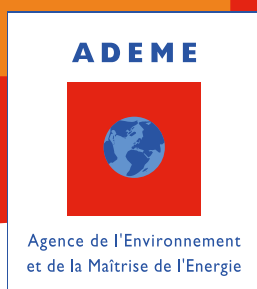


L'INSTRUMENTATION DES BÂTIMENTS

POUR UN SUIVI
DES CONSOMMATIONS
ÉNERGÉTIQUES



GUIDE TECHNIQUE

SOMMAIRE

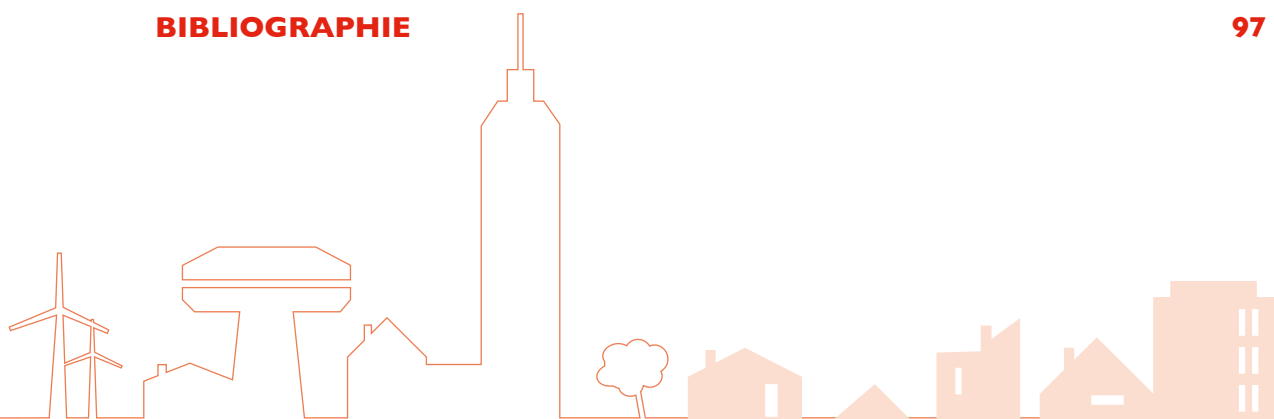
PRÉSENTATION DU GUIDE	4
L'INSTRUMENTATION DANS LES DIFFÉRENTES PHASES D'UN PROJET	5
1. MONTAGE ET PROGRAMME	6
A. OBJECTIFS CONTRACTUELS	6
B. OBJECTIFS RÉGLEMENTAIRES	7
2. CONCEPTION	9
3. RÉALISATION	10
4. RÉCEPTION ET MISE EN SERVICE	10
MATÉRIEL DE MESURE ET D'ACQUISITION	11
1. CAPTEURS DE TEMPÉRATURE ET D'HYGROMÉTRIE	12
A. TEMPÉRATURE D'EAU	12
B. TEMPÉRATURE EXTÉRIEURE	15
C. TEMPÉRATURE ET HYGROMÉTRIE AMBIANTES	17
D. TEMPÉRATURE ET HYGROMÉTRIE EN CONDUIT	19
2. COMPTEURS DE VOLUME	21
A. DÉBIT ET VOLUME D'EAU	21
B. VOLUME DE GAZ	24
C. VOLUME DE FIOUL	27
D. CONSOMMATION DES COMBUSTIBLES SOLIDES	29
3. COMPTEURS D'ÉNERGIE	30
A. ÉNERGIE ÉLECTRIQUE	30
B. ÉNERGIE THERMIQUE	31



4. AUTRES CAPTEURS	34
A. VITESSE D'AIR EN CONDUIT	34
B. ENSOLEILLEMENT	36
5. SOLUTIONS D'ACQUISITION	37
A. ÉMISSION DES DONNÉES	37
B. CONCENTRATION DES DONNÉES	39
C. TRANSMISSION DES DONNÉES	40

FICHES ÉTUDES DE CAS	43
1. MAISON INDIVIDUELLE AU GAZ	46
2. MAISON INDIVIDUELLE ÉLECTRIQUE	50
3. IMMEUBLE À CHAUFFAGE COLLECTIF (SUIVI SIMPLIFIÉ)	54
4. IMMEUBLE À CHAUFFAGE COLLECTIF (SUIVI DÉTAILLÉ)	59
5. IMMEUBLE À CHAUFFAGE COLLECTIF INDIVIDUALISÉ	66
6. IMMEUBLE À CHAUFFAGES INDIVIDUELS	70
7. BÂTIMENT TERTIAIRE – CHAUFFAGE FIOUL ET BOIS	74
8. BÂTIMENT TERTIAIRE – REFROIDISSEMENT ÉLECTRIQUE	78
9. BÂTIMENT TERTIAIRE – PAC RÉVERSIBLE	83
10. ECS SOLAIRE COLLECTIVE	88
11. VENTILATION DOUBLE FLUX	92

BIBLIOGRAPHIE	97
----------------------	-----------



PRÉSENTATION DU GUIDE

La mise en place d'une instrumentation adaptée est aujourd'hui indispensable pour suivre l'impact des travaux de maîtrise de l'énergie et pour inscrire, dans la durée, la performance énergétique des bâtiments et de leurs installations techniques.

La direction régionale Rhône-Alpes de l'ADEME a confié au COSTIC la réalisation de ce guide technique à destination des bureaux d'études techniques et installateurs pour l'instrumentation des bâtiments et de leurs équipements de génie climatique.

Grâce à cette instrumentation, la maîtrise d'ouvrage pourra mettre en place la réalisation d'un suivi énergétique, les entreprises pourront mettre au point de façon précise leurs installations techniques et en réaliser une exploitation optimale. Elle permettra aussi de rendre possible une contractualisation des économies d'énergie de type Contrat de Performance Énergétique.

La première partie, intitulée « **L'instrumentation dans les différentes phases d'un projet** », liste différents objectifs justifiant la mise en place d'un suivi énergétique, puis résume les principaux points à prendre en compte dans la définition du plan de comptage et des instruments à déployer, en insistant sur le rôle de chaque acteur tout au long du projet.

La seconde partie porte sur le « **Matériel de mesure et d'acquisition** ». Elle liste les solutions de mesure et de comptage utilisées dans les bâtiments. Différents types d'appareils courants y sont classés en fonction des grandeurs concernées.

Les bonnes pratiques permettant de choisir, dimensionner, placer et poser ces matériels sont détaillées. Par ailleurs, des renvois vers des ouvrages de référence plus complets permettent d'approfondir la recherche d'informations sur certains points.

La troisième et dernière partie porte sur des « **Études de cas** » appliquées à des configurations types, classées selon la nature et la destination du bâtiment et des équipements de génie climatique utilisés. Elle se compose de fiches regroupant les éléments essentiels à l'instrumentation d'une installation donnée :

- plan de comptage listant les grandeurs à relever ;
- schéma présentant l'emplacement des appareils et les exigences relatives à leur mise en œuvre ;
- extraits de CCTP relatifs à l'acquisition des données ;
- coûts indicatifs des matériels et de leur pose ;
- propositions de listes d'autocontrôle pour la réception de l'instrumentation.

Les principaux critères de choix et points de vigilance lors de la pose des instruments sont rappelés dans chaque fiche. Des références à la première partie permettent d'accéder rapidement à des informations complémentaires pour chaque capteur ou compteur utilisé.



L'INSTRUMENTATION DANS LES DIFFÉRENTES PHASES D'UN PROJET



**Description des tâches à mener
pour assurer un déploiement efficace
et économique de l'instrumentation**



Le choix des appareils de mesure et de comptage dépend de l'objectif que l'on souhaite remplir grâce à l'instrumentation déployée. Nous avons regroupé en trois grandes catégories les raisons qui peuvent justifier la mise en place d'un suivi énergétique :

- Pré-équipement : aide à la mise au point lors de la mise en service, aide à l'exploitation par des campagnes de mesures ponctuelles ;
- Comptabilité énergétique : suivi des consommations d'énergie globales ou par postes, répartition des charges, comparaison avec les années précédentes, etc.
- Suivi contractuel : mesures et vérifications (M&V) dans le cadre d'un contrat d'exploitation avec intéressement, d'un Contrat de Performance Énergétique (CPE) ou pour une installation subventionnée par le Fonds Chaleur ;
- Suivi détaillé des consommations : évaluation de rendements et bilans précis, interfaçage avec une GTB, réponse aux exigences de la Réglementation Thermique 2012, etc.

L'instrumentation doit être envisagée le plus tôt possible au cours du projet, afin d'assurer son efficacité et de minimiser son coût. Le plan de comptage peut être élaboré au début du projet et complété à chaque nouvelle étape.

L'INSTRUMENTATION DANS LES DIFFÉRENTES PHASES D'UN PROJET

I - MONTAGE ET PROGRAMME

À ce stade, les installations de génie climatique ne sont pas encore connues. Le maître d'ouvrage peut toutefois d'ores et déjà réfléchir à la nature et au niveau de détail du suivi qu'il souhaite mener. Des premiers choix peuvent être faits, notamment en ce qui concerne la relève des données (voir le chapitre 5. Solutions d'acquisition page 37) :

- **Relève manuelle, quelques fois par an ou par mois :** on procède par lecture d'index des compteurs et utilisation d'enregistreurs autonomes reliés aux capteurs ;
- **Télérelève automatique, plusieurs fois par jour :** une centrale de télégestion ou un système de GTB enregistre des données et les transmet automatiquement à distance.

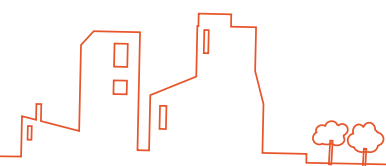
En ce qui concerne la nature et le niveau de détail du suivi, il convient de déterminer tout d'abord l'objectif que l'on souhaite remplir à l'aide de l'instrumentation.

A. OBJECTIFS CONTRACTUELS

■ CONTRATS D'EXPLOITATION

Les marchés d'exploitation de chauffage de personnes publiques sont soumis au Cahier des Clauses Techniques Générales [10]. Ce document définit plusieurs types de contrats, dont certains demandent de connaître :

- La quantité de **combustible** (gaz ou fioul) consommée, accessible à partir des factures ou par comptage ;





- › La quantité d'**énergie** fournie au réseau de chauffage (et éventuellement au système de production d'ECS), qui nécessite un compteur d'énergie ;
- › Les **besoins d'ECS**, qui nécessitent un compteur d'eau ;
- › Les **degrés-jours unifiés** (DJU), qui peuvent être obtenus par abonnement auprès du COSTIC ou déterminés sur place par une mesure de température extérieure.

■ GARANTIE DE RÉSULTATS ÉNERGÉTIQUES

L'amélioration énergétique d'un bâtiment ou l'exploitation de ses installations est de plus en plus souvent accompagnée d'une contractualisation des performances. Cette Garantie de Résultats Énergétiques (GRE) peut ainsi prendre la forme d'un Contrat de Performance Énergétique (CPE), dans lequel une consommation ou une économie d'énergie est garantie au maître d'ouvrage. Il est alors nécessaire de prévoir un plan de Mesures et Vérification, comme le définit par exemple le protocole IPMVP [9]. Ces opérations nécessitent de relever à intervalles réguliers des **quantités de combustibles ou d'énergie** et d'autres paramètres ayant valeur de variables explicatives comme la **température extérieure** par exemple.

Les installations de production d'énergies renouvelables (solaire thermique, géothermie, bois énergie) bénéficiant d'une subvention par le Fonds Chaleur doivent faire l'objet d'un suivi. Par exemple pour la filière solaire thermique, un plan de comptage simplifié est proposé, mais dans tous les cas l'**énergie solaire** utile doit être obligatoirement quantifiée, ce qui nécessite l'emploi d'un compteur d'énergie thermique.

B. OBJECTIFS RÉGLEMENTAIRES

Plusieurs textes de lois mentionnent le suivi des installations de génie climatique, selon qu'elles équipent un bâtiment à usage d'habitation ou non et selon qu'il s'agisse d'une construction neuve ou d'une rénovation :

- › La Réglementation Thermique 2012, portant sur les bâtiments neufs ;
- › Les Réglementations Thermiques dédiées aux bâtiments existants, en version « globale »¹ et « par élément », pour les opérations de rénovation ;
- › Le Code de la construction², qui traite de l'individualisation des frais de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire.

Les termes employés laissent cependant généralement le choix de la méthode : il peut être demandé de « suivre », « mesurer ou calculer » ou encore « permettre le suivi ». Il n'y a bien souvent pas d'obligation d'effectuer de véritables mesures et comptages au niveau des installations. Le suivi instrumenté est ainsi un moyen parmi d'autres de satisfaire aux réglementations.

■ LOGEMENTS NEUFS : ARTICLE 23 DE LA RT 2012³

Production d'ECS	Compteur(s) de facturation en limite de propriété (maison individuelle) ou en gaine palière (logements collectifs)
Chauffage	Comptages éventuellement confondus, estimés ensuite selon une clé de répartition
Refroidissement	Compteur(s) dédiés
Réseau de prises	Compteurs électriques
Autres	Compteurs électriques ou gaz pour la cuisson Compteurs électriques pour les auxiliaires (maison individuelle)

¹ Si le bâtiment est postérieur à 1948, d'une surface supérieure à 1000 m² et subit des travaux dépassant 25% du coût du bâtiment.

² Si le bâtiment est antérieur à 2001 et que sa consommation de chauffage dépasse 150 kWh /m².an.

³ La fiche d'application « Systèmes de mesure ou d'estimation des consommations en logement » [6] de l'ADEME précise la façon de répondre à cet article 23.



■ BÂTIMENTS TERTIAIRES NEUFS : ARTICLE 31 DE LA RT 2012

Production d'ECS	Consommations par poste de production
Chauffage	Consommations par tranche de 500 m ² ou par tableau électrique ou par étage ou par départ direct
Refroidissement	Consommations par tranche de 500 m ² ou par tableau électrique ou par étage ou par départ direct
Ventilation	Consommations par centrale
Éclairage	Consommations par tranche de 500 m ² ou par tableau électrique ou par étage
Réseau de prises	Consommations par tranche de 500 m ² ou par tableau électrique ou par étage
Autres réseaux électriques	Consommations par départ de plus de 80 A

■ LOGEMENTS RÉNOVÉS : ARTICLE 79 DE LA RT EXISTANT « GLOBALE »

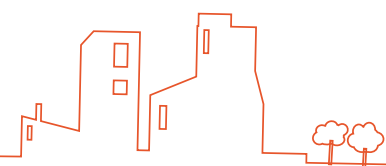
Production d'ECS	Consommations d'ECS en volume ou en énergie (éventuellement confondues avec celles de chauffage si le générateur est commun)
Chauffage	Consommations du ou des générateurs (éventuellement confondues avec celles d'ECS si le générateur est commun)

Conditions : le système de chauffage ou de production d'eau chaude sanitaire est collectif et dessert les logements en distribution horizontale.

■ BÂTIMENTS TERTIAIRES RÉNOVÉS : ARTICLE 80 À 84 DE LA RT EXISTANT « GLOBALE »

Production d'ECS	Consommations d'ECS en volume ou en énergie (éventuellement confondues avec celles de chauffage si le générateur est commun)
Chauffage	Consommations du ou des générateurs (éventuellement confondues avec celles d'ECS ou de refroidissement si le générateur est commun) Température ambiante pour chaque réseau de distribution de chaud
Refroidissement	Consommations du ou des générateurs (éventuellement confondues avec celles de chauffage si le générateur est commun) Température ambiante pour chaque réseau de distribution de froid
Éclairage	Consommation totale (sauf si réseau électrique inadapté)
Ventilation	Durée de fonctionnement de chaque centrale

Conditions : surface (> 400 m² chauffés ou refroidis, 1000 m² éclairés), nombre de lits (> 40) ou de repas (> 200) pour l'ECS.





■ BÂTIMENTS TERTIAIRES RÉNOVÉS : ARTICLE 35 DE LA RT EXISTANT « ÉLÉMENT PAR ÉLÉMENT »

Refroidissement	Consommations du ou des générateurs Température ambiante pour chaque réseau de distribution de froid
------------------------	---

Conditions : surface (> 400 m² refroidis).

■ LOGEMENTS COLLECTIFS RÉNOVÉS : ARTICLES R. 131-2 ET R. 131-10 DU CODE DE LA CONSTRUCTION

Production d'ECS	Consommations d'ECS en volume ou en énergie (éventuellement confondues avec celles de chauffage si le générateur est commun)
Chauffage	Consommations du ou des générateurs (éventuellement confondues avec celles d'ECS si le générateur est commun)

2- CONCEPTION

Les études d'avant-projet définissent la nature des équipements de génie climatique et leur gamme de puissance ou de taille. On peut dès lors commencer à bâtir le plan de comptage, en fonction de l'objectif recherché. Il s'agit tout d'abord de lister les appareils de mesure et de comptage requis ; un prédimensionnement grossier peut également être fait pour estimer le budget, et si nécessaire l'ajuster en simplifiant le plan de comptage.

La définition des principaux comptages et mesures souhaités est en outre indispensable à la bonne conception des installations. Il faut en effet tenir compte de ces contraintes dans le choix des réseaux hydrauliques, aérauliques et électriques, afin de rendre mesurables les grandeurs souhaitées.

Prévoir l'instrumentation des installations dès leur conception permet de poser les compteurs et capteurs **pendant le chantier**, ce qui garantit à la fois :

- › la qualité de leur mise en œuvre : les longueurs droites et les distances préconisées peuvent être facilement respectées, les câbles raccordant les points de mesures au système de télérelève intégrés dans les cloisons et les chemins de câble (ce qui évite d'avoir à recourir à des solutions radio) ;
- › un coût minimisé par rapport à une intervention sur une installation existante, qui nécessite d'arrêter les équipements, vidanger les réseaux hydrauliques, percer, enlever puis remettre les calorifuges...

Si le budget consacré à l'instrumentation n'est pas suffisant, il est possible de **pré-équiper** les réseaux hydrauliques, électriques et aérauliques afin d'économiser du temps et de l'argent en cas d'intégration d'appareils de mesure ultérieure.

À NOTER !

GUIDE TECHNIQUE
L'INSTRUMENTATION
DANS LES DIFFÉRENTES
PHASES D'UN PROJET

9



3- RÉALISATION

Les études d'exécution précisent les caractéristiques des équipements à installer et de leurs réseaux. Les données nécessaires au choix du matériel sont déterminées : plage de température, débit transitoire dans une canalisation, calibre d'une alimentation électrique... Le chiffrage exact du coût des instruments de mesure et de comptage peut être effectué dès cette étape.

Par ailleurs, les schémas d'exécution des réseaux hydrauliques, aérauliques et électriques ainsi que des gaines palières ou des câblages en logement doivent tenir compte de l'instrumentation prévue. Cela permet de déployer plus facilement du matériel a posteriori, d'éviter de recourir aux liaisons radio... Pour cela, il faut :

- › Prévoir des doigts de gants, des longueurs droites et des vannes d'isolement sur les canalisations en chaufferie et / ou en gaine palière ;
- › Prévoir des trous de mesure sur les conduits de ventilation ;
- › Intégrer aux chemins de câbles les raccordements des capteurs ou compteurs déportés de la chaufferie : sondes de température ambiante, sondes extérieures...
- › Concevoir les schémas électriques de façon à pouvoir équiper de compteurs les alimentations des équipements répertoriés.

4- RÉCEPTION ET MISE EN SERVICE

L'instrumentation en tant que telle doit faire l'objet d'une réception et d'une mise en service. Pour cela, des listes d'autocontrôle sont proposées dans les fiches de la troisième partie de ce guide. Il faut, en outre, vérifier le bon fonctionnement de l'éventuel système d'acquisition, source potentielle de nombreux dysfonctionnements.

Il peut être judicieux de réceptionner l'instrumentation assez tôt, puisque les capteurs et compteurs déployés peuvent aider à la **mise en service** et à la **mise au point** des équipements de génie climatique. Des informations sur les températures ou les débits, fournies par les instruments destinés au suivi, sont en effet nécessaires aux réglages initiaux des réseaux aérauliques et hydrauliques.

À NOTER !

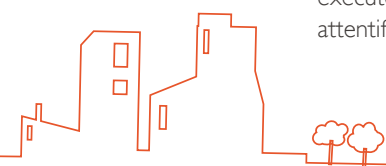
Le **pré-équipement** des installations de génie climatique a plusieurs intérêts :

- › Effectuer des campagnes de mesures ponctuelles en cas de dysfonctionnement ou pour évaluer leurs performances ;
- › Minimiser les coûts de pose et d'accessoires en cas de déploiement d'instruments de mesure laissés à demeure sur le site.

Pour cela, les réseaux aérauliques seront équipés de **trous de mesure** permettant de placer des sondes de température, d'hygrométrie ou de vitesse d'air, et de **registres d'équilibrage** à mesure de débit.

Les réseaux hydrauliques seront, eux, équipés de **doigts de gants** pour les sondes de température et de **vannes d'équilibrage** à lecture de débit. La mise en place d'un débitmètre nécessite de prévoir des **vannes d'isolement** placées aux extrémités d'une longueur droite d'un mètre environ. Il est également possible d'installer un débitmètre temporairement, pour une campagne ponctuelle : il faut pour cela prévoir des brides et une manchette de remplacement sur une longueur droite.

Lorsqu'une **procédure de télérelève** remontant automatiquement les données est mise en place, elle doit également faire l'objet d'une réception. Cela nécessite en effet de configurer le matériel de communication, paramétrer correctement le format d'envoi des fichiers... Toutes ces étapes doivent évidemment être soigneusement exécutées par le prestataire. Le maître d'ouvrage ou le bureau d'études bénéficiaire des données doit toutefois être attentif au bon fonctionnement de la télérelève au début de la période de suivi.





MATÉRIEL DE MESURE ET D'ACQUISITION



Capteurs et compteurs utilisés en génie climatique : critères de choix et de dimensionnement, préconisations relatives à l'emplacement et règles de mise en œuvre.



I - CAPTEURS DE TEMPÉRATURE ET D'HYGROMÉTRIE

A. TEMPÉRATURE D'EAU

– CHOIX

■ TECHNOLOGIE

Sondes à résistance métallique en platine ou nickel, désignées par leur résistance en ohms à 0°C (Pt 100, Ni 1000 par exemple), sous forme de :

- Sonde active constituée d'un boîtier électronique délivrant directement une valeur de température ;
- Sonde passive avec résistance métallique seule alimentée par l'automate, qui convertit la mesure de résistance électrique en température.

À NOTER !

Une Pt 1000 est **plus précise** qu'une Pt 100 lorsque les sondes sont câblées avec **2 fils** (voir ci-dessous Communication). Le câblage avec 3 fils offre la même précision avec toutes les sondes.

À NOTER !

Pour un compteur d'énergie, les sondes doivent être **appariées** (étalonnées 2 à 2) afin de réduire l'incertitude de mesure sur les écarts de température. Ce point doit être signalé au fournisseur lors de la commande.

■ ERREUR MAXIMALE TOLÉRÉE (EMT)

- Classe B soit +/- (0,3 + 0,005 x T) pour une mesure de température utilisée comme simple information ;
- Classe A soit +/- (0,15 + 0,002 x T) dans le cas d'une sonde utilisée par un compteur d'énergie.

EMT	0°C	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C
Classe A	+/- 0,15°C	+/- 0,19°C	+/- 0,23°C	+/- 0,27°C	+/- 0,31°C	+/- 0,35°C
Classe B	+/- 0,3°C	+/- 0,4°C	+/- 0,5°C	+/- 0,6°C	+/- 0,7°C	+/- 0,8°C

■ PLAGES DE MESURE

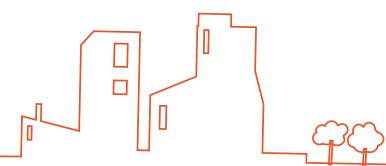
- -30 à 30°C sur des réseaux de refroidissement ;
- 0 à 50°C pour une température d'eau froide (réseau eau de ville) ;
- 0 à 80°C pour une température d'ECS (production, retour de bouclage) ou pour du chauffage basse température (planchers chauffants) ;
- 0 à 100°C pour du chauffage classique par radiateurs, ventilo-convecteurs, batteries.

■ COMMUNICATION

Pour sonde active : signal analogique type 4-20 mA ou 0-10V, avec 2 fils de 0,6 ou 0,75 mm² ;

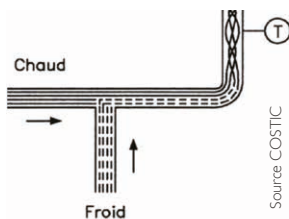
Pour sonde passive : câblage sur une entrée dédiée, avec 2, 3 ou 4 fils de 0,6 ou 0,75 mm² :

- 2 fils : le plus simple, mais possible uniquement avec des sondes de résistance élevée (500 ou 1000 ohms à 0°C) et sur des courtes distances ;
- 3 fils : le plus courant convient à toutes les sondes ;
- 4 fils : le plus précis mais rarement utilisé.



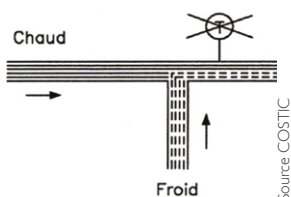
EMPLACEMENT

Les sondes doivent être placées dans une zone où la température de l'eau est homogène.



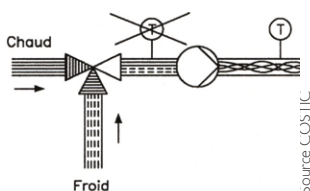
À PRIVILÉGIER

- › Les canalisations **verticales**, qui limitent la stratification ;
- › En aval d'un coude, d'un circulateur ou d'un compteur volumétrique, qui brassent les filets d'eau.



À ÉVITER

- › En aval d'une vanne à trois voies, d'un point de mélange, où l'écoulement peut encore être stratifié ;
- › En aval d'un ballon tampon, d'un générateur ou d'un échangeur : les canalisations peuvent être maintenues en températures par ces organes et fausser la mesure.



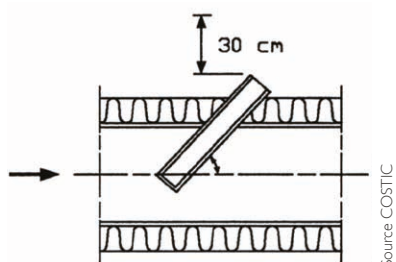
Si une sonde doit être installée en aval d'un tel élément, il convient de respecter une longueur droite suffisante de canalisation pour homogénéiser la température de l'écoulement. Une longueur équivalente à 10 fois le diamètre est recommandée.

POSE

- › **En doigt de gant** : la sonde est placée dans une excroissance soudée à l'intérieur de la canalisation ou dans un té ajouté entre deux tubes. Suffisamment précis pour les suivis, ne pose pas de difficultés ;
- › **Thermoplongée** : la sonde est insérée dans l'écoulement grâce à un raccord étanche. Meilleure précision et temps de réponse court, mais plus de contraintes : des vannes d'isolement sont nécessaires pour pouvoir enlever la sonde ;
- › **En applique** : la sonde est posée sur la canalisation et mesure la température de surface du tube. Peu couteux mais moins précis et plus délicat à mettre en œuvre.

DOIGT DE GANT

- › Placer le doigt de gant de telle sorte que son extrémité se trouve au centre de la canalisation et qu'elle forme un angle de 45°C à contre-courant de l'écoulement (sauf si un té est employé, dans ce cas la sonde est perpendiculaire) ;



- › Installer l'élément sensible de la sonde au fond du doigt de gant ;



Source COSTIC

Le doigt de gant atteint le centre de la canalisation, l'élément sensible de la sonde sera bien placé dans l'écoulement



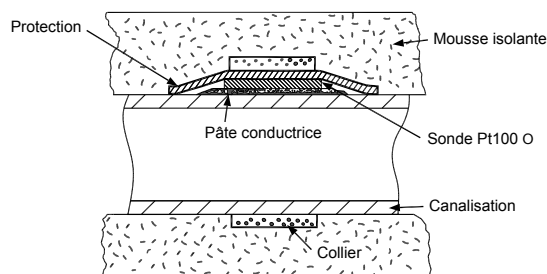
Source COSTIC

Le doigt de gant n'atteint pas le centre de la canalisation, la sonde ne sera pas immergée dans l'écoulement

- › Si possible, utiliser un couple sonde / doigt de gant **de même diamètre** : le contact est ainsi garanti. Sinon, remplir le doigt de gant avec de **l'huile thermique** adaptée pour faire contact tout autour de la sonde ;
- › **Fixer** l'assemblage pour que la sonde ne puisse pas bouger.

■ EN APPLIQUE

- › Enlever la peinture de la canalisation ;
- › Étaler de la pâte thermique sur le tube et placer la sonde par-dessus ;
- › Fixer avec un collier de serrage (ou du scotch aluminium) ;
- › Calorifuger l'assemblage



Source COSTIC



Source COSTIC

Sonde prévue pour un montage en applique, calorifuge reposé



Source COSTIC

Sonde à plongeur, pas adaptée à un montage en applique ; pas de pâte thermique ni de calorifuge

■ THERMOPLONGEUR

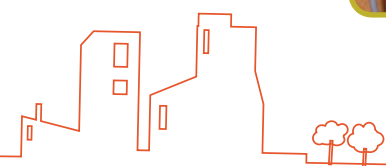
- › Poser des **vannes d'isolement** en amont et en aval du point de mesure ;
- › Percer la canalisation et installer un **raccord à olive** ;
- › Placer la sonde de telle sorte que son extrémité se trouve **au centre de la canalisation** et qu'elle forme un angle de 45°C à contre-courant de l'écoulement (sauf si un té est employé, dans ce cas la sonde est perpendiculaire) ;
- › **Visser** à l'intérieur de façon à garantir l'étanchéité de l'assemblage.



Source COSTIC

À NOTER !

Il est utile de **doubler** les doigts de gants pour faciliter la maintenance des sondes : on peut alors utiliser une sonde vérifiée pour facilement comparer la valeur mesurée par la sonde avec celle de la sonde témoin.



B. TEMPÉRATURE EXTÉRIEURE

CHOIX

TECHNOLOGIE

- › **Sondes à résistance métallique** en platine ou nickel, désignées par leur résistance en ohms à 0°C (Pt 100, Ni 1000 par exemple), sous forme de :
 - Sonde active constituée d'un boîtier électronique délivrant directement une valeur de température ;
 - Sonde passive avec résistance métallique seule alimentée par l'automate, qui convertit la mesure de résistance électrique en température.
- › Indice de protection du boîtier **IP 43** minimum (résistance à l'eau de pluie et aux petits corps solides) ;
- › **Abri ventilé** protégeant la sonde d'humidité du contact direct avec l'eau et empêchant le rayonnement solaire direct (le cas échéant).

PLAGE DE MESURE

De -30 à +50°C.

ERREUR MAXIMALE TOLÉRÉE (EMT)

Classe B soit +/- (0,3 + 0,005 x T).

EMT	0°C	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C
Classe B	+/- 0,3°C	+/- 0,4°C	+/- 0,5°C	+/- 0,6°C	+/- 0,7°C	+/- 0,8°C

COMMUNICATION

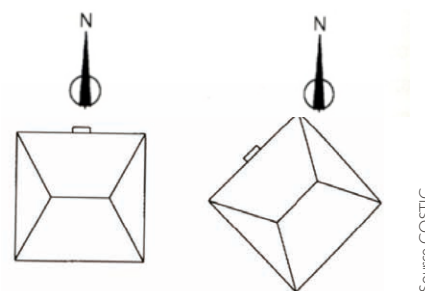
- › Pour sonde active : signal **analogique** type 4-20 mA ou 0-10 V, avec 2 fils de 0,6 ou 0,75 mm² ;
- › Pour sonde passive : câblage sur une entrée dédiée, avec 2, 3 ou 4 fils de 0,6 ou 0,75 mm² :
 - 2 fils : le plus simple, mais à restreindre aux sondes de résistance élevée (500 ou 1000 ohms à 0°C) et aux courtes distances ;
 - 3 fils : le plus courant convient à toutes les sondes ;
 - 4 fils : le plus précis mais rarement utilisé.

EMPLACEMENT

Ces sondes peuvent être installées **sur la façade** du bâtiment (comme celles utilisées pour la régulation) ou à **distance du bâtiment** sur un support dédié, afin de l'affranchir de l'influence de la température de la façade.

À PRIVILÉGIER

- › La façade orientée au nord, ou bien nord-ouest ;
- › Une hauteur de 3 mètres environ sur la façade, ou de 1,50 mètre pour une sonde sous abri météorologique.



À NOTER !

Une Pt 1000 est **plus précise** qu'une Pt 100 lorsque les sondes sont câblées avec **2 fils** (voir Communication). Le câblage avec 3 fils offre la même précision avec toutes les sondes.

■ À ÉVITER

- › La façade sud et le rayonnement solaire direct ;
- › Les sources de perturbations de la température (extraction d'air, conduit de fumées...) ;
- › Un emplacement exposé aux vents dominants.



Source COSTIC

La sonde est sur la façade nord, protégée du soleil par un abri ventilé anti-rayonnement



Source COSTIC

La sonde est dans un renforcement où la température est différente ; le rayonnement solaire est réfléchi par la toiture en-dessous

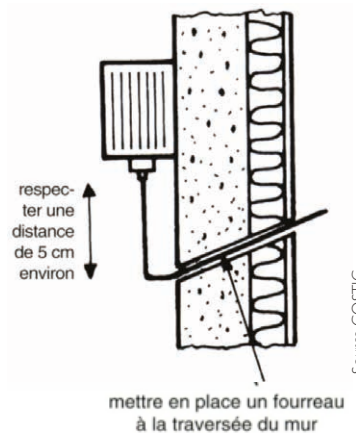
À NOTER !

Si une CTA ou une VMC double flux est présente dans le bâtiment, on peut placer la sonde de température **dans le conduit d'air neuf** (voir alors le chapitre D page 19 pour la détermination de l'emplacement). Il faut vérifier au préalable que la mesure n'est pas perturbée par la température dans le local ou par une batterie de dégivrage par exemple.

— POSE

En façade :

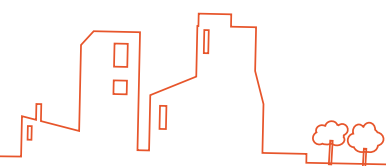
- › La sonde doit être vissée ou collée sur la façade selon les modèles ;
- › Si le raccordement est filaire, le passage du câble à travers la façade doit être incliné vers l'extérieur (percer en conséquence), équipé d'un fourreau et muni d'un bouchon d'étanchéité ;
- › Pour une liaison radio, voir le chapitre 5.A page 37.



Source COSTIC

Autres installations

- › À distance du bâtiment : utiliser un **abri météorologique** adapté, respecter les préconisations du fabricant.
- › Dans un conduit d'entrée d'air neuf : voir le chapitre D page 19.



C. TEMPÉRATURE ET HYGROMÉTRIE AMBIANTES

Les mesures de température et d'hygrométrie sont complémentaires dans l'évaluation du confort intérieur : elles sont donc souvent effectuées par le même appareil.

CHOIX

TECHNOLOGIE

- Température : **sondes à résistance métallique** en platine ou nickel, désignées par leur résistance en ohms à 0°C (Pt 100, Ni 1000 par exemple), sous forme de :
 - Sonde active constituée d'un boîtier électronique délivrant directement une valeur de température ;
 - Sonde passive avec résistance métallique seule alimentée par l'automate, qui convertit la mesure de résistance électrique en température.
- Hygrométrie : sondes à capteur **capacitif** sur un polymère.
- Indice de protection du boîtier **IP 30** minimum (résiste aux petits corps solides).

ERREUR MAXIMALE TOLÉRÉE (EMT)

- Température : classe B soit +/- (0,3 + 0,005 x T).

EMT	0°C	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C
Classe A	+/- 0,15°C	+/- 0,19°C	+/- 0,23°C	+/- 0,27°C	+/- 0,31°C	+/- 0,35°C
Classe B	+/- 0,3°C	+/- 0,4°C	+/- 0,5°C	+/- 0,6°C	+/- 0,7°C	+/- 0,8°C

- Hygrométrie : erreur maximale tolérée de +/- 5%.

PLAGE DE MESURE

- Température : 10 à 40°C ;
- Hygrométrie : 20 à 90%.

COMMUNICATION

- Hygrométrie et température : signal analogique type 4-20 mA ou 0-10V, avec 2 fils de 0,6 ou 0,75 mm² ;
- Température seulement, sonde à résistance métallique passive : câblage sur une entrée dédiée, avec 2, 3 ou 4 fils de 0,6 ou 0,75 mm² :
 - 2 fils : le plus simple, mais à restreindre aux sondes de résistance élevée (500 ou 1000 ohms à 0°C) et aux courtes distances ;
 - 3 fils : le plus courant convient à toutes les sondes ;
 - 4 fils : le plus précis mais rarement utilisé.

À NOTER !

Une Pt 1000 est **plus précise** qu'une Pt 100 lorsque les sondes sont câblées avec **2 fils** (voir ci-dessous Communication). Le câblage avec 3 fils offre la même précision avec toutes les sondes.

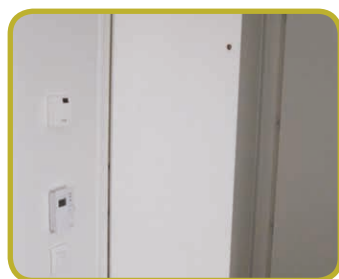
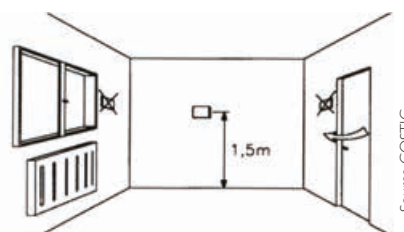
EMPLACEMENT

À NOTER !

Sous certaines conditions, la mesure de température et d'hygrométrie ambiante peut être effectuée par une sonde placée **dans un conduit de reprise d'air**. Le passage des conduits dans un volume non-chauffé et soumis à la température extérieure est toutefois rédhitoire. Quoi qu'il en soit, il faut au préalable vérifier que les conditions soient identiques en menant une campagne de mesures ponctuelle dans le conduit et dans l'ambiance. Voir le chapitre D page 19.

À PRIVILÉGIER

- Les **pièces de vie** (séjour, chambres) ;
- Un mur intérieur éloigné des fenêtres ;
- Une hauteur de **1,50 mètre** environ.



La sonde est discrète car proche du thermostat et de l'interrupteur, à la bonne hauteur



La sonde est dans un coin de la pièce et partiellement masquée par un meuble

À ÉVITER

- Les **pièces de service** (cuisine, salle de bain) où l'hygrométrie peut être élevée ;
- L'exposition au **rayonnement solaire direct** pour la mesure de température ;
- Les murs donnant sur l'extérieur et les angles des pièces, dont la surface plus froide peut perturber la mesure de température ;
- Toute source de perturbation de la température (émetteur de chaleur, entrée d'air...).

ÉCHANTILLONNAGE

Il n'est pas toujours possible ou même utile d'instrumenter l'ensemble des logements d'un immeuble collectif ou toutes les zones d'un bâtiment tertiaire. Un échantillonnage peut être fait à condition de choisir un nombre minimum de logements ; quelques préconisations :

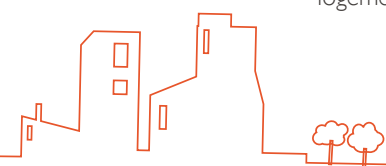
Logements dans le bâtiment	Jusqu'à 5	De 5 à 15	De 15 à 50	Plus de 50
Logements instrumentés	2	3	20%	10 à 20%

Par ailleurs, la sélection des logements doit se faire dans l'objectif de constituer un **panel représentatif** des différentes conditions auxquelles sont soumis les logements, en mixant :

- Les **orientations** : nord et sud, c'est-à-dire favorisé et défavorisé (pour ce qui est du chauffage, et inversement pour le rafraîchissement) ;
- Les **étages** : à des hauteurs plus ou moins importantes, pour tenir compte des éventuels déséquilibres hydrauliques ou aérauliques, mais aussi du vent ou des masques solaires différents.

Nombre d'étages	1 ou 2	3 ou 4	5 et plus
Nombre de logements instrumentés	2 : nord et sud	4 : nord bas, nord haut, sud bas, sud haut	6 : nord bas, nord centre, nord haut, sud bas, sud centre, sud haut

Enfin il faut veiller à ce que les différentes tailles de logements de l'immeuble soient représentées, en privilégiant les logements de taille moyenne type T3 ou T4.



D. TEMPÉRATURE ET HYGROMÉTRIE EN CONDUIT

Les mesures de température et d'hygrométrie sont complémentaires dans l'évaluation des installations de traitement d'air : elles sont donc souvent effectuées par le même appareil.

CHOIX

TECHNOLOGIE

- Température : **sondes à résistance métallique** en platine ou nickel, désignées par leur résistance en ohms à 0°C (Pt 100, Ni 1000 par exemple), sous forme de :
 - Sonde active constituée d'un boîtier électronique délivrant directement une valeur de température ;
 - Sonde passive avec résistance métallique seule alimentée par l'automate, qui convertit la mesure de résistance électrique en température.

Deux types de sondes possibles :

- Sondes de mesure **ponctuelle**, sous la forme d'un plongeur ;
 - Sondes de mesure moyenne constituées d'un capillaire à dérouler dans le conduit, plus précises.
- Hygrométrie : sondes à capteur **capacitif** sur un polymère.
 - Indice de protection du boîtier **IP 30** minimum (résiste aux petits corps solides).

Une Pt 1000 est **plus précise** qu'une Pt 100 lorsque les sondes sont câblées avec **2 fils** (voir ci-dessous Communication). Le câblage avec 3 fils offre la même précision avec toutes les sondes.

À NOTER !

ERREUR MAXIMALE TOLÉRÉE (EMT)

Température : classe B soit +/- (0,3 + 0,005 x T).

EMT	0°C	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C
Classe A	+/- 0,15°C	+/- 0,19°C	+/- 0,23°C	+/- 0,27°C	+/- 0,31°C	+/- 0,35°C
Classe B	+/- 0,3°C	+/- 0,4°C	+/- 0,5°C	+/- 0,6°C	+/- 0,7°C	+/- 0,8°C

Hygrométrie : erreur maximale tolérée de +/- 5%.

PLAGE DE MESURE

Température : -20 à 50°C ;
Hygrométrie : 20 à 90% .

COMMUNICATION

- Hygrométrie et température : signal **analogique** type 4-20 mA ou 0-10V, avec 2 fils de 0,6 ou 0,75 mm² ;
- Température seulement, **sonde à résistance métallique passive** : câblage sur une entrée dédiée, avec 2, 3 ou 4 fils de 0,6 ou 0,75 mm² :
 - 2 fils : le plus simple, mais à restreindre aux sondes de résistance élevée (500 ou 1000 ohms à 0°C) et aux courtes distances ;
 - 3 fils : le plus courant convient à toutes les sondes ;
 - 4 fils : le plus précis mais rarement utilisé.

— EMPLACEMENT

Les sondes de température et d'hygrométrie en conduit doivent être placées dans une zone dans laquelle ces paramètres sont **homogènes**.

■ À PRIVILÉGIER

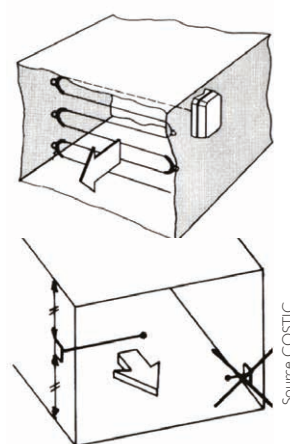
- › Une **longueur droite** suffisante en amont (de l'ordre de 2,5 diamètres en général), en particulier entre un laveur ou un humidificateur et une sonde d'hygrométrie (5 à 10 diamètres au minimum) ;
- › Les zones en aval des **ventilateurs**.

■ À ÉVITER

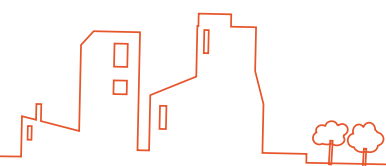
- › Les zones en aval d'un point de mélange ou d'une batterie de chauffage ou de rafraîchissement ;
- › Les conduits non isolés circulant en volume non chauffés, pour les mesures de température ambiante en reprise d'air.

— POSE

- › Placer les boîtiers sur le côté ou au-dessus du conduit, **pas en dessous** (pour les protéger de la condensation) ;
- › Positionner l'instrument de telle sorte que son élément sensible situé à l'extrémité se trouve **au centre du conduit**, ou bien dérouler le capillaire à travers toute la section pour une sonde de température moyenne ;
- › Assurer l'**étanchéité** du conduit, par exemple en utilisant un bouchon d'étanchéité au niveau du passage du capteur.



La mise en œuvre des sondes de températures et d'humidité peut être compliquée par la présence de conduits souples, notamment en maison individuelle. Il faut alors ajouter une manchette rigide fixée sur laquelle sera posé le capteur.



2- COMPTEUR DE VOLUME

A. DÉBIT ET VOLUME D'EAU

CHOIX

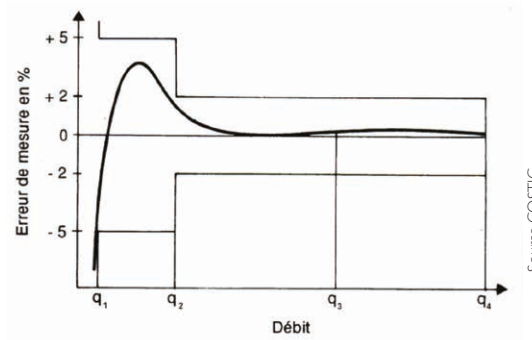
TECHNOLOGIE

- Pour des sous-comptages ou des diamètres courants : compteur **volumétrique** à pistons ou **débitmètre à jet** unique ou multiples ;
- Pour un comptage d'énergie : débitmètre statique **à ultrasons** ;
- Pour des diamètres supérieurs au DN 50 : débitmètre de type **Woltmann**.

PRÉCISION

Conforme à la directive MID [5], soit une erreur maximale tolérée de :

- +/- 5% entre Q_1 et Q_2 ;
- +/- 3% entre Q_2 et Q_4 lorsque la température d'eau dépasse 30°C ;
- +/- 2% entre Q_2 et Q_4 si la température d'eau ne dépasse pas 30°C.



Q_1 : débit minimal Q_2 : débit de transition Q_3 : débit nominal Q_4 : débit maximal

DIMENSIONNEMENT

Le compteur ne doit pas être choisi uniquement en fonction du diamètre de la canalisation : il pourrait être surdimensionné et fonctionner avec une moins bonne précision.

- Choisir Q_3 égal au **débit nominal** de la canalisation ;
- Vérifier que le **débit maximal** possible sur cette canalisation ne dépasse pas Q_4 (égal à 1,25 fois Q_3), sinon augmenter Q_3 ;
- Choisir Q_2 égal au **débit minimal** de la canalisation ;
- Si le débit minimal de cette canalisation est nul ou si aucun modèle ne permet de satisfaire Q_3 et Q_2 : choisir Q_1 le plus petit possible, c'est-à-dire rechercher le modèle ayant la **dynamique $R = Q_3 / Q_1$** la plus importante.

Sur un **réseau d'ECS**, les débits sont très aléatoires et souvent limités à des petits soutirages : un compteur présentant une valeur de Q_1 **très faible** est donc recommandé. Les **compteurs volumétriques** ont les meilleures performances dans ce domaine.

Sur un **réseau de chauffage à débit variable**, la dynamique ($R = Q_3 / Q_1$) du compteur doit être très grande pour avoir une bonne précision sur toute la plage de débits : les **compteurs à ultrasons** sont pour cela généralement choisis.

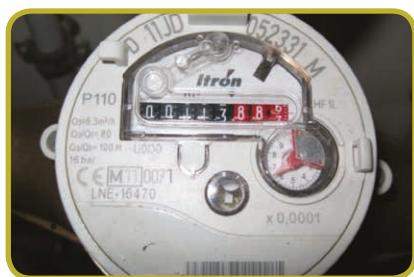
À NOTER !

Si le débit circulant dans la canalisation est inconnu, il est possible de l'estimer grossièrement à partir de la vitesse maximale recommandée par le CCTG [10], qui dépend du diamètre. C'est une valeur indicative de Q_3 , à condition que le critère de vitesse ait été respecté.

Diamètre nominal	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50	DN 65
Vitesse maximale	0,55 m/s	0,7 m/s	0,8 m/s	0,9 m/s	0,95 m/s	1,1 m/s	1,3 m/s
Débit (Q_3) maximal	0,4 m ³ /h	1 m ³ /h	1,8 m ³ /h	3,4 m ³ /h	4,7 m ³ /h	9 m ³ /h	14 m ³ /h

■ COMMUNICATION

- Émetteurs d'impulsions de type REED ou ILS, en 2 fils de 0,6 ou 0,75 mm² pour entrée comptage d'une centrale de télégestion ;
- Protocoles de communication : bus de terrain comme M-Bus ou Modbus.



Source COSTIC



Source COSTIC

Compteur d'eau avec et sans émetteur d'impulsions (placé sur l'aiguille)

À NOTER !

Le **poids d'impulsion** choisi doit assurer une finesse suffisante aux relevés, en cas d'analyse sur des périodes courtes. Deux méthodes sont proposées pour cela :

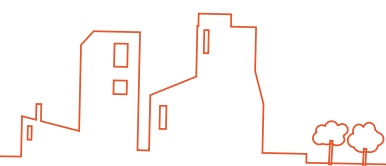
- Choisir environ **un dixième de la consommation nominale** relevée sur un pas de temps d'acquisition :
 - Pas de temps d'acquisition : T en [h]
 - Débit nominal attendu : Q_n en [m³/h]
 - Poids d'impulsion : $p = \frac{T \times Q_n}{10}$ en [m³]
- Fixer le poids d'impulsion de façon à enregistrer une impulsion pour un **débit minimal** donné :
 - Pas de temps d'acquisition : T en [h]
 - Débit minimal attendu : Q_{min} en [m³/h]
 - Poids d'impulsion : $p = T \times Q_{min}$ en [m³]

Les modèles proposés dans le commerce présentent bien souvent des poids d'impulsion importants par rapport aux dimensions des installations auxquels ils sont adaptés, les destinant plutôt à des suivis sur de longues périodes (mois ou année). Si l'on souhaite analyser plus fréquemment les données (jour ou heure), il convient d'être attentif aux valeurs disponibles, voire de **contacter directement le fabricant** pour la faire modifier en usine.

■ PERTES DE CHARGE

Le compteur crée des pertes de charge à inclure dans le dimensionnement du circulateur.

- Utiliser les **abaques** ou la valeur de **Kvs** en m³/h sous 1 bar du fabricant pour calculer la perte de charge créée au débit nominal de fonctionnement de l'installation.



— EMPLACEMENT

■ À PRIVILÉGIER

- › Sur l'eau **froide** (dans le cas de l'ECS) ou sur le retour (applications de chauffage), pour améliorer la précision et augmenter la durée de vie ;
- › Pour les **débitmètres** à jets uniques ou multiples : sur une canalisation **horizontale**, pour améliorer la précision ;
- › Pour les **débitmètres** à jets et à ultrasons : en aval d'une **longueur droite** suffisante préconisée par le fabricant (généralement 6 fois le diamètre), pour stabiliser l'écoulement et garantir la précision.

■ À ÉVITER

- › **Points hauts** du réseau, à cause de la stagnation de l'air ;
- › En aval d'un circulateur, qui perturbe l'écoulement.

— POSE

- › Respecter le **sens de l'écoulement** indiqué par une flèche ;
- › Poser le compteur entre des **vannes d'isolement** ;
- › Prévoir une **manchette de remplacement** pour l'entretien du compteur.



Vannes d'isolement en amont et en aval, compteur placé dans un point bas, à l'horizontale

B. VOLUME DE GAZ

— CHOIX

■ TECHNOLOGIE

- Individuel ou petit collectif : compteurs volumétriques à membranes ou à soufflets ;
- Débits plus importants : modèles à pistons ou à turbine, voire à ultrasons.

À NOTER !

Un **compteur de facturation** est toujours présent sur les installations alimentées par le gaz. S'il ne dessert que les usages que l'on souhaite suivre (hors cuisson par exemple), il peut être utilisé pour le suivi du site en l'équipant d'un **émetteur d'impulsions**. Pour cela, il est nécessaire d'informer le distributeur de gaz qui est également le propriétaire du compteur (il s'agit généralement de GrDF).
Cet émetteur d'impulsions est parfois déjà utilisé pour le relevé à distance par exemple ; il existe néanmoins des modèles de compteurs à double émetteur d'impulsions.

■ PRÉCISION

La directive MID [14] définit deux classes de précision, convenant toutes deux aux suivis :

Débit	Classe 1,0	Classe 1,5
De Q_{\min} à Q_t	+/- 3%	+/- 2%
De Q_t à Q_{\max}	+/- 1,5%	+/- 1%

Q_{\min} : débit minimal Q_t : débit de transition Q_{\max} : débit maximal

Calcul du débit de gaz en fonction de la puissance du ou des générateurs : diviser la puissance par le PCS,

$$\text{soit } Q_n = \frac{P_n}{\text{PCS}} \text{ et } Q_n = \frac{P_{\min}}{\text{PCS}} \text{ si le brûleur est modulant.}$$

■ DIMENSIONNEMENT

Le compteur ne doit pas être choisi uniquement en fonction du diamètre de la canalisation : il pourrait être surdimensionné et fonctionner avec une moins bonne précision.

À NOTER !

Le dimensionnement du compteur dépend du **type de brûleur** :
une allure, deux ou plusieurs allures, modulant.

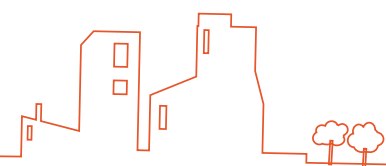
- Choisir Q_{\max} supérieur au **débit nominal** de gaz. Si le compteur dessert plusieurs générateurs, ajouter les débits nominaux de chaque générateur : $Q_n = Q_{n1} + Q_{n2} + \dots$ ou encore si on ne connaît que la puissance

$$Q_n = \frac{P_{n1} + P_{n2} + \dots}{\text{rendement} \times \text{PCS}}$$

- Choisir Q_{\min} inférieur au **débit minimal** de gaz. Si le compteur dessert plusieurs générateurs, comparer les débits au taux de charge minimal de chaque générateur et considérer le plus faible : $Q_{\min} = \min(Q_{\min1}; Q_{\min2}; \dots)$

ou encore si on ne connaît que la puissance $Q_{\min} = \frac{\min(P_{\min1} + P_{\min2}; \dots)}{\text{rendement} \times \text{PCS}}$

La pression de l'alimentation en gaz est également à considérer : la plupart des compteurs supportent 0,5 bars et conviennent aux installations alimentées à **300 mbar**, mais un modèle spécial (généralement en aluminium) pourra être nécessaire au-delà.



■ COMMUNICATION

- Émetteurs d'impulsions de type REED ou ILS, en 2 fils de 0,6 ou 0,75 mm² pour entrée comptage d'une centrale de télégestion ;

Le **poids d'impulsion** choisi doit assurer une finesse suffisante aux relevés, en cas d'analyse sur des périodes courtes. Deux méthodes sont proposées pour cela :

- Choisir environ **un dixième de la consommation nominale** relevée sur un pas de temps d'acquisition :

- Pas de temps d'acquisition : T en [h]
- Débit nominal attendu : Q_n en [m³/h]
- Poids d'impulsion : $p = \frac{T \times Q_n}{10}$ en [m³]

- Fixer le poids d'impulsion de façon à enregistrer une impulsion pour un **débit minimal** donné :

- Pas de temps d'acquisition : T en [h]
- Débit minimal attendu : Q_{min} en [m³/h]
- Poids d'impulsion : $p = T \times Q_{min}$ en [m³]

- **Émetteur basse fréquence** associé à un aimant sur un des rouleaux, en 2 fils de 0,6 ou 0,75 mm² pour entrée comptage d'une centrale de télégestion.



Émetteur d'impulsions

Source COSTIC



Double émetteur basse fréquence

Source COSTIC

À NOTER !

■ EXPLOITATION

La conversion du volume de gaz enregistré par le compteur en énergie consommée fait intervenir trois grandeurs : la **température**, la **pression** et le **pouvoir calorifique** inférieur ou supérieur (PCI ou PCS) du gaz.

L'influence de la température est relativement faible : une variation d'un degré autour d'une température de 15°C entraîne une erreur de 0,35%. La pression joue un rôle plus grand : les installations de petite puissance sont alimentées à 20 ou 25 mbar, une variation d'un millibar crée ainsi une erreur de 4 à 5%. L'effet est minimisé pour les chaufferies de moyenne puissance alimentées à 300 mbar où l'erreur n'est plus que de 0,33%.

- Convertir le volume comptabilisé en **normo-mètres cubes**, autrement dit le ramener aux conditions normales de température (0°C soit 273 K) et de pression (1013 mbar) :

$$V_{réel} = \frac{273 \times (1013 + P[\text{mbar}])}{1013 \times (273 + T [^{\circ}\text{C}])} V_{mesuré} ;$$

- T : **la température** du gaz vaut environ 15°C en chaufferie, 20°C en volume chauffé, et 5 à 10°C en moyenne annuelle dans un coffret extérieur ;
- P : suivant la **pression d'alimentation** de l'installation, 20 ou 25 mbar en individuel et petit collectif, 300 mbar au-delà.

- Multiplier le volume en normo-mètres cubes obtenu par le **PCS**, en kWh / m³ à 0°C et 1013 mbar; généralement fourni par le distributeur avec la facture ou proche des valeurs indicatives données par GrDF :

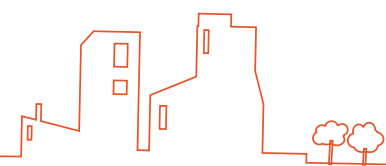
- Gaz B : 10,0 kWh / m³ à 25 mbar et 13,0 kWh / m³ à 300 mbar ;
- Gaz H : 11,2 kWh / m³ à 20 mbar et 14,5 kWh / m³ à 300 mbar.

– EMPLACEMENT

- › Attention aux **applications annexes** (cuisson dans les logements, process dans certains bâtiments tertiaires) ;
- › Des **longueurs droites** sont recommandées en amont et en aval : elles varient selon les préconisations des constructeurs, mais peuvent atteindre 6 fois le diamètre des canalisations.

– POSE

- › Les compteurs à membrane doivent être posés sur un **support** ;
- › Un **filtre** est conseillé en amont du compteur, d'un seuil de 100 µm au maximum ;
- › Des **vannes d'isolement** de part et d'autre et une **manchette de remplacement** sont utiles lors des démontages, pour les opérations d'étalonnage notamment ;
- › Le cas échéant, les **sondes** de température et de pression (pour le calcul du PCS) doivent être correctement installées et reliées au correcteur s'il existe.



C. VOLUME DE FIOUL

CHOIX

TECHNOLOGIE

- Compteurs volumétriques à pistons oscillants, voire à pistons rotatifs pour ceux adaptés au fioul lourd.

PRÉCISION

La directive MID [14] définit plusieurs classes de précision pour les compteurs ; les plus fréquents affichent une EMT de 1%, toutes conviennent aux suivis.

Classe 0,3	Classe 0,5	Classe 1,0	Classe 1,5	Classe 2,5
+/- 0,2%	+/- 0,3%	+/- 0,6%	+/- 1,0%	+/- 1,5%

DIMENSIONNEMENT

- Choisir Q_{max} supérieur au **débit nominal** de fioul. Si le compteur dessert plusieurs générateurs, ajouter les débits nominaux de chaque générateur : $Q_n = Q_{n1} + Q_{n2} + \dots$ ou encore si on ne connaît que la puissance

$$Q_n = \frac{P_{n1} + P_{n2} + \dots}{\text{rendement} \times \text{PCS}}$$

- Choisir Q_{min} inférieur au **débit minimal** de fioul. Si le compteur dessert plusieurs générateurs, comparer les débits au taux de charge minimal de chaque générateur et considérer le plus faible : $Q_{min} = \min(Q_{min1} ; Q_{min2} ; \dots)$

ou encore si on ne connaît que la puissance $Q_{min} = \frac{\min(P_{n1} + P_{n2} + \dots)}{\text{rendement} \times \text{PCS}}$

- Dans le cas de compteurs effectuant une **mesure par différence** (voir le schéma page suivante), seul le débit maximal sera pris en compte, quel que soit le brûleur.

La pression a également son importance : suivant la position du compteur sur la ligne d'alimentation, il devra supporter une pression pouvant atteindre **16 à 25 bars**.

COMMUNICATION

- Émetteurs d'impulsions** de type REED ou ILS, en 2 fils de 0,6 ou 0,75 mm² pour entrée comptage d'une centrale de télégestion ;

Le **poids d'impulsion** choisi doit assurer une finesse suffisante aux relevés, en cas d'analyse sur des périodes courtes. Deux méthodes sont proposées pour cela :

- Choisir environ **un dixième de la consommation nominale** relevée sur un pas de temps d'acquisition :

- Pas de temps d'acquisition : T en [h]
- Débit nominal attendu : Q_n en [m³/h]
- Poids d'impulsion : $p = \frac{T \times Q_n}{10}$ en [m³]

- Fixer le poids d'impulsion de façon à enregistrer une impulsion pour un **débit minimal** donné :
- Pas de temps d'acquisition : T en [h]
- Débit minimal attendu : Q_{min} en [m³/h]
- Poids d'impulsion : $p = T \times Q_{min}$ en [m³]

À NOTER !

Le dimensionnement du compteur dépend du montage de l'alimentation en fioul, qui peut être de type bitube ou monotube, ainsi que du type de brûleur : une allure, deux ou plusieurs allures, modulant...

À NOTER !

■ PERTES DE CHARGE

Le compteur crée des pertes de charge à prendre en compte dans le dimensionnement de la pompe.

- › Utiliser les **abaques** ou la valeur de **Kvs** en m³/h sous 1 bar fourni par le fabricant pour déterminer les pertes de charge créées au débit nominal de fonctionnement de l'installation.

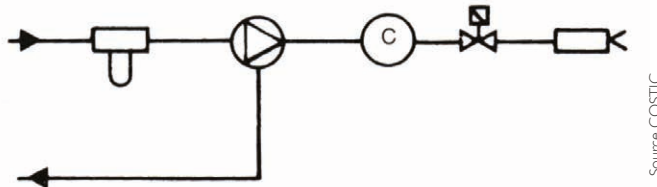
Les courbes peuvent être données pour plusieurs valeurs de **viscosité** dynamique (en mPa.s) ou cinématique (en mm²/s), car elle influe sur les pertes de charge créées : il faut alors connaître celle du fioul utilisé.

■ EMPLACEMENT

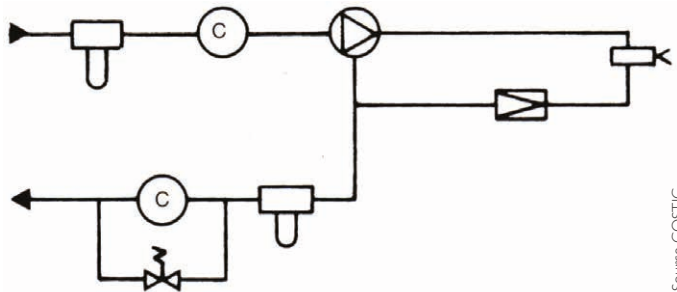
Les compteurs de fioul font l'objet de peu de préconisations particulières : ils tolèrent une position horizontale ou verticale, n'ont pas besoin de longueurs droites. Seul le sens d'écoulement doit être respecté.

Suivant la **configuration de l'alimentation** en fioul de la chaudière, plusieurs emplacements pourront accueillir le compteur :

- › En **monotube** : entre le filtre et la pompe ;
- › En **monotube avec recyclage** du fioul vers la pompe : en amont du filtre ;
- › En **bitube** : en aval de la pompe si possible (rare car généralement intégrée dans le brûleur, canalisation inaccessible) :

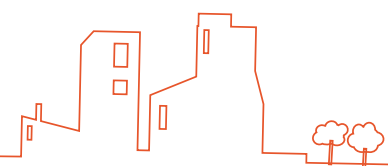


- › Alternative en **bitube** : comptage différentiel avec deux compteurs, un en amont de la pompe et l'autre sur le retour vers la cuve (ci-après) :



■ POSE

- › Un **filtre** est conseillé en amont du compteur, d'un seuil de 100 µm au maximum ;
- › Des **vannes d'isolement** de part et d'autre et une **manchette de remplacement** sont utiles lors des démontages, pour les opérations d'étalonnage notamment.





D. CONSOMMATION DES COMBUSTIBLES SOLIDES

Étant donné qu'il existe peu de solutions d'instrumentation, la méthode généralement retenue se base sur les livraisons, plus fréquentes que pour le fioul par exemple.

■ TECHNOLOGIE

Dépend des propriétés du matériau employé :

- › Sa géométrie et sa densité : pellets ou granulés, plaquettes, bûches, charbon...
- › Son mode d'approvisionnement : bande transporteuse, vis sans fin, écoulement gravitaire, chargement manuel,...

Parmi les appareils que l'on peut employer dans ces cas, on peut citer :

- › Pour les silos, des dispositifs de **mesure de niveau à ultrasons** : placés en haut du silo, ils évaluent le niveau de remplissage et en déduisent les consommations ;
- › Pour des bandes transporteuses, des dispositifs de mesure par **pesage** : grâce à des capteurs de masse et de vitesse, ils déterminent le débit d'alimentation ;
- › Pour les installations à alimentation gravitaire, des dispositifs de **mesure d'impacts** sur une plaque : ils déterminent le débit en « comptant » les granulés ;
- › Pour des installations à alimentation par vis sans fin ou à godet : des dispositifs plus simples estiment le débit en enregistrant le **nombre de tours** ou la **durée de fonctionnement**.



3- COMPTEUR D'ÉNERGIE

A. ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

— CHOIX

■ TECHNOLOGIE

- **Sous-comptage** d'un usage donné : compteur divisionnaire pour montage sur rail DIN, mono ou triphasé ;
- Récupération d'une consommation globale (logement, parties communes) : démodulateur de la **sortie TIC** (Télé-Information Client) du compteur de facturation ;
- Équipement de puissance importante : **transformateur de mesure** abaissant l'intensité de l'alimentation suivie.

■ PRÉCISION

La directive MID [14] définit 3 classes de précision (valables pour une température ambiante comprise entre 5 et 30°C) :

Classe de précision	Entre I_{\min} et I_{tr}	Entre I_{tr} et I_{\max} (monophasé)	Entre I_{tr} et I_{\max} (triphasé)
Classe A	+/- 3,5%	+/- 3,5%	+/- 4%
Classe B	+/- 2%	+/- 2%	+/- 2,5%
Classe C	+/- 1%	+/- 0,7%	+/- 1%

I_{\min} : intensité minimale I_{tr} : intensité de transition I_{\max} : intensité maximale

■ DIMENSIONNEMENT

- Chaque compteur est défini par deux valeurs, son calibre et son intensité maximale.
- Choisir le **calibre** supérieur à l'**intensité nominale** attendue de l'usage considéré ;
 - Vérifier que l'**intensité maximale** possible (appel de puissance) est inférieure à l'intensité maximale supportée par le compteur (donnée entre parenthèses).

■ COMMUNICATION

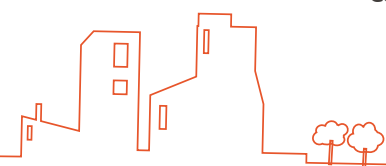
- **Émetteurs d'impulsions** de type REED ou ILS, en 2 fils de 0,6 ou 0,75 mm² pour entrée comptage d'une centrale de télégestion ;
- **Protocoles de communication** : bus de terrain comme M-Bus ou Modbus.

— POSE

La pose d'un compteur électrique ne pose généralement pas de grandes difficultés techniques, mais doit être soigneusement exécutée du point de vue de la sécurité.



Compteurs électriques sur rails DIN, explicitement libellés



B. ÉNERGIE THERMIQUE

CHOIX

Un compteur d'énergie thermique comprend un compteur d'eau (aussi appelé débitmètre ou mesureur) et deux sondes de température ; seules les particularités liées au comptage d'énergie sont détaillées ici.

TECHNOLOGIE

Compteur d'eau :

- › Sous-comptage : **débitmètre à jets** multiples, peu coûteux ;
- › Comptage en chaufferie : **débitmètre à ultrasons**, plus précis ;
- › Réseau d'ECS : **compteur volumétrique**, adapté aux faibles soutirages.

Sondes de température :

- › Sondes passives type Pt 100 ou Pt 500 **appariées** (étalonnées 2 à 2 pour réduire l'incertitude de mesure sur les écarts de température).

Les compteurs complets comprennent un **intégrateur** qui récupère les données de chaque élément et les convertit en quantité d'énergie. Celui-ci peut être soumis à certaines règles de calcul, incluant par exemple une différence de températures minimales ou un seuil de température déclenchant le comptage dans l'index chauffage ou rafraîchissement, qui peuvent dans certaines conditions fausser le calcul d'énergie (voir les notices fabricant).

On peut également utiliser un **automate du système de GTB** ou la **centrale de télégestion** dédiée au suivi énergétique pour effectuer le calcul à partir d'un compteur d'eau et de deux sondes de températures séparées.

L'intégrateur doit être alimenté, par **pile** (attention à sa durée de vie) ou par **câble**.

PRÉCISION

L'Erreur Maximale Tolérée (EMT) dépend de la précision de chacun des éléments : compteur d'eau, sondes de températures, intégrateur. Des classes de précision sont définies par la directive MID [14], l'EMT globale étant **la somme des EMT de chaque élément** :

	EMT sur le débit d'eau	EMT sur la différence de températures	EMT sur le calculateur
Classe 1	$\pm 1 + \frac{Q_p}{100 \times Q} \%$		
Classe 2	$\pm 2 + \frac{2 \times Q_p}{100 \times Q} \%$	$\pm 0,5 + \frac{3 \times \Delta T_{\min}}{\Delta T} \%$	$\pm 0,5 + \frac{\Delta T_{\min}}{\Delta T} \%$
Classe 3	$\pm 3 + \frac{5 \times Q_p}{100 \times Q} \%$		

- › ΔT : différence de température de l'installation en fonctionnement ;
- › ΔT_{\min} : différence de température minimale mesurable, définie par le constructeur (vaut 3, 5 ou 10 K selon la directive MID [14]) ;
- › Q : débit réel de l'installation en fonctionnement ;
- › Q_n : débit nominal du compteur, défini par le constructeur (aussi appelé Q_3 pour les compteurs d'eau).

Exemple : compteur de débit nominal $Q_p = 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ et $\Delta T_{\min} = 3 \text{ K}$, comptage sur un réseau de débit $Q = 1,2 \text{ m}^3/\text{h}$ et $\Delta T = 15 \text{ K}$.

À NOTER !

	EMT sur le débit d'eau	EMT sur la différence de températures	EMT sur le calculateur	EMT globale
Classe 1	+/- 1,01 %	+/- 1,1 %	+/- 0,7 %	+/- 3,8 %
Classe 2	+/- 2,03 %			+/- 4,8 %
Classe 3	+/- 3,06 %			+/- 5,0 %

L'EMT globale est limitée à 5% par la directive MID [14].

■ DIMENSIONNEMENT

Le compteur ne doit pas être choisi uniquement en fonction du diamètre de la canalisation : il pourrait être surdimensionné et fonctionner avec une moins bonne précision.

- ▶ Choisir Q_n égal au **débit nominal** de la canalisation ;
- ▶ Vérifier que le **débit maximal** possible ne dépasse pas Q_{max} (égal à 1,25 fois Q_n), sinon augmenter Q_n ;
- ▶ Choisir Q_c égal au **débit minimal** de la canalisation ;
- ▶ Si le débit minimal est nul ou si aucun modèle ne permet de satisfaire Q_n et Q_c , choisir Q_{min} le plus faible possible en recherchant la **dynamique** $R = Q_n / Q_{min}$ la plus importante.

À NOTER !

Sur un **réseau d'ECS**, les débits sont très aléatoires et souvent limités à des petits soutirages : un compteur présentant une valeur de Q_{min} **très faible** est donc recommandé. Les **compteurs volumétriques** ont les meilleures performances dans ce domaine.

Sur un **réseau de chauffage à débit variable**, la dynamique du compteur doit être très grande pour avoir une bonne précision sur toute la plage de débits.

Si l'on ne connaît pas le débit circulant dans la canalisation, il est possible de l'estimer grossièrement à partir de la vitesse maximale recommandée par le CCTG [10], qui dépend du diamètre. C'est une valeur indicative de Q_n , à condition que le critère de vitesse ait été respecté.

Diamètre nominal	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50	DN 65
Vitesse maximale	0,55 m/s	0,7 m/s	0,8 m/s	0,9 m/s	0,95 m/s	1,1 m/s	1,3 m/s
Débit (Q_n) maximal	0,4 m ³ /h	1 m ³ /h	1,8 m ³ /h	3,4 m ³ /h	4,7 m ³ /h	9 m ³ /h	14 m ³ /h

■ COMMUNICATION

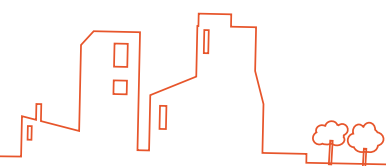
- ▶ **Émetteurs d'impulsions** de type REED ou ILS, en 2 fils de 0,6 ou 0,75 mm² pour entrée comptage d'une centrale de télégestion ;

À NOTER !

Valable pour l'énergie thermique et pour l'énergie électrique.

Le **poids d'impulsion** choisi doit assurer une finesse suffisante aux relevés, en cas d'analyse sur des périodes courtes. Deux méthodes sont proposées pour cela :

- ▶ Choisir environ **un dixième de la consommation nominale** relevée sur un pas de temps d'acquisition :
 - Pas de temps d'acquisition : T en [h]
 - Puissance nominale attendue : P_n en [kW]
 - Poids d'impulsion : $p = \frac{T \times P_n}{10}$ en [kWh]
- ▶ Fixer le poids d'impulsion de façon à enregistrer une impulsion pour une **puissance minimale** donnée :
 - Pas de temps d'acquisition : T en [h]
 - Puissance minimale attendue : P_{min} en [kW]
 - Poids d'impulsion : $p = T \times P_{min}$ en [kWh]





▸ **Protocoles de communication :** bus de terrain comme M-Bus ou Modbus.

Le protocole **M-Bus** est particulièrement adapté aux compteurs d'énergie thermique. Il permet de remonter non seulement la quantité d'énergie consommée (index), mais aussi l'index de volume, la puissance, le débit et les températures aller et retour mesurées.

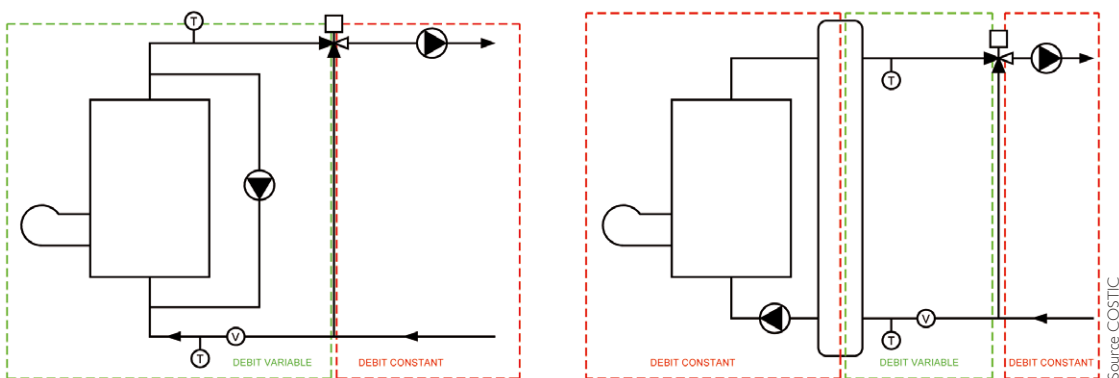
À NOTER !

EMPLACEMENT

Voir les préconisations relatives à l'emplacement des sondes de température d'eau et des compteurs d'eau.

À PRIVILÉGIER

▸ Si le comptage d'énergie peut se faire en amont ou en aval d'une vanne à trois voies, choisir la **partie du réseau à débit variable** c'est-à-dire en amont de la vanne :



La configuration qui présente la différence de températures la plus importante sera préférée afin de minimiser l'erreur sur ces mesures. Cela peut conduire à préférer une branche présentant un débit d'eau moindre, ce qui aura l'effet inverse et augmentera son imprécision.

POSE

Voir les préconisations relatives à l'emplacement des sondes de température d'eau et des compteurs d'eau.



Compteur d'eau sur le retour, longueurs droites suffisantes, doigt de gant doublé pour comparer les sondes de températures



4- AUTRES CAPTEURS

A. VITESSE D'AIR EN CONDUIT

— CHOIX

■ TECHNOLOGIES

- **Anémomètres thermiques** (à fil ou film chaud) ;
- **Ailes de mesure** mesurant la pression dynamique sur le principe du tube de Pitot.

Des mesures ponctuelles peuvent également être faites au niveau de bouches d'aération, à l'aide d'un cône de mesure et d'un anémomètre à hélice ou à fil chaud.

Le débit est obtenu en multipliant la vitesse moyenne par la **section** du conduit aéraulique.

- Une aile de mesure renvoie la **vitesse moyenne**, grâce à plusieurs prises de pression réparties sur toute la section de la conduite ;
- Avec un anémomètre à fil ou film chaud, la vitesse mesurée est la **vitesse maximale** (au centre du conduit). Elle doit être multipliée par un facteur pour déterminer la vitesse moyenne de l'écoulement, obtenue au préalable par une exploration du champ de vitesses (pour plus d'informations consulter le guide du **CETIAT Mesures de débit d'air** [2], Annexe I page 25).



Source COSTIC

Ailes de mesure, avec détail des deux prises de pressions à droite

■ PLAGE DE MESURE

- De 0 à 10 m/s suffisant, plages plus étendues (0 à 30 m/s) généralement disponibles.

■ PRÉCISION

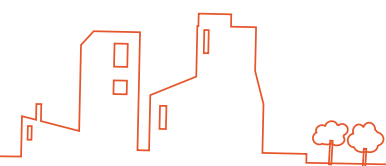
- Instrument seul : erreur d'environ +/- 5% [2] ; l'erreur globale dépend beaucoup de la mise en œuvre de la mesure.

À NOTER !

Les anémomètres thermiques (sondes à fil ou film chaud) ont tendance à s'encrasser rapidement dans les conduits d'extractions. Il faut donc prévoir une maintenance régulière pour garantir leur précision dans la durée, idéalement un nettoyage tous les 6 mois. Il peut par exemple être programmé aux remplacements des filtres.

■ COMMUNICATION

- **Signal analogique** type 0-10V ou 4-20 mA, en 2 fils de 0,6 ou 0,75 mm².





— EMPLACEMENT

Une sonde de vitesse d'air doit être installée dans une zone où la vitesse d'écoulement de l'air est **homogène**.

■ À PRIVILÉGIER

- › Après une **longueur droite suffisante** (environ 10 diamètres) ;
- › Pour un anémomètre thermique : au **centre** du conduit pour mesurer la vitesse maximale.

■ À ÉVITER

- › En aval des **ventilateurs, points de mélange** (registres), **batteries, coudes**.

— POSE

Anémomètre thermique :

- › Percer le conduit **sur le côté** (pas au-dessus ni en dessous) ;
- › Placer la sonde afin que son élément sensible se trouve au **centre du conduit** ;
- › Faire pivoter la sonde sur elle-même afin d'**aligner** la fente contenant le fil chaud avec le sens de l'écoulement d'air ;
- › **Fixer** la sonde dans cette position pour éviter une perturbation de la mesure ;
- › Mettre un **presse-étoupe** ou un joint pour assurer l'étanchéité de la jonction conduit/sonde.

Aile de mesure :

- › Placer l'élément dans le conduit en soignant l'étanchéité des raccords ;
- › Raccorder les prises de pressions au calculateur grâce à des tubes souples.

En logement individuel les conduits souples sont fréquents, il peut donc être difficile voire impossible d'installer de telles sondes.



B. ENSOLEILLEMENT

— CHOIX

■ TECHNOLOGIES

Le suivi de l'ensoleillement peut être utile pour analyser de manière détaillée les performances d'une installation solaire thermique ou photovoltaïque. Les instruments utilisés sont généralement des **cellules photovoltaïques** étalonnées. Il en existe plusieurs types :

- Détecteurs à **thermopiles**, précis mais coûteux ;
- Détecteurs à **photodiode**, couvrant une partie plus restreinte du spectre solaire.

■ PLAGE DE MESURE

- Puissance : de 0 à 1000 W/m² au minimum, jusqu'à 1500 W/m² fréquent également ;
- Rayonnement pris en compte : de 400 à 1000 nm (visible et infrarouges) pour les détecteurs à photodiode, beaucoup plus pour ceux à photopiles.

■ PRÉCISION

- De l'ordre de +/- 5%.

■ COMMUNICATION

- **Signal analogique** type 4-20 mA ou 0-10V, en 2 fils de 0,6 ou 0,75 mm².

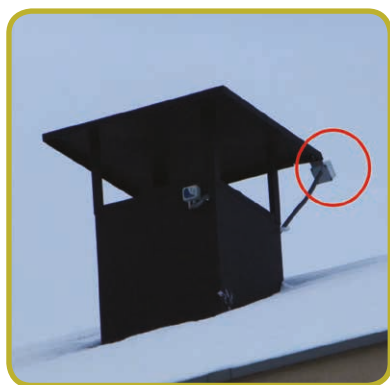
— EMPLACEMENT

■ À PRIVILÉGIER

- Pour mesurer l'ensoleillement global horizontal : **à plat sur le toit** ;
- Pour suivre des panneaux solaires : avec la même **orientation et inclinaison**.

■ À ÉVITER

- Tous les **masques solaires** possibles : bâtiments voisins, arbres, antenne télé...



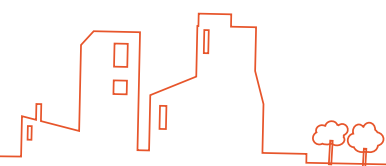
Source COSTIC

La sonde est dans le plan des capteurs solaires, sans masque



Source COSTIC

La sonde est à plat, mais elle est soumise au masque créé par l'antenne



5- SOLUTIONS D'ACQUISITION

Les données doivent ensuite être enregistrées à une fréquence plus ou moins grande, selon l'objectif recherché :

- › Aide à la mise au point : les instruments sont utilisés en lecture directe, il n'est donc pas nécessaire d'enregistrer de données ;
- › Aide à l'exploitation : des **données mensuelles** suffisent en général à l'exploitation courante, mais des campagnes ponctuelles plus détaillées avec des données horaires par exemple peuvent permettre de résoudre un dysfonctionnement ou de mieux évaluer le fonctionnement d'un système ;
- › Mesures et vérification : selon le niveau de précision de la garantie mise en place, des **relevés mensuels ou annuels** seront nécessaires ;
- › Suivi détaillé : des **mesures fréquentes** (horaires ou en minutes) sont nécessaires pour permettre l'analyse la plus fine possible.

Ainsi, selon la nature du suivi, on s'orientera vers des procédures « manuelles » utilisant des **lectures d'index** et des **systèmes d'enregistrement** autonomes, ou vers des **systèmes automatiques** permettant une remontée régulière des données sans intervention humaine.

A. ÉMISSION DES DONNEES

■ CAPTEURS

■ FORMAT

Les capteurs de température, d'hygrométrie, d'ensoleillement ou de vitesse d'air transmettent leurs données via des signaux analogiques :

- › Sur la **tension** : 0-10 V, 2-10 V, 0-5 V voire 0-1 V ;
- › Sur l'**intensité** : 4-20 mA, 0-20 mA, 0-10 mA ;
- › Sur la **résistance** (pour les sondes de températures passives en platine ou nickel) : Pt 100, Pt 500, Pt 1000, Ni 1000.

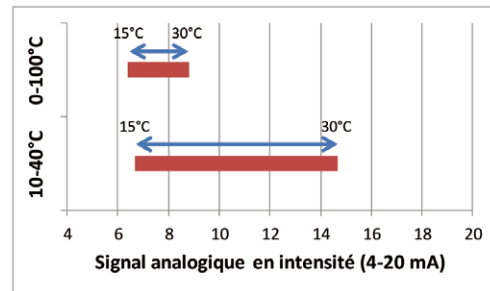
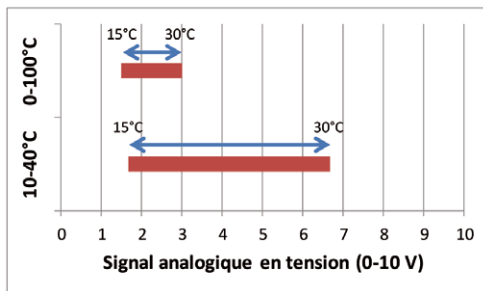
■ PARAMÉTRAGE

Pour les sondes de température passives, seul le **type de sonde** doit être renseigné dans la centrale de télérelève. Celle-ci doit connaître la courbe de correspondance résistance / température de l'instrument choisi et supporter le câblage (2, 3 ou 4 fils) adopté.

Pour les deux premiers types de signaux en revanche, il est important de bien choisir la **plage de mesure** sur laquelle est généré le signal :

- › Trop restreinte : risque de rencontrer des valeurs hors plage et d'avoir un effet de saturation, les valeurs plafonnent et des données réelles ne sont **pas enregistrées** ;
- › Trop grande : le signal envoyé pour la communication est limité à une partie de sa plage, l'imprécision liée à la conversion et au transport de la mesure est amplifiée et les données recueillies sont donc **moins précises**.

Exemple : mesure d'une température ambiante, variant entre 15 et 30°C ; signal analogique 0-10 V ou 4-20 mA, plage de mesure de la sonde de 10 à 40°C ou 0 à 100°C.



— COMPTEURS

■ FORMAT

- Les compteurs d'eau, de gaz, de fioul, d'énergie électrique ou thermique communiquent leurs données via des signaux logiques, grâce à des **émetteurs d'impulsions**.
- Des **protocoles de communication** sont également souvent proposés sur certains compteurs, tels que le Modbus ou le M-Bus, dédié aux compteurs d'énergie ;
- Les **compteurs électriques de facturation** présentent une particularité puisqu'ils communiquent à travers une sortie dite Télé-Information Client, qui nécessite un démodulateur convertissant les données dans un protocole ouvert.

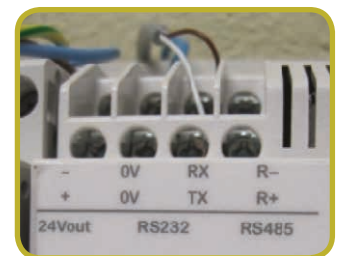
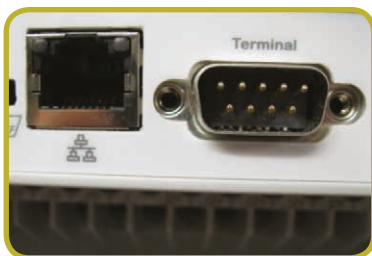
■ PROTOCOLES COURANTS

Le protocole **Modbus** est fréquemment couplé à un autre protocole, dédié au transport des données, qui diffère selon le type de réseau utilisé :

- Le Modbus RTU fonctionnant en maître / esclaves est en général associé au standard **RS 485**, câblé sur 3 fils avec des **fiches 9 broches** ou sur **un bornier** ;
- L'alternative, appelée « Modbus TCP », emploie le protocole **Ethernet** pour le transport, dont les câbles sont terminés par des fiches **RJ-45**.

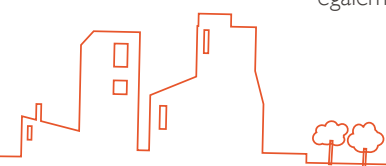
Des précautions sont à prendre en ce qui concerne les raccordements :

- Dans un cas comme dans l'autre, les câbles utilisés sont des **paires torsadées**, de type 0,75 mm² pour le RS 485 ou conforme au standard Ethernet catégorie 5 ou 6 ;
- Un troisième fil est utilisé pour la **masse** ; il doit être relié à chacun des appareils branché sur le bus, ainsi qu'à l'éventuel **blindage** du câble ;
- Les **résistances** de début et de fin de ligne spécifiées par le fabricant doivent être respectées afin d'éliminer les signaux parasites.



De gauche à droite : port RJ-45 pour Ethernet, port 9 broches pour RS 232 ou RS 485 ; fiche RJ-45 pour Ethernet et 9 broches pour RS 232 ou RS 485 ; bornier de raccordement pour RS 232 et RS 485

Le protocole **M-Bus** dispose quant à lui de son propre support de communication, constitué d'une paire torsadée (type câble de données 0,75 mm²). Il permet de relier plusieurs compteurs entre eux, en veillant à conserver une **polarité identique** pour chaque appareil. Les données sont ensuite généralement converties par un concentrateur pour être véhiculées sur support standard, tel que le **RS 232** (signal se rapprochant du RS 485, également câblé sur des **fiches 9 broches** mais limité à des liaisons point à point).



Enfin, il existe de plus en plus d'instruments de mesure ou de comptage communiquant avec d'autres protocoles, tels ceux couramment employés dans les systèmes de GTB (voir le chapitre 5.C. Transmission des données > Concevoir une GTB page 41). Il en effet judicieux d'inclure les compteurs et capteurs aux points gérés par le système de supervision (voir le chapitre 5.C. Transmission des données > Concevoir une GTB page 41).

Parmi ceux-ci, les plus fréquents sont les protocoles normalisés et ouverts **KNX**, **LON** et **BACnet**, qui offrent différents supports de communication (câblages propres, RS 485, Ethernet, signaux radio...). Si le protocole KNX peut être utilisé sur de petites installations ou en domotique, ses concurrents LON et BACnet sont en revanche plutôt rencontrés dans les grands bâtiments tertiaires équipés de systèmes de GTB complets.

■ PARAMÉTRAGE

L'incrément ou **poids d'impulsion** déclenchant la génération d'une impulsion est généralement réglé en usine sur l'appareil de mesure. Il faut donc choisir dans la gamme le modèle disposant de la valeur souhaitée, ou spécifier à la commande le poids d'impulsion désiré pour obtenir un compteur « sur-mesure ».

Ce paramètre doit en effet être soigneusement déterminé pour garantir la finesse des données et de leur analyse ultérieure :

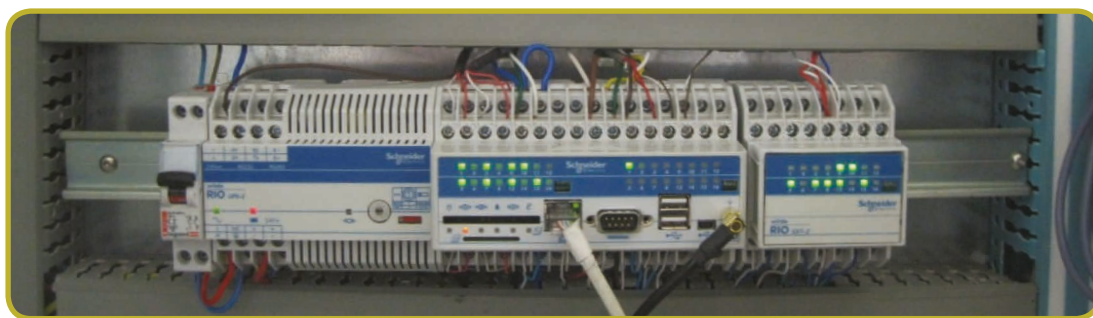
- › Trop petit : le nombre d'impulsions relevé est très grand et nuit au traitement des données, la **taille de l'index** risque aussi d'être réduite (nombre de chiffres généralement constant) et la remise à zéro plus rapide ;
- › Trop grand : le nombre d'impulsions enregistré sur une période d'acquisition peut être **nul ou trop faible** pour suivre finement l'évolution de la consommation.

B. CONCENTRATION DES DONNÉES

■ MATÉRIEL

De nombreux capteurs existent sous forme d'**enregistreurs autonomes**, dotés de leur propre système de sauvegarde et d'export de données (via un port USB en général). Ces appareils ont l'avantage d'être peu coûteux, faciles d'utilisation et peu intrusifs. Ils ne permettent toutefois pas d'effectuer de longues périodes de mesure puisque leur capacité de stockage est limitée, et n'offrent pas la possibilité de télélever l'installation pour faire son suivi à distance.

- › En règle générale les signaux, impulsions et / ou données véhiculées par bus sont regroupés dans une **centrale d'acquisition**, capable de stocker, traiter puis envoyer les données. Elle se compose d'une alimentation, de modules d'entrées / sorties et d'une ou plusieurs cartes de communication.



Source COSTIC

Centrale d'acquisition avec module d'alimentation, module de communication et d'entrées / sorties principal et module d'extension

- › Des **modules déportés filaires** peuvent servir de relais à la centrale d'acquisition afin de limiter les longueurs de câbles (un module par étage et une centrale unique en chaufferie par exemple) ;
- › Des **modules déportés radios** peuvent simplifier le raccordement de points de mesure éloignés (à l'extérieur ou sur le toit en particulier).

À NOTER !

À NOTER !

L'utilisation de communications sans-fil par radio doit être validée par un essai réel sur site démontrant la fiabilité de la liaison, si possible pendant une durée significative (une ou plusieurs semaines).

GUIDE TECHNIQUE

MATÉRIEL DE MESURE
ET D'ACQUISITION

39



■ FONCTIONNALITÉS

Les informations issues des capteurs et des compteurs reliés à la centrale d'acquisition sont enregistrées à des intervalles définis appelés **pas de temps** :

- Compteurs : nombre d'impulsions émises sur la période, ou autres valeurs si communication par bus (puissances, débits, températures...);
- Capteurs : il faut configurer la centrale pour enregistrer le type de grandeur que l'on souhaite, selon l'usage qui en sera fait. On choisit en général de retenir la moyenne de la grandeur pendant la période écoulée depuis le dernier pas de temps (préférable à la valeur instantanée), ou encore la valeur minimale ou maximale sur la période.

Le pas de temps doit être choisi en fonction de la nature des objectifs du suivi et de la finesse des analyses nécessaires pour les mener à bien :

- 1 heure : suffisant pour des **comptages** (eau, énergie, combustible) ou des mesures peu variables (température ambiante par exemple), à condition que la valeur moyenne soit prise en compte ;
- 10 minutes : **bon compromis**, convient bien aux mesures et apporte une plus grande finesse sur le suivi des consommations ;
- 1 minute : une précision supérieure peut être nécessaire pour évaluer finement le fonctionnement de certains équipements (le cycle d'un générateur de chaleur ou les soutirages d'ECS durent par exemple moins de 10 minutes).

À NOTER !

Il ne faut pas choisir un pas de temps trop petit sans vérifier que la capacité en mémoire de la centrale d'acquisition est suffisante.

La centrale d'acquisition joue en effet un rôle de **stockage tampon**, elle doit être au minimum capable de conserver en mémoire toutes les valeurs enregistrées entre deux télérelèves. Il est cependant conseillé de prévoir une capacité supérieure pour disposer d'un historique en cas de problème de liaison. Par exemple, si la relève des données est effectuée quotidiennement, il faut au minimum prévoir de stocker une semaine entière de données. Un stockage d'un mois permet de se prémunir des dysfonctionnements ou des pannes entraînant un remplacement de matériel ou nécessitant une intervention humaine.

Par ailleurs, les mesures et comptages fournis par les instruments ne sont généralement pas les seules valeurs enregistrées dans la centrale. Des **calculs** internes peuvent être programmés dans l'appareil : écart entre deux index, détermination d'un débit à partir d'un volume, recherche du min ou du max... les séries de données peuvent donc contenir de nombreuses colonnes en plus de celles des points physiques.

C. TRANSMISSION DES DONNÉES

À NOTER !

Attention au contrat d'abonnement : l'envoi de données peut être facturé par l'opérateur à **chaque communication** ou en fonction de la **quantité d'informations** envoyées.

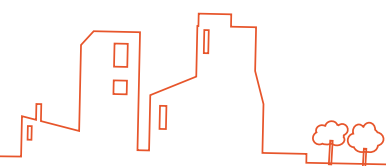
■ MOYENS DE COMMUNICATION

Les données centralisées et stockées par la centrale sur site sont **télérelevées** :

- Via un **modem** relié à une ligne téléphonique dédiée en RTC ou en ADSL (préférable car plus fiable), qui est fréquemment intégré à la centrale d'acquisition ;
- En utilisant le réseau GPRS ou GSM grâce à une **carte SIM** (machine to machine ou non), à condition que le site soit bien couvert par le réseau mobile.

La fréquence d'envoi des données à l'utilisateur dépend de la nature du suivi :

- Si une certaine réactivité est recherchée (aide à l'exploitation par exemple), la télérelève aura lieu **quotidiennement** ;
- Si des bilans hebdomadaires ou mensuels suffisent, les remontées de données peuvent être espacées, tout en veillant à ne pas dépasser la **capacité de stockage** de la centrale d'acquisition.





■ EXPLOITATION

Les données issues de la centrale d'acquisition sont généralement stockées sur des serveurs, afin d'être traitées puis archivées. Elles peuvent être la propriété du prestataire ou revenir au maître d'ouvrage.

De nombreux incidents peuvent avoir lieu au cours de la remontée d'une donnée, du capteur ou du compteur jusqu'au serveur de stockage : erreur flagrante dans la mesure, perturbation du signal filaire, problème dans la centrale d'acquisition... Il est donc nécessaire de consulter régulièrement les valeurs recueillies (au moins pour vérifier l'absence de trous de mesures ou de valeurs aberrantes) pour contrôler que la chaîne d'acquisition fonctionne correctement. Une phase de consolidation des données doit ainsi être menée avant tout traitement ou analyse.

Des **algorithmes** de détection d'erreurs et de remplacement des trous de mesures par interpolation peuvent également être élaborés pour améliorer la fiabilité de la télérelève.

■ CONCEVOIR UNE GTB

Pour plus d'informations consulter le Guide gestion Technique de Bâtiments – Bonnes pratiques pour concevoir et réaliser les systèmes de GTB [4].

L'architecture décrite dans les parties précédentes du chapitre 5 peut aisément être intégrée dans un système de GTB. Le système de télérelève peut être supprimé si l'utilisateur chargé du suivi se trouve sur place, ce qui est souvent le cas dans les bâtiments équipés de GTB.

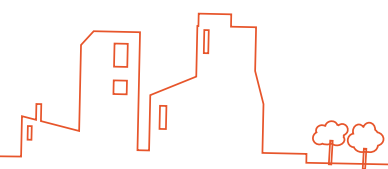
Des automates équipés de sorties capables d'agir sur des actionneurs remplacent alors les centrales d'acquisitions : on parle alors de **centrale de télégestion** (qui sont d'ailleurs fréquemment employées pour les suivis).

De nombreux instruments de mesure sont utiles à la fois à la régulation des installations et à leur suivi. Il est donc judicieux de **mutualiser les points de mesure** déployés pour la gestion technique via la GTB et pour le suivi énergétique.

À NOTER !

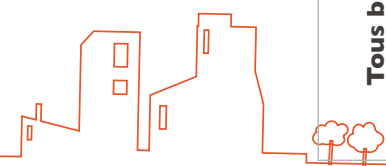
À NOTER !





LISTE DES FICHES TRAITÉES

	Type de bâtiment	Équipement(s)	Objectif du suivi	Page
Logement	Maison individuelle	Chaudière gaz Chauffe-eau solaire individuel (ballon bi-énergies à appoint gaz)	Comptabilité énergétique	46
	Maison individuelle	PAC air / eau à appoint électrique Chauffe-eau thermodynamique	Comptabilité énergétique	50
	Immeuble à chauffage collectif	Chaudière collective gaz ECS accumulée gaz	Contrat d'exploitation (marché comptage et / ou à intéressement) Suivi simplifié	54
	Immeuble à chauffage collectif	Chaudière collective gaz ECS accumulée gaz	Suivi détaillé	59
	Immeuble à chauffage collectif individualisé	Chauffage urbain Chauffage individuel centralisé (CIC)	Individualisation des charges	66
	Immeuble à chauffages individuels	Chaudières individuelles gaz ECS individuelle gaz	Mesures et vérification des performances	70
Tertiaire	Chauffage collectif sans rafraîchissement (type école ou collectivité)	Chaudières collectives fioul et bois	Contrat d'exploitation (marché comptage et / ou à intéressement)	74
	Chauffage et rafraîchissement électriques (type bureaux)	Groupes froids	Interfaçage avec le système de GTB	78
	Chauffage et rafraîchissement par PAC (type bureaux)	Chauffage et rafraîchissement aéraulique par PAC géothermique	Suivi détaillé	83
Tous bâtiments	ECS solaire collective	Chauffe-eau solaire collectif avec retour du bouclage dans le ballon solaire	Mesures et vérification des performances	88
	Ventilation	Double flux	Suivi détaillé	92



Les fiches qui suivent présentent un exemple d'instrumentation adaptée à la réalisation d'un objectif donné sur une installation de génie climatique (chauffage, production d'ECS, refroidissement et / ou ventilation) et ses raccordements électriques. Il ne s'agit pas d'une solution unique mais d'une proposition de plan de comptage, qui peut être revue à la hausse ou à la baisse en fonction de l'importance des moyens et des exigences liées au suivi.

Chaque fiche se compose des rubriques suivantes :

- › **Caractéristiques des équipements** : décrit brièvement les systèmes installés et instrumentés ;
 - › **Objectif** : présente la raison de la mise en place de l'instrumentation, ainsi que les principaux indicateurs courants que le suivi permet de calculer ;
 - › **Instrumentation et réglementation thermique** : les moyens de mesure et de comptage permettant de répondre aux exigences d'informations des différentes réglementations thermiques (neuf, existant) sont listés. Ils ne sont pas tous obligatoires, certains peuvent être remplacés par des estimations ou des calculs ;
 - › **Plan de comptage** : les instruments de mesure nécessaires au suivi, avec leurs principales caractéristiques permettant de spécifier le matériel ;
 - › **Pré-équipement pour l'aide à la mise au point et à l'exploitation** : recense les éléments à mettre en place dès le chantier afin de faciliter une instrumentation ultérieure, qu'elle soit temporaire ou pérenne ;
 - › **Schéma de l'installation et de son instrumentation** : les instruments nécessaires au suivi sont représentés en rouge, les informations relatives à leur pose en vert, les éléments utiles au pré-équipement en bleu ;
 - › **À retenir** : revient sur les points les plus importants de l'instrumentation : les erreurs à ne pas faire, les paramètres à prendre en compte...
 - › **Relève des données** : la liste des entrées requises au niveau de l'éventuel système d'acquisition et de télérelève mis en place pour le suivi (facultatif dans la plupart des cas, bien qu'utile pour faciliter l'analyse des données et améliorer l'efficacité du suivi) ;
 - › **Coût indicatif du matériel et de la pose** : il s'agit de prix publics, issus de la base Batiprix (ainsi que de catalogues de fabricants pour les produits absents de Batiprix), permettant d'estimer l'ordre de grandeur du coût de l'instrumentation. Le coût de la pose est inclus pour une mise en œuvre standard, au cours du chantier ; en cas d'intervention sur une installation existante, les coûts de main-d'œuvre seront beaucoup plus élevés ;
 - › **Autocontrôle de l'instrumentation** : liste des points à vérifier lors de la réception de l'instrumentation, pour vérifier le choix et la mise en œuvre du matériel.
- › Le paragraphe intitulé « Instrumentation et réglementation thermique » apparaissant sur les différentes fiches ne constitue pas un objectif de comptage et d'instrumentation des études de cas présentées. Il est donné **à titre indicatif**, dans le cas où le maître d'ouvrage souhaiterait répondre intégralement par des mesures aux exigences d'information des occupants de leurs consommations d'énergie, instituées par les articles 23 (logement) et 31 (tertiaire) de la RT 2012, et présente les compteurs et capteurs qu'il faudrait alors déployer. Il ne constitue cependant pas une liste de matériel obligatoire : l'exigence portant l'information, elle peut pour certains postes être respectée **par d'autres moyens** (estimations, mesures d'autres grandeurs...). C'est notamment le cas des consommations pour la production de chauffage, de refroidissement et d'eau chaude sanitaire, ainsi que pour les procédés d'individualisation des frais ou de suivi par zone ou étage. Les consommations des différents usages électriques nécessitent à l'inverse obligatoirement l'installation de sous-compteurs.

À NOTER !

Retrouvez la fiche d'application pour l'aide à la mise en œuvre de l'article 23 de la RT 2012
« **Systèmes de mesure ou d'estimation des consommations en logement** »



I. MAISON INDIVIDUELLE AU GAZ

Caractéristiques des équipements

- › Chauffage : chaudière individuelle gaz à condensation
- › ECS : production par la chaudière, échangeur noyé dans le ballon de stockage.

Objectif : comptabilité énergétique

Le suivi de la consommation d'énergie pour la production d'ECS est la priorité de ce suivi, étant donné l'importance que prend ce poste dans les bâtiments thermiquement performants.

Le bilan met en jeu les volumes d'ECS soutirés et l'énergie nécessaire à leur réchauffage ; le rendement de la chaudière peut également être déterminé en été.

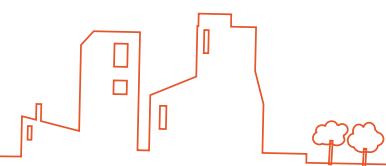
Les consommations de chauffage peuvent en outre être estimées en fixant un rendement forfaitaire à la chaudière.

Pour les installations disposant de chaudières murales à production d'ECS instantanée, voir la fiche n°6 page 70.

Grandeurs à relever et indicateurs courants

Consommation de gaz	kWh / m ² .an
Consommation d'énergie pour la production d'ECS	kWh / m ³
Consommation d'énergie pour la production de chauffage (calculé par différence entre Consommation de gaz et Consommation d'énergie pour la production d'ECS)	kWh / m ² .an
Besoins en ECS	kWh / m ² .an kWh / m ³

Il est ici prévu d'ajouter un compteur de gaz dédié au suivi, afin de disposer d'un instrument adapté et ne comptabilisant que les consommations pour le chauffage et l'ECS, c'est-à-dire hors cuisson. Néanmoins un suivi similaire à partir du compteur de facturation est envisageable ; dans ce cas le compteur doit être équipé d'un émetteur d'impulsions (avec l'accord du distributeur) et les consommations de gaz pour la cuisson doivent être déduites.





Instrumentation et réglementation thermique

Cette fiche concerne des bâtiments à usage d'habitation, mais les textes applicables diffèrent selon que le bâtiment soit neuf ou existant.

Pour un bâtiment neuf : article 23 de la Réglementation Thermique 2012

Chauffage	Un sous-compteur gaz pour la chaudière uniquement Un sous-compteur électrique pour les auxiliaires de chaufferie
Production d'ECS	
Refroidissement	-
Réseau de prises	Un sous-compteur électrique pour le départ prises électriques
Autres	Un sous-compteur électrique pour les usages spécialisés :VMC, automatismes et éclairage...

Pour un bâtiment existant : pas de texte concernant la maison individuelle

Plan de comptage

Grandeur	Nom	Instrument	Critères de choix	Emplacement	Info
Consommation de gaz	G	Compteur gaz	Incrément : 10 L Diamètre : G1,6	Arrivée gaz	p. 24
Besoins en ECS	V ₁	Compteur d'eau de type volumétrique	Débit transitoire : 0,05 m ³ /h Incrément : 1 L	En entrée du ballon ECS	p. 21
Énergie consommée par la production d'ECS	C	Compteur d'énergie à ultrasons	Incrément : 10 Wh	Retour du circuit de charge ECS	p. 31
Volume circulant dans le circuit de charge ECS	V ₂		Débit transitoire : 0,05 m ³ /h		p. 21
Température de retour du circuit de charge ECS	T ₁		Précision : classe A Plage : 0 à 100°C		p. 12
Température de départ du circuit de charge ECS	T ₂		Précision : classe A Plage : 0 à 100°C	Départ du circuit de charge ECS	p. 12



Pré-équipement pour l'aide à la mise au point et à l'exploitation

Des doigts de gants doivent être prévus pour permettre des **mesures ponctuelles de températures** à certains emplacements :

- Pour l'adaptation et la vérification de la consigne ou de la loi d'eau de chauffage : en sortie de chaudière et sur le retour du réseau de chauffage ;
- Pour l'adaptation de la consigne de la charge ECS : sur le retour de l'appoint à la production d'ECS ;
- Pour la vérification de la température de fourniture d'ECS : en sortie de production d'ECS.

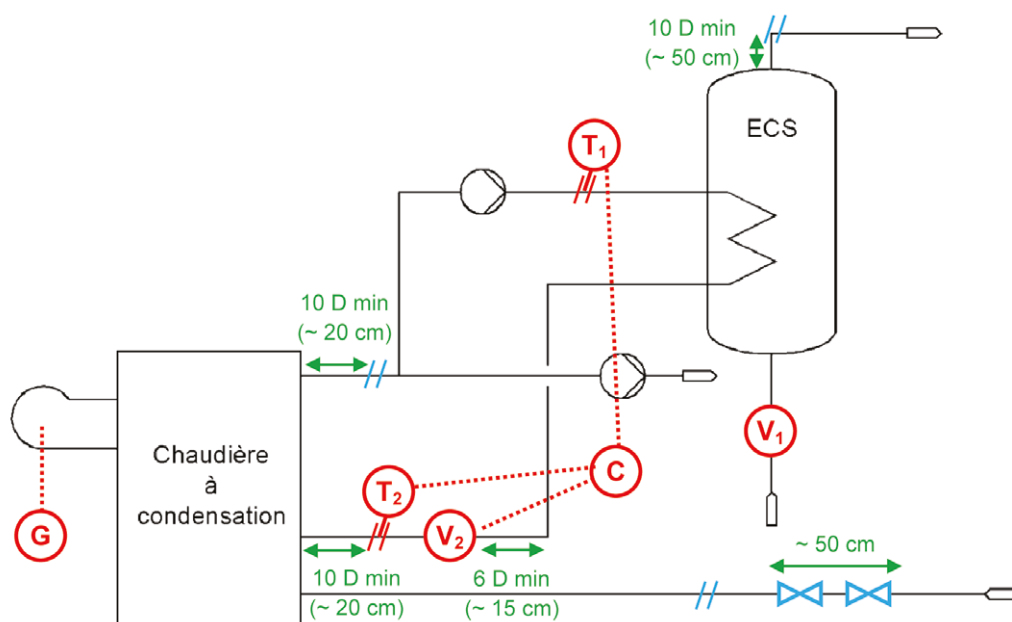
D'autres doigts de gants doivent être posés dès la réalisation de la chaufferie pour permettre d'**ajouter des compteurs d'énergie** par la suite :

- Sur le départ et sur le retour du réseau de chauffage.

Des vannes d'isolement et des longueurs droites (1 mètre minimum) doivent être prévues pour ajouter les débitmètres des compteurs d'énergie :

- Sur le retour du réseau de chauffage.

Schéma de l'installation et de son instrumentation



À retenir !

- Le compteur d'eau sur le réseau d'ECS doit être correctement placé, c'est-à-dire de façon à ne comptabiliser que l'eau effectivement réchauffée dans le ballon. Il doit donc être situé en **aval de tout piquage** tel que l'appoint d'eau du circuit de chauffage ou l'amenée d'eau froide vers le mitigeur thermostatique d'eau chaude sanitaire.
- Le compteur d'eau utilisé pour les comptages de volume sur le réseau d'ECS doit être de type **volumétrique** pour assurer le comptage des soutirages les plus faibles.

Relève des données

Le système de télérelève doit recueillir :

- › 3 entrées comptage reliées aux émetteurs d'impulsions (consommation de gaz, compteur d'énergie sur la charge ECS, besoins en ECS).

Coût indicatif du matériel et de la pose

- › 1 compteur gaz diamètre G1,6 : 375 € HT
- › 1 compteur d'eau froide à jet unique DN 20 : 100 € HT
- › 1 compteur d'énergie à ultrasons DN 20 : 650 € HT

Coût total pose et main d'œuvre : 1 125 € HT (hors éventuel système de télérelève)

Autocontrôle de l'instrumentation

Compteur d'eau

- L'**emplacement** est conforme au schéma hydraulique ;
- Le **sens de circulation** de l'eau est respecté ;
- Les **longueurs droites** amont et aval sont respectées (sauf compteur type volumétrique) ;
- Des **vannes d'isolement** sont présentes en amont et en aval ;
- Les **câbles de communication** des données ont été tirés jusqu'à la centrale.

Particularités pour un compteur d'énergie

- Les **sondes aller et retour** sont correctement placées dans leurs doigts de gants ;
- Le **câble d'alimentation** de l'intégrateur (ou sa **pile**) est fonctionnel ;
- Un **doigt de gant supplémentaire** est présent près du débitmètre pour pouvoir appairer les deux sondes de température.

Sonde de température en doigt de gant

- L'**emplacement** est conforme au schéma hydraulique ;
- La **longueur droite** en amont (10 fois le diamètre) est respectée ;
- Le doigt de gant atteint le **centre de la canalisation** ;
- Le **diamètre de la sonde** est adapté au doigt de gant ;
- La partie sensible de la sonde atteint le **fond du doigt de gant** ;
- Si besoin, de la **pâte thermique** comble le doigt de gant ;
- Le **calorifugeage** a été remplacé sur la canalisation ;
- Les **câbles de communication** (2, 3 ou 4 fils selon la sonde et le montage) des données ont été tirés jusqu'à la centrale.

Compteur de gaz

- Le **sens de circulation** du gaz est respecté ;
- Une **vanne d'isolement** est présente en amont ;
- La **mise à l'épreuve** a été faite, il n'y a pas de fuite de gaz ;
- Les **câbles de communication** des données ont été tirés jusqu'à la centrale.

2. MAISON INDIVIDUELLE ÉLECTRIQUE

Caractéristiques des équipements

- › Chauffage (et rafraîchissement) : pompe à chaleur air / eau
- › Production d'ECS : chauffe-eau thermodynamique

Objectif : comptabilité énergétique

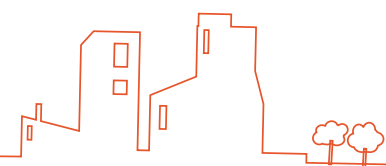
L'évaluation du bon fonctionnement du chauffe-eau thermodynamique comme de la pompe à chaleur est basée sur leur coefficient de performance. Pour le déterminer, il faut connaître les consommations électriques des machines et l'énergie thermique qu'elles fournissent.

Dans le cas du chauffe-eau thermodynamique, seul le volume d'ECS consommé est comptabilisé : les températures d'entrée et de sortie de l'eau peuvent être considérées comme constantes (respectivement égales à 15°C et à la consigne de production du CET).

D'autres configurations d'installations avec PAC existent, selon que l'appoint électrique est séparé de la PAC, intégré ou absent. Dans le premier cas, il est préférable de ne comptabiliser que l'énergie thermique fournie par la PAC seule ; dans le second cas en revanche, seule la somme de l'énergie thermique fournie par la PAC et son appoint est accessible. Les indicateurs sont alors différents, le COP ne peut être calculé.

Grandeurs à relever et indicateurs courants

Consommation électrique de la PAC	kWh / m ² .an, COP
Energie thermique fournie par la PAC (égale à la consommation d'énergie pour le chauffage, aux pertes près)	
Consommation électrique du CET	kWh / m ² .an, COP
Besoins en ECS	kWh / m ³





Instrumentation et réglementation thermique

Cette fiche concerne des bâtiments à usage d'habitation, mais les textes applicables diffèrent selon que le bâtiment soit neuf ou existant.

Pour un bâtiment neuf : article 23 de la Réglementation Thermique 2012

Chauffage	Un sous-compteur électrique pour la pompe à chaleur et ses auxiliaires (E1)
Refroidissement	
Production d'ECS	Un sous-compteur électrique pour le chauffe-eau thermodynamique et ses auxiliaires (E2)
Réseau de prises	Un sous-compteur électrique pour le départ prises électriques
Autres	Un sous-compteur électrique pour les départs spécialisés : cuisson électrique, VMC, éclairages et automatismes...

Pour un bâtiment existant : pas de texte concernant la maison individuelle

Plan de comptage

Grandeur	Nom	Instrument	Critères de choix	Emplacement	Info
Consommation électrique de la PAC	E1	Compteur électrique monophasé	Calibre : 32 A Incrément : 10 Wh	Sur le départ de l'alimentation de la PAC	p. 30
Énergie fournie au réseau de chauffage	C1	Compteur d'énergie à ultrasons	Incrément : 10 Wh	En amont de la PAC	p. 30
Débit du réseau de chauffage	V1		Incrément : 1 L Débit transitoire : 0,15 m ³ /h		p. 21
Température d'entrée de la PAC	T1		Précision : classe A Plage : 0 à 50°C	p. 12	
Température de sortie de la PAC	T2		Précision : classe A Plage : 0 à 80°C	En aval de la PAC p. 12	
Consommation électrique du CET	E2	Compteur électrique monophasé	Calibre : 32 A Incrément : 10 Wh	Sur le départ de l'alimentation du CET	p. 30
Besoins en ECS	V2	Compteur d'eau volumétrique	Incrément : 1 L Débit transitoire : 0,01 m ³ /h	En amont du ballon thermodynamique	p. 21



Pré-équipement pour l'aide à la mise au point et à l'entretien

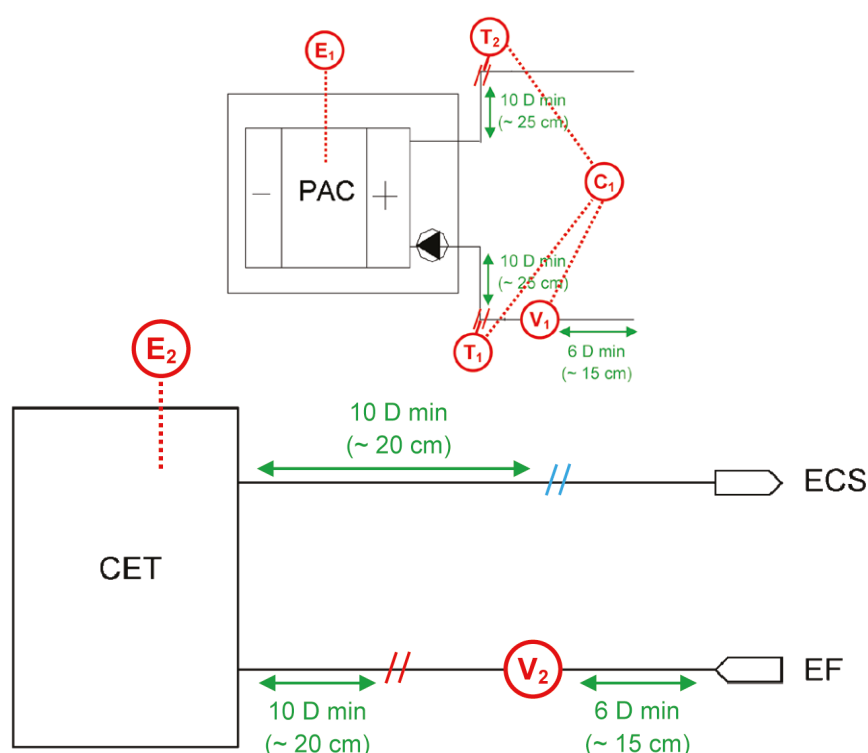
Des doigts de gants doivent être prévus pour permettre des **mesures ponctuelles de températures** à certains emplacements :

- Pour la vérification de la température de fourniture d'ECS : en sortie de production.

D'autres doigts de gants doivent être posés dès la réalisation de la chaufferie pour permettre d'**ajouter des compteurs d'énergie** par la suite :

- Sur l'arrivée d'eau froide du CET.

Schéma de l'installation et de son instrumentation



À retenir !

- Le compteur d'eau sur le réseau d'ECS doit être correctement placé, c'est-à-dire de façon à ne comptabiliser que l'eau effectivement réchauffée dans le ballon. Il doit donc être situé en **aval de tout piquage** tel que l'appoint d'eau du circuit de chauffage ou l'amenée d'eau froide vers le mitigeur thermostatique d'eau chaude sanitaire.
- Le compteur d'eau utilisé pour les comptages de volume sur le réseau d'ECS doit être de type **volumétrique** pour assurer le comptage des soutirages les plus faibles.
- Les compteurs électriques utilisés pour le chauffe-eau thermodynamique et la PAC doivent supporter les intensités demandées par ces équipements. Un calibre de 32 A est a priori suffisant en maison individuelle, mais il convient de vérifier la **puissance appelée par la PAC** au démarrage, qui peut être importante.

Relève des données

Le système d'acquisition doit comprendre :

- 4 entrées comptage reliées aux émetteurs d'impulsions (consommation électrique de la PAC, du chauffe-eau thermodynamique, débit de la distribution d'ECS, compteur d'énergie sur le circuit de chauffage).

Coût indicatif du matériel et de la pose

- 1 compteur d'énergie à ultrasons DN 25 : 650 € HT
- 1 compteur d'eau volumétrique DN 20 : 125 € HT
- 2 compteurs électriques calibre 32 A : $2 \times 150 = 300$ € HT

Coût total pose et main d'œuvre : 1 075 € HT (hors éventuel système de télérelève)

Autocontrôle de l'instrumentation

Compteur d'eau

- L'**emplacement** est conforme au schéma hydraulique ;
- Le **sens de circulation** de l'eau est respecté ;
- Les **longueurs droites** amont et aval sont respectées (sauf compteur type volumétrique) ;
- Des **vannes d'isolement** sont présentes en amont et en aval ;
- Les **câbles de communication** des données ont été tirés jusqu'à la centrale.

Particularités pour un compteur d'énergie

- Les **sondes aller et retour** sont correctement placées dans leurs doigts de gants ;
- Le **câble d'alimentation** de l'intégrateur (ou sa **pile**) est fonctionnel ;
- Un **doigt de gant supplémentaire** est présent près du débitmètre pour pouvoir appairer les deux sondes de température.

Sonde de température en doigt de gant

- L'**emplacement** est conforme au schéma hydraulique ;
- La **longueur droite** en amont (10 fois le diamètre) est respectée ;
- Le doigt de gant atteint le **centre de la canalisation** ;
- Le **diamètre de la sonde** est adapté au doigt de gant ;
- La partie sensible de la sonde atteint le **fond du doigt de gant** ;
- Si besoin, de la **pâte thermique** comble le doigt de gant ;
- Le **calorifugeage** a été remplacé sur la canalisation ;
- Les **câbles de communication** (2, 3 ou 4 fils selon la sonde et le montage) des données ont été tirés jusqu'à la centrale.

Compteur électrique

- L'**alimentation** instrumentée correspond bien à l'usage suivi ;
- Le compteur est protégé par un **disjoncteur adapté** ;
- Les **câbles de communication** des données ont été tirés jusqu'à la centrale.

3. IMMEUBLE À CHAUFFAGE COLLECTIF (SUIVI SIMPLIFIÉ)

Caractéristiques des équipements

- › Chauffage : deux chaudières gaz à condensation
- › Production d'ECS : échangeur à plaques et ballon de stockage

Objectif : mise en place d'un contrat d'exploitation avec intéressement

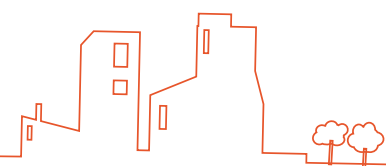
La consommation d'énergie pour le chauffage est comparée avec un objectif contractuel, les gains ou pertes réalisés étant partagés entre l'exploitant et le maître d'ouvrage. Elle peut être considérée soit au niveau du combustible, soit sous forme de chaleur fournie au réseau de chauffage. On considère ici la quantité de gaz consommée, plus simple à relever (la fiche suivante présente une instrumentation plus complète incluant des compteurs d'énergie).

Pour tenir compte de la rigueur climatique qui influe sur les besoins de chauffage, on corrige la quantité d'énergie relevée par les DJU de la saison de chauffage écoulée.

La production d'ECS par la chaudière nécessite de déduire la consommation de ce poste de la quantité d'énergie totale utilisée. Pour cela, un ratio forfaitaire est appliqué au volume d'ECS consommé sur la saison de chauffe écoulée. Dans certains cas, l'énergie utilisée pour la production d'ECS et celle apportée au réseau de chauffage sont comptabilisées par un compteur d'énergie commun.

Grandeurs à relever et indicateurs courants

Consommation de gaz	kWh / m ² .an kWh / DJU
Consommation d'énergie pour le chauffage (par calcul, voir ci-dessus)	
Besoins en ECS	kWh / m ³





Instrumentation et réglementation thermique

Cette fiche concerne des bâtiments à usage d'habitation, mais les textes applicables diffèrent selon que le bâtiment soit neuf ou existant.

Pour un bâtiment neuf : article 23 de la Réglementation Thermique 2012

Chauffage	Compteur gaz de facturation de la chaufferie (G)
Production d'ECS	
Refroidissement	-
Réseau de prises	n compteurs électriques pour les départs prises électriques
Autres	Compteurs gaz de facturation individuels pour la cuisson

Pour un bâtiment existant : article 79 de la Réglementation Thermique globale existant (sous conditions¹)

Chauffage	Compteur gaz de facturation de la chaufferie (G)
Production d'ECS	

Pour un bâtiment existant : articles R. 131-2 et R. 131-10 du code de la construction (sous conditions²)

Chauffage	n compteurs d'énergie sur les boucles d'appartements
Production d'ECS	n compteurs d'eau sur les alimentations en ECS des logements

Plan de comptage

Grandeur	Nom	Instrument	Critères de choix	Emplacement	Info
Consommation de gaz	G	Émetteur d'impulsions	Incrément : 10 L	Sur le compteur gaz GrDF	p. 24
Besoins en ECS	V	Compteur d'eau volumétrique	Incrément : 1 L Débit transitoire : 0,01 m ³ /h	Avant le ballon d'ECS	p. 21

¹ Le bâtiment doit être postérieur à 1948, d'une surface supérieure à 1000 m² et subir des travaux dépassant 25% du coût du bâtiment

² Le bâtiment doit être antérieur à 2001 et sa consommation de chauffage doit dépasser 150 kWh / m².an



Pré-équipement pour l'aide à la mise au point et à l'exploitation

Des doigts de gants doivent être prévus pour permettre des **mesures ponctuelles de températures** à certains emplacements :

- Pour le contrôle du bon fonctionnement de la vanne à trois voies et la vérification de la loi d'eau : sur le départ chauffage régulé ;
- Pour l'adaptation de la loi d'eau de chauffage : sur le retour du réseau de chauffage ;
- Pour la vérification des seuils réglementaires sur la température de distribution d'ECS (55°C en permanence ou chocs thermiques quotidiens) : en sortie du ballon de stockage d'ECS ;
- Pour la vérification des seuils réglementaires sur la température dans le bouclage de la distribution d'ECS : sur les retours de chaque colonne de bouclage d'ECS ;
- Pour la vérification de l'équilibrage du réseau de chauffage : sur les retours de chaque colonne de distribution de chauffage.

D'autres doigts de gants doivent être posés dès la réalisation de la chaufferie pour permettre d'ajouter des compteurs d'énergie par la suite :

- Sur chaque générateur : sur le départ et le retour ;
- Sur le primaire : au retour et en sortie de la production ;
- Sur le réseau de chauffage : sur le départ (en amont de la vanne à trois voies) et sur le retour ;
- Sur le circuit de charge ECS : sur le départ (en amont de la vanne à trois voies) et sur le retour ;
- Sur le bouclage de la distribution d'ECS : sur le retour du bouclage vers le ballon.

Des vannes d'isolement et des longueurs droites (1 mètre minimum) doivent être prévues pour ajouter les débitmètres des compteurs d'énergie :

- Sur le retour vers la production ;
- Sur le retour du circuit de chauffage ;
- Sur le retour de la charge du ballon d'ECS ;
- Sur le retour de bouclage d'ECS.

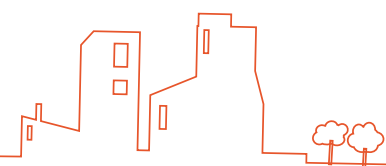
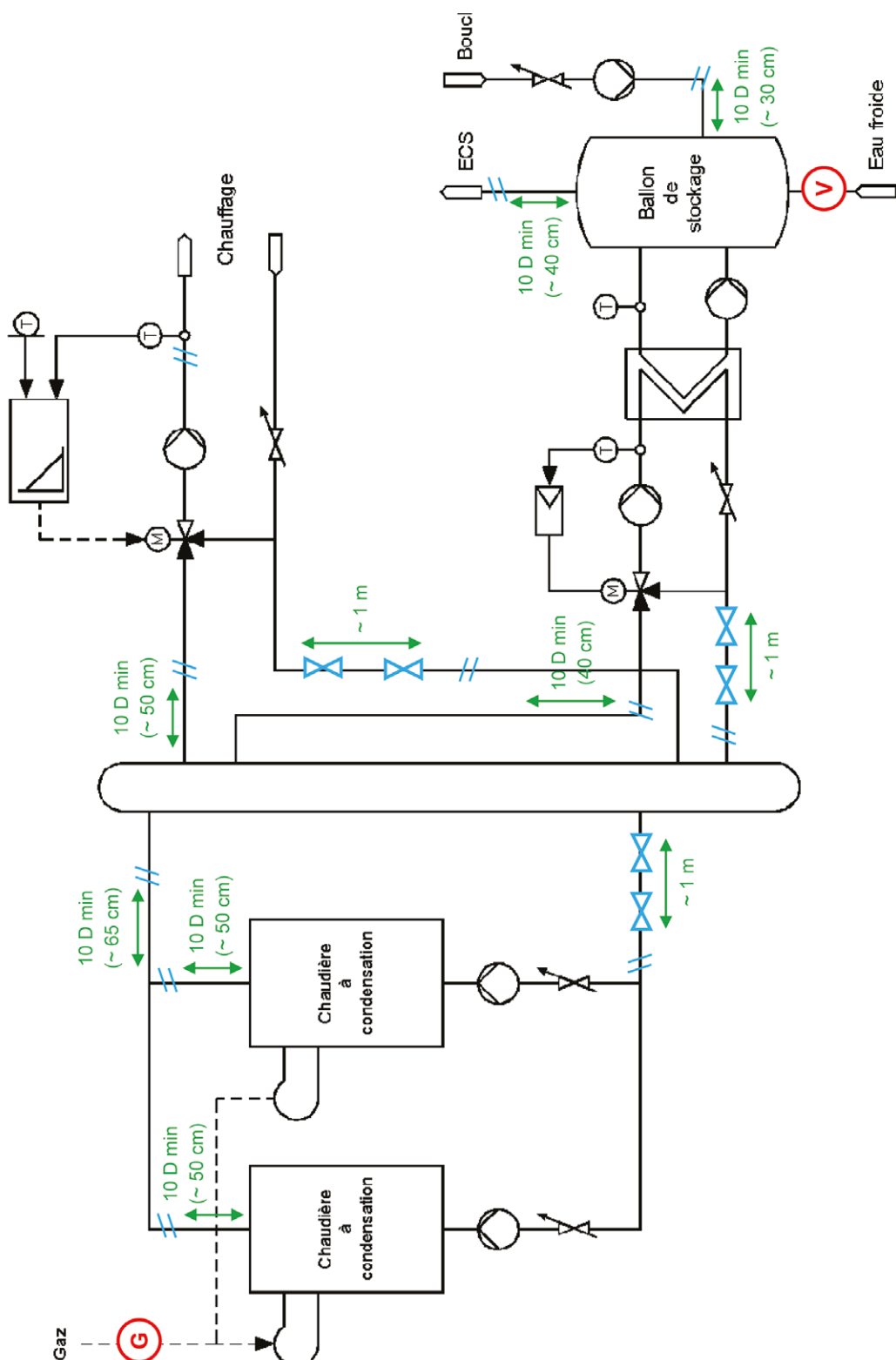


Schéma de l'installation et de son instrumentation



Sources COSTIC

À retenir !

- Cette fiche présente peu d'instruments, mais plusieurs éléments de pré-équipements utiles pour l'ajout ultérieur de compteurs (voir la fiche suivante pour plus de détails) ;
- Le compteur d'eau sur le réseau d'ECS doit être correctement placé, c'est-à-dire de façon à ne comptabiliser que l'eau effectivement réchauffée dans le ballon. Il doit donc être situé **en aval de tout piquage** tel que l'appoint d'eau du circuit de chauffage ou l'amenée d'eau froide vers le mitigeur thermostatique d'eau chaude sanitaire.
- Le compteur d'eau utilisé pour les comptages de volume sur le réseau d'ECS doit être de type **volumétrique** pour assurer le comptage des soutirages les plus faibles.

Relève des données

Le système d'acquisition doit recueillir :

- 2 entrées comptage reliées aux émetteurs d'impulsions (consommation de gaz, volume d'ECS).

Coût indicatif du matériel et de la pose

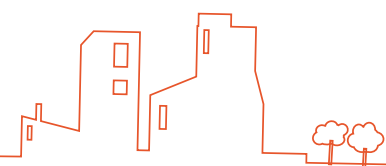
- 1 compteur d'eau à jets multiples DN 32 : 200 € HT
- 1 émetteur d'impulsions pour compteur gaz G6 : 100 € HT

Coût total pose et main d'œuvre : 300 € HT

Autocontrôle de l'instrumentation

Compteur d'eau

- L'**emplacement** est conforme au schéma hydraulique ;
- Le **sens de circulation** de l'eau est respecté ;
- Les **longueurs droites** amont et aval sont respectées (sauf compteur type volumétrique) ;
- Des **vannes d'isolement** sont présentes en amont et en aval ;
- Les **câbles de communication** des données ont été tirés jusqu'à la centrale.



4. IMMEUBLE À CHAUFFAGE COLLECTIF (SUIVI DÉTAILLÉ)

Caractéristiques des équipements

- Chauffage : deux chaudières gaz à condensation
- Production d'ECS : échangeur à plaques et ballon de stockage

Objectif : suivi détaillé de la production de chauffage et d'ECS

Le calcul du rendement de production de la chaudière est très utile pour évaluer ses performances. La température de l'eau en sortie du générateur est également riche d'enseignements sur son fonctionnement.

Il est intéressant de suivre la température de départ réglé sur le circuit de chauffage, en parallèle de la température extérieure, de façon à vérifier le respect de la courbe de chauffe.

Au niveau de l'ECS, deux températures sont soumises à des seuils réglementaires dès lors que le stockage dépasse 400 l : la température de distribution d'ECS et celle de retour du bouclage. Leur suivi permet de contrôler le bon fonctionnement de la production d'eau chaude sanitaire.

La température de l'eau froide entrant dans le ballon d'ECS permet de quantifier plus précisément le besoin en ECS, mais elle peut être considérée comme constante puisque variant peu (15°C en moyenne annuelle).

Grandeurs à relever et indicateurs courants

Consommation de gaz	Rendement
Consommation d'énergie pour le chauffage	kWh / m ² .an kWh / DJU
Énergie apportée à la charge du ballon ECS	
Besoins en ECS	Rendement ECS kWh / m ³
Température de départ chauffage réglé	
Température extérieure (facultatif)	Courbe de chauffe
Température de retour de boucle d'ECS	
Température de distribution d'ECS	Températures réglementaires
Température d'eau froide (facultative)	Rendement ECS

Instrumentation et réglementation thermique

Cette fiche concerne des bâtiments à usage d'habitation, mais les textes applicables diffèrent selon que le bâtiment soit neuf ou existant.

Pour un bâtiment neuf : article 23 de la Réglementation Thermique 2012

Chauffage	Compteur gaz de facturation de la chaufferie (G)
Production d'ECS	
Refroidissement	-
Réseau de prises	n sous-compteurs électriques pour le départ prises électriques
Autres	Compteurs gaz individuels de facturation : cuisson

Pour un bâtiment existant : article 79 de la RT globale existant (sous conditions¹)

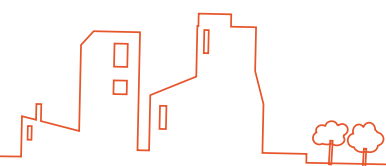
Chauffage	Compteur gaz de facturation de la chaufferie (G)
Production d'ECS	

Pour un bâtiment existant : articles R. 131-2 et R. 131-10 du code de la construction (sous conditions²)

Chauffage	n sous-compteur d'énergie sur les boucles horizontales
Production d'ECS	n sous-compteur d'eau sur les alimentations des logements

¹ Le bâtiment doit être postérieur à 1948, d'une surface supérieure à 1000 m² et subir des travaux dépassant 25% du coût du bâtiment

² Le bâtiment doit être antérieur à 2001 et sa consommation de chauffage doit dépasser 150 kWh / m².an



Plan de comptage

Grandeur	Nom	Instrument	Critères de choix	Emplacement	Info
Consommation de gaz	G	Émetteur d'impulsions	Incrément : 10 L	Emplacement Sur le compteur gaz GrDF	p. 24
Besoins en ECS	V	Compteur d'eau volumétrique	Incrément : 1 L Débit transitoire : 0,01 m ³ /h	Avant le ballon d'ECS	p. 21
Énergie apportée	C ₁	Compteur d'énergie à ultrasons avec sortie M-Bus	Incrément : 1 kWh	Départ chauffage, en amont de la vanne à trois voies	p. 31
Volume circulant dans le réseau de chauffage	V ₁		Incrément : 10 L Débit transitoire : 0,5 m ³ /h		p. 21
Température de départ chauffage	T ₁		Précision : classe A Plage : 0 à 100°C	p. 12	
Température de retour chauffage	T ₂		Précision : classe A Plage : 0 à 100°C	Retour chauffage p. 12	
Énergie apportée à la charge du ballon ECS	C ₂	Compteur d'énergie à ultrasons avec sortie M-Bus	Incrément : 0,1 kWh	Départ charge ECS, en amont de la vanne à trois voies	p. 31
Volume circulant dans le réseau de charge ECS	V ₂		Incrément : 10 L Débit transitoire : 0,5 m ³ /h		p. 21
Température de départ charge ECS	T ₃		Précision : classe A Plage : 0 à 100°C	p. 12	
Température de retour charge ECS	T ₄		Précision : classe B Plage : 0 à 100°C	Retour charge ECS p. 12	
Température distribution d'ECS	T ₅	Sonde de température en doigt de gant	Précision : classe B Plage : 0 à 80°C	À la sortie du ballon d'ECS (1 m après)	p. 12
Température de retour de boucle d'ECS	T ₆	Sonde de température en doigt de gant	Précision : classe B Plage : 0 à 80°C	Au retour vers le ballon d'ECS	p. 12
Température de départ chauffage régulé	T ₇	Sonde de température en doigt de gant	Précision : classe B Plage : 0 à 100°C	Après la vanne à trois voies	p. 12
Température extérieure	T _e	Sonde de température extérieure	Précision : classe B Plage : -30 à 50°C	Sur la façade nord, à 3 mètres de hauteur	p. 15

Pré-équipement pour l'aide à la mise au point et à l'exploitation

Des doigts de gants doivent être prévus pour permettre des **mesures ponctuelles de températures** à certains emplacements :

- Pour le contrôle du bon fonctionnement de la vanne à trois voies et la vérification de la loi d'eau : sur le départ chauffage réglé ;
- Pour l'adaptation de la loi d'eau de chauffage : sur le retour du réseau de chauffage ;
- Pour la vérification des seuils réglementaires sur la température dans le bouclage de la distribution d'ECS : sur les retours de chaque colonne de bouclage d'ECS ;
- Pour la vérification de l'équilibrage du réseau de chauffage : sur les retours de chaque colonne de distribution de chauffage.

D'autres doigts de gants doivent être posés dès la réalisation de la chaufferie pour permettre d'ajouter des compteurs d'énergie par la suite :

- Sur chaque générateur : sur le départ et le retour.

Des vannes d'isolement et des longueurs droites (1 mètre minimum) doivent être prévues pour ajouter les débitmètres des compteurs d'énergie :

- Sur le circuit de chauffage : sur le retour.

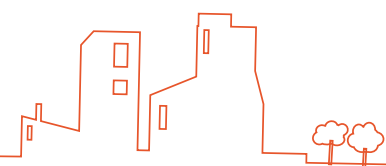
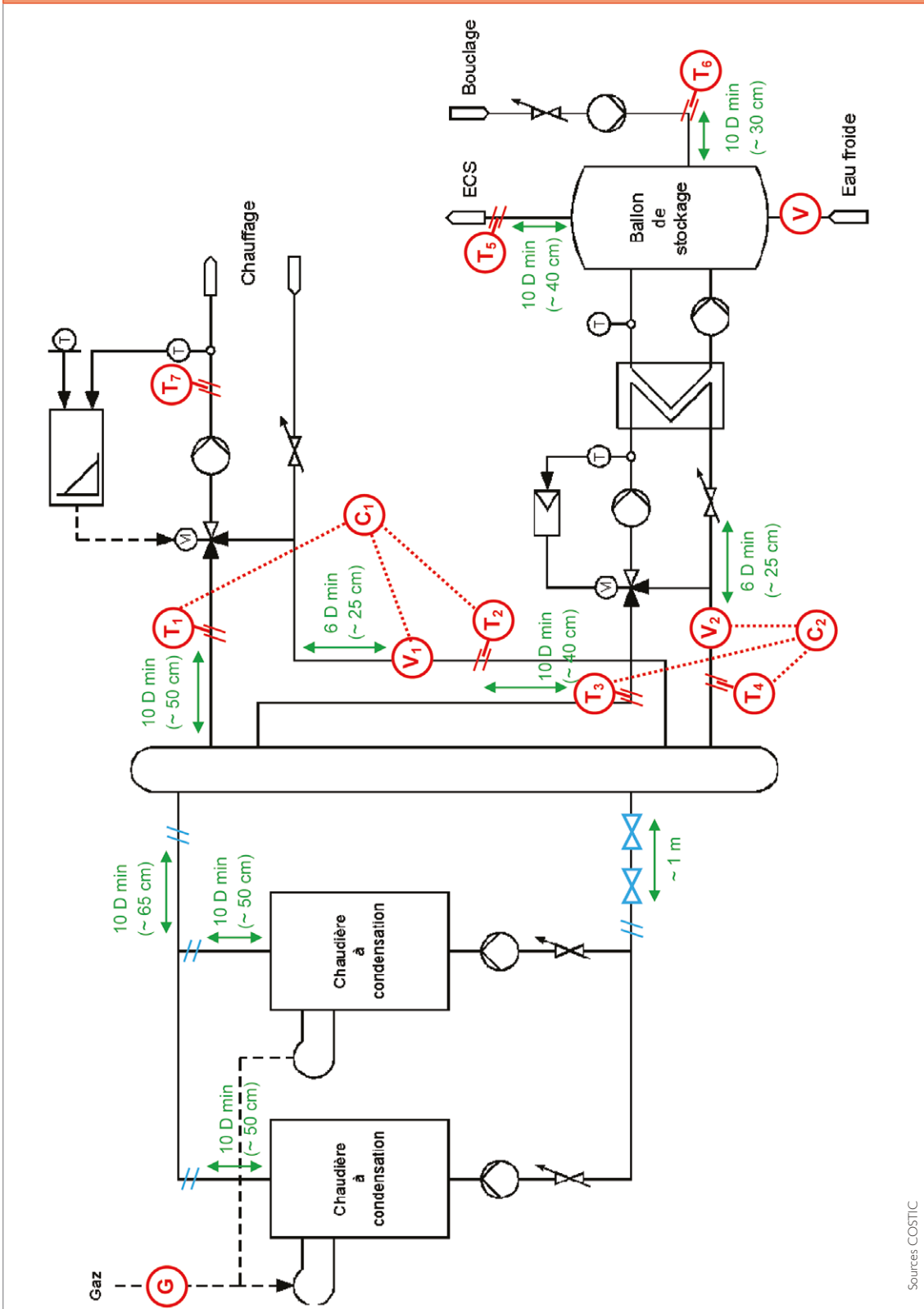


Schéma de l'installation et de son instrumentation



Sources COSTIC

À retenir !

- ▶ Le compteur d'eau sur le réseau d'ECS doit être correctement placé, c'est-à-dire de façon à ne comptabiliser que l'eau effectivement réchauffée dans le ballon. Il doit donc être situé en aval de tout piquage tel que l'appoint d'eau du circuit de chauffage ou l'amenée d'eau froide vers le mitigeur thermostatique d'eau chaude sanitaire.
- ▶ Le compteur d'eau utilisé sur le réseau d'ECS doit être de type volumétrique pour assurer le comptage des soutirages les plus faibles.
- ▶ Les compteurs d'énergie sont dans la mesure du possible posés sur les parties de circuit à débit variable, c'est-à-dire en amont des vannes à trois voies ; la différence de températures est plus importante et la précision du comptage améliorée. Il est également préférable de placer le compteur d'eau sur le retour, où les températures sont plus basses.
- ▶ La sonde de température extérieure doit être placée au nord, à l'abri de toute perturbation (conduit de fumées) et de l'exposition solaire directe.

Relève des données

Le système d'acquisition doit recueillir :

- ▶ 2 entrées comptage reliées aux émetteurs d'impulsions (consommation de gaz, volume d'ECS) ;
- ▶ 2 entrées M-Bus en RS 485 (compteurs d'énergie sur les départs chauffage et charge ECS), renvoyant un index de comptage d'énergie, un index de volume d'eau, une valeur de débit d'eau et deux températures d'eau ;
- ▶ 6 entrées pour sondes de température passives avec montage en 3 fils (température de départ chauffage, de distribution d'ECS, de retour de bouclage ECS, extérieure).

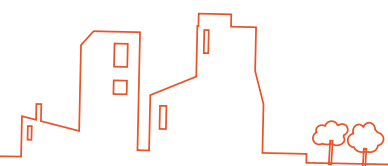
La sonde de température extérieure et l'émetteur d'impulsions placé sur le compteur gaz peuvent être reliés au système d'acquisition par radio si la configuration des lieux l'exige.

Coût indicatif du matériel et de la pose

Coût indicatif du matériel et de la pose

- ▶ 1 émetteur d'impulsions pour compteur gaz G6 : 100 € HT
- ▶ 2 compteurs d'énergie à ultrasons M-Bus, DN 50 et 40 : $2000 + 1500 = 3\,500$ € HT
- ▶ 1 compteur d'eau froide à jet unique DN 32 : 175 € HT
- ▶ 3 sondes de température d'eau en doigt de gant : $150 \times 3 = 450$ € HT
- ▶ 1 sonde de température extérieure : 125 € HT

Coût total pose et main d'œuvre : 4 350 € HT (hors éventuel système de télérelève)



Autocontrôle de l'instrumentation

Compteur d'eau

- L'**emplacement** est conforme au schéma hydraulique ;
- Le **sens de circulation** de l'eau est respecté ;
- Les **longueurs droites** amont et aval sont respectées (sauf compteur type volumétrique) ;
- Des **vannes d'isolement** sont présentes en amont et en aval ;
- Les **câbles de communication** des données ont été tirés jusqu'à la centrale.

Particularités pour un compteur d'énergie

- Les **sondes aller et retour** sont correctement placées dans leurs doigts de gants ;
- Le **câble d'alimentation** de l'intégrateur (ou sa **pile**) est fonctionnel ;
- Un **doigt de gant supplémentaire** est présent près du débitmètre pour pouvoir appairer les deux sondes de température.

Sonde de température en doigt de gant

- L'**emplacement** est conforme au schéma hydraulique ;
- La **longueur droite** en amont (10 fois le diamètre) est respectée ;
- Le doigt de gant atteint le **centre de la canalisation** ;
- Le **diamètre de la sonde** est adapté au doigt de gant ;
- La partie sensible de la sonde atteint le **fond du doigt de gant** ;
- Si besoin, de la **pâte thermique** comble le doigt de gant ;
- Le **calorifugeage** a été remplacé sur la canalisation ;
- Les **câbles de communication** (2, 3 ou 4 fils selon la sonde et le montage) des données ont été tirés jusqu'à la centrale.



5. IMMEUBLE À CHAUFFAGE COLLECTIF INDIVIDUALISÉ

Caractéristiques des équipements

- › Échangeur de chaleur sur réseau de chauffage urbain
- › Chauffage : boucles d'appartements avec vannes à deux voies
- › ECS : compteurs d'eau froide et d'eau chaude individuels pour chaque logement

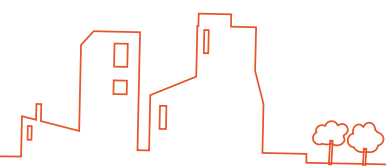
Objectif : individualisation des charges

La mise en place de compteurs d'énergie individuels permet de répartir les charges de chauffage et de production d'ECS plus équitablement que sur la base des surfaces ou des tantièmes. Le surcout lié à l'installation des compteurs est généralement compensé par une baisse des consommations, grâce à la responsabilisation des occupants.

Il est impossible de raccorder les signaux des émetteurs d'impulsions à travers deux appareils d'acquisition. Si les compteurs d'énergie thermique individuels sont relevés par un prestataire extérieur, ils ne pourront être intégrés à un système de télérelève indépendant.

Grandeurs à relever et indicateurs courants

Énergie de chauffage fournie à chaque boucle d'appartement	kWh / m ² .an
Énergie consommée sous forme d'ECS par chaque logement	kWh / m ³ .an



Instrumentation et réglementation thermique

Cette fiche concerne des bâtiments à usage d'habitation, mais les textes applicables diffèrent selon que le bâtiment soit neuf ou existant.

Pour un bâtiment neuf : article 23 de la Réglementation Thermique 2012

Chauffage	Compteur d'énergie de facturation de la sous-station (C_p)
Production d'ECS	
Refroidissement	-
Réseau de prises	Compteurs électriques individuels pour les départs prises électriques
Autres	Sous-compteurs électriques individuels (ou compteurs gaz individuels de facturation) pour la cuisson

Pour un bâtiment existant : article 79 de la RT globale existant (sous conditions¹)

Chauffage	Sous-compteurs d'énergie de facturation des logements
Production d'ECS	Sous-compteurs d'eau chaude de facturation des logements

Pour un bâtiment existant : articles R. 131-2 et R. 131-10 du code de la construction (sous conditions²)

Chauffage	Sous-compteurs d'énergie de facturation des logements
Production d'ECS	Sous-compteurs d'eau chaude de facturation des logements

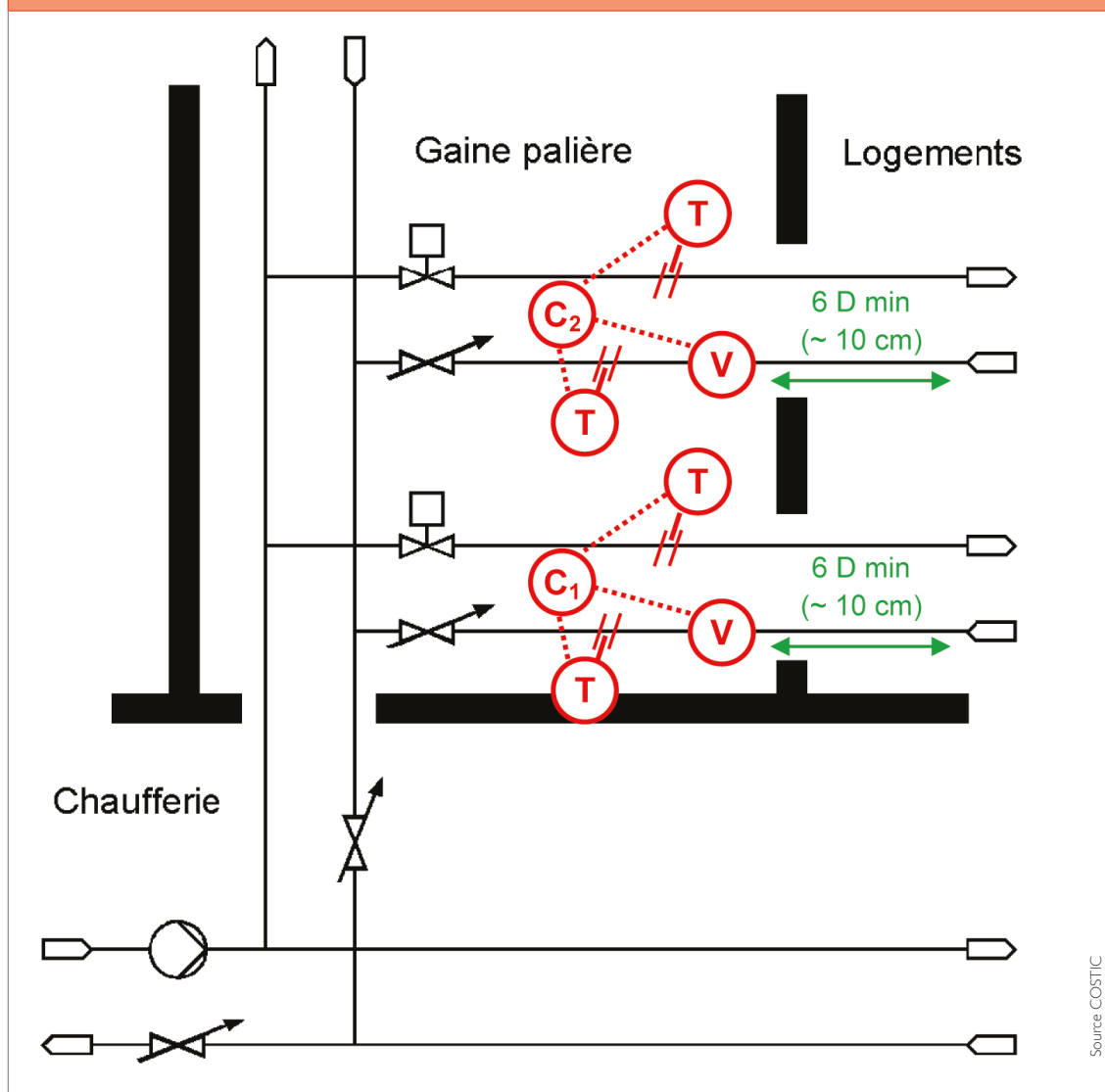
Plan de comptage

Grandeur	Nom	Instrument	Critères de choix	Emplacement	Info
Consommation de chauffage urbain	C_p	-	Incrément : 1 kWh Débit transitoire : 1 m ³ /h	Compteur d'énergie de facturation	p. 31
Consommation d'énergie pour le chauffage	C_i à C_n	Compteur d'énergie à ultrasons	Incrément : 10 kWh Débit transitoire : 0,01 m ³ /h	Au départ de la boucle d'appartement	p. 31
Besoins d'ECS	B_i à B_n	Compteur d'eau chaude	Incrément : 1 L Débit transitoire : 0,01 m ³ /h	Sur le réseau d'ECS de l'appartement	p. 21

¹ Le bâtiment doit être postérieur à 1948, d'une surface supérieure à 1 000 m² et subir des travaux dépassant 25% du coût du bâtiment

² Le bâtiment doit être antérieur à 2001 et sa consommation de chauffage doit dépasser 150 kWh / m².an

Schéma de l'installation et de son instrumentation



À retenir !

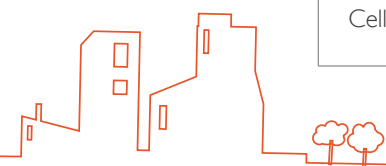
- Pour les comptages d'énergie thermique, il est préférable de placer les compteurs d'eau **sur le retour**, où les températures sont plus basses.
- Les compteurs d'eau utilisés sur les réseaux d'ECS doivent être de type **volumétrique** pour assurer le comptage des soutirages les plus faibles.

Relève des données

Le système de télérelève doit recueillir :

- 2 entrées comptage par appartement reliées aux émetteurs d'impulsions (consommation d'énergie thermique pour le chauffage, volume d'ECS).

Des centrales placées dans les étages pourront centraliser les informations issues d'un ou plusieurs étages. Celles-ci pourront être véhiculées jusqu'à ce relais par radio si nécessaire.





Coût indicatif du matériel et de la pose

Coût pour 1 appartement :

- › 1 compteur d'énergie de facturation DN 15 : 575 € HT
- › 1 compteur d'eau froide à jet unique DN 20 : 100 € HT

**Coût total pose et main d'œuvre par appartement : 675 € HT
(hors éventuel système de télérelève)**

Autocontrôle de l'instrumentation

Compteur d'eau

- L'**emplacement** est conforme au schéma hydraulique ;
- Le **sens de circulation** de l'eau est respecté ;
- Les **longueurs droites** amont et aval sont respectées (sauf compteur type volumétrique) ;
- Des **vannes d'isolement** sont présentes en amont et en aval ;
- Les **câbles de communication** des données ont été tirés jusqu'à la centrale.

Particularités pour un compteur d'énergie

- Les **sondes aller et retour** sont correctement placées dans leurs doigts de gants ;
- Le **câble d'alimentation** de l'intégrateur (ou sa **pile**) est fonctionnel ;
- Un **doigt de gant supplémentaire** est présent près du débitmètre pour pouvoir appairer les deux sondes de température.

Sonde de température en doigt de gant

- L'**emplacement** est conforme au schéma hydraulique ;
- La **longueur droite** en amont (10 fois le diamètre) est respectée ;
- Le doigt de gant atteint le **centre de la canalisation** ;
- Le **diamètre de la sonde** est adapté au doigt de gant ;
- La partie sensible de la sonde atteint le **fond du doigt de gant** ;
- Si besoin, de la **pâte thermique** comble le doigt de gant ;
- Le **calorifugeage** a été remplacé sur la canalisation ;
- Les **câbles de communication** (2, 3 ou 4 fils selon la sonde et le montage) des données ont été tirés jusqu'à la centrale.



6. IMMEUBLE À CHAUFFAGES INDIVIDUELS

Caractéristiques des équipements

- › Chauffage : chaudières gaz individuelles murales
- › Production d'ECS : micro-accumulation par la chaudière

Objectif : contrat de performance énergétique après rénovation

La rénovation de l'enveloppe du bâtiment (isolation par l'extérieur, changement des menuiseries, pose d'entrées d'air hygro-réglables...) permet de diminuer les besoins de chauffage. Les travaux peuvent être proposés avec une garantie de performance énergétique, dans laquelle le maître d'œuvre s'engage sur les consommations futures du bâtiment. Pour cela, les consommations sont relevées périodiquement, corrigées des paramètres influents (climat, occupation...) et comparées à un objectif contractuel.

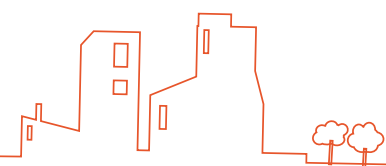
Dans le cas d'un immeuble collectif à chauffage individuel, les consommations de chauffage de chaque logement doivent être ajoutées. Il faut pour cela déduire la quantité d'énergie consommée par chaque chaudière pour la production d'ECS. La méthode généralement employée consiste à évaluer cette quantité à partir des besoins en ECS de chaque logement, affectés d'un coefficient forfaitaire.

Elles peuvent également être corrigées de la température ambiante si ce paramètre est pris en compte dans le calcul de la consommation garantie contractuellement. Un échantillonnage peut être réalisé pour éviter d'avoir à instrumenter tous les logements.

Remarque : le CPE peut évidemment être envisagé dans d'autres configurations que celle-ci, il est ainsi applicable à la plupart des autres fiches de ce guide. Néanmoins dans cette configuration d'immeuble collectif à chauffages individuels, le déploiement d'instruments de mesure s'avère très coûteux ; le CPE est alors une des seules raisons pouvant le justifier.

Grandeurs à relever et indicateurs courants

Consommations de gaz et d'eau chaude de chaque logement	kWh / m ² .an kWh / DJU
Température ambiante dans une partie ou la totalité des logements	
Température extérieure (ou abonnement aux DJU)	



Instrumentation et réglementation thermique

Cette fiche concerne des bâtiments à usage d'habitation, mais les textes applicables diffèrent selon que le bâtiment soit neuf ou existant.

Pour un bâtiment neuf : article 23 de la Réglementation Thermique 2012

Chauffage	Compteurs individuels de gaz de facturation (G_1 à G_n)
Production d'ECS	
Refroidissement	-
Réseau de prises	Sous-compteurs électriques pour les départs prises électriques
Autres	Sous-compteurs gaz de facturation individuels pour la cuisson

Pour un bâtiment existant : article 79 de la RT globale existant (sous conditions¹)

Chauffage	Sous-compteurs d'énergie de facturation des logements
Production d'ECS	Sous-compteurs d'eau chaude de facturation des logements (V_1 à V_n)

Pour un bâtiment existant : articles R. 131-2 et R. 131-10 du code de la construction (sous conditions²)

Chauffage	Sous-compteurs d'énergie de facturation des logements
Production d'ECS	Sous-compteurs d'eau chaude de facturation des logements (V_1 à V_n)

Plan de comptage

Grandeur	Nom	Instrument	Critères de choix	Emplacement	Info
Consommation de gaz	G_1 à G_n	Émetteur d'impulsions	Incrément : 10 L	Sur le compteur gaz GrDF	p. 24
Besoins en ECS	V_1 à V_n	Compteur d'eau chaude	Précision : 1 L Débit transitoire : 0,1 m ³ /h	Avant l'entrée eau froide de la chaudière	p. 21
Température intérieure	T_1 à T_n	Sonde de température ambiante	Précision : classe B Plage : 10 à 40°C	Dans le séjour, à 1,6 mètre de hauteur	p. 17
Température extérieure	T_e	Sonde de température extérieure	Précision : classe B Plage : -30 à 50°C	Sur la façade nord, à 3 mètres de hauteur	p. 15

¹ Le bâtiment doit être postérieur à 1948, d'une surface supérieure à 1000 m² et subir des travaux dépassant 25% du coût du bâtiment

² Le bâtiment doit être antérieur à 2001 et sa consommation de chauffage doit dépasser 150 kWh / m².an

Pré-équipement pour l'aide au diagnostic et à l'entretien

Des doigts de gants doivent être prévus pour permettre des **mesures ponctuelles de températures** à certains emplacements :

- Pour le réglage des chaudières : sur le départ chauffage de chaque chaudière ;
- Pour la vérification de la température de fourniture d'ECS vis-à-vis de la sécurité des utilisateurs : sur la sortie ECS de chaque chaudière.

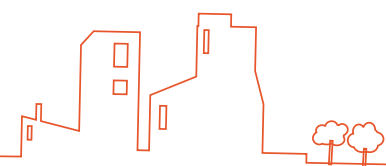
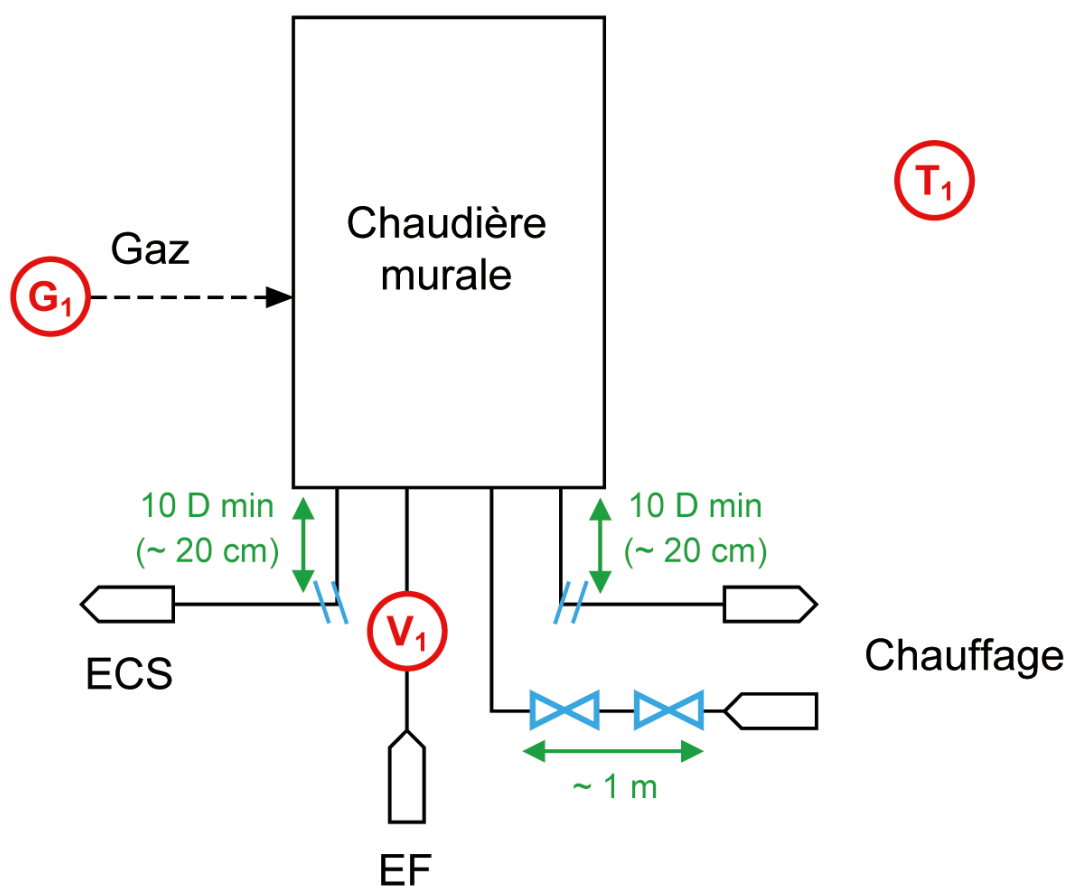
D'autres doigts de gants doivent être posés dès la réalisation du réseau de chauffage pour permettre d'ajouter un compteur d'énergie par la suite :

- Sur le retour chauffage de chaque chaudière.

Des vannes d'isolement et des longueurs droites suffisamment longues (1 mètre minimum) doivent être prévues pour ajouter les débitmètres des compteurs d'énergie :

- Sur le retour chauffage de chaque chaudière.

Schéma de l'installation et de son instrumentation





À retenir !

- › Les compteurs d'eau sur les réseaux d'ECS doivent être correctement placés, c'est-à-dire de façon à ne comptabiliser que l'eau effectivement réchauffée par la chaudière. Ils doivent donc être situés en aval des appoints d'eau du circuit de chauffage.
- › Les compteurs d'eau utilisés sur les réseaux d'ECS doivent être de type volumétrique pour assurer le comptage des soutirages les plus faibles.
- › Le compteur gaz de facturation peut être utilisé en sollicitant l'accord du distributeur de gaz (GrDF généralement), qui en est propriétaire. Si cela n'est pas possible ou que le gaz est utilisé pour la cuisson, il peut être nécessaire d'ajouter un compteur dédié au suivi, ce qui augmente le coût par appartement (multiplié par un facteur 2,5).

Relève des données

Le système d'acquisition doit recueillir :

- › $2 \times n$ entrées comptage reliées aux émetteurs d'impulsions (consommation de gaz, volume d'ECS) ;
- › $n + 1$ entrées pour sondes de température passives avec montage en 2 fils (températures ambiante et extérieure).

Des centrales placées dans les étages pourront centraliser les informations issues d'un ou plusieurs étages. Celles-ci pourront être véhiculées jusqu'à ce relais par radio si nécessaire.

La sonde de température extérieure peut être reliée au système d'acquisition par radio si la configuration des lieux l'exige.

Coût indicatif du matériel et de la pose

Coût par appartement :

- › 1 émetteur d'impulsions pour compteur gaz G1,6 : 50€ HT (compteur gaz dédié : 375€ HT)
- › 1 compteur d'eau froide à jet unique en DN 20 : 100€ HT
- › 1 sonde de température ambiante : 75€ HT

Coût total pose et main d'œuvre par appartement : 225 € HT
(hors sonde extérieure qui est à mutualiser au niveau de l'immeuble et hors éventuel système de télérelève et / ou de liaison radio)

Autocontrôle de l'instrumentation

Compteur d'eau

- L'**emplacement** est conforme au schéma hydraulique ;
- Le **sens de circulation** de l'eau est respecté ;
- Les **longueurs droites** amont et aval sont respectées (sauf compteur type volumétrique) ;
- Des **vannes d'isolement** sont présentes en amont et en aval ;
- Les **câbles de communication** des données ont été tirés jusqu'à la centrale.

Sonde de température ambiante

- L'**emplacement** est conforme aux prescriptions ;
- La sonde n'est pas exposée au **rayonnement solaire** direct ;
- Les **câbles de communication** (2, 3 ou 4 fils selon la sonde et le montage) des données ont été tirés jusqu'à la centrale.



7. BÂTIMENT TERTIAIRE – CHAUFFAGE FIOUL ET BOIS

Caractéristiques des équipements

› Chauffage : chaudière fioul et chaudière bois avec ballon tampon

Objectif : comptabilité énergétique

La consommation d'énergie pour le chauffage est comparée avec un objectif contractuel, les gains ou pertes réalisés étant partagés entre l'exploitant et le maître d'ouvrage. Elle peut être considérée au niveau du combustible ou via l'énergie fournie au réseau de chauffage.

Pour tenir compte de la rigueur climatique qui influe sur les besoins de chauffage, on corrige la quantité d'énergie relevée par les DJU de la saison de chauffage écoulée.

Du fait de la difficulté à suivre les consommations de bois au moyen d'instruments de mesure, ce cas est basé sur le suivi de la quantité d'énergie fournie au réseau de chauffage. L'énergie primaire consommée sous forme de fioul et de bois peut être connue par le biais des factures de livraison, de relevés ponctuels de niveau sur les cuves, ou de compteur pour le fioul. En ce qui concerne le bois, des systèmes de comptage existent pour certaines formes de combustible : bandes porteuses pour les plaquettes ou le bois déchiqueté, débitmètre à impact ou détecteur de niveau pour les granulés.

Grandeurs à relever et indicateurs courants

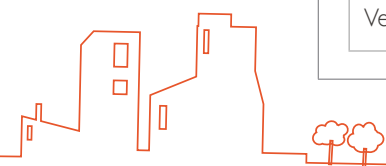
Consommation de fioul	kWh / m ² .an Rendements des chaudières
Consommation de bois	
Production d'énergie pour le chauffage	

Instrumentation et réglementation thermique

Cette fiche concerne des bâtiments à usage autre que d'habitation, mais les textes applicables diffèrent selon que le bâtiment soit neuf ou existant.

Pour un bâtiment neuf : article 31 de la Réglementation Thermique 2012.

Chauffage	1 compteur de fuel
Refroidissement	-
Production d'ECS	-
Eclairage	n compteurs (1 par zone de plus de 500 m ²)
Réseau de prises	n compteurs ou plus (1 par zone de plus de 500 m ²)
Ventilation	1 compteur électrique par centrale





Pour un bâtiment existant : articles 80 à 84 de la Réglementation Thermique existant globale ou article 35 de la Réglementation Thermique existant par élément, concernant seulement le refroidissement.

Chauffage	I compteur de fuel I sonde de température ambiante
Refroidissement	-
Production d'ECS	-
Eclairage	-
Réseau de prises	-
Ventilation	I compteur de temps de fonctionnement par centrale

Plan de comptage

Grandeur	Nom	Instrument	Critères de choix	Emplacement	Info
Consommation de fioul	F	Compteur fioul	Incrément : 10 Wh	-	p. 27
Énergie fournie au réseau de chauffage	C	Compteur d'énergie à ultrasons avec sortie M-Bus	Incrément : 10 Wh	En amont du ballon tampon	p. 31
Volume circulant dans le réseau de chauffage	V		Incrément : 1 L Débit transitoire : 0,01 m ³ /h		p. 21
Température de retour chauffage	T		Précision : classe A Plage : 0 - 100°C		p. 12
Température de départ chauffage	T		Précision : classe A Plage : 0 - 100°C	Sur le départ du réseau de chauffage	p. 12



Pré-équipement pour l'aide à la mise au point et à l'exploitation

Des doigts de gants doivent être prévus pour permettre des **mesures ponctuelles de températures** à certains emplacements :

- Pour le contrôle du bon fonctionnement de la vanne à trois voies et la vérification de la loi d'eau : sur le départ chauffage régulé ;
- Pour l'adaptation de la loi d'eau de chauffage : sur le retour du réseau de chauffage.

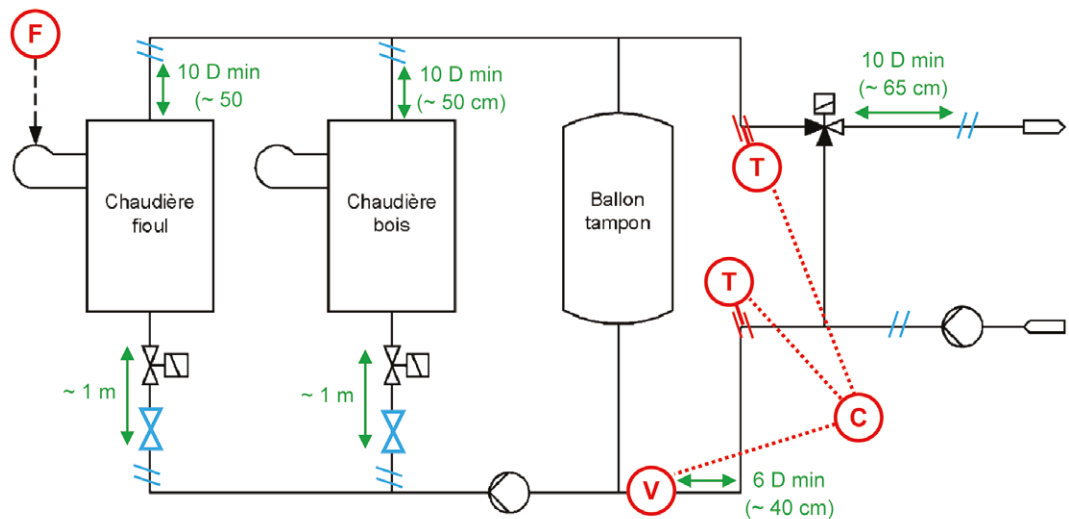
D'autres doigts de gants doivent être posés dès la réalisation de la chaufferie pour permettre d'ajouter des compteurs d'énergie par la suite :

- Sur le départ et le retour de chaque générateur.

Des vannes d'isolement et des longueurs droites suffisamment longues (1 mètre minimum) doivent être prévues pour ajouter les débitmètres des compteurs d'énergie :

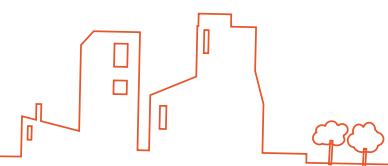
- Sur le retour de chaque générateur.

Schéma de l'installation et de son instrumentation



À retenir !

- Suivant la configuration de l'alimentation en fioul de la chaudière, l'emplacement du compteur peut varier ou un second compteur peut être nécessaire.
- Le système de comptage de la consommation de bois dépend de la forme du combustible (granulés, plaquettes) et de la configuration de l'installation.



Relève des données

Le système d'acquisition doit recueillir :

- › l'entrée comptage reliée à un émetteur d'impulsions (consommation de fioul) ;
- › l'entrée M-Bus en RS 485 (énergie fournie au réseau de chauffage) renvoyant un index de comptage d'énergie, un index de volume d'eau, une valeur de débit d'eau et deux températures d'eau.

Coût indicatif du matériel et de la pose

- › l'compteur d'énergie M-Bus à ultrasons DN 65 : 2 300 € HT
- › l'compteur fioul en 1/8» : 650 € HT

**Coût total pose et main d'œuvre par appartement : 2 950 € HT
(hors éventuel système de télérelève)**

Autocontrôle de l'instrumentation

Compteur d'eau

- L'**emplacement** est conforme au schéma hydraulique ;
- Le **sens de circulation** de l'eau est respecté ;
- Les **longueurs droites** amont et aval sont respectées (sauf compteur type volumétrique) ;
- Des **vannes d'isolement** sont présentes en amont et en aval ;
- Les **câbles de communication** des données ont été tirés jusqu'à la centrale.

Particularités pour un compteur d'énergie

- Les **sondes aller et retour** sont correctement placées dans leurs doigts de gants ;
- Le **câble d'alimentation** de l'intégrateur (ou sa **pile**) est fonctionnel ;
- Un **doigt de gant supplémentaire** est présent près du débitmètre pour pouvoir appairer les deux sondes de température.

Sonde de température en doigt de gant

- L'**emplacement** est conforme au schéma hydraulique ;
- La **longueur droite** en amont (10 fois le diamètre) est respectée ;
- Le doigt de gant atteint le **centre de la canalisation** ;
- Le **diamètre de la sonde** est adapté au doigt de gant ;
- La partie sensible de la sonde atteint le **fond du doigt de gant** ;
- Si besoin, de la **pâte thermique** comble le doigt de gant ;
- Le **calorifugeage** a été remplacé sur la canalisation ;
- Les **câbles de communication** (2, 3 ou 4 fils selon la sonde et le montage) des données ont été tirés jusqu'à la centrale.

Compteur de fioul

- Le **sens de circulation** du gaz est respecté ;
- Les **câbles de communication** des données ont été tirés jusqu'à la centrale.

8. BÂTIMENT TERTIAIRE – REFROIDISSEMENT ÉLECTRIQUE

Caractéristiques des équipements

› Refroidissement : deux groupes frigorifiques sur CTA.

Objectif : interfaçage avec le système de GTB

Certains grands bâtiments tertiaires sont pourvus de systèmes de Gestion Technique de Bâtiment (GTB) afin de faciliter leur exploitation, en centralisant les données relatives à la sécurité, à l'usage, aux accès et à l'énergie. Dans ce cadre, les mesures et comptages effectués sur les installations techniques et utiles à l'exploitation doivent être définis et intégrés à la liste des points de la GTB. Il s'agit de faciliter les tâches de surveillance, supervision et suivi énergétique [4].

Grandeurs à relever et indicateurs courants

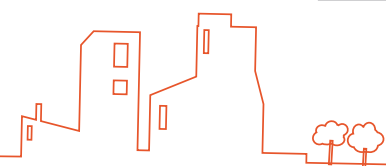
Consommation électrique des groupes frigorifiques	kWh / m ² .an
Energie évacuée du réseau de refroidissement	EER des groupes frigorifiques
Consommation électrique des auxiliaires de chaufferie	kWh / m ² .an
Consommation électrique des ventilo-convecteurs de chaque zone	
Température ambiante de chaque zone	Heures d'inconfort

Instrumentation et réglementation thermique

Cette fiche concerne des bâtiments à usage autre que d'habitation, mais les textes applicables diffèrent selon que le bâtiment soit neuf ou existant.

Pour un bâtiment neuf : article 31 de la Réglementation Thermique 2012.

Chauffage	-
Refroidissement	2 compteurs électriques sur les groupes frigorifiques n compteurs d'énergie (1 par étage)
Production d'ECS	-
Eclairage	n compteurs (1 par étage)
Réseau de prises	n compteurs ou plus (1 par étage)
Ventilation	1 compteur électrique par centrale





Pour un bâtiment existant : articles 80 à 84 de la Réglementation Thermique existant globale ou article 35 de la Réglementation Thermique existant par élément, concernant seulement le refroidissement.

Chauffage	-
Refroidissement	2 compteurs électriques sur les groupes frigorifiques n sondes de température ambiante (1 par étage)
Production d'ECS	-
Eclairage	1 ou plusieurs compteurs électriques (si le réseau le permet)
Réseau de prises	-
Ventilation	1 compteur de temps de fonctionnement par centrale

Plan de comptage

Grandeur	Nom	Instrument	Critères de choix	Emplacement	Info
Consommation électrique des groupes frigorifiques	E_1 & E_2	Compteur électrique triphasé	Incrément : 100 Wh Calibre : 130 A	Sur le départ de l'alimentation de chaque groupe frigorifique	p. 30
Consommation électrique des auxiliaires	E_3	Compteur électrique monophasé	Incrément : 10 Wh Calibre : 60 A	Sur le départ de l'alimentation des auxiliaires	p. 30
Énergie évacuée du réseau de refroidissement	C	Compteur d'énergie à ultrasons avec sortie M-Bus	Incrément : 1 kWh	Sur le retour du réseau de refroidissement	p. 31
Débit circulant dans le réseau de refroidissement	V		Débit transitoire : 1,5 m ³ /h		p. 21
Température de retour réseau de refroidissement	T_1		Précision : classe A Plage : -30 à 30°C		p. 12
Température de départ réseau de refroidissement	T_2		Précision : classe A Plage : -30 à 30°C		Sur le départ du réseau de refroidissement p. 12
Température ambiante	T_3 à T_{n+2}	Sonde de température intérieure	Précision : classe A Plage : 10 à 40°C	Dans chaque zone, à 1,6 mètre de hauteur	p. 17
Température extérieure	T	Sonde de température extérieure	Précision : classe B Plage : -30 à 50°C	Sur la façade nord, à 3 mètres de hauteur	p. 15



Pré-équipement pour l'aide à la mise au point et à l'exploitation

Des doigts de gants doivent être prévus pour permettre des **mesures ponctuelles de températures** à certains emplacements :

- Pour le réglage des groupes frigorifiques : en sortie de chaque générateur ;
- Pour la vérification de l'équilibrage du réseau de refroidissement : sur les retours de chaque colonne de distribution de refroidissement.

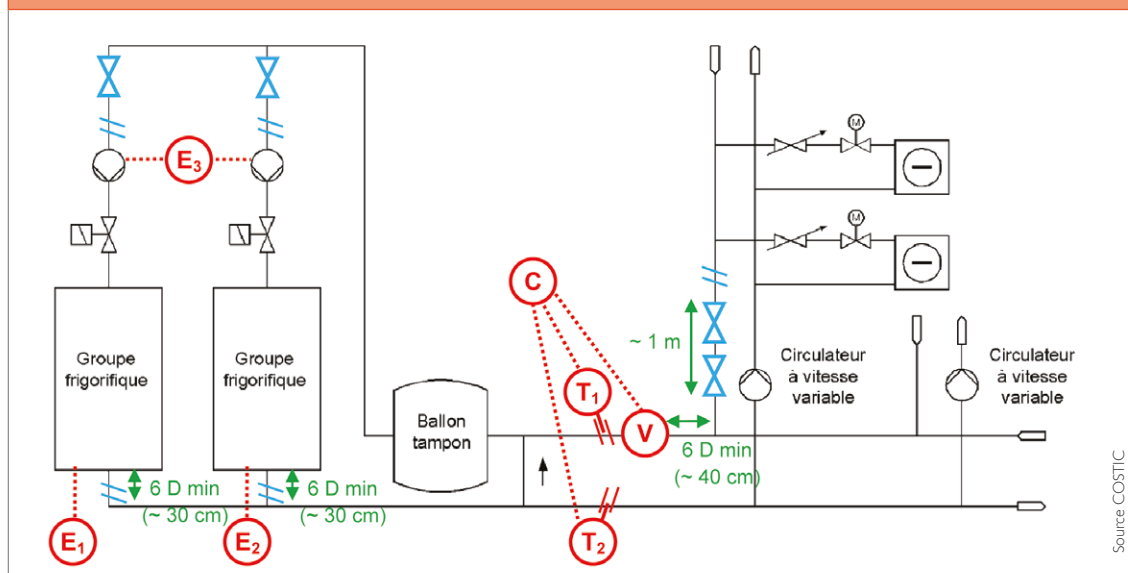
D'autres doigts de gants doivent être posés dès la réalisation de la chaufferie pour permettre d'ajouter des compteurs d'énergie par la suite :

- Sur les retours de chaque groupe frigorifique ;

Des vannes d'isolement et des longueurs droites suffisamment longues (1 mètre minimum) doivent être prévues pour ajouter les débitmètres des compteurs d'énergie :

- Sur le retour de chaque groupe frigorifique ;
- Sur le retour du réseau de froid.

Schéma de l'installation et de son instrumentation



À retenir !

- Les compteurs d'énergie sont dans la mesure du possible posés sur les parties de circuit **à débit variable**, c'est-à-dire en amont des vannes à trois voies ou des bippasses ; la différence de températures est plus importante et la précision du comptage améliorée. Il est également préférable de placer le compteur d'eau **sur le retour**, où les températures sont moins basses en refroidissement.
- Les compteurs électriques utilisés pour les groupes frigorifiques doivent supporter les intensités demandées par ces équipements. Il convient de vérifier la **puissance appelée par les groupes** au démarrage, qui peut être importante.

Relève des données

Le système d'acquisition doit recueillir :

- › 3 entrées comptages reliées aux émetteurs d'impulsions (consommation électrique des groupes frigorifiques, des auxiliaires) ;
- › 1 entrée M-Bus en RS 485 (énergie évacuée du circuit de refroidissement) renvoyant un index de comptage d'énergie, un index de volume d'eau, une valeur de débit d'eau et deux températures d'eau
- › $n + 1$ entrées pour sondes de température passives avec montage en 2 fils (n températures ambiantes, 1 température extérieure).

Des centrales placées dans les étages pourront centraliser les informations issues d'un ou plusieurs étages. Celles-ci pourront être véhiculées jusqu'à ce relais par radio si nécessaire.

La sonde de température extérieure peut être reliée au système d'acquisition par radio si la configuration des lieux l'exige.

Coût indicatif du matériel et de la pose

- › 2 compteurs électriques triphasés en calibre 130 A : $2 \times 675 = 1\,350$ € HT
- › 1 compteur électrique monophasé en calibre 65 A : 200 € HT
- › 1 compteur d'énergie à ultrasons avec option M-Bus en DN 65 : 2 300 € HT
- › 10 sondes de température ambiante : $10 \times 75 = 750$ € HT
- › 1 sonde de température extérieure : 125 € HT

**Coût total pose et main d'œuvre par appartement : 4 725 € HT
(hors éventuel système de télérelève)**



Autocontrôle de l'instrumentation

Compteur d'eau

- L'**emplacement** est conforme au schéma hydraulique ;
- Le **sens de circulation** de l'eau est respecté ;
- Les **longueurs droites** amont et aval sont respectées (sauf compteur type volumétrique) ;
- Des **vannes d'isolement** sont présentes en amont et en aval ;
- Les **câbles de communication** des données ont été tirés jusqu'à la centrale.

Particularités pour un compteur d'énergie

- Les **sondes aller et retour** sont correctement placées dans leurs doigts de gants ;
- Le **câble d'alimentation** de l'intégrateur (ou sa **pile**) est fonctionnel ;
- Un **doigt de gant supplémentaire** est présent près du débitmètre pour pouvoir appairer les deux sondes de température.

Sonde de température en doigt de gant

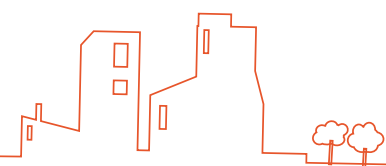
- L'**emplacement** est conforme au schéma hydraulique ;
- La **longueur droite** en amont (10 fois le diamètre) est respectée ;
- Le doigt de gant atteint le **centre de la canalisation** ;
- Le **diamètre de la sonde** est adapté au doigt de gant ;
- La partie sensible de la sonde atteint le **fond du doigt de gant** ;
- Si besoin, de la **pâte thermique** comble le doigt de gant ;
- Le **calorifugeage** a été remplacé sur la canalisation ;
- Les **câbles de communication** (2, 3 ou 4 fils selon la sonde et le montage) des données ont été tirés jusqu'à la centrale.

Compteur électrique

- L'**alimentation** instrumentée correspond bien à l'usage suivi ;
- Le compteur est protégé par un **disjoncteur adapté** ;
- Les **câbles de communication** des données ont été tirés jusqu'à la centrale.

Sonde de température ambiante

- L'**emplacement** est conforme aux prescriptions ;
- La sonde n'est pas exposée au **rayonnement solaire** direct ;
- Les **câbles de communication** (2, 3 ou 4 fils selon la sonde et le montage) des données ont été tirés jusqu'à la centrale.



8. BÂTIMENT TERTIAIRE – PAC RÉVERSIBLE

Caractéristiques des équipements

- Chauffage et refroidissement : PAC géothermiques sur ventilo-convecteurs.

Objectif : suivi détaillé de la production de chauffage et de refroidissement

Le calcul des COP et des EER de chaque machine renseigne sur leurs performances. Pour les déterminer, il faut connaître les consommations électriques des machines et l'énergie thermique qu'elles fournissent. La présence d'appoints électriques rend toutefois l'analyse du fonctionnement plus difficile. Il faut pouvoir distinguer l'énergie consommée et produite par les PAC (en chauffage ou en refroidissement) et celle fournie par l'appoint électrique en chauffage.

Grandeurs à relever et indicateurs courants

Consommation électrique de chaque PAC	kWh / m ² .an COP et EER des PAC
Energie fournie au réseau par chaque PAC	
Energie fournie au réseau par chaque appoint	kWh / m ² .an
Consommation électrique de chaque circulateur	
Température extérieure	DJU

Instrumentation et réglementation thermique

Cette fiche concerne des bâtiments à usage autre que d'habitation, mais les textes applicables diffèrent selon que le bâtiment soit neuf ou existant.

Pour un bâtiment neuf : article 31 de la Réglementation Thermique 2012.

Chauffage	2 compteurs électriques sur les groupes frigorifiques n compteurs d'énergie (1 par étage)
Refroidissement	
Production d'ECS	-
Eclairage	n compteurs (1 par étage)
Réseau de prises	n compteurs ou plus (1 par étage)
Ventilation	1 compteur électrique par centrale

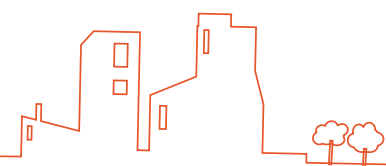
Instrumentation et réglementation thermique (suite)

Pour un bâtiment existant : articles 80 à 84 de la Réglementation Thermique existant globale ou article 35 de la Réglementation Thermique existant par élément, concernant seulement le refroidissement.

Chauffage	2 compteurs électriques sur les PAC n sondes de température ambiante (1 par étage)
Refroidissement	
Production d'ECS	-
Eclairage	1 ou plusieurs compteurs électriques (si le réseau le permet)
Réseau de prises	-
Ventilation	1 compteur de temps de fonctionnement par centrale

Plan de comptage

Grandeur	Nom	Instrument	Critères de choix	Emplacement	Info
Consommation électrique des PAC	E_1 & E_2	Compteur électrique triphasé	Incrément : 100 Wh Calibre : 130 A	Sur le départ de l'alimentation de chaque PAC	p. 30
Consommation électrique des appoints	E_3 & E_4	Compteur électrique monophasé	Incrément : 100 Wh Calibre : 90 A	Sur le départ de l'alimentation de chaque appoint	p. 30
Consommation électrique des auxiliaires	E_5 & E_6	Compteur électrique monophasé	Incrément : 10 Wh Calibre : 60 A	Sur le départ de l'alimentation des auxiliaires	p. 30
Débit circulant dans le réseau de refroidissement	V_1 & V_2	Compteur d'eau à ultrasons	Débit transitoire : 1,5 m ³ /h	Sur le retour du réseau de distribution	p. 21
Température de retour réseau de distribution	T_1 & T_2	Sonde de température en doigt de gant	Précision : classe A Plage : -30 à 80°C		p. 12
Température de sortie de PAC	T_3 & T_4	Sonde de température en doigt de gant	Précision : classe A Plage : -30 à 80°C	Entre la PAC et l'appoint	p. 12
Température de sortie de l'appoint	T_5 & T_6	Sonde de température en doigt de gant	Précision : classe A Plage : -30 à 80°C	En sortie de l'appoint	p. 12
Température extérieure	T	Sonde de température extérieure	Précision : classe B Plage : -30 à 50°C	Sur la façade nord, à 3 mètres de hauteur	p. 15

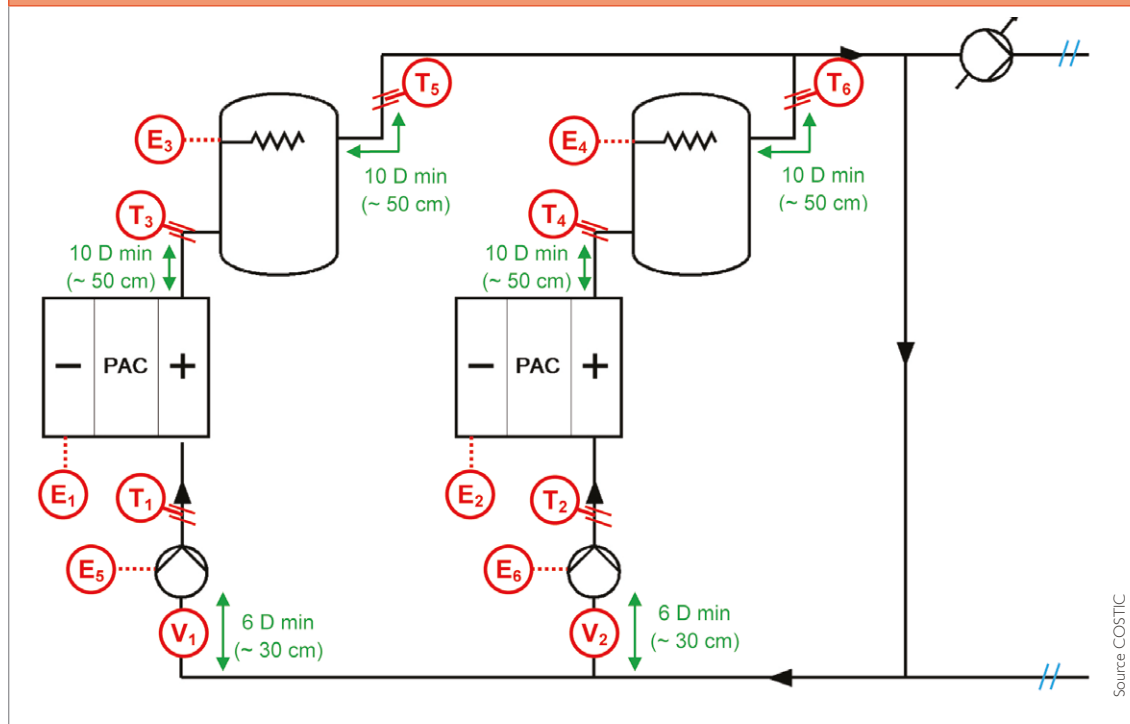


Pré-équipement pour l'aide à la mise au point et à l'exploitation

Des doigts de gants doivent être prévus pour permettre des **mesures ponctuelles de températures** à certains emplacements :

- Pour le contrôle du bon réglage des circulateurs et la vérification des lois d'eau : sur le départ vers le réseau de chauffage et de refroidissement ;
- Pour l'adaptation de la loi d'eau de chauffage et de refroidissement : sur le retour du réseau de chauffage et de refroidissement.

Schéma de l'installation et de son instrumentation



À retenir !

- Les compteurs d'énergie doivent être réversibles pour être capables de fonctionner aussi bien en chaud qu'en froid. Ils doivent pour cela disposer d'un double index, comptant à la fois l'énergie de chauffage et de refroidissement, et un débitmètre supportant une plage de températures adaptées ;
- Les compteurs électriques utilisés pour les PAC doivent supporter les intensités demandées par ces équipements. Il convient de vérifier la **puissance appelée par les PAC** au démarrage, qui peut être importante.

Relève des données

Le système d'acquisition doit recueillir :

- 8 entrées comptages reliées aux émetteurs d'impulsions (volume d'eau des PAC, consommation électrique des PAC, des appoints, des auxiliaires) ;
- 14 entrées pour sondes de température passives avec montage en 3 fils (températures d'eau, température extérieure).

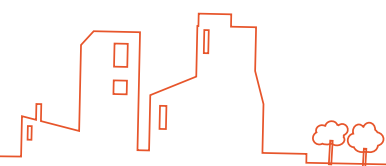
La centrale devra être capable d'effectuer un calcul d'énergie thermique à partir des volumes et températures d'eau recueillies en entrée.

La sonde de température extérieure peut être reliée au système d'acquisition par radio si la configuration des lieux l'exige.

Coût indicatif du matériel et de la pose

- 2 compteurs électriques triphasés en calibre 130 A : $2 \times 675 = 1\,350$ € HT
- 2 compteurs électriques monophasés en calibre 90 A : $2 \times 325 = 650$ € HT
- 2 compteurs électriques monophasés en calibre 60 A : $2 \times 200 = 400$ € HT
- 2 compteurs d'eau à jets multiples en DN 50 : $2 \times 850 = 1\,700$ € HT
- 6 sondes de température en doigt de gant : $6 \times 150 = 900$ € HT
- 1 sonde de température extérieure : 125 € HT

**Coût total pose et main d'œuvre par appartement : 5 125 € HT
(hors éventuel système de télérelève)**



Autocontrôle de l'instrumentation

Compteur d'eau

- L'**emplacement** est conforme au schéma hydraulique ;
- Le **sens de circulation** de l'eau est respecté ;
- Les **longueurs droites** amont et aval sont respectées (sauf compteur type volumétrique) ;
- Des **vannes d'isolement** sont présentes en amont et en aval ;
- Les **câbles de communication** des données ont été tirés jusqu'à la centrale.

Sonde de température en doigt de gant

- L'**emplacement** est conforme au schéma hydraulique ;
- La **longueur droite** en amont (10 fois le diamètre) est respectée ;
- Le doigt de gant atteint le **centre de la canalisation** ;
- Le **diamètre de la sonde** est adapté au doigt de gant ;
- La partie sensible de la sonde atteint le **fond du doigt de gant** ;
- Si besoin, de la **pâte thermique** comble le doigt de gant ;
- Le **calorifugeage** a été remplacé sur la canalisation ;
- Les **câbles de communication** (2, 3 ou 4 fils selon la sonde et le montage) des données ont été tirés jusqu'à la centrale.

Compteur électrique

- L'**alimentation** instrumentée correspond bien à l'usage suivi ;
- Le compteur est protégé par un **disjoncteur adapté** ;
- Les **câbles de communication** des données ont été tirés jusqu'à la centrale.



10. ECS SOLAIRE COLLECTIVE

Caractéristiques des équipements

› Production d'ECS : chauffe-eau solaire collectif avec ballon solaire et ballon d'appoint

Objectif : mesures et vérification des performances

Les installations de production d'ECS solaires peuvent bénéficier de subventions dans le cadre du Fonds Chaleur. Pour cela, les quantités d'énergie solaire utile produites doivent être comptabilisées et comparées à un objectif théorique et ce, pendant toute la durée de vie de l'installation.

Le suivi de la performance peut être réalisé de manière manuelle ou télérelevée [7]. Le maître d'ouvrage aura à sa charge la maintenance et l'exploitation du système d'instrumentation.

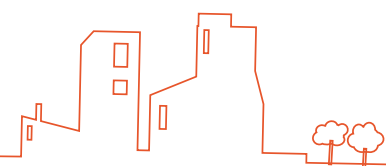
Grandeurs à relever et indicateurs courants

Besoins en ECS	kWh / m ³
Energie solaire utile	Taux de couverture solaire Ratio de performance
Energie fournie à l'ECS	
Energie fournie par l'appoint à l'ECS	
Energie perdue dans le bouclage de la distribution d'ECS	kWh / m ² .an

Instrumentation et réglementation thermique

Quel que soit le bâtiment sur lequel le chauffe-eau solaire sera installé (neuf ou existant, à usage d'habitation ou autre), aucune instrumentation n'est nécessaire au sens des Réglementations Thermiques. Dans les logements neufs en particulier, « l'énergie solaire thermique n'est pas comptabilisée » [6].

L'énergie utilisée pour l'appoint à l'énergie solaire utile pourra en revanche être suivie, selon les cas et son origine (chaudière double service ou réchauffeur électrique). Pour cela, voir les fiches 1, 4, 5 ou 6 traitant de l'instrumentation des consommations pour la production d'ECS.





Plan de comptage

Grandeur	Nom	Instrument	Critères de choix	Emplacement	Info
Énergie solaire utile	C1	Compteur d'énergie à ultrasons avec sortie M-Bus	Incrément : 10 Wh	Entrée du ballon solaire	p. 21
Besoins en ECS	V1		Incrément : 1 L Débit transitoire : 0,01 m ³ /h		p. 21
Température d'eau froide	T1		Précision : classe A Plage : 0 à 100°C		p. 12
Température intermédiaire	T2		Précision : classe A Plage : 0 à 100°C	Sortie du ballon solaire, entrée du ballon d'appoint	p. 12
Température d'ECS	T3	Sonde de température en doigt de gant	Précision : classe A Plage : 0 à 100°C	Sortie du ballon d'appoint	p. 12
Énergie perdue dans la boucle d'ECS	C2	Compteur d'énergie à ultrasons avec sortie M-Bus	Incrément : 10 Wh	Retour de la boucle de distribution ECS	p. 21
Volume circulant dans la boucle d'ECS	V2		Incrément : 10 L Débit transitoire : 0,1 m ³ /h		p. 21
Température de retour de la boucle d'ECS	T4		Précision : classe A Plage : 0 à 100°C		p. 12
Température de distribution d'ECS	T5		Précision : classe A Plage : 0 à 100°C	Départ de la distribution ECS	p. 12
Énergie fournie par l'appoint à l'ECS	C3	Compteur d'énergie à ultrasons avec sortie M-Bus	Incrément : 10 Wh	Retour de l'échangeur primaire pour l'appoint à l'ECS	p. 21
Volume circulant dans l'appoint à l'ECS	V3		Incrément : 10 L Débit transitoire : 0,05 m ³ /h		p. 21
Température de retour de l'appoint à l'ECS	T6		Précision : classe A Plage : 0 à 100°C		p. 12
Température de départ de l'appoint à l'ECS	T7		Précision : classe A Plage : 0 à 100°C	Départ de l'échangeur primaire pour l'appoint à l'ECS	p. 12



Pré-équipement pour l'aide à la mise au point et à l'exploitation

Des doigts de gants doivent être prévus pour permettre des **mesures ponctuelles de températures** à certains emplacements :

- Pour la vérification de la température de fourniture d'ECS : sur le retour du bouclage de la distribution ;
- Pour la vérification de la température de fourniture d'ECS vis-à-vis de la sécurité des utilisateurs : en aval du mitigeur thermostatique.

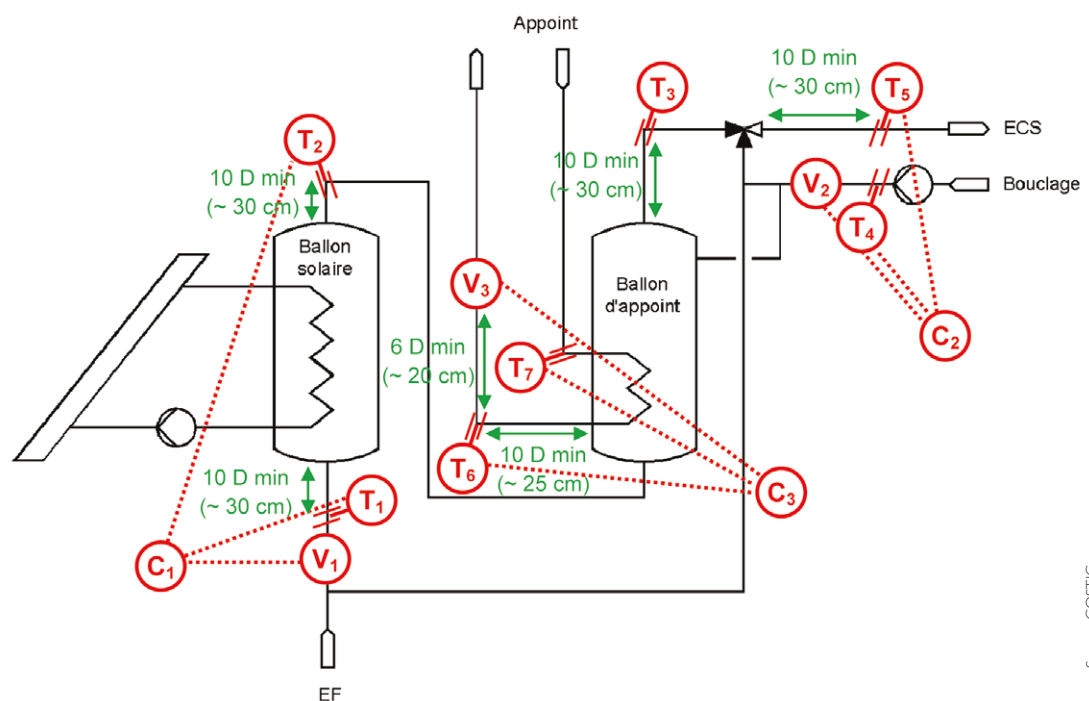
D'autres doigts de gants doivent être posés dès la réalisation de la chaufferie pour permettre d'ajouter des compteurs d'énergie par la suite :

- Sur le circuit de charge du ballon d'appoint.

Des vannes d'isolement et des longueurs droites suffisamment longues (1 mètre minimum) doivent être prévues pour ajouter les débitmètres des compteurs d'énergie :

- Sur le circuit de charge du ballon d'appoint.

Schéma de l'installation et de son instrumentation



À retenir !

- Le compteur d'eau sur le réseau d'ECS doit être correctement placé, c'est-à-dire de façon à ne comptabiliser que l'eau effectivement réchauffée dans le ballon. Il doit donc être situé **en aval de tout piquage** tel que l'appoint d'eau du circuit de chauffage ou l'amenée d'eau froide vers le mitigeur thermostatique d'eau chaude sanitaire.
- Le compteur d'eau du compteur d'énergie utilisé pour suivre les besoins d'ECS peut aussi être de type **volumétrique**. Pour ce compteur, le critère de choix important sera l'étendue de la plage de mesure (rapport Q3/Q1) qui devra être suffisamment large pour assurer le comptage des soutirages les plus faibles.
- La sonde de température d'ECS doit être placée en amont du mitigeur thermostatique pour les calculs d'énergie. Elle ne peut donc pas servir à la mesure de la température de fourniture d'ECS dans la distribution.

Relève des données

Le système d'acquisition doit recueillir :

- › 3 entrées M-Bus en RS 485 (compteurs d'énergie sur le solaire utile), renvoyant un index de comptage d'énergie, un index de volume d'eau, une valeur de débit d'eau et deux températures d'eau.

Coût indicatif du matériel et de la pose

- › 1 compteur d'énergie à ultrasons en DN 32 : 1 235 € HT
- › 1 compteur d'énergie à ultrasons en DN 25 : 950 € HT
- › 1 compteur d'énergie à ultrasons en DN 20 : 650 € HT

**Coût total pose et main d'œuvre par appartement : 2 835 € HT
(hors éventuel système de télérelève)**

Autocontrôle de l'instrumentation

Compteur d'eau

- L'**emplacement** est conforme au schéma hydraulique ;
- Le **sens de circulation** de l'eau est respecté ;
- Les **longueurs droites** amont et aval sont respectées (sauf compteur type volumétrique) ;
- Des **vannes d'isolement** sont présentes en amont et en aval ;
- Les **câbles de communication** des données ont été tirés jusqu'à la centrale.

Particularités pour un compteur d'énergie

- Les **sondes aller et retour** sont correctement placées dans leurs doigts de gants ;
- Le **câble d'alimentation** de l'intégrateur (ou sa **pile**) est fonctionnel ;
- Un **doigt de gant supplémentaire** est présent près du débitmètre pour pouvoir appairer les deux sondes de température.

Sonde de température en doigt de gant

- L'**emplacement** est conforme au schéma hydraulique ;
- La **longueur droite** en amont (10 fois le diamètre) est respectée ;
- Le doigt de gant atteint le **centre de la canalisation** ;
- Le **diamètre de la sonde** est adapté au doigt de gant ;
- La partie sensible de la sonde atteint le **fond du doigt de gant** ;
- Si besoin, de la **pâte thermique** comble le doigt de gant ;
- Le **calorifugeage** a été remplacé sur la canalisation ;
- Les **câbles de communication** (2, 3 ou 4 fils selon la sonde et le montage) des données ont été tirés jusqu'à la centrale.

II. VENTILATION DOUBLE FLUX

Caractéristiques des équipements

- › Installation de ventilation double flux avec échangeur et batterie de dégivrage.

Objectif : suivi des débits et des performances

La ventilation double flux a pour but de réduire les déperditions d'énergie par renouvellement d'air. L'évaluation de ses performances se base sur l'**efficacité** de l'échange d'énergie entre air extrait et air neuf. On peut également calculer un **coefficient de performance** de la VMC double flux, en comparant l'énergie récupérée par l'air soufflé et la consommation électrique des ventilateurs et de la batterie.

Le **suivi des débits** extraits et soufflés est souhaitable, afin de vérifier l'équilibrage des débits d'une part et de surveiller leur évolution dans le temps d'autre part, l'encrassement des filtres pouvant conduire à une chute des débits préjudiciable à l'hygiène du bâtiment.

Le suivi des débits n'est toutefois pas indispensable au suivi énergétique de la VMC, les mesures de températures seules permettent une comptabilité énergétique intéressante.

Grandeurs à relever et indicateurs courants

Consommation électrique des ventilateurs de soufflage et d'extraction et de la batterie de dégivrage	Efficacité de l'échangeur « COP » de la VMC double flux
Températures d'air neuf, d'air extrait et d'air soufflé	
Débits d'extraction et de soufflage	

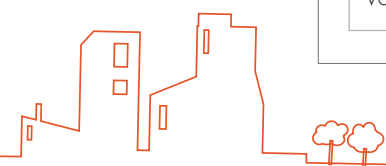
Instrumentation et réglementation thermique

La Réglementation Thermique 2012 n'impose pas d'information des occupants en ce qui concerne la ventilation. Seules les consommations électriques des équipements de VMC en maison individuelle doivent être prises en compte [6] ; en logement collectif, il n'est pas nécessaire de relever les consommations des VMC collectives.

En ce qui concerne les bâtiments à usage autre qu'habitation, les textes applicables diffèrent selon que le bâtiment soit neuf ou existant.

Pour un bâtiment neuf : article 31 de la Réglementation Thermique 2012.

Chauffage	-
Production d'ECS	-
Éclairage	-
Réseau de prises	-
Ventilation	1 compteur électrique par centrale





Instrumentation et réglementation thermique

Pour un bâtiment existant : articles 80 à 84 de la Réglementation Thermique existant globale (ou article 35 de la Réglementation Thermique existant par élément, concernant seulement le refroidissement)

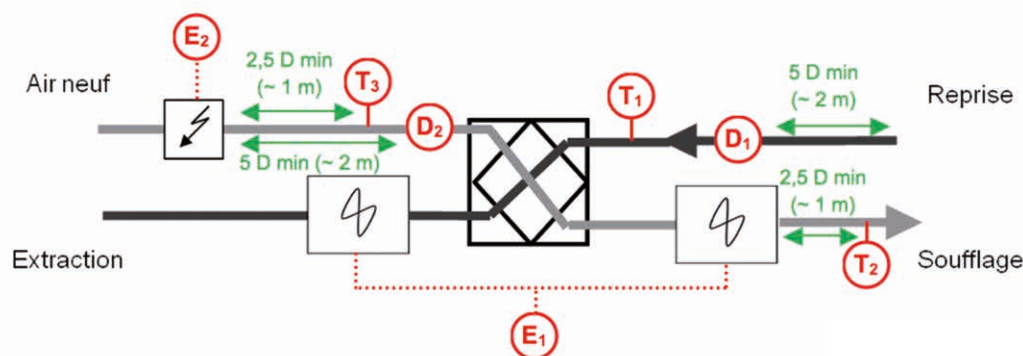
Chauffage	-
Refroidissement	-
Production d'ECS	-
Eclairage	-
Réseau de prises	-
Ventilation	I compteur de temps de fonctionnement par centrale

Plan de comptage

Grandeur	Nom	Instrument	Critères de choix	Emplacement	Info
Conso. électrique du caisson de ventilation	E1	Sous-compteur électrique	Calibre : 32 A Incément : 10 Wh	Sur le départ du caisson de ventilation	p. 30
Conso. électrique de la batterie de dégivrage	E2	Sous-compteur électrique	Calibre : 32 A Incément : 10 Wh	Sur le départ de batterie de dégivrage	p. 30
Débit d'air extrait	D1	Sonde de vitesse d'air	Plage : 0 à 10 m/s	Sur le conduit d'extraction	p. 34
Débit d'air soufflé	D2	Sonde de vitesse d'air	Plage : 0 à 10 m/s	Sur le conduit d'air soufflé	p. 34
Température d'air repris	T1	Sonde de température d'air en conduit	Précision : classe B Plage : 0 à 50°C	Sur le conduit d'air repris	p. 19
Température d'air soufflé	T2	Sonde de température d'air en conduit	Précision : classe B Plage : 0 à 50°C	Sur le conduit d'air soufflé	p. 19
Température d'air neuf	T3	Sonde de température d'air en conduit	Précision : classe B Plage : -30 à 50°C	Sur le conduit d'air neuf	p. 19



Schéma de l'installation et de son instrumentation



Source COSTIC

À retenir !

- ▶ Attention à la position de la sonde de température d'air neuf par rapport à la **batterie de dégivrage** : son fonctionnement risque de perturber la mesure de température si la sonde n'est pas suffisamment éloignée.

Relève des données

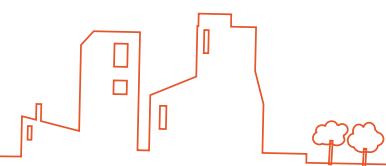
Le système d'acquisition doit recueillir :

- ▶ 6 entrées pour sondes de température passives avec montage en 3 fils (température d'air repris, d'air soufflé et d'air neuf) ;
- ▶ 2 entrées analogiques (vitesse d'air repris et d'air soufflé) ;
- ▶ 2 entrées comptage reliées aux émetteurs d'impulsions (compteurs électriques du ventilateur de soufflage et d'extraction).

Coût indicatif du matériel et de la pose

- ▶ 3 sondes de température d'air en conduit : $3 \times 50 = 150$ € HT
- ▶ 2 sondes de vitesse d'air : $2 \times 300 = 600$ € HT
- ▶ 2 compteurs électriques monophasés calibre 32 A : $2 \times 150 = 300$ € HT

Total matériel et pose : 1 050 € HT (hors éventuel système de télérelève)



Autocontrôle de l'instrumentation

Compteur électrique

- L'**alimentation** instrumentée correspond bien à l'usage suivi ;
- Le compteur est protégé par un **disjoncteur adapté** ;
- Les **câbles de communication** des données ont été tirés jusqu'à la centrale.

Sonde de température d'air en conduit

- L'**emplacement** est conforme aux prescriptions ;
- Les **câbles de communication** (2, 3 ou 4 fils selon la sonde et le montage) des données ont été tirés jusqu'à la centrale.

Sonde de vitesse d'air

- L'**emplacement** est conforme aux prescriptions ;
- L'élément sensible de la sonde (fil chaud de l'anémomètre thermique ou entrées de l'aile de mesure) est dans le sens de l'écoulement d'air ;
- Les **câbles de communication** des données ont été tirés jusqu'à la centrale.



BIBLIOGRAPHIE

- [1] « **Guide compteurs et capteurs – Bonnes pratiques pour choisir et installer les points de mesure** », AQC (Règles de l'Art – Grenelle de l'Environnement)
- [2] « **Guide des bonnes pratiques des mesures de débit d'air sur site pour les installations de ventilation** », Isabelle CARÉ (CETIAT) avec la collaboration d'industriels de la Commission Technique Mesures du CETIAT : Pierre CHAFFOIS (ALDES), Pierre HENRY (CIAT)
- [3] « **Mémento du commissionnement pour des équipements techniques aux qualités durables** », René Cyssau – COSTIC (FFB UECF, ADEME, AICVF, GCCP, Fond social Européen)
- [4] « **Guide gestion technique de bâtiment – Bonnes pratiques pour concevoir et réaliser les systèmes de GTB** », AQC (Règles de l'Art – Grenelle de l'Environnement)
- [5] **Directive 2004/22/CE** du Parlement Européen et du Conseil du 31 mars 2004 sur les instruments de mesure (Directive MID [14])
- [6] Fiche d'application « **Systèmes de mesure ou d'estimation des consommations en logement** » ADEME, CSTB
- [7] **Schémas hydrauliques** (extrait de la schématisation SOCOL*) incluant les dispositifs de comptages, **Méthode Fonds chaleur**, ADEME
- [8] « **Suivi et instrumentation des bâtiments performants – Guide méthodologique à destination des maîtres d'ouvrage** » (Envirobat – Effinergie) BET ADRET
- [9] « **IPMVP Protocole International de Mesure et de Vérification de la Performance énergétique – Volume I : Concepts et options pour l'évaluation des économies d'énergie et d'eau** » Efficiency Valuation Organization
- [10] « **CCTG 2008-1988** » (guide des marchés publics d'exploitation de chauffage)
- [11] Collection des guides de l'AICVF n°7 « **Mise au point des installations hydrauliques** »
- [12] Collection des guides de l'AICVF n°8 « **Mise au point des installations aérauliques** »
- [13] Collection des guides de l'AICVF n°9 « **Mise au point de la régulation et de la gestion technique de bâtiment** »

* Plate-forme d'expertise du solaire thermique collectif : <http://www.solaire-collectif.fr/>





L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie et du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. www.ademe.fr

Ce guide a été réalisé par le COSTIC pour l'ADEME.

La coordination de l'édition assurée par Hakim Hamadou et Claire Bonneville.

La relecture du document assurée par l'aimable collaboration d'Olivier Bonneau du CEREMA, avec la participation de Sébastien Delmas de l'association Effinergie.

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie