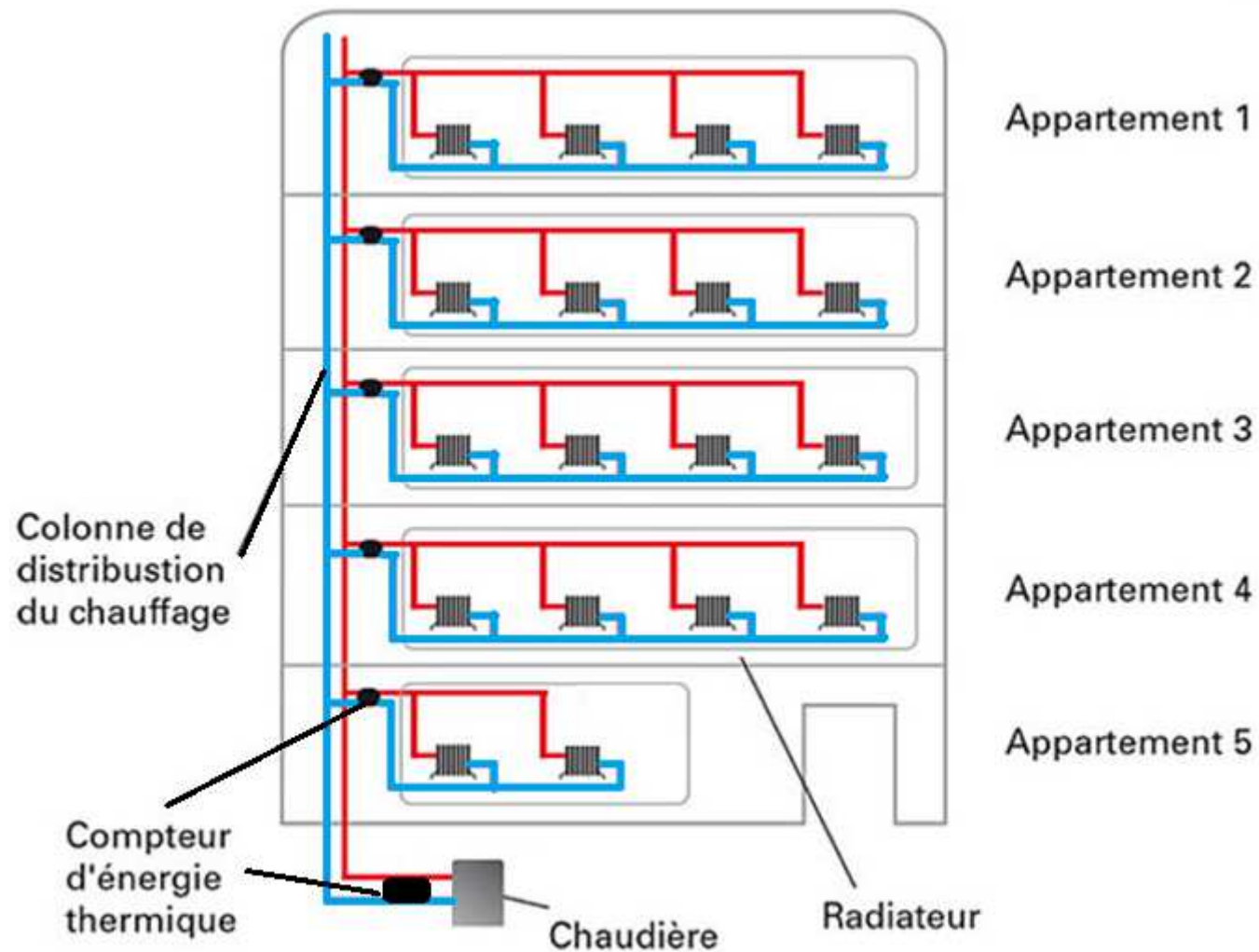
Quelque soit l'installation, le compteur d'énergie doit être installé sur un circuit fermé, avec un départ et un retour clairement identifiés.



RESEAU DE CHAUFFAGE URBAIN



A L'ECHELLE D'UN BATIMENT : COMPTAGE/SOUS-COMPTAGE



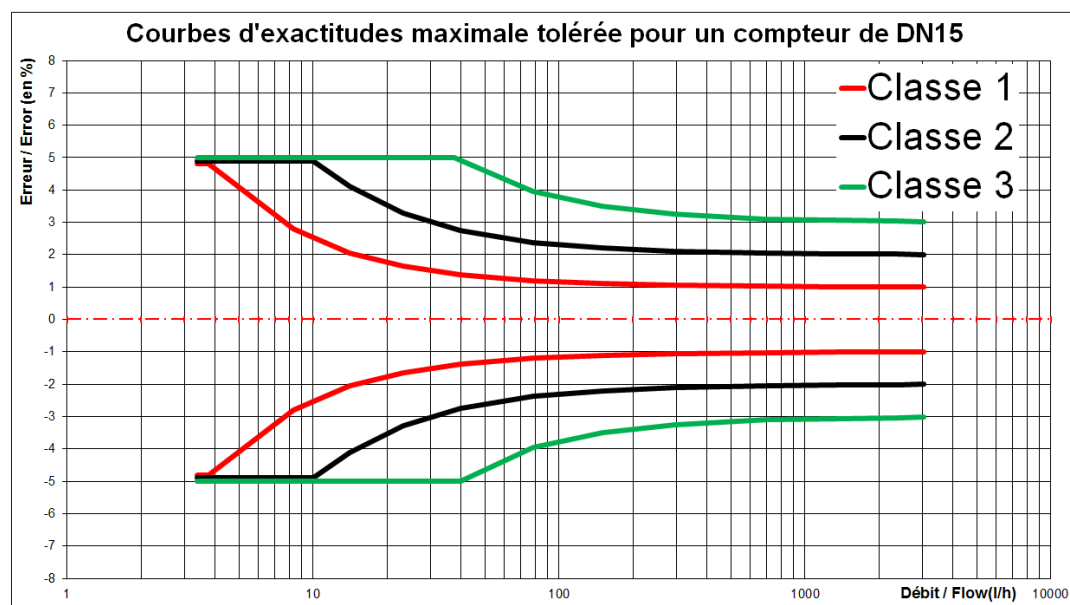
CHOIX D'UN MESUREUR DE DEBIT

	Mécanique	Ultrasons	Electromagnétique
Cout	Economique	Moyen	Elevé
Pertes de charges	Elevées	Faibles/Très faible	Négligeable
Qualité métrologique	Moyenne	Haute	Haute
Risques de blocage	Elevés	Faibles	Négligeables
Compatibilité glycol	Oui	???	???
Sensibilité aux bulles d'air	Non	Oui	Non

EXIGENCES D'EXACTITUDE DES MESUREURS DE DEBIT

La norme EN 1434-1 définit 3 classes d'exactitude pour les mesureurs de débit:

Classe d'exactitude	Exactitude E_F (en l/s)	Exactitude E_F maximale tolérée (%)
Classe 1	$E_F = \pm (1 + 0,01 Q_n/Q)$	pas plus de $\pm 3,5 \%$
Classe 2	$E_F = \pm (2 + 0,02 Q_n/Q)$	pas plus de $\pm 5 \%$
Classe 3	$E_F = \pm (3 + 0,05 Q_n/Q)$	pas plus de $\pm 5 \%$



CALCUL DE LA PUISSANCE THERMIQUE

Il est nécessaire de mesurer:

- **Le débit massique du liquide caloporteur**
- **La différence de température du liquide caloporteur entre l'entrée et la sortie du circuit**

La puissance thermique transmise par le liquide caloporteur au circuit utilisateur est la suivante:

$$P_{th} = Q_m * (T_1 - T_2) * C_p$$

P_{th} : Puissance thermique en W

Q_m : débit massique du liquide caloporteur en kg/s

T_2 et T_1 : température en entrée et en sortie du circuit en °C

C_p : coefficient calorifique du liquide caloporteur en Joule/kg.°C

CALCUL DU DEBIT VOLUMIQUE, DU Cp ET DE LA MASSE VOLUMIQUE

Le débit massique est obtenu à partir du débit volumique (fourni par le mesureur de débit):

$$Q_m = Q_v * \rho / 3600$$

Q_m : débit massique du liquide (en kg/s)

Q_v : débit volumique (en m³/h : unité usuelle des mesureurs de débit)

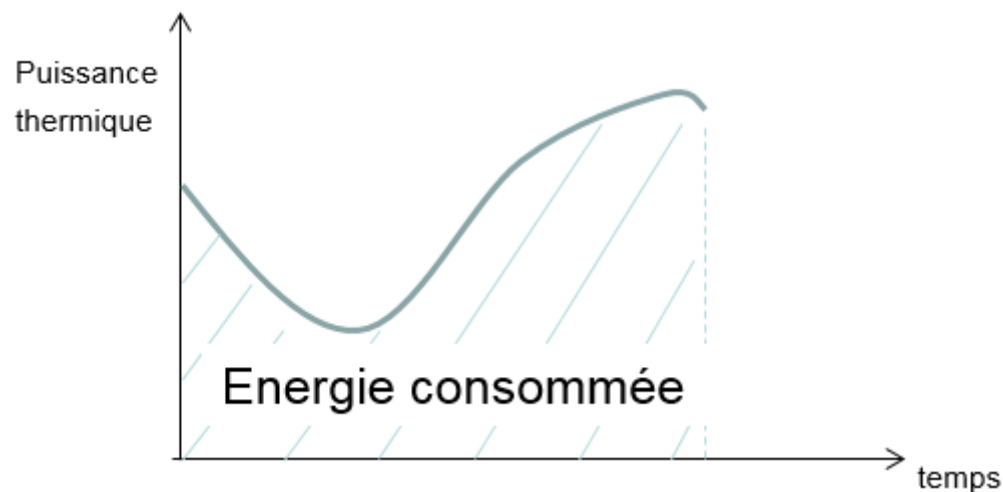
ρ : masse volumique du fluide (en kg/m³)

On utilise des tables de valeurs, en fonction de la température :

Température de l'eau (en °C)	Cp de l'eau (en J/kg/°C)	Masse volumique de l'eau (en kg/m ³)
50	4 182	988
100	4 217	958
150	4 312	917
200	4 489	865
250	4 857	799
300	5 744	712

CALCUL DE LA PUISSANCE THERMIQUE

L'énergie thermique consommée est le cumul au fil du temps de la puissance thermique. L'énergie est l'intégration dans le temps de la puissance thermique.



L'énergie est donc une puissance thermique multipliée par un temps. L'unité légale est le MégaWatt.heure (MWh).

Une puissance de 1 kW pendant 1 heure correspond à un énergie consommée de 1 kW.h

1 kW.h est l'énergie nécessaire pour réchauffer de 1°C une quantité d'eau de 1 m³.

EXIGENCES D'EXACTITUDE DES CALCULATEURS

Conformément à la norme européenne EN 1434-1, le calculateur utilisé doit respecter les exigences d'erreur relative maximale calculées selon :

$$E_c = \pm (0,5 + \Delta T_{\min} / \Delta T)$$

Avec :

$\Delta T_{\min}$: limite minimale de l'étendue de la différence de température des sondes (°C)

ΔT : étendue réelle de la différence de température des sondes (°C)

EXACTITUDE GLOBALE D'UN COMPTEUR D'ENERGIE

L'exactitude composée du calcul de la production d'énergie thermique doit être évaluée en fonction de l'exactitude individuelle de chacune des grandeurs mesurées. L'exactitude composée du résultat d'une mesure, lorsque ce résultat est obtenu à partir d'autres grandeurs (débit, température, etc.), est égale à la racine carrée de la somme des variances de ces autres grandeurs.

- **Exemple** : Pour un calcul de production d'énergie thermique, l'exactitude totale E_{tot} dépend des mesures de débit F ($E_F = 2\%$), de l'exactitude des deux sondes de température $T01$ ($E_{T01} = 0,5\%$) et $T02$ ($E_{T02} = 0,5\%$) et de celle du calculateur/intégrateur ($E_C = 1\%$). L'exactitude totale composée sera :

$$E = ((0,2^2 + 0,2^2) + (0,05^2 + 0,05^2) + (0,1^2))^{1/2} = 2,35\%$$

DIMENSIONNEMENT D'UN COMPTEUR D'ENERGIE

Le choix du DN compteur se fait avant tout en fonction des débits de l'installation.

Un compteur est défini par un débit de référence appelé Q_p : débit permanent. Les normes définissent des débits permanents standards (Q_p) associés à chaque DN.

Exemple : Q_p 1,5 → DN15
 Q_p 2,5 → DN20
 Q_p 6 → DN 25 ou 32
 Q_p 10 → DN 40
 ...

Débit permanent	q_p	m ³ /h	0,6	1,5	1,5	2,5	6	6
Diamètre nominal	DN	mm	15	15	20	20	25	32
Longueur totale	L	mm	110	110	130	130	260	260
Débit de démarrage		l/h	1	2,5	2,5	4	7	7
Débit minimum	q_i	l/h	6	6 ¹⁾	6 ¹⁾	10 ¹⁾	24 ¹⁾	24 ¹⁾
Débit maximum	q_s	m ³ /h	1,2	3	3	5	12	12
Débit de pointe		m ³ /h	2,5	4,6	4,6	6,7	18,4	18,4
Pression maximum admissible	PN	bar	16/25	16/25	16/25	16/25	16/25	16/25
Perte de charge à q_p	Δp	mbar	85	75	75	100	128	128
Valeur impulsion test		ml/impulsion	5	10	20	20	50	50
Plage de température		°C	5 ... 130	5 ... 130	5 ... 130	5 ... 130	5 ... 150	5 ... 150
Coefficient de résistance au débit	Zeta		21,3	4,3	13,6	4	2,8	7,4

Lorsque l'information fournie est la puissance thermique de l'installation et le ΔT , on calcule le débit correspondant à partir d'une formule simplifiée:

$$Q = P_{th} / (1,136 * \Delta T) \quad \text{pour de l'eau chaude}$$

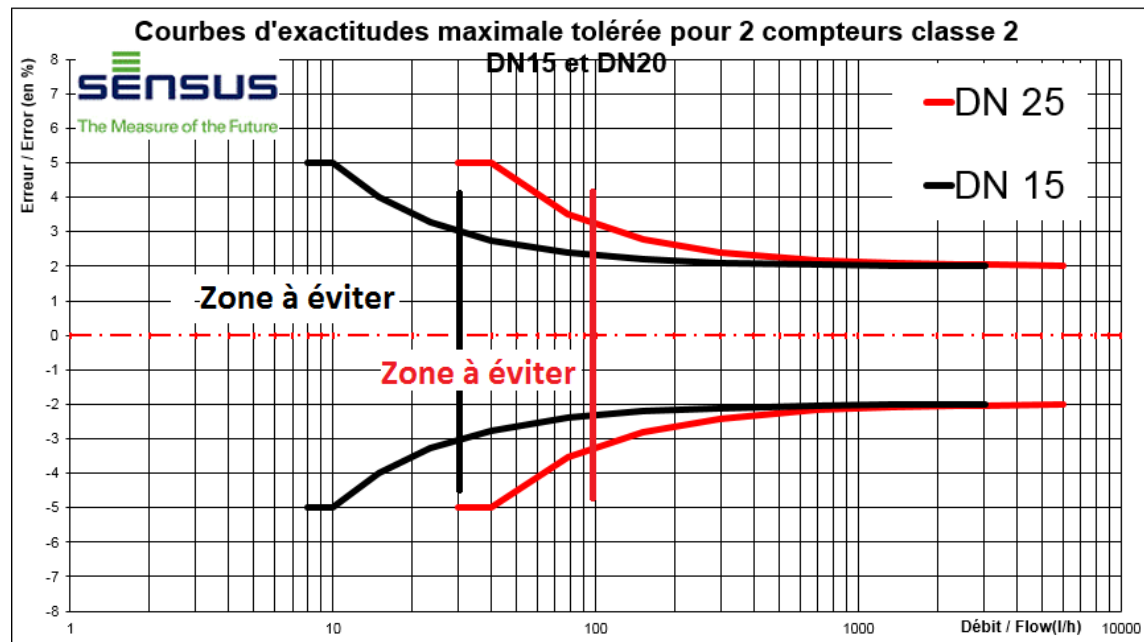
$$Q = P_{th} / (1,16 * \Delta T) \quad \text{pour de l'eau glacée}$$

DIMENSIONNEMENT D'UN COMPTEUR D'ENERGIE

Le dimensionnement d'un compteur (choix du DN) est toujours un compromis entre 2 exigences contradictoires :

- Choisir un DN compteur permettant de se situer dans la plage haute des débits, pour avoir une meilleure précision de la mesure du débit

Cela suppose de choisir un DN le plus petit possible.

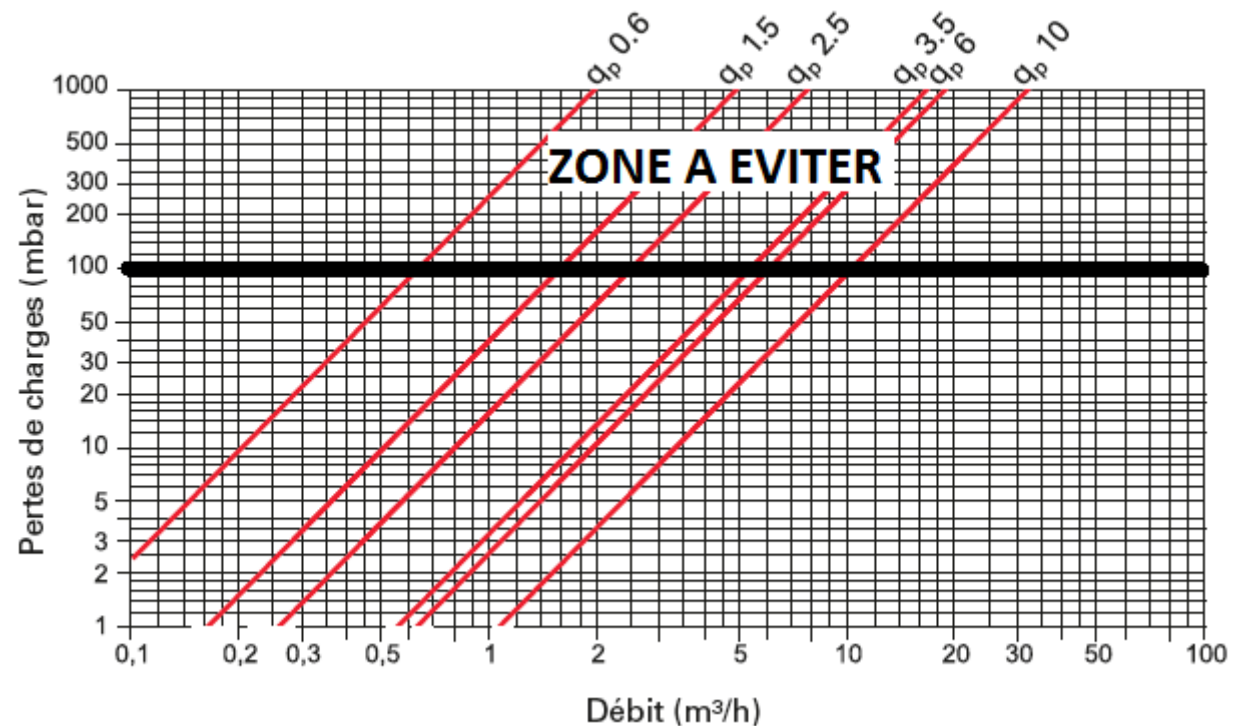


DIMENSIONNEMENT D'UN COMPTEUR D'ENERGIE

- Choisir un DN compteur permettant de limiter les pertes de charges

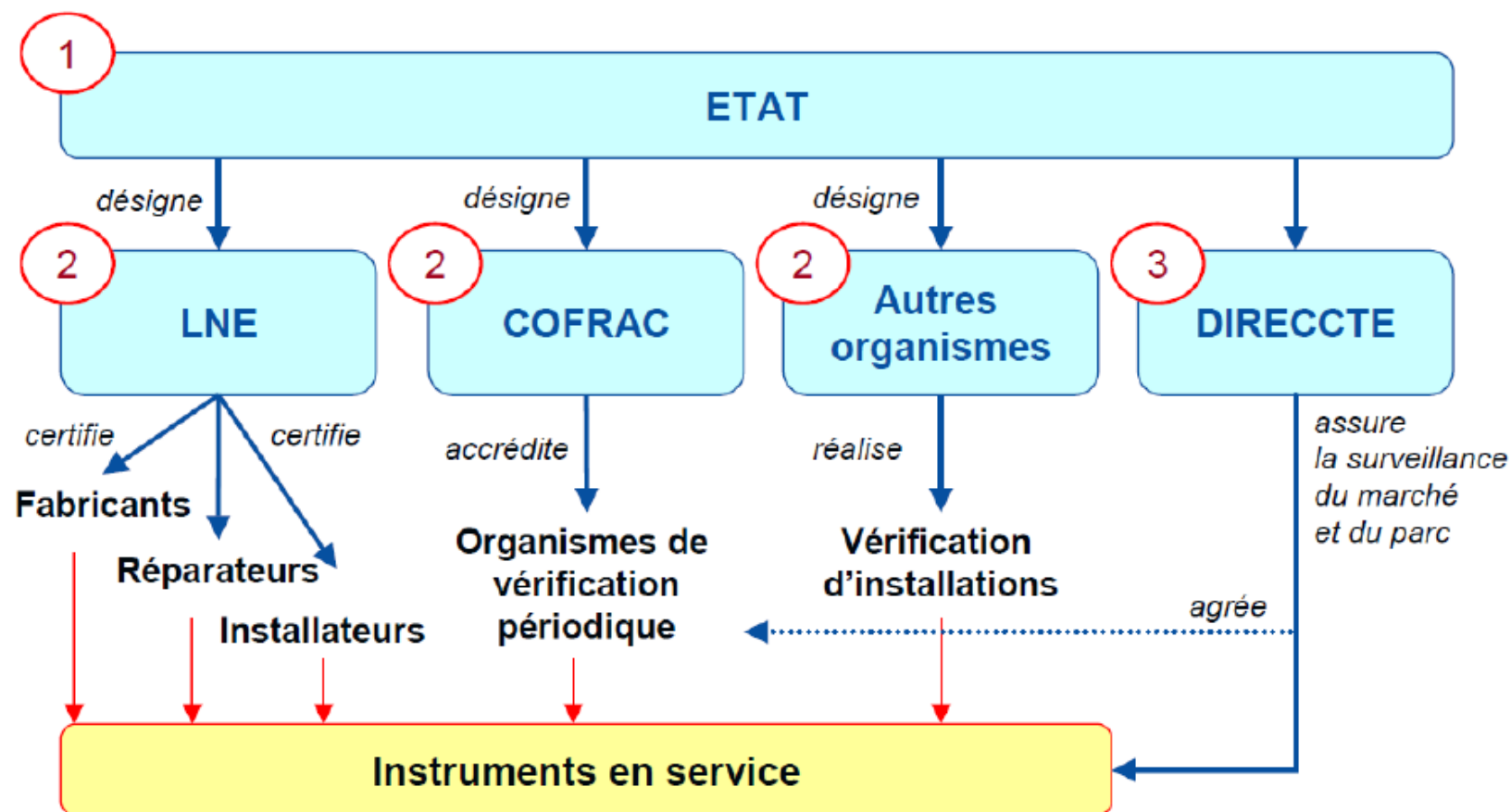
Cela suppose de choisir un DN le plus grand possible.

Habituellement, on essaie de ne pas dépasser 1m de colonne d'eau (0,1bar) de perte de charge



REGLEMENTATION : LA METROLOGIE LEGALE EN FRANCE

Comme tout appareil de mesure servant de support à une transaction commerciale, les compteurs d'énergie thermique sont soumis à la réglementation française et européenne sur les instruments de mesure.



REGLEMENTATION : DIRECTIVE MID

Les différentes réglementations nationales ont été unifiées par l'UE grâce à la Directive sur les Instruments de Mesures (MID) :

- Directive 2004/22/CE entrée en vigueur en 2006
- Directive 2014/32/UE entrée en vigueur en 2017

La MID réglemente pour chaque type d'instrument :

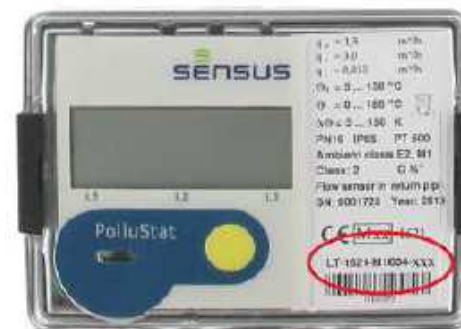
- la réalisation obligatoire d'un « examen de type » pour tout instrument de mesure mis sur le marché.
 - la vérification primitive de chaque instrument (en sortie de production)
 - l'installation et la mise en service de chaque instrument (sur site)
 - la vérification périodique des instruments en service
-

REGLEMENTATION : CERTIFICAT D'EXAMEN DE TYPE

L'examen de type doit être réalisé par un organisme désigné de l'Union Européenne (le LNE en France). Il inclut:

- la description de l'appareil de mesure
- la fourniture d'échantillons
- la réalisation de tests de fonctionnement et vérification des performances

Il donne lieu à la fourniture d'un Certificat d'Examen de Type (CET) que l'on appelle couramment « Approbation MID ». Le n° du certificat doit obligatoirement être mentionné sur chaque appareil.



REGLEMENTATION : VERIFICATION PRIMITIVE

En sortie de production, chaque instrument est testé sur un banc d'essai. L'erreur de mesure doit être obligatoirement inférieure aux EMT (Erreur maximale tolérée) définies par la réglementation. A la suite de cette vérification, un marquage métrologique est apposé sur chaque instrument:



REGLEMENTATION : INSTALLATION D'UN COMPTEUR D'ENERGIE

L'installation d'un compteur d'énergie thermique doit être réalisée par un installateur certifié, dont les procédures ont été validées par le LNE.

L'installation du compteur inclut:

- la pose du compteur sur la tuyauterie
- la Vérification de l'Installation : VI (ancienne VCI : Vérification de Conformité de l'Installation)
- l'installation des scellements (« plombage du compteur »)
- la fourniture d'un Certificat de Vérification

Dans la pratique, les principaux fabricants possèdent un agrément d'installateur, en sous-traitant la pose du compteur à leur client, après s'être assuré que les poseurs disposent des connaissances indispensables. Puis ils réalisent la VI et le plombage des compteurs.

REGLEMENTATION : VERIFICATION PERIODIQUE

La réglementation française n'impose pas de Vérification Périodique des compteurs d'énergie thermique.



Questions....



S.RAVET – SENSUS France – stephane.ravet@xyleminc.com
