

Guide technique de mise en œuvre des modules thermiques d'alimentation

Version 2 • 2026

- Principes,
- Conception,
- Dimensionnement,
- Solutions techniques...

Réalisé par les sociétés
ATLANTIC, CALEFFI,
DANFOSS, DE DIETRICH,
FLAMCO-COMAP, GIACOMINI,
OVENTROP, RESIDEO,
STG & VISSMANN.

Soutenu par les syndicats
ACR, EVOLIS et UNICLIMA,
les associations AICVF
et ÉNERGIES & AVENIR,
et le COSTIC, Centre scientifique et
technique des industries climatiques.



Guide technique de mise en œuvre des modules thermiques d'alimentation

Version 2 • 2026

- *Principes,*
- *Conception,*
- *Dimensionnement,*
- *Solutions techniques...*

Réalisé par les sociétés ATLANTIC, CALEFFI, COMAP,
DANFOSS, DE DIETRICH, FLAMCO-COMAP, GIACOMINI,
OVENTROP, RESIDEO, STG & VISSMANN.

Soutenu par les syndicats ACR, EVOLIS et UNICLIMA,
les associations AICVF et ÉNERGIES & AVENIR, ainsi que
le Costic, Centre scientifique et technique des industries climatiques.

Publié par Syndicat ACR

11-17, rue de l'Amiral Hamelin
75783 Paris Cedex 16
© ACR - 2026

PRÉAMBULE

2

Ce guide est destiné aux professionnels du génie climatique et de l'hydraulique du bâtiment intervenant dans la conception et la mise en œuvre de systèmes intégrant des modules thermiques d'alimentation (MTA).

Certaines dispositions techniques décrites dans ce document sont susceptibles de relever de droits privés. Il appartient aux utilisateurs de s'assurer, préalablement à toute mise en application, des conditions d'exploitation auprès des industriels ou détenteurs des droits concernés.

Les références réglementaires citées correspondent aux textes en vigueur à la date d'édition du présent guide. Ces dispositions pouvant faire l'objet de modifications ou de compléments ultérieurs, il incombe au lecteur de vérifier leur actualisation avant toute utilisation.

En l'absence de document de référence consacré à la conception et à l'installation des MTA en France, des industriels ont entrepris d'établir des règles de l'art fondées sur leurs retours d'expérience et leurs pratiques professionnelles :

- ATLANTIC
- CALEFFI
- COMAP
- DANFOSS
- DE DIETRICH
- GIACOMINI
- OVENTROP
- RESIDEO
- STG
- VIESSMANN

Ces travaux ont été menés sous l'égide des syndicats, organismes et associations :

- AICVF
- Syndicat ACR
- COSTIC
- ÉNERGIES & AVENIR
- EVOLIS
- UNICLIMA

Cette rédaction a bénéficié de la participation active de :

- Cédric BEAUMONT,
- Fabrizio CALOGERO,
- Christian CARDONNEL,
- Laurent CLAUDON,
- Benoît CLÉMENT,
- Xavier COURT,
- Éric FAUCONNIER,
- Marco GODI,
- Cédric KUNTZ,
- Roland MESKEL,
- Jean-Louis PETEL,
- Hervé SÉBASTIA,
- Benoît SMAGGHE,
- Pierre-Louis TARANTO.

Ce document complète les normes, DTU et autres documents à caractère juridique ou réglementaire en vigueur en France et en Europe à la date de la rédaction du document pour lesquels les champs d'application ne couvrent pas de la conception et de l'installation de MTA.

Le respect de ces préconisations est nécessaire mais pas forcément suffisant pour garantir le bon fonctionnement de l'installation.

Les données d'entrée des MTA sont intégrées aux logiciels de calcul de la RE 2020. Au besoin, le lecteur se rapprochera des fabricants pour obtenir les données de saisie.

Les mentions entre crochets dans les textes renvoient à la bibliographie en page 36.

Ce guide a été préparé – mise en page, illustrations, rédaction et mise en forme des calculs – par Bernard Reinteau, Photographies & Rédaction, membre de la coopérative ORIÚ (Ligugé, 86).

Les textes, illustrations et scripts de calcul sont la propriété des rédacteurs, représentés par le Syndicat ACR. Les reproductions de textes, illustrations et scripts de calcul sont autorisées en citant les sources. © ACR – 2026.

PRÉFACE

« Un guide précis, pratique et adapté au développement des MTA »

par l'AICVF

Les systèmes de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire évoluent constamment, et les MTA, modules thermiques d'alimentation, n'échappent pas à la règle. Leur bon fonctionnement dépend, bien sûr, de l'équipement lui-même, mais surtout de l'installation hydraulique qui l'alimente. À ce titre, la conception des systèmes de fourniture des locaux en chauffage et en ECS repose sur la présentation précise du fonctionnement des modules, la maîtrise des principes hydrauliques fondamentaux et la communication des savoir-faire par la communauté des thermiciens.

Dix ans après la parution de la première édition du *Guide MTA*, leurs auteurs ont estimé qu'il était temps de proposer une version enrichie de l'expérience de chacun. De nouveaux industriels ont rejoint les initiateurs de ce travail d'information technique, confirmant ainsi le caractère de *Règles de l'art* du travail diffusé.

Réalisé par les industriels du secteur du génie climatique avec l'accompagnement des syndicats ACR, Evolis et le soutien de l'AICVF, du Costic, d'UNICLIMA et d'Énergies & Avenir, ce guide reprend les connaissances acquises en les développant de façon plus précise avec une iconographie plus lisible. De plus, le contenu devient plus convaincant et pratique, car certaines parties ont été conçues selon un modèle de *document PDF dynamique*. Ainsi, avec quelques *calculateurs*, le lecteur peut élaborer certaines parties de ses projets en renseignant des *cellules* des paramètres demandés. Les rédacteurs proposent ainsi aux concepteurs un outil d'information proche de leur univers de travail.

L'AICVF, Association des ingénieurs et techniciens en climatisation, ventilation et froid, apprécie la qualité du travail produit et se félicite de telles initiatives. Elles s'inscrivent pleinement dans son ADN pour assurer le développement et la transmission de la connaissance. Elle encourage la profession à se mobiliser dans cet esprit pour enrichir la « bibliothèque des thermiciens ».

Aristide BELLI, Président de l'AICVF,

Solène DUPRAT, Présidente du Comité technique de l'AICVF.

L'AICVF adresse ses remerciements :

- À tous les participants pour la richesse des échanges, animés et toujours de qualité.
- À Bernard REINTEAU pour la qualité du travail rendu, pour la patience dont il a fait preuve et pour cette idée de proposer le premier document « PDF dynamique » de la profession. Il ouvre ainsi la voie à de futures parutions de ce type.
- À Roland MESKEL, membre du Comité Technique et pilote de l'activité Hydraulique de l'AICVF, pour avoir fédéré l'équipe et rendu possible cette nouvelle édition.

SOMMAIRE

Les MTA dans tous leurs états

La prescription, l'installation, la maintenance et l'usage des modules thermiques d'alimentation (MTA) nécessitent de bien connaître leurs caractéristiques, leurs capacités techniques ainsi que les périphériques indispensables à leur bon fonctionnement.

Ce guide vous apportera les réponses aux questions élémentaires que se posent tous les acteurs de la construction.

Les rédacteurs ont analysé les problématiques pour répondre aux besoins d'information de tous les intervenants sur le chantier.

Pour s'orienter dans ce guide, les lecteurs peuvent utiliser le glossaire proposé en page 7 et ainsi se reporter rapidement aux chapitres correspondants.

Le groupe de travail MTA.

Simplifiez-vous la navigation dans le guide MTA...

- ▀ Cliquez sur la ligne du sommaire pour accéder à la page souhaitée...
- ▀ Dans le guide, cliquez sur le haut de page pour revenir au sommaire...

Paramétrez Acrobat pour calculer...

Dans les annexes, le lecteur trouvera des formules de calcul sous la forme de champs – ou cellules – à renseigner. Ces outils pour techniciens sont exploitables avec le logiciel Acrobat. Ils nécessitent un paramétrage élémentaire.

- ▀ Installez la dernière version d'Acrobat Reader ;
- ▀ Dans Acrobat, aller au « Menu », puis « Préférences » ;
- ▀ Cliquez sur **Formulaires** et cochez « Calculer automatiquement la valeur des champs » ;
- ▀ Revenir aux **Préférences** et cliquez sur « JavaScript », puis cochez « Activer Acrobat JavaScript »...

Pour calculer, ayez les bons caractères...

- ▀ Vérifier que votre système d'exploitation embarque les polices de caractères **Arial** et **Arial Narrow**...

PRÉAMBULE	2
PRÉFACE	3
SOMMAIRE	4
Liste des figures et tableaux	6
1 Introduction	8
1.1 Quels sont les principes d'une installation avec MTA ?	8
1.2 Quels sont ses domaines d'application ? ..	8
1.3 Quelles sont les conditions de faisabilité d'une installation ?	10
2 La conception des installations avec modules thermiques d'alimentation	11
2.1 Principe du fonctionnement	11
2.2 Les différentes configurations	11
2.2.1 Module pour l'ECS uniquement	11
2.2.2 Module pour l'ECS et le chauffage direct, avec ou sans circulateur	11
2.2.3 Module pour l'ECS et le chauffage indirect, avec deux échangeurs dédiés	12
2.3 Conception de la distribution	12
2.3.1 Conception de la distribution primaire	12
2.3.2 Conception de la distribution secondaire d'ECS	13
2.3.3 Conception de la distribution secondaire pour le chauffage	14
2.4 L'évolution des robinets thermostatiques	15
2.4.1 Le corps du robinet	15
2.4.2 La tête thermostatique	15
2.5 Comptage et répartition	15
2.5.1 Comptage de l'eau froide	15
2.5.2 Répartition des frais de chauffage et d'ECS	15
3 Les règles de dimensionnement des modules thermiques d'alimentation	16
3.1 Principes du dimensionnement des équipements	16
3.2 Puissances nécessaires pour un local	16
3.2.1 Puissance de production d'ECS ..	16
3.2.2 Puissance nécessaire en chauffage	17
3.3 Sélection d'un modèle de MTA	17

3.4 Débit primaire total d'un MTA	17	5 La mise en œuvre des modules thermiques d'alimentation	30
3.5 Le coefficient de simultanéité	17	5.1 La conception du réseau de distribution des MTA à débit variable	30
3.6 Puissance instantanée d'un ensemble de logements sans ballon tampon	19	5.1.1 Équilibrage de l'installation	30
3.6.1 Cas des MTA avec fourniture d'ECS uniquement	19	5.1.2 Maintien en température de la boucle de distribution des MTA ..	31
3.6.2 Cas de MTA pour le chauffage et la production d'ECS	19	5.1.3 Débit de maintien en température de l'échangeur	32
3.7 Débit primaire d'un ensemble de logements	19	5.2 Les réseaux	32
3.7.1 Cas des MTA avec fourniture d'ECS uniquement	19	5.2.1 Les tuyauteries enterrées	33
3.7.2 Cas des MTA avec fourniture de chauffage et d'ECS	19	5.2.2 Les tuyauteries accessibles	33
3.7.3 Cas d'un bipasse permanent en haut de colonne	20	5.2.3 Les passages de réseaux	33
3.7.4 Limitation de débit sur les colonnes : répartition des simultanéités	20	5.2.4 Anticiper les dilatations	33
3.8 Sélection des canalisations	20	5.3 Les accessoires hydrauliques	34
3.8.1 Réseau de distribution primaire ...	20	5.3.1 Pour le dispositif de remplissage ..	34
3.8.2 Canalisations intérieures de l'appartement	21	5.3.2 Les fonctions à installer sur la boucle	34
3.9 Dimensionnement de la production et du volume de stockage	21	BIBLIOGRAPHIE : OUVRAGES, ARTICLES, RÉGLEMENTATION & NORMES	36
3.9.1 Production instantanée	21	PARTENAIRES & SOUTIENS	37
3.9.2 Production avec stockage	21	ANNEXES	
4 Quel ballon de stockage d'énergie primaire pour une installation de MTA ?	23	Annexe 1 > Étude d'un immeuble de 27 logements	38
4.1 L'intérêt d'un ballon de stockage d'énergie primaire	23	Annexe 2 > Optimiser la température de retour primaire d'un réseau de chaleur urbain alimentant une installation de MTA	50
4.2 Dimensionnement du générateur associé à un ballon primaire	23	Annexe 3 > Température et dureté de l'eau froide mesurées en France	52
4.3 Optimiser la performance d'une installation de MTA avec un ballon de stockage d'énergie primaire	23	Annexe 4 > Abaque « Puissance / Débit ECS »	56
4.3.1 L'option pompes à chaleur	24	Annexe 5 > Démarches élémentaires pour évaluer le coefficient « Ua » d'un échangeur à plaques	58
4.3.2 Les options réseau de chaleur urbain ou chaudières à condensation	25	Annexe 6 > Estimer le volume d'eau d'une installation et ses pertes thermiques	61
> Solution 1 : Volume de stockage primaire minimal	27	Annexe 7 > Les formules de calcul à l'épreuve des projets	62
> Solution 2 : Volume de stockage primaire supérieur pour une performance améliorée	28	Pour conclure...	64
> Solution 3 : Volume de stockage primaire minimal versus performance optimale	29		

LISTE DES FIGURES & TABLEAUX

Les figures, par numéro, titre et page...

Figure 1	Schéma de principe d'une installation thermique et sanitaire avec modules thermiques d'alimentation	9
Figure 2	Deux exemples de montages hydrauliques de modules thermiques d'alimentation	10
Figure 3	MTA pour la fourniture d'ECS uniquement	11
Figure 4	MTA pour l'ECS et le chauffage sans circulateur intégré	11
Figure 5	MTA pour l'ECS et le chauffage avec vanne 3 voies en mélange	11
Figure 6	MTA pour l'ECS et le chauffage avec bipasse	12
Figure 7	MTA avec échangeurs dédiés pour le chauffage et l'ECS	12
Figure 8	Implantation des MTA en gaines techniques	12
Figure 9	Implantation des MTA en gaines palières	13
Figure 10	Distribution sanitaire depuis un MTA	13
Figure 11	Courbe d'émission d'un radiateur	14
Figure 12	Fonctionnement d'un thermostatique	15
Figure 13	Démarche de dimensionnement des composants hydrauliques	16
Figure 14	Coefficients de simultanéité selon le nombre de logements dans les différentes méthodes de calcul et pour différents pays	18
Figure 15	MTA avec régulateur de pression différentielle intégré et équilibrage en pied de colonne	20
Figure 16	Générateur de type réseau de chaleur urbain ou chaudière alimentant des MTA	23
Figure 17	Générateur de type pompe à chaleur alimentant des MTA	24
Figure 18	Schéma de principe d'une chaufferie hybride, pompe à chaleur et chaudière, alimentant des MTA	24
Figure 19	Schéma de principe d'une installation de MTA équipée d'un ballon de stockage primaire	25
Figure 20	Schéma de principe d'un ballon de stockage d'énergie primaire sans sonde	27
Figure 21	Montage 1 : ballon brassé	27
Figure 22	Schéma de principe d'un ballon de stockage d'énergie primaire avec sonde	28
Figure 23	Montage 2 : ballon stratifié	28
Figure 24	Position du bipasse pour une chaudière associée en série avec un condenseur	29
Figure 25	Équilibrage dynamique au droit des piquages de colonnes	30
Figure 26	Maintien en température : cas d'un circulateur autorisant un débit nul	31
Figure 27	Haut de colonne pour MTA sans fonction de maintien de température : avec régulateur de débit	31
Figure 28	Haut de colonne pour MTA sans fonction de maintien de température : avec vanne d'équilibrage	31

Figure 29	Haut de colonne pour MTA sans fonction de maintien de température : solution avec régulation thermostatique	32
Figure 30	Accès à la maintenance de la gaine technique ..	32
Figure 31	Distance entre tuyauteries isolées	33
Figure 32	Traversée d'une paroi verticale	33
Figure 33	Traversée d'une paroi horizontale	33
Figure 34	Insertion d'un matériau entre la gaine et le tuyau en paroi verticale	33
Figure 35	Insertion d'un matériau entre la gaine et le tuyau, en paroi horizontale	33
Figure 36	Annexe 1 – Schéma général de l'installation	38
Figure 37	Annexe 1 – Schéma général d'un MTA	39
Figure 38	Annexe 1 – Schéma du MTA en mode ECS	40
Figure 39	Annexe 1 – Schéma du MTA en mode chauffage	40
Figure 40	Annexe 1 – Schéma d'installation d'une vanne PICV	43
Figure 41	Annexe 6 – Échangeur d'un RCU associé en série avec un échangeur de sous-refroidissement	50
Figure 42	Annexe 6 – Échangeur d'un RCU associé en série avec un échangeur de sous-refroidissement avec bipasse	50

Les tableaux, par numéro, titre et page...

Tableau 1	Contenance du tube selon son diamètre	14
Tableau 2	Les différents types de corps thermostatiques	15
Tableau 3	Puissance ECS d'un appartement	16
Tableau 4	Vitesses limites à ne pas dépasser pour éviter les nuisances sonores avec les canalisations métalliques (CTG)	20
Tableau 5	Vitesses limites à ne pas dépasser pour éviter les nuisances sonores avec les canalisations en matériaux de synthèse	21

Exceptions faites...

Ce sommaire ne liste pas les très nombreux tableaux, figures et calculateurs développés dans les annexes.

Note relative aux schémas présentés dans ce guide

Afin d'améliorer la lisibilité des schémas, certains organes indispensables au bon fonctionnement des circuits hydrauliques n'ont pas été représentés (soupapes, clapets...). Concepteurs et installateurs ne manqueront pas de se référer aux règles techniques pour n'en omettre aucun.

GLOSSAIRE

Les définitions de quelques termes et expressions techniques spécifiques utilisés dans ce guide...

Ballon

Réservoir de stockage d'eau chaude pour le chauffage et/ou l'usage sanitaire. En acier émaillé ou inox, isolé pour limiter les pertes de chaleur. Le chauffage est assuré par échangeur à serpentin, résistance électrique ou liaison directe à un générateur. Voir aussi *Tampon*.

Bipasse (ou bypass)

Conduit de dérivation intégré à un réseau hydraulique. Il permet le passage partiel ou total du fluide en contournant un organe principal (émetteur, vanne, échangeur...), pour assurer la continuité de circulation, l'équilibrage hydraulique ou la protection des équipements.

Canalisation

Conduit destiné au transport de l'eau dans les réseaux sanitaires ou de chauffage d'un bâtiment. En cuivre, acier, inox ou matériaux de synthèse (PER, multicouche...), il existe dans des diamètres adaptés aux débits, pressions et usages de l'installation. Voir aussi *Tuyauterie*.

Chaudière

Appareil ou installation thermique transférant de l'énergie produite par combustion à un fluide caloporteur (de l'eau). Les chaudières sont utilisées dans des applications domestiques, collectives et industrielles. Synonyme : *générateur*.

Circulateur

Appareil électromécanique composé d'un moteur électrique, d'une turbine et d'un circuit électronique de pilotage. Il est destiné à assurer la mise en mouvement forcée de l'eau utilisée comme fluide caloporteur dans un réseau hydraulique bouclé de bâtiment. voir aussi *Pompe*.

Comptage

Dispositifs et opérations permettant de mesurer, enregistrer et exploiter les consommations d'eau, de chaleur ou d'énergie d'une installation. Ce, aux fins de suivi, de répartition ou de facturation.

Conception

Phase d'études et de définition technique consistant à analyser les besoins, dimensionner et organiser les composants d'un système hydraulique pour assurer son bon fonctionnement, sa performance énergétique, sa conformité réglementaire et sa pérennité. Voir aussi *Dimensionnement*.

Débit

Grandeur hydraulique exprimant la quantité de fluide circulant dans un réseau par unité de temps (m^3/h , $l/min...$), utilisée pour le dimensionnement et l'exploitation des installations de distribution d'eaux sanitaires (chaude, froide) et de chauffage.

Degré français (°f)

Unité de mesure de la dureté de l'eau, correspondant à 10 mg de carbonate de calcium ($CaCO_3$) par litre d'eau, utilisée pour caractériser le potentiel d'entartrage et adapter les dispositifs de protection des installations hydrauliques. Voir *TH*.

Dilatation

Augmentation du volume des fluides et allongement des canalisations sous l'effet de la chaleur. À considérer pour la sécurité, le bon fonctionnement et la pérennité des installations.

Dimensionnement

Opération d'ingénierie consistant à déterminer les caractéristiques et dimensions des équipements et des réseaux d'une installation hydraulique (débits, diamètres, puissances, pertes de charge...). Ce afin d'assurer son bon fonctionnement, sa sécurité et ses performances dans les conditions d'exploitation prévues. Voir aussi *Conception*.

Distribution primaire

Partie d'un réseau hydraulique reliant la production de chaleur (chaudière, pompe à chaleur, sous-station de réseau de chaleur urbain...) aux boucles secondaires, dites de distribution. Elle achemine le fluide aux débits et pressions requis.

Distribution secondaire

Partie d'un réseau hydraulique qui assure, après la distribution primaire, l'acheminement de l'eau sanitaire (chaude, froide) ou du fluide caloporteur jusqu'aux points de consommation (puisage, alimentation des équipements sanitaires et ménagers...) ou émetteurs (radiateurs, planchers chauffants...). Dimensionnée pour garantir le débit, la pression et le confort requis à chaque point.

Eau chaude sanitaire (ECS)

Eau destinée aux usages domestiques (toilette, lavage, nettoyage), chauffée à une température contrôlée et distribuée via une installation hydraulique distincte des circuits de chauffage.

Eau de ville

Eau potable distribuée par le réseau public d'adduction, sous pression contrôlée, destinée aux usages domestiques, sanitaires et techniques, conforme aux normes sanitaires en vigueur.

Eau froide sanitaire (EFS)

Eau potable distribuée à basse température, destinée aux usages sanitaires (alimentation, hygiène, nettoyage). Elle sert de fluide d'alimentation pour la production d'eau chaude sanitaire.

Échangeur à plaques

Échangeur de chaleur constitué d'un empilement de plaques minces entre lesquelles circulent deux fluides à températures différentes, séparés, sans mélange, permettant un transfert thermique efficace par conduction à travers les plaques.

Équilibrage

Opération visant à ajuster les débits d'un réseau hydraulique afin d'assurer une répartition correcte et stable du fluide dans chaque branche ou émetteur, selon les besoins de l'installation.

Gaine technique

Volume ou conduit réservé, vertical ou horizontal, destiné au passage, à la protection et à l'accessibilité des réseaux techniques d'un bâtiment (sanitaires, chauffage, ventilation, électricité...).

Isolation thermique

Techniques et matériaux visant à limiter les transferts de chaleur entre deux milieux de températures différentes, afin de réduire les pertes ou les apports thermiques et d'améliorer l'efficacité énergétique d'un bâtiment ou d'une installation.

Module thermique d'alimentation (MTA)

Ensemble préfabriqué assurant l'alimentation thermique d'une installation, intégrant les fonctions de production, de régulation, de sécurité et de distribution de l'énergie thermique vers les circuits de chauffage et d'eau chaude sanitaire.

Pertes thermiques

Diminution de l'énergie thermique utile d'un système due aux échanges de chaleur par conduction, convection et rayonnement non souhaités avec l'environnement, entraînant une baisse de rendement ou de performance.

Pompe

Appareil électromécanique, composé d'une turbine animée par un moteur régulé, destiné à déplacer un fluide dans un réseau hydraulique ouvert en lui imprimant une énergie (pression ou débit). Voir aussi *Circulateur*.

Pompe à chaleur

Appareil thermodynamique transférant la chaleur d'une source froide (air, eau, sol) vers un fluide caloporteur (eau, fluide frigorigène) à température plus élevée, permettant le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire ou la climatisation.

Production ECS instantanée

Système de production d'eau chaude sanitaire fournissant l'eau à la demande, sans stockage.

Puissance

Quantité d'énergie transférée ou produite par un système, exprimée en watt (W).

Régulateur

Dispositif ou automatisme qui effectue la régulation en comparant la valeur mesurée à la consigne et en agissant sur le système pour corriger l'écart.

Régulation

Action de maintenir une grandeur physique (température, pression, débit, niveau...) à une valeur souhaitée malgré les perturbations.

Réseau

Ensemble de canalisations, accessoires et équipements permettant la circulation et la distribution d'un fluide dans une installation hydraulique.

Réseau de chaleur urbain (RCU)

Infrastructure de distribution d'énergie thermique transportant de l'eau chaude ou de la vapeur par circuit bitube depuis une ou plusieurs centrales vers des bâtiments pour le chauffage et/ou la production d'eau chaude sanitaire.

Robinet thermostatique

Dispositif installé sur un émetteur de chaleur (radiateur, circuit de chauffage) permettant de réguler automatiquement le débit d'eau chaude en fonction de la température ambiante souhaitée.

Simultanéité

Coefficient ou notion décrivant la probabilité que plusieurs points de consommation d'eau ou de chauffage fonctionnent en même temps. Utilisé pour dimensionner les réseaux et équipements.

Tampon, ballon tampon

Ballon ou réservoir de stockage temporaire d'un fluide caloporteur afin de lisser les variations de température et de débit dans un circuit de chauffage ou de production d'eau chaude sanitaire.

Tartre

Dépôt solide de sels minéraux (calcaire et magnésium) sur les parois des tuyaux ou équipements hydrauliques, réduisant débit et efficacité.

Titre hydrotimétrique (TH)

Mesure de la concentration en minéraux ou en solides dissous, en °f, dans un fluide. En hydraulique, il caractérise la qualité de l'eau (sa *dureté*) circulant dans un réseau ou un échangeur.

Tuyauterie

Ensemble de conduits rigides ou flexibles destinés à transporter un fluide (eau, vapeur...) dans un réseau hydraulique, avec leurs accessoires (raccords, vannes, supports...). Voir *Canalisation*.

Vanne

Organe de robinetterie permettant d'ouvrir, fermer ou moduler le débit d'un fluide dans un circuit hydraulique pour assurer l'isolement, la régulation ou la sécurité de l'installation. *Vanne 2 voies* : une entrée, une sortie, pour l'arrêt ou la modulation du débit. *Vanne 3 voies* : pour le contrôle de température ou la gestion des circuits par mélange ou dérivation des débits ■

Introduction : principe, application, faisabilité...

Ce chapitre aborde la présentation des modules thermique d'alimentation, qu'il s'agisse de leur conception, leur fonctionnement et leurs avantages au regard de l'exploitation rationnelle des énergies.

1.1 Quel est le principe d'une installation avec MTA ?

Les modules thermiques d'alimentation (MTA) constituent une interface thermique hydraulique entre une source de chaleur centralisée collective et une distribution individuelle (appartements, pavillons) ou des espaces publics (crèches, locaux tertiaires, petits espaces commerciaux...).

Ces équipements sont destinés à l'alimentation d'un circuit de chauffage individuel et/ou à la production d'ECS individuelle instantanée décentralisée.

La génération de chaleur peut avoir diverses origines : chauffage urbain, chaudière biomasse ou à gaz, pompe à chaleur (PAC), cogénération, installation solaire thermique, récupération d'énergies fatales... Elle produira l'énergie primaire du MTA qui sera distribuée par un circuit d'eau chaude bitube.

Outre leurs propriétés d'organisation hydraulique des locaux, les MTA permettent de facilement individualiser les frais du chauffage et d'ECS. Pour ce faire, tous les modèles disposent de manchettes normalisées conçues pour y intégrer un compteur d'énergie primaire ainsi que des compteurs volumétriques sur le circuit sanitaire.

Les fournisseurs de MTA mettent également en avant un argument sanitaire : la production instantanée d'ECS via un échangeur à plaques, ce qui réduit le risque de prolifération des légionelles.

Les MTA se distinguent comme une solution adaptée aux systèmes de chauffage et de production d'ECS dans les installations neuves et en rénovation. Dans le cadre de la politique énergétique actuelle, ils présentent des avantages en termes d'économie d'énergie qui, de ce fait, impactent directement les émissions de CO₂ :

- une flexibilité de la source de production de chaleur ;

- leur mise en œuvre simplifiée et rapide, avec 3 tubes au lieu de 5 :
 - aller/retour primaire et l'eau froide sanitaire,
 - la suppression de l'alimentation en ECS et du bouclage sanitaire ;
- des pertes thermiques en ligne réduites grâce aux températures de retour variables ;
- un équilibrage automatique grâce au régulateur de pression différentielle (ΔP) présent dans chaque MTA ;
- une production d'eau chaude (ECS) individuelle sans les contraintes liées au bouclage sanitaire collectif ;
- une production d'ECS instantanée par échangeur à plaques qui assure des températures de retour basses ;
- un confort sanitaire élevé ;
- une capacité de production d'ECS flexible, selon les profils de demande, par la sélection de l'échangeur parmi différentes puissances.

1.2 Quels sont ses domaines d'application ?

Ce guide traite des projets de conception et d'installation hydraulique de chauffage et d'ECS en neuf ou en rénovation. Tout système intégrant des MTA est composé des éléments suivants :

- une génération de chaleur collective (chaufferie utilisant tous types d'énergies, réseau de chaleur...) pouvant être complétée des récupérateurs d'énergie (capteurs solaires thermiques...);
- une distribution primaire unique qui dessert l'ensemble des MTA ;

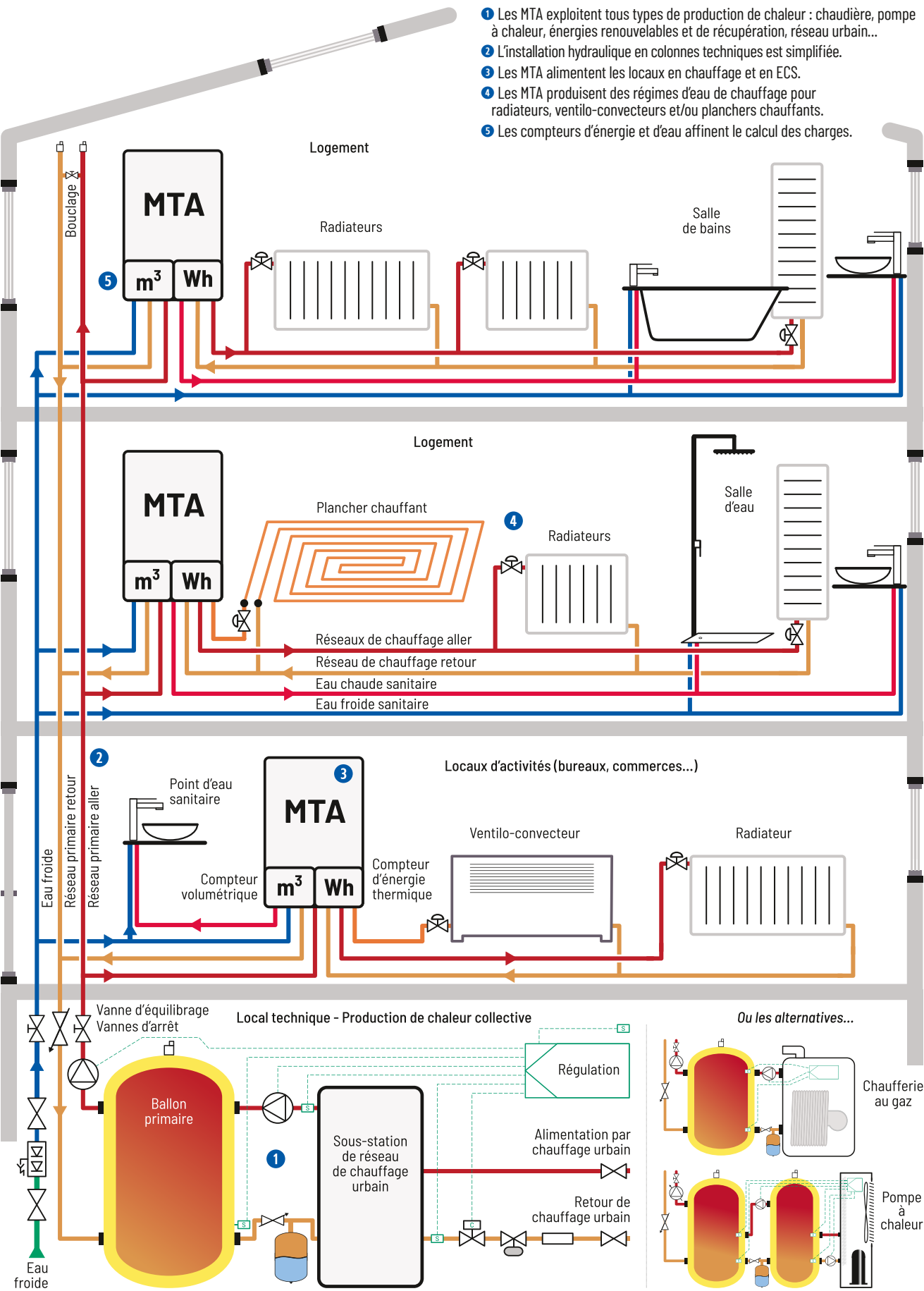
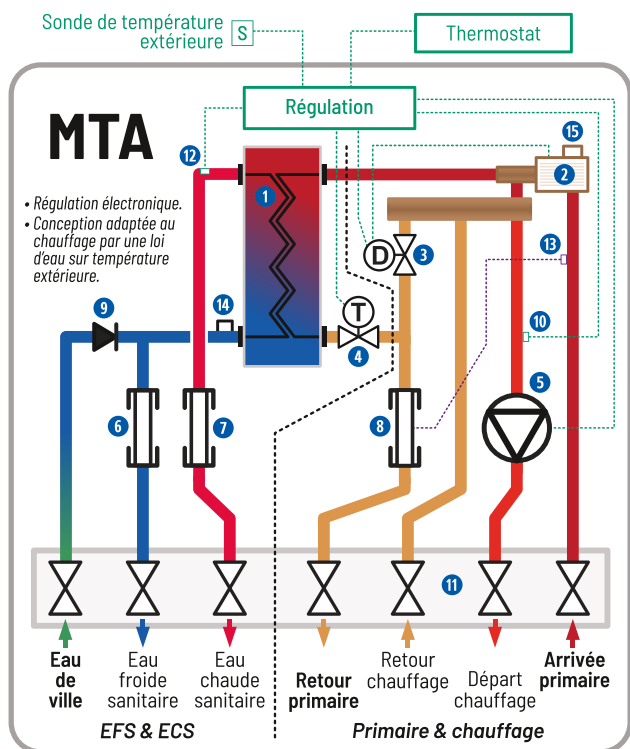
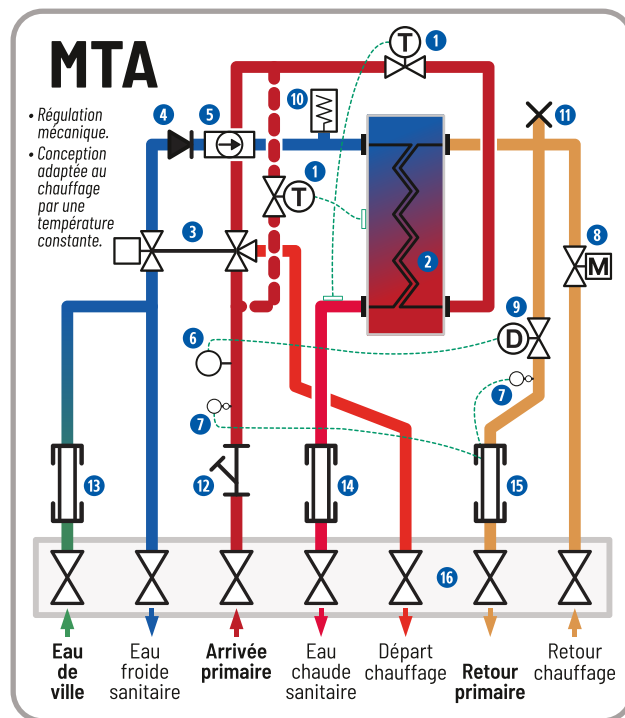


Figure 1 • Schéma de principe d'une installation thermique et sanitaire avec modules thermiques d'alimentation.



- | | |
|---|--|
| <p>1 Échangeur à plaques pour la production d'eau chaude sanitaire.</p> <p>2 Filtre à tamis.</p> <p>3 Vanne de régulation de pression différentielle et vanne de zone.</p> <p>4 Vanne de régulation primaire pour l'eau chaude sanitaire.</p> <p>5 Circulateur du circuit de chauffage.</p> <p>6 Manchette en attente de pose d'un compteur d'eau froide sanitaire.</p> <p>7 Manchette en attente de pose d'un compteur d'eau chaude sanitaire.</p> | <p>8 Manchette en attente de pose d'un compteur d'énergie thermique.</p> <p>9 Clapet anti-retour.</p> <p>10 Sonde de température de départ du circuit de chauffage.</p> <p>11 Platine de connexions hydrauliques.</p> <p>12 Sonde immergée de température d'eau chaude sanitaire.</p> <p>13 Raccord en attente pour sonde calorimètre.</p> <p>14 Piquage pour soupape de sécurité.</p> <p>15 Purgeur manuel.</p> |
|---|--|



- | | |
|---|--|
| <p>1 Tête thermostatique pilotée par une sonde de température.</p> <p>2 Échangeur à plaques pour la production d'eau chaude sanitaire.</p> <p>3 Vanne mécanique de priorité.</p> <p>4 Clapet anti-retour.</p> <p>5 Régulateur de débit.</p> <p>6 Capteur pour vanne de contrôle de pression différentielle.</p> <p>7 Sondes de température pour le comptage d'énergie.</p> <p>8 Vanne de zone motorisée deux voies.</p> | <p>9 Vanne de limitation de pression différentielle.</p> <p>10 Amortisseur de coups de bélier.</p> <p>11 Purgeur manuel.</p> <p>12 Filtre à tamis.</p> <p>13 Manchette en attente de pose d'un compteur d'eau froide sanitaire.</p> <p>14 Manchette en attente de pose d'un compteur d'eau chaude sanitaire.</p> <p>15 Manchette en attente de pose d'un compteur d'énergie thermique.</p> <p>16 Platine de connexions hydrauliques.</p> |
|---|--|

Figure 2 • Deux exemples de montages hydrauliques de modules thermiques d'alimentation.

- des distributions secondaires uniques :
 - pour l'ECS, en desservant l'ensemble des points de puisage (lavabo, douche, baignoire, cuisine...),
 - pour le chauffage en desservant l'ensemble des émetteurs à eau chaude (radiateurs, planchers chauffants...).

1.3 Quelles sont les conditions de faisabilité d'une installation ?

Les MTA sont conçus pour être installés dans le local chauffé ou dans une gaine technique dédiée. Des réservations sont donc à prévoir pour faciliter leur implantation.

La distance entre le module et les points de puisage doit être limitée pour réduire les pertes thermiques de la distribution individuelle d'ECS (cf. paragraphe 2.3). Ces spécificités doivent être intégrées dès les phases préliminaires de conception.

De plus, la conception d'un projet avec MTA doit assurer la cohérence entre :

- la production de chaleur,
- les équipements sanitaires,
- les émetteurs de chaleur utilisés.

Exemple. Le recours aux émetteurs à basse température en chauffage (planchers chauffants...) et aux échangeurs à haute efficacité pour la production d'eau chaude sanitaire permet d'obtenir des températures de retour les plus faibles possibles.

Cela conduit à limiter les pertes de distribution ainsi qu'à garantir de meilleures performances de génération.

Pour optimiser la puissance de la génération de chaleur, la mise en place d'un ballon de stockage primaire est recommandée. Dans ce cas, un espace suffisant en chaufferie est à prévoir ●

Dans ce chapitre sont présentés les modules thermiques d'alimentation (MTA) dans leurs différentes configurations proposées par les fabricants. Le propos aborde aussi leur installation.

2.1 Principe de fonctionnement

Selon les fournisseurs, les modules se différencient par leur régulation, leur mode de production d'eau chaude sanitaire (ECS), leur puissance en chauffage et en ECS et le type d'émetteurs raccordables (émetteurs basse, moyenne ou haute température).

Les modules thermiques d'alimentation assurent une production d'ECS instantanée à partir d'un échangeur à plaques.

Ainsi, selon leur conception hydraulique interne, les MTA fournissent soit simultanément de l'ECS et du chauffage, soit alternativement ECS ou chauffage.

2.2 Les différentes configurations

Les modules thermiques d'alimentation sont disponibles selon trois principales configurations :

- la fourniture d'ECS uniquement ;
- la fourniture d'ECS et de chauffage direct avec ou sans circulateur intégré ;
- la fourniture d'ECS et de chauffage indirect avec deux échangeurs dédiés à ces deux fonctions.

Les schémas de principe de ces différentes configurations sont présentés dans les paragraphes suivants.

2.2.1 Module pour l'ECS uniquement

Pour cette configuration, le MTA est utilisé uniquement pour la fourniture d'ECS de l'appartement. Il intègre un échangeur à plaques et une vanne de régulation pour alimenter cet échangeur.

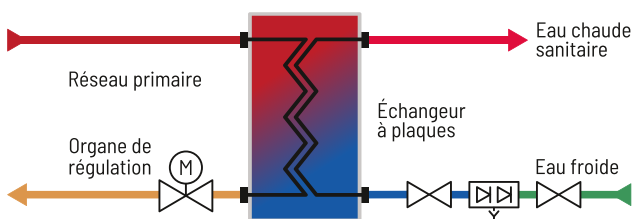


Figure 3 • MTA pour la fourniture d'ECS uniquement.

2.2.2 Module pour l'ECS et le chauffage direct, avec ou sans circulateur

Pour cette configuration, le MTA est utilisé pour la fourniture de chauffage et d'ECS. Il se compose :

- sur le réseau d'ECS : d'un échangeur à plaques et d'une vanne de régulation associée ;
- sur le réseau chauffage : le raccordement entre réseau primaire et de chauffage est réalisé :
 - soit directement (cf. Figure 4) : une vanne de régulation deux voies (tout ou rien ou modulante) peut être utilisée, sans circulateur ;

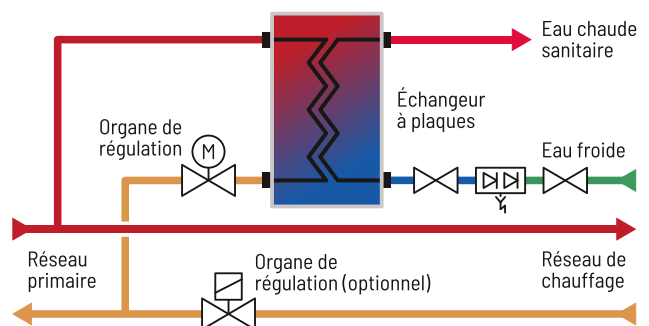


Figure 4 • MTA pour l'ECS et le chauffage sans circulateur secondaire.

- soit par le biais d'une vanne trois voies (cf. Figure 5) ou d'un bipasse (cf. Figure 6, p. 12) : un circulateur est toujours intégré sur le réseau de chauffage pour transférer l'énergie du réseau primaire au réseau de chauffage.

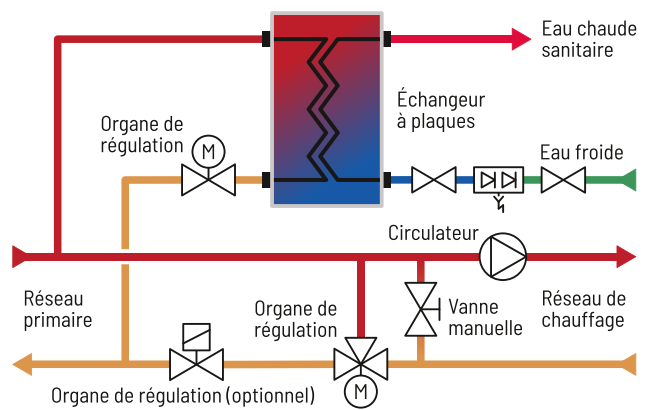


Figure 5 • MTA pour l'ECS et le chauffage avec vanne de mélange 3 voies.

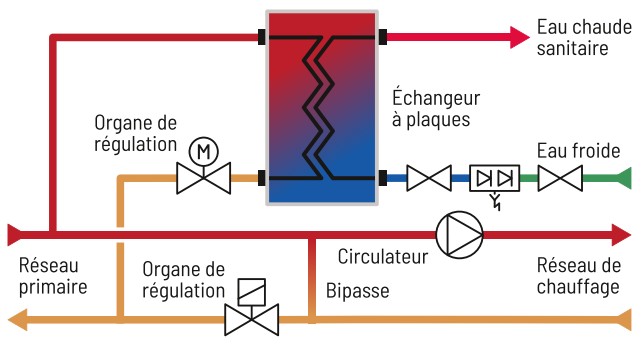


Figure 6 • MTA pour l'ECS et le chauffage avec bipasse.

2.2.3 Module pour l'ECS et le chauffage indirect, avec deux échangeurs dédiés

Pour cette configuration, le MTA est utilisé pour la fourniture de chauffage et d'ECS (cf. Figure 7). Il est composé des éléments suivants :

- sur le réseau d'ECS : un échangeur à plaques et une vanne de régulation associée ;

- sur le réseau de chauffage : un échangeur entre le réseau primaire et le réseau secondaire ; une vanne de régulation primaire ; un circulateur secondaire.

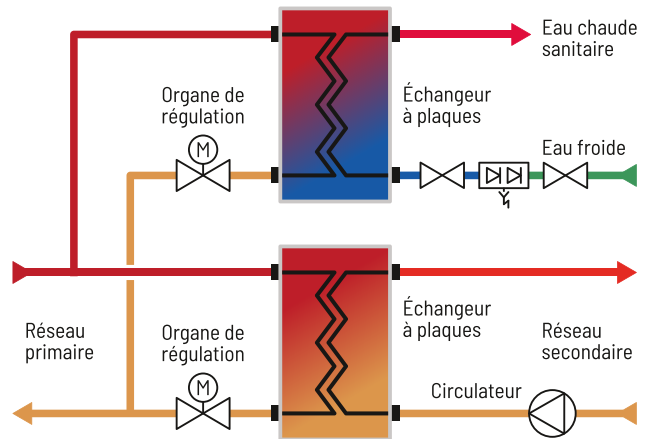


Figure 7 • MTA avec échangeurs dédiés pour le chauffage et l'ECS.

2.3 Conception de la distribution

2.3.1 Conception de la distribution primaire

De préférence, les concepteurs doivent retenir la mise en place des MTA en gaine technique dans le local. Ce, afin de diminuer la longueur des antennes ou des canalisations finales d'alimentation des points de puisage (cf. Figure 8).

Sinon, il est possible de mettre en place les MTA en gaine technique commune, accessibles depuis les circulations sur les paliers (cf. Figure 9).

Quoi qu'il en soit, il est nécessaire de veiller à respecter un volume maximal de 3 litres d'eau stockés dans le réseau ECS privatif pour éviter l'installation d'un bouclage ou d'un traçage sanitaire dans le local.

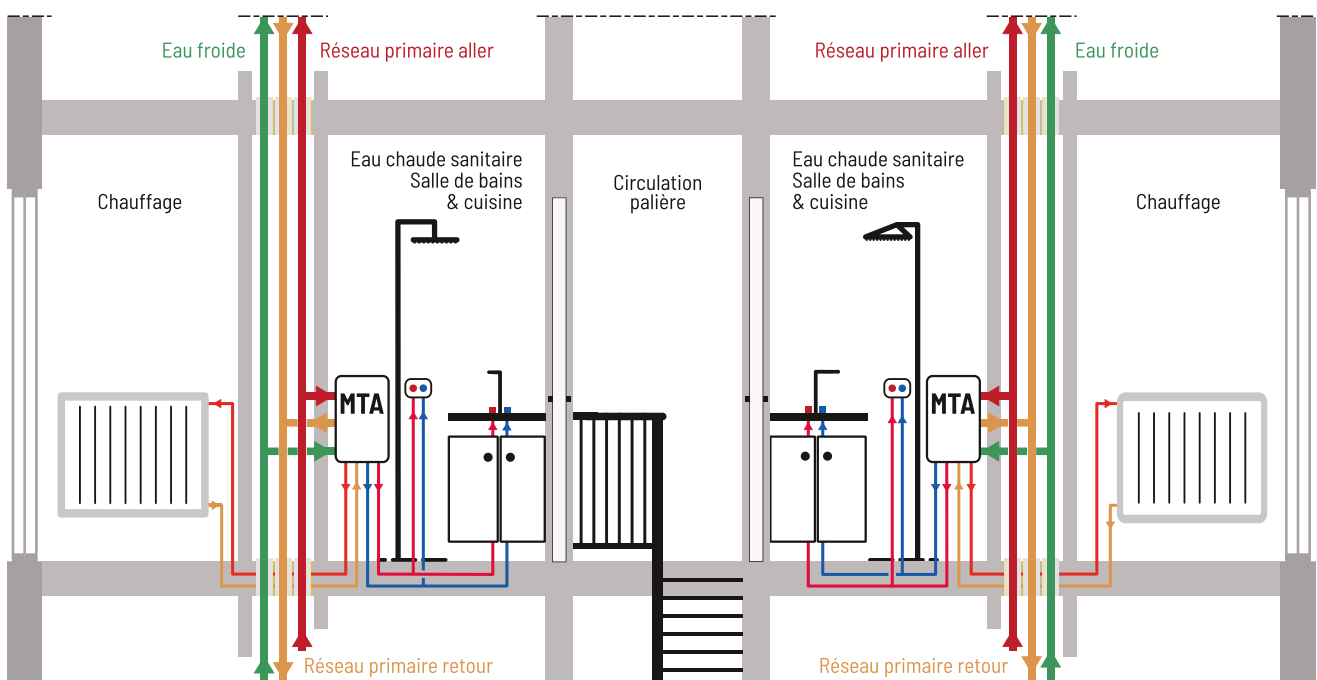


Figure 8 • Implantation des MTA en gaines techniques.

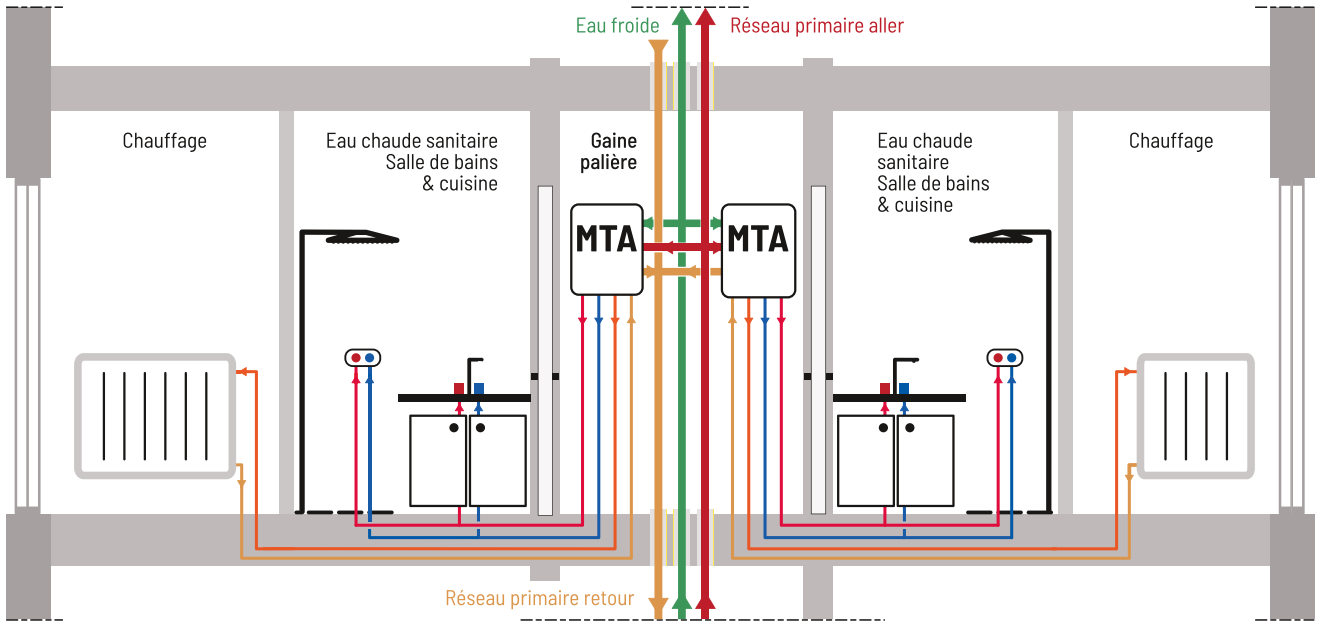


Figure 9 • Implantation des MTA en gaines palières.

2.3.2 Conception de la distribution secondaire d'ECS

Pour limiter le risque de brûlures, la température d'eau chaude sanitaire à ne pas dépasser aux points de puisage est :

- de 50 °C dans les pièces destinées à la toilette,
- et de 60 °C dans les autres pièces¹.

Pour rappel², au-delà d'un volume d'eau de 3 l dans le réseau entre le MTA et le point de puisage le plus éloigné (cf. Figure 10), un dispositif de maintien en température de la distribution d'ECS est obligatoire, par exemple via un cordon chauffant (cf. DTU 60.1).

Si un bouclage sanitaire s'impose dans un logement de grande taille, il est préférable de le rendre *autonome*, par exemple au moyen d'un cordon chauffant ou d'une résistance électrique. Ce pour ne pas pénaliser l'ensemble de l'installation (cf. DTU 60.1, p. 10).

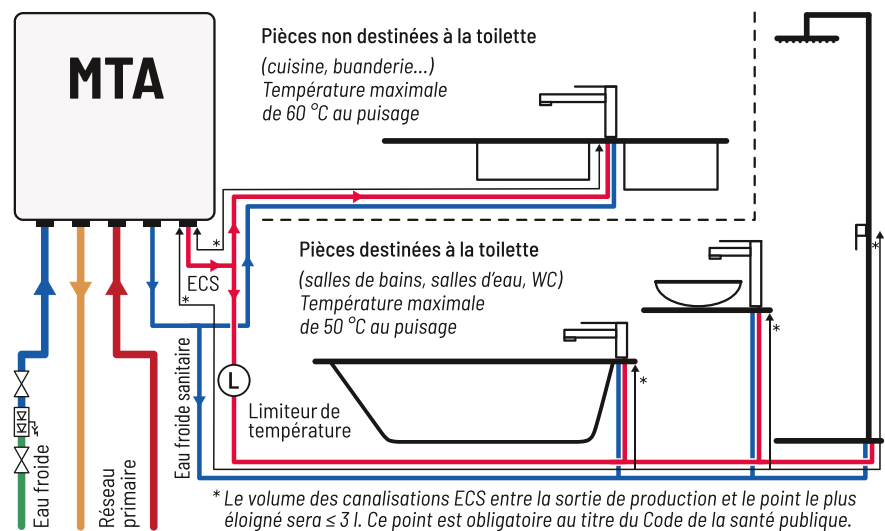


Figure 10 • Réseau de distribution sanitaire depuis un MTA.

1- Les valeurs limites de température au niveau de la production, de la distribution et du puisage d'ECS sont fixées par l'arrêté du 23 juin 1978 modifié par celui du 30 novembre 2005. Ces dispositions s'appliquent depuis le 15 décembre 2006 aux nouvelles installations d'ECS avec une production et une distribution neuves, comme le précise la circulaire [Circulaire 2007-126 du 3 avril 2007].

2- Pour ce qui concerne les risques liés au développement des légionelles (selon l'arrêté du 30 nov. 2005), si le volume entre la sortie de la production et le point de puisage le plus éloigné est de plus de 3 litres, la température de distribution d'ECS doit être maintenue à au moins 50 °C, excepté dans les tubes finaux d'alimentation des points de puisage. Le volume de ces tubes finaux doit être le plus faible possible et, dans tous les cas, ne pas dépasser 3 l.

Dans le cas d'un bouclage, le DTU [NF_DTU_60.11] indique que les antennes et canalisations finales d'alimentation des points de puisage ne dépassent pas 8 mètres, ce pour une question de délai acceptable et confortable d'attente d'eau chaude sanitaire.

Aide à la conception

Pour assurer la conformité de mise en œuvre des MTA avec un réseau de distribution d'eau chaude sanitaire, le lecteur peut utiliser le Tableau 1 pour évaluer la contenance en eau du réseau hydraulique à installer et apprécier la nécessité d'un traçage.

Type de tube	Diamètre intérieur et extérieur, en mm	Contenance du tube, en l/m	Longueur pour un vol. ≤ à 3 l, en m	Volume d'eau de 8 m de tube, en l
Cuivre	10/12	0,079	37	0,6
	12/14	0,113	26	0,9
	13/15	0,133	22	1,1
	14/16	0,154	19	1,2
	16/18	0,201	14	1,6
PEX	20/22	0,314	9	2,5
	9,8/12	0,075	39	0,6
	13/16	0,133	22	1,1
	16,2/20	0,206	14	1,6
	20,4/25	0,327	9	2,6

Tableau 1 • Contenance d'un tube selon son diamètre (règle des 3 litres).

2.3.3 Conception de la distribution secondaire pour le chauffage

La conception du réseau de chauffage du local doit être adaptée selon le niveau de température du primaire et du type d'émetteur utilisé, sans négliger le confort sanitaire. Le concepteur doit être vigilant ; il doit tout à la fois :

- obtenir le niveau de température désiré aux émetteurs,
- garantir la meilleure performance énergétique.

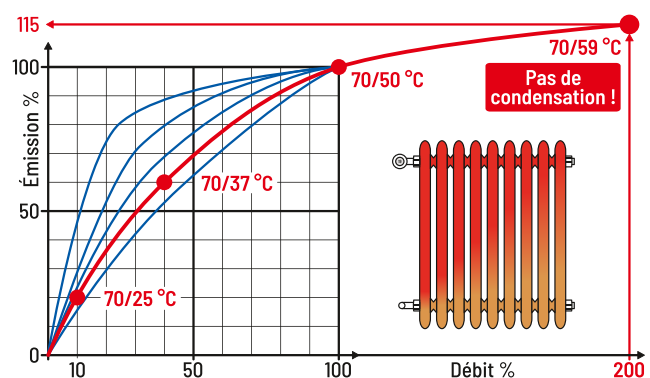
Pour optimiser la performance énergétique de la génération, il est recommandé de favoriser le meilleur différentiel de température (ΔT) de l'eau pour chaque émetteur, qu'il s'agisse d'un radiateur, d'un plancher chauffant ou d'un ventilo-convecteur.

Pour ce faire, une gestion précise du débit des émetteurs devra être respectée. Ce débit sera limité au strict besoin de puissance requis en lien avec le ΔT souhaité.

Il faut noter que les robinets du marché à installer sur les émetteurs peuvent véhiculer des débits de 200 à 300 l/h, soit bien au-delà du débit requis (sur-débit). En effet, des émetteurs alimentés en sur-débit induiront peu de « surpuissance » ; en revanche, ils vont « renvoyer » une température de retour plus élevée que prévu et réduire la performance énergétique de l'installation, comme le montre la figure 11.

Ainsi, il faut idéalement fixer un ΔT d'eau adaptée pour garantir la performance énergétique :

- pour des radiateurs, il faut retenir un ΔT de 15 à 25 K ;
- pour des planchers chauffants, choisir un ΔT de 5 à 10 K.



Le graphique est à interpréter comme suit :

1. Un débit nominal requis de 100 % génère 100 % d'émission sous un régime 70/50°C.
2. Un « sur débit » de 200 % génère 115 % d'émission sous un régime 70/59°C, ce qui dégrade la température de retour en raison de ce « sur débit ».
3. Un débit de 40 % génère 60 % d'émission sous un régime 70/37°C, soit une température retour optimisée mais sans disposer de la capacité de 100 % d'émission du radiateur, situation qui se produit lorsque la demande de chauffage est faible.

Figure 11 • Courbes d'émission d'un radiateur.

L'objectif est donc de limiter le débit au strict besoin de puissance résultant de la formule :

$$Q_v = \frac{P}{1,163 \times \Delta T}$$

Où : Q_v est exprimé en m³/h ; P en kW et ΔT en K ; en considérant la masse volumique de l'eau égale à 1.

Exemple. Un radiateur doit fournir un besoin de 1000 W (1 kW) sous un ΔT de 20 K. Dans ces conditions de service, le débit du radiateur sera de :

$$Q_v = 1 / (1,163 \times 20) = 0,043 \text{ m}^3/\text{h} = 43 \text{ l/h.}$$

Compte tenu d'un aussi faible débit, il faut prévoir de le limiter au strict besoin prescrit par l'usage d'un robinet à double réglage (Kv réglable).

2.4 L'évolution des robinets thermostatiques

2.4.1 Le corps du robinet

On préférera un robinet à réglage de débit auto-équilibrant qui contrôle le débit du fluide des radiateurs dans les installations de chauffage. Ce débit est :

- réglable selon les nécessités du circuit et de l'utilisateur ;
- indépendant des variations des conditions de pression différentielle du circuit.

Technologies vs fonctions	Thermostatique traditionnel	À réglage de débit	À réglage de débit auto-équilibrant
Régulation de la température ambiante	Oui	Oui	Oui
Équilibrage de débit	Non	Oui	Oui
Indépendant des variations de pression	Non	Non	Oui

Tableau 2 • Les différents types de corps thermostatiques.

Ce robinet associe plusieurs fonctions :

- Un régulateur de pression différentielle :** il annule les fluctuations de pression des installations à débits variables et prévient les bruits.
- Un pré-réglage du débit :** couplé avec le régulateur de pression différentielle, il impose la valeur de débit maximal.
- Une régulation du débit selon la température ambiante avec une tête thermostatique.**

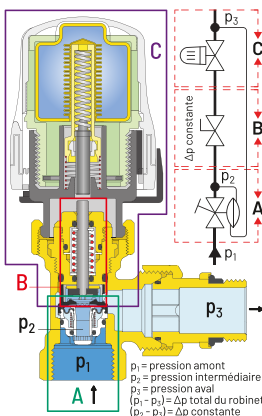


Fig. 12 • Fonctionnement d'un robinet auto-équilibrant.

La régulation du débit est optimisée, car indépendante de la pression grâce à la présence du régulateur de pression différentielle.

Ce type d'équipement des émetteurs de chaleur est à privilégier, tant en neuf qu'en rénovation.

2.4.2 La tête thermostatique

Tous les corps des robinets thermostatiques peuvent être équipés de têtes électroniques connectées. Ce qui autorise toutes sortes de programmations : horaires, sur consignes de température, d'après la présence dans les locaux, par commande à distance *via internet*...

Lorsqu'ils sont généralisés sur les installations, les robinets à réglage de débit auto-équilibrants garantissent des températures de retour basses.

2.5 Comptage et répartition

Les possibilités de comptage varient selon les modèles de MTA. Des manchettes peuvent être intégrées au module en prévision de la pose de compteurs de consommation de chauffage, d'ECS ou des deux, voire un comptage d'énergie par usage ainsi qu'un comptage volumétrique de l'eau froide.

2.5.1 Comptage de l'eau froide

La mise en place de compteurs volumétriques individuels d'eau froide est :

- obligatoire dans le cas d'un immeuble neuf [Décret 2007] ;
- soumis à l'accord de la copropriété dans le cas d'un immeuble existant [Décret 2003].

La relève de ces compteurs ne doit pas nécessiter de pénétrer dans les locaux.

2.5.2 Répartition des frais de chauffage et d'ECS

Pour répondre au Code de l'énergie [Code énergie 2015-1], la mise en place d'un dispositif de comptage pour la répartition des frais d'eau chaude sanitaire est obligatoire³. Il peut s'agir d'un compteur volumétrique ou d'un compteur d'énergie ; ces compteurs ne seront pas obligatoirement placés dans le MTA ●

3- Les modalités d'application sont précisées dans le décret du 19 juin 1975 et l'arrêté du 25 août 1976 sur la répartition des frais d'ECS.

Dans ce chapitre sont exposés les principes de dimensionnement sur la base des règles élémentaires de confort et de fonctionnement des systèmes, ainsi que les adaptations possibles lors de leur conception.

3.1 Principes du dimensionnement des équipements

Le dimensionnement des principaux équipements constituant un système avec modules thermiques d'alimentation doit suivre les étapes suivantes :

1. Dimensionnement des composants dits « privés » :

- ▶ puissances nécessaires pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire (ECS) ;
- ▶ calcul des débits chauffage et ECS ;
- ▶ sélection d'un MTA ;
- ▶ dimensionnement de la canalisation de raccordement du MTA.

2. Dimensionnement des composants dits « collectifs » :

- ▶ puissance foisonnée d'un ensemble de locaux ;
- ▶ dimensionnement du raccordement hydraulique d'un ensemble de MTA ;
- ▶ dimensionnement du volume de stockage et de la puissance installée de la chaufferie.

Le schéma suivant synthétise la démarche à suivre pour le dimensionnement du réseau hydraulique.

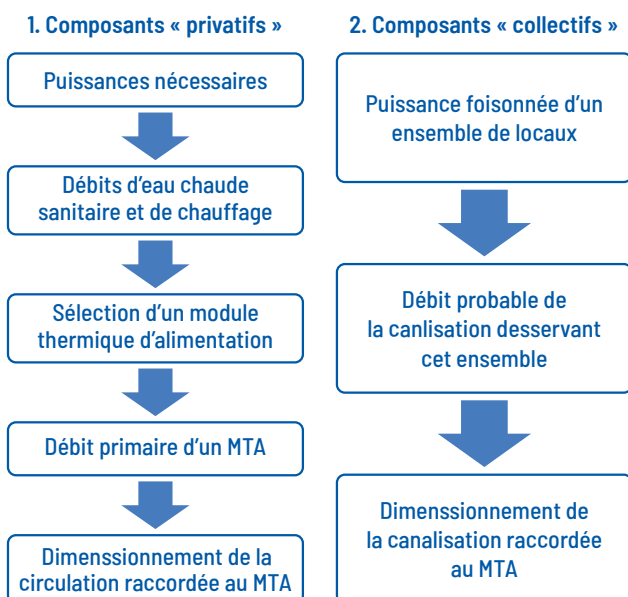


Figure 13 • Démarche de dimensionnement des composants hydrauliques.

3.2 Puissances nécessaires d'un local

3.2.1 Puissance de production d'ECS

La puissance nécessaire pour la fourniture d'eau chaude sanitaire d'un local dépend du type de poste de puisage, du nombre d'équipements sanitaires installés et du niveau de confort désiré par le maître d'ouvrage. **Le tableau 3 indique les seuils à respecter.**

Critères de confort	Confort standard		Confort élevé	
	Puissance ECS en kW ($P_{ECS\ apppt}$)	Débit ECS en éq. l/min ($T_{ECS\ apppt} = 40\ ^\circ C$, $T_{ef} = 10\ ^\circ C$)	Puissance ECS en kW ($P_{ECS\ apppt}$)	Débit ECS en éq. l/min ($T_{ECS\ apppt} = 50\ ^\circ C$, $T_{ef} = 10\ ^\circ C$)
1 évier, 1 lavabo, 1 baignoire <u>ou</u> 1 douche	25,1	12	33,5	12
1 évier, 1 lavabo, 1 baignoire <u>et</u> 1 douche	29,3	14	41,9	15
1 évier, 1 lavabo, 2 baignoires <u>et</u> 1 douche <u>ou</u> 1 baignoire <u>et</u> 2 douches	33,5	16	46	16

Tableau 3 • Puissance ECS d'un appartement.

Ces cas de figure élémentaires permettent de calculer la puissance ECS nécessaire à installer.

Cette puissance permet alors de connaître le débit de puisage ECS pour les conditions de dimensionnement fixées pour le local :

- la température d'eau froide propre au site¹ ;
- la température de distribution d'ECS.

$$q_{ECS\ apppt} = \frac{P_{ECS\ apppt}}{4,185 \times (T_{ECS\ apppt} - T_{ef})} \times 3600$$

Où : $q_{ECS\ apppt}$ est le débit en l/h ; $P_{ECS\ apppt}$, la puissance en kW ; $T_{ECS\ apppt}$, la température d'eau chaude sanitaire du local, et T_{ef} , celle de l'eau de ville, en °C.

1- Les principales valeurs locales (T_{ef}) sont disponibles en annexe 3.

3.2.2 Puissance nécessaire en chauffage

Le calcul des déperditions du local est effectué selon la norme [EN12831-1] et de l'annexe nationale associée [NF P52-612/CN].

Pour favoriser des températures de retour faibles, le régime d'eau des émetteurs doit être optimisé :

- $\Delta T = 15 \leq 25$ K pour des radiateurs basses et hautes températures ;
- $\Delta T = 5 \leq 10$ K pour des planchers chauffants.

* Radiateurs

Le dimensionnement d'un radiateur se base sur le calcul du nombre d'éléments qui le compose, ce en fonction de la puissance souhaitée correspondant aux déperditions de la pièce, et du nombre de radiateurs désirés. Le radiateur est choisi selon le régime de température d'eau d'alimentation.

* Planchers chauffants

La conception des planchers chauffants repose sur les exigences des normes [EN1264] complétées par le DTU [DTU_65.14].

3.3 Sélection d'un modèle de MTA

La puissance de l'échangeur est retenue selon les paramètres de fonctionnement donnés par le fabricant. Par exemple, pour l'eau chaude sanitaire :

- la température de consigne de l'ECS ;
- la température d'eau froide sanitaire ;
- le débit de pointe de l'ECS ;
- la température d'alimentation du primaire.

Suivant le modèle de MTA sélectionné, le concepteur peut obtenir le débit primaire pour les conditions de fonctionnement désirées par une analyse de la documentation technique du produit (abaque...) ou auprès du service technique du fabricant.

La sélection d'un MTA impacte donc :

- le débit primaire ;
- la sélection des canalisations ;
- la différence entre les températures de départ et de retour sur le réseau primaire.

Un échangeur surdimensionné fournira une puissance avec un débit primaire plus faible et permettra de réduire le diamètre de la canalisation primaire.

3.4 Débit primaire total d'un MTA

Le débit primaire total ($q_{\text{primaire appt}}$) de la canalisation raccordée au MTA est la somme du débit primaire alimentant :

- l'échangeur ECS ($q_{\text{primaire ECS appt}}$) ;
- le réseau primaire de chauffage ($q_{\text{ch appt}}$), soit via l'échangeur dédié, soit celui du réseau primaire affecté au chauffage.

$$q_{\text{primaire appt}} = q_{\text{primaire ECS appt}} + q_{\text{ch appt}}$$

Le débit total primaire du MTA étant déterminé, le calcul du diamètre du tronçon est effectué conformément aux indications fournies au § 3.8. Dans le cas d'un MTA avec « priorité ECS », $q_{\text{ch appt}}$ est nul.

* Cas d'un MTA intégrant un échangeur pour le chauffage (indirect).

Un raisonnement analogue à celui mené sur l'échangeur ECS doit être réalisé pour connaître le débit primaire de l'échangeur de chauffage.

* Cas d'un MTA sans échangeur pour le chauffage (direct).

Le débit primaire est calculé en fonction des besoins de chauffage.

3.5 Le coefficient de simultanéité

Si tous les points de soutirage étaient ouverts en même temps, le coefficient de simultanéité serait de 1. La puissance à fournir et le diamètre de tuyauterie seraient alors importants. C'est le cas des douches dans un stade où les équipes vont prendre la douche en même temps. En revanche, en habitation collective, tout le monde ne soutire pas de l'eau chaude sanitaire en même temps.

Pour tenir compte de cette situation, un coefficient de simultanéité, issu d'un calcul de probabilité et de l'expérience, est appliqué au calcul de l'installation pour définir un débit probable et une puissance.

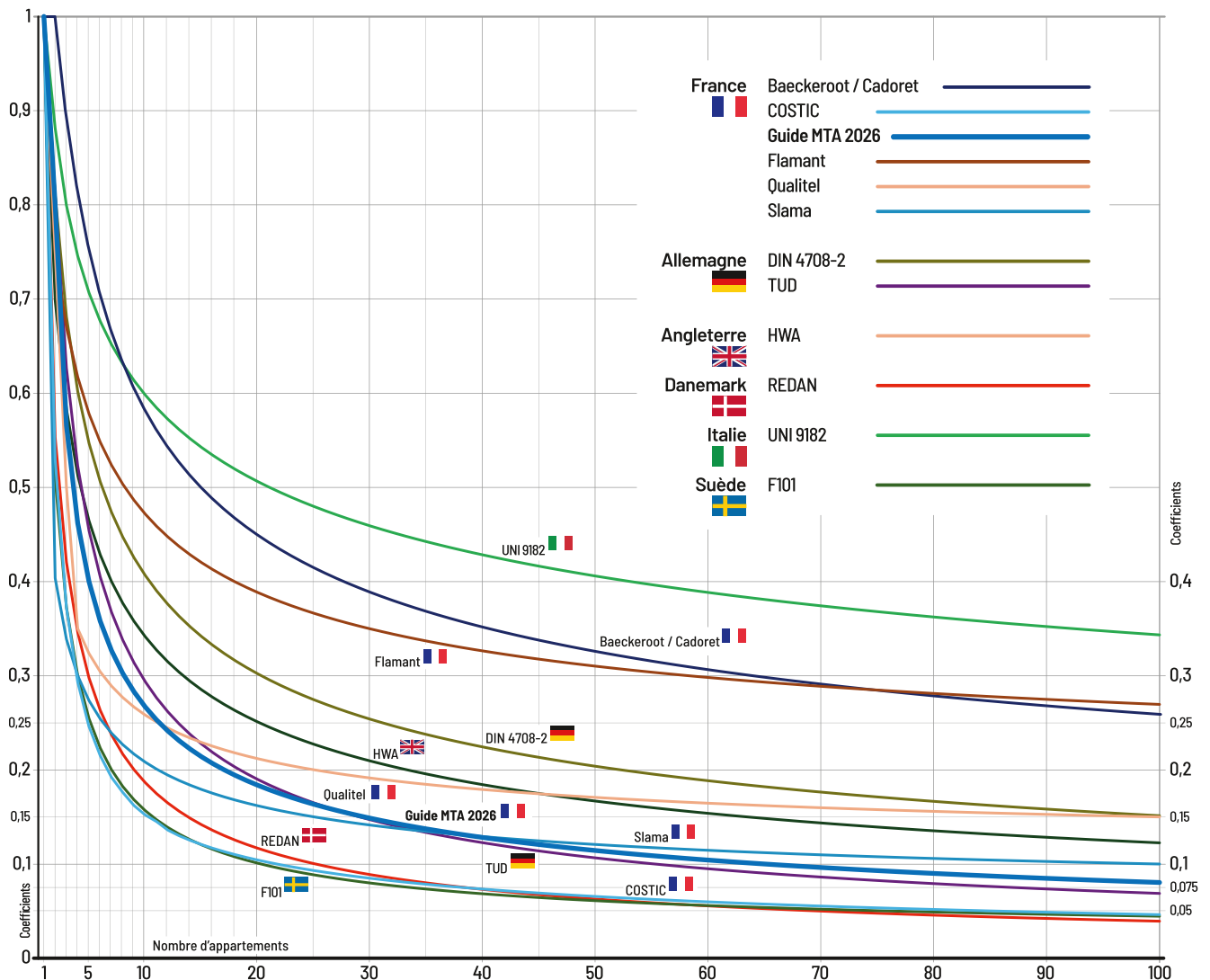


Figure 14 • Coefficients de simultanéité selon le nombre de logements dans différentes méthodes de calcul et différents pays.

Comme le montre le graphique des coefficients de simultanéité selon différentes méthodes et pour certains pays (cf. Figure 14), il n'y a pas de consensus sur la valeur de ces coefficients. Et, à ce jour, aucune formule ne prétend être parfaite.

*** Incidence d'un coefficient élevé :**

- Plus de logements pourront soutenir de l'ECS en même temps.
- La puissance sera plus importante.
- Les diamètres de tuyauteries seront plus gros.
- L'installation coûtera plus cher.

*** Incidence d'un coefficient bas :**

- Moins de logements pourront soutenir de l'ECS en même temps.
- La puissance sera moins importante.
- Les tuyaux seront d'un diamètre plus petit.
- L'installation coûtera moins cher.

*** Choix du coefficient de simultanéité**

Le choix du coefficient de simultanéité appartient au concepteur de l'installation. Il doit figurer dans le cahier des clauses techniques particulières (CCTP), ainsi que dans les appels d'offres et les devis. Nous retenons la formule suivante² :

$$s = \frac{0,8 C}{\sqrt{N-1}}$$

Où : s est le coefficient de simultanéité ; N , le nombre de MTA installés ; C , le facteur de correction, minorant ou majorant – de 0,1 à 3 – laissé à l'appréciation du concepteur.

² Cette formule est attribuée à Robert Delebecque avec, à l'origine, un coefficient 1 au lieu de 0,8. Robert Delebecque est l'auteur d'ouvrages scientifiques et techniques relatifs au bâtiment, à vocation pédagogique.

3.6 Puissance instantanée d'un ensemble de logements

3.6.1 Cas des MTA avec fourniture d'ECS uniquement

Dans ce cas, la puissance foisonnée correspond à :

$$P_{\text{foisonnée}} = N s P_{\text{moy ECS appt}}$$

Où : N est le nombre de MTA ; $P_{\text{moy ECS appt}}$ la puissance ECS moyenne de l'ensemble des appartements ; et s , le coefficient de simultanéité³.

Précision. Dans le cas où les MTA sont identiques (même modèle), la puissance ECS foisonnée correspond directement à :

$$P_{\text{foisonnée}} = N s P_{\text{ECS appt}}$$

3.6.2 Cas des MTA avec chauffage et production d'eau chaude sanitaire

La puissance foisonnée ($P_{\text{foisonnée}}$) est calculée en fonction de la puissance moyenne affectée à l'eau chaude sanitaire (ECS) par appartement, et de la puissance moyenne de chauffage des appartements. Elle s'exprime à l'aide des formules suivantes.

* Cas d'une installation de MTA sans ballon :

$$P_{\text{foisonnée}} = (N \times (1-s) \times P_{\text{ch moy}}) + (N \times s \times P_{\text{ECS moy}}) + \sum_{\text{pertes th}}$$

* Cas d'une installation de MTA avec ballon :

$$P_{\text{foisonnée}} = (N \times P_{\text{ch moy}}) + P_{\text{recharge ballon}} + \sum_{\text{pertes th}}$$

Où : N est le nombre de MTA ; s , le coefficient de simultanéité ; $P_{\text{ECS moy}}$, la puissance ECS moyenne par appartement ; $P_{\text{ch moy}}$, la puissance de chauffage moyenne par appartement ; $P_{\text{recharge ballon}}$, la puissance de recharge du ballon ; $\sum_{\text{pertes th}}$, la somme des pertes thermiques de l'installation (par défaut, 4 % de la puissance de chauffage de l'ensemble des MTA).

3- Le produit $N \cdot s$ peut être arrondi à l'unité supérieure de MTA.

3.7 Débit primaire d'un ensemble de logements

Le débit primaire (débit primaire probable) de la canalisation permettant l'alimentation d'un ensemble de N logements, est calculé en fonction :

- de la puissance foisonnée de la branche (ou colonne) sur laquelle sont connectés les MTA ;
- des conditions d'utilisation des appartements : température de distribution d'ECS, température d'eau froide, débit de chauffage, température de départ du réseau de chauffage ;
- des propriétés spécifiques des MTA ;
- du débit de bouclage.

En fonction des éléments présentés au *paragraphe 5.1.2 (Maintenance en température de la boucle de distribution des MTA)*, la mise en place d'un bypass en haut de colonne peut être nécessaire pour réduire le temps d'attente aux points de puisage.

3.7.1 Cas des MTA avec fourniture d'eau chaude sanitaire uniquement

Le débit primaire maximum probable d'ECS pour l'ensemble des appartements s'exprime à l'aide de la formule simplifiée suivante :

$$q_{\text{primaire tot}} = N s q_{\text{primaire ECS appt moy}} + q_{\text{bouclages}}$$

Où : $q_{\text{primaire ECS appt moy}}$ est le débit primaire moyen de l'ensemble des appartements (*calculé selon la méthode présentée au paragraphe 3.3*).

3.7.2 Cas de MTA pour la fourniture de chauffage et d'ECS

Le calcul du débit primaire dédié à l'ECS est réalisé selon la méthode décrite dans le paragraphe précédent (cf. § 3.7.1).

À ce débit vient s'ajouter la somme des débits primaires nécessaires pour le chauffage de l'ensemble des appartements considérés (q_{ch}).

$$q_{\text{primaire tot}} = N s q_{\text{primaire ECS appt moy}} + q_{\text{ch}} + q_{\text{bouclages}}$$

3.7.3 Cas d'un bypass permanent en haut de colonne

Voici un calcul rapide du débit de bouclage, suivant la technologie du circulateur :

$$q_{\text{nominal}} + \text{bypasse} = q_{\text{nominal}} + 10\% (\text{max}) q_{\text{nominal}}$$

Pour une définition détaillée du projet, le lecteur peut se référer au *paragraphe 5.1.2*, page 31.

3.7.4 Limitation de débit sur les colonnes : répartition des simultanités

Comme vu précédemment (cf. § 3.5, pages 17 & 18), la simultanéité n'est pas universelle. Suivant la formule choisie, l'installation est en capacité d'alimenter plus ou moins de postes en même temps. À ce titre, dans un même bâtiment, il existe plusieurs niveaux de simultanéité : au niveau de l'appartement, de l'étage, de la colonne, et du bâtiment complet.

Pour la répartir, deux possibilités s'offrent au concepteur en agissant sur la vanne d'équilibrage en pied de colonne (obligatoire depuis la RT 2012) :

- **Vanne d'équilibrage réglée** : la simultanéité est répartie par colonne.
- **Vanne d'équilibrage ouverte à 100 %** : la simultanéité est répartie sur tout le bâtiment.

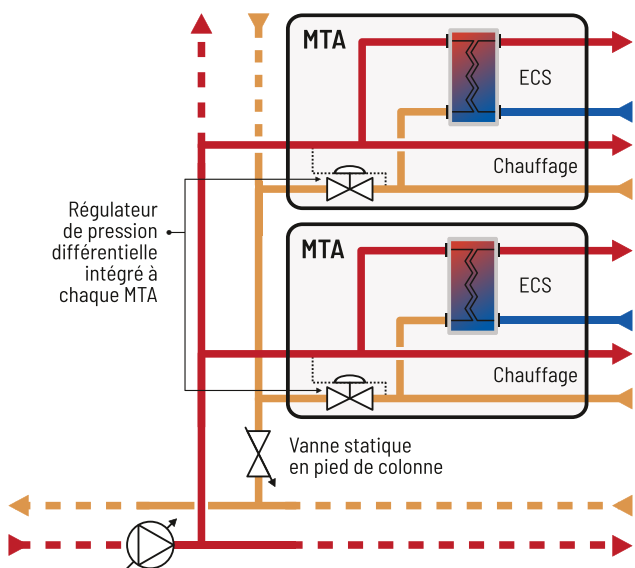


Figure 15 • MTA avec régulateur de pression différentielle intégrée et équilibrage en pied de colonne.

3.8 Sélection des canalisations

3.8.1 Réseau de distribution primaire

Le débit dans chacun des tronçons du réseau primaire doit être calculé successivement en suivant les ramifications. Le débit traversant un tronçon est déterminé en calculant un débit probable pour l'ensemble des MTA raccordés à ce tronçon.

Le diamètre du tronçon est sélectionné pour que les pertes de charges linéaires soient comprises entre 10 et 20 mmH₂O/m [Guide RAGE hydraulique].

Par comparaison à une perte de charge linéaire de 20 mmH₂O/m, une perte de charge linéaire de 10 mmH₂O/m permet de réduire le coût d'exploitation du circulateur. Toutefois, une perte de charge de 20 mmH₂O/m permet d'utiliser un diamètre de canalisation réduit.

La vitesse calculée dans la canalisation doit être inférieure ou égale aux vitesses limites récapitulées dans les tableaux 4 et 5.

Diamètres des canalisations (mm)		Vitesse silencieuses (m/s)	
Calibre usuel	Diamètre intérieur	Canalisation...	
		en sous-sol	en étage
Tube PEX			
20	16,2	-	0,42
25	20,4	-	0,49
32	26,2	-	0,58
Tube Multicouche			
20	16	-	0,44
26	20	-	0,50
32	26	-	0,59
40	33	-	0,71
50	42	-	0,85
63	54	-	1,01

Tableau 4 • Vitesses limites à ne pas dépasser pour éviter les nuisances sonores avec les canalisations en matériaux de synthèse.

Diamètre des canalisations (mm)			Vitesses silencieuses (m/s)	
DN	Diamètre...		Canalisation...	
	intérieur	extérieur	en sous-sol	en étage
Tube acier				
20	22,3	26,9	0,70	0,70
25	27,9	33,7	0,80	0,80
32	36,6	42,4	0,95	0,95
40	42,5	48,3	1,00	1,00
50	53,9	60,3	1,10	1,10
65		73,0	1,30	1,10
-		76,1	-	-
80		88,9	1,40	1,20
-		101,6	1,50	1,20
100		108,0	1,50	1,20
-		114,3	1,50	1,20
125		133,0	1,50	1,20
-		139,7	1,50	1,20
150		159,0	1,50	1,20
Tube cuivre				
14/16	14	16	-	0,55
16/18	16	18	-	0,60
18/20	18	20	-	0,65
20/22	20	22	-	0,70

Tableau 5 • Vitesses limites à ne pas dépasser pour éviter les nuisances sonores avec les canalisations métalliques [CCTG].

3.8.2 Canalisations intérieures de l'appartement

Les canalisations de distribution d'eau chaude sanitaire de chaque appartement (réseau secondaire) sont sélectionnées conformément au DTU [DTU_60.11].

Les canalisations de chauffage de chaque appartement sont sélectionnées conformément aux indications fournies au *paragraphe 3.8.1*.

3.9 Dimensionnement de la production et du volume de stockage

3.9.1 Production instantanée

Pour une production instantanée, la puissance de la chaufferie correspond à la puissance pour l'ensemble des logements de l'immeuble selon les méthodes du *paragraphe 3.6*. Les pertes de distributions doivent être ajoutées à cette puissance.

3.9.2 Production avec stockage

Le recours à un volume tampon sur une installation de MTA n'est pas systématique, mais il permet d'abaisser la puissance du générateur. L'utilisation d'un volume tampon doit s'effectuer en analysant les contraintes suivantes :

- Permettre de couvrir la puissance foisonnée pendant 10 minutes tout en assurant la couverture d'un besoin ECS descendant après cette pointe.
Cette *pointe descendante* est généralement couverte pour une durée de réchauffage du volume tampon comprise entre 30 et 60 min.
- La puissance souscrite pour la future exploitation.
- L'encombrement dans le local technique.
- Le temps de fonctionnement minimal à respecter pour le générateur.

Le volume tampon est calculé selon l'équation suivante :

$$V_{\text{tampon}} = \frac{q_{\text{primaire ECS appt moy}} \times N \times s \times \text{durée}_{\text{pointe}}}{\eta_{\text{ballon}}}$$

Où : V_{tampon} est le volume théorique du tampon exprimé en m^3 ; $q_{\text{primaire ECS appt moy}}$ le débit d'ECS demandé pour l'appartement, en m^3/h ; $N \times s$, le nombre de MTA en demande d'ECS, *arrondi à l'entier supérieur*; $\text{durée}_{\text{pointe}}$, le temps de la pointe de demande d'ECS, en heure; η_{ballon} , le rendement de stratification du ballon⁴.

4- Le rendement de stratification du ballon est généralement compris entre 50% pour un ballon non stratifié et 90% pour un ballon stratifié haute performance.

Le volume en eau du tracé *aller* de l'installation (hors volume tampon) peut ou non être retranché au calcul précédent ; en n'intégrant pas le volume du tronçon *aller* de l'installation, celui-ci constitue une réserve supplémentaire d'énergie.

La puissance à fournir pour la recharge du ballon est calculée selon l'équation suivante :

$$P_{ECS\ stockage} = \frac{V_{tampon} C_{p\ eau} \Delta T_{moyen}}{t_{recharge}}$$

Où : $t_{recharge}$ est le temps de recharge ; $C_{p\ eau}$ la capacité calorifique volumique de l'eau, soit $1,163\ kWh.m^{-3}.K^{-1}$; et ΔT_{moyen} la différence de température moyenne au niveau du réseau de distribution primaire des MTA défini avec⁵ :

$$\Delta T_{moyen} = \frac{N s q_{primaire\ ECS\ appt} \Delta T_{ECS} + q_{ch} \Delta T_{ch}}{N s q_{primaire\ ECS\ appt} + q_{ch}}$$

Où : $\Delta T_{ECS} = T_{primaire} - T_{retour\ ECS}$;
et $\Delta T_{ch} = T_{primaire} - T_{retour\ ch}$;

La puissance de la chaufferie avec stockage est calculée comme suit :

$$P_{tot\ stockage} = P_{ECS\ stockage} + P_{ch}$$

Les pertes de distribution doivent être ajoutées à cette puissance ●

5- Les températures de retour du réseau primaire de distribution d'ECS ($T_{retour\ ECS}$) et de chauffage ($T_{retour\ ch}$) dépendent du modèle de MTA.

Quel ballon de stockage d'énergie primaire pour une installation de MTA ?

Des schémas hydrauliques sont proposés dans ce chapitre. Il revient au concepteur de vérifier leur compatibilité avec ceux proposés par les fabricants de générateurs.

4.1 L'intérêt d'un ballon de stockage d'énergie primaire

Placer un ballon de stockage d'énergie primaire (cf. Figures 16 et 17) entre la génération (chaudière, PAC...) et le réseau de distribution des MTA présente trois avantages majeurs :

- **Réduire la puissance du générateur.** Le ballon stocke l'énergie correspondant au minimum au débit de pointe d'eau chaude sanitaire pendant 10 minutes (*pointe ECS 10 min*). Ainsi, il sera possible de réduire la puissance de production, ce qui diminue le coût du générateur ou permet de réduire l'abonnement au réseau de chaleur urbain (RCU).
- **Diminuer le nombre de cycles marche/arrêt.** Une installation de MTA présente des besoins très variables au cours de l'année : de 100 % à quelques pourcents... Le ballon ou le système de stockage d'énergie permet de solliciter le générateur moins souvent.
- **Garantir le débit.** Le circulateur placé entre le générateur et le ballon doit assurer au minimum le débit requis pour le chauffage, les pertes de distribution et la recharge du ballon.

4.2 Dimensionnement du générateur associé à un ballon primaire

Le ballon fournit l'énergie de la pointe ECS 10 min, ce qui diminue la puissance nécessaire du générateur. Rappel : cette puissance doit couvrir :

- les besoins de chauffage du bâtiment ;
- les pertes de distribution et de stockage ;
- le rechargement du ballon en 30 à 60 minutes.

Un rechargement rapide, en 30 min, nécessite une puissance supérieure et présente deux avantages :

- le générateur revient plus rapidement en mode chauffage ;
- le confort thermique est amélioré, surtout dans les bâtiments à faible inertie.

4.3 Optimiser la performance d'une installation de MTA avec un ballon de stockage d'énergie primaire

Un retour à basse température est garanti d'une performance optimale de installation. Ainsi, avec une température de retour des MTA basse, le coefficient de performance (COP) des pompes à chaleur ainsi que l'efficacité des chaudières à condensation et des réseaux de chaleur urbains augmentent.

À ce sujet, les gestionnaires de réseaux de chaleur urbains (RCU) basse température, par exemple ceux alimentés par des pompes à chaleur, demandent aux exploitants de chaufferies d'immeubles de renvoyer des retours à basse température sous peine de pénalités. C'est le cas avec le RCU de Bordeaux où sont demandés des retours d'eau d'un maximum de 35 °C, calculés en moyenne annuelle.

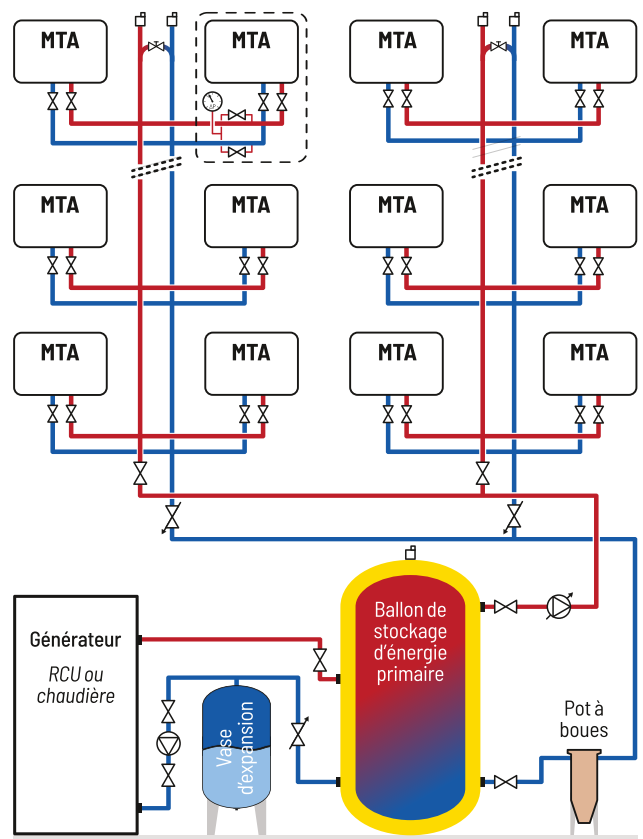


Figure 16 • Générateur de type réseau de chaleur urbain ou chaudière alimentant des MTA.

Pour ce faire, les concepteurs utilisent la notion de delta T , ou ΔT , c'est-à-dire la différence entre la température moyenne d'entrée/sortie d'un émetteur (radiateur ou plancher chauffant) pour atteindre la température ambiante souhaitée ($\approx 20\text{ °C}$). Ainsi :

- pour un régime **60/40 °C**, le ΔT sera d'environ 30 K, soit $50\text{ °C} - 20\text{ °C}$ (moyenne des températures moins la consigne de confort) ;
- pour un régime **70/50 °C**, le ΔT sera de 40 K, soit $60\text{ °C} - 20\text{ °C}$.

On constate qu'un delta T plus petit (régime 60/40), aux retours plus froids, répond aisément aux exigences des RCU *basse température*.

Pour favoriser les retours à basses températures des MTA, le concepteur privilégie :

- l'équipement des radiateurs de robinets thermostatiques auto-équilibrants ;
- en construction neuve, les MTA gérant une loi d'eau (solution valorisée par la RE 2020) ;
- pour ce qui concerne la production d'ECS, le choix de MTA avec un échangeur à plaques « surdimensionné ».

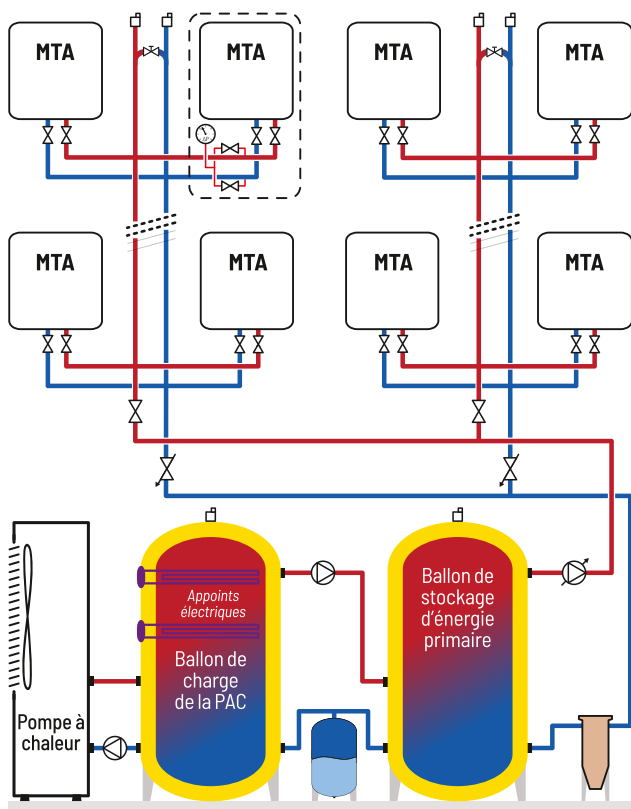


Figure 17 • Générateur de type pompe à chaleur alimentant des MTA.

4.3.1 L'option pompe à chaleur

Rappel des principes applicables pour s'assurer de l'efficacité thermique d'une pompe à chaleur (PAC) sur une installation de MTA :

- **Volume d'eau primaire minimal.** Un ballon de charge associé à la PAC est dimensionné avec un volume de 5 à 10 l/kW (voir la documentation des fabricants) ; le calcul inclut le volume de la tuyauterie entre la PAC et le ballon. Ce, d'une part, pour limiter le nombre de cycles marche/arrêt de la PAC pour ne pas dégrader son compresseur ; d'autre part, pour disposer d'une réserve de chaleur pour assurer les cycles de dégivrage sans perturber l'installation ou le confort des usagers.

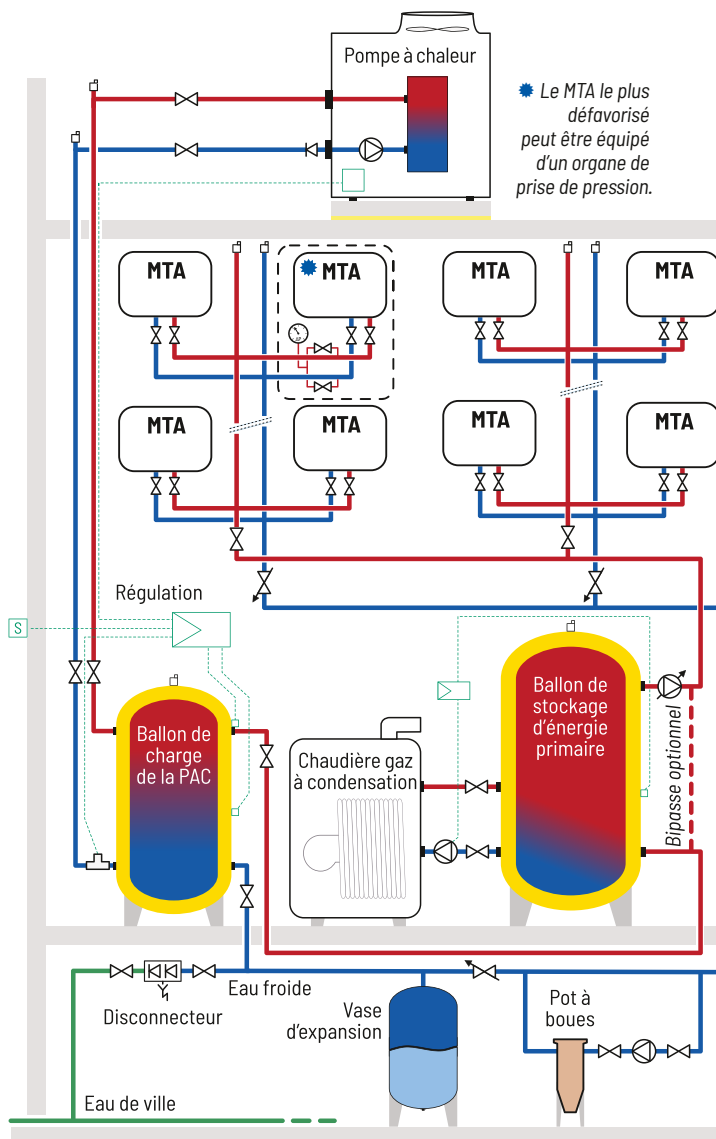


Figure 18 • Schéma de principe d'une chaufferie hybride avec MTA dotés d'un maintien de température de l'échangeur ECS.

- **Débit d'irrigation minimal.** Une PAC fonctionne avec un différentiel de température compris entre 5 et 10 K. Pour ce faire, le débit d'irrigation minimal entre la PAC et le ballon est compris entre $P/5$ et $P/10$, P étant la puissance de la PAC exprimée en *thermie/heure*.
- **Chute de la puissance nominale.** La puissance nominale d'une PAC chute de 20 à 40 % quand la température extérieure baisse fortement. D'où la nécessité de la surdimensionner ou de prévoir un appoint gaz ou électrique pour couvrir les besoins en période hivernale.
- **Privilégier un retour « froid ».** En présence d'une hybridation avec une PAC en préchauffage (cf. *Figure 18*), si le circulateur d'alimentation des MTA nécessite un débit minimum d'irrigation, on positionne un bipasse entre le refoulement du circulateur et le retour au ballon de stockage d'énergie pour ne pas réchauffer la température retour de la PAC.

4.3.2 Les options réseau de chaleur urbain ou chaudière à condensation

Avec ce type de générateurs, la garantie d'obtenir un retour à basse température dépendra du schéma hydraulique de l'installation de l'immeuble. Ce principe est développé à travers trois solutions en fin de ce chapitre où est retenu l'exemple d'un bâtiment de 30 logements équipés de MTA (cf. *Figure 19*). Ils reposent sur les hypothèses suivantes :

- **Pertes de distribution :** négligeables.
 - La température de départ du ballon primaire est égale à la température d'alimentation des MTA, soit 60 °C.
- **Caractéristiques du chauffage :**
 - Puissance de chauffage : 75 kW.
 - Régime des émetteurs à la température extérieure de référence : 60/40 °C.
 - Régulation des émetteurs par loi d'eau.
 - Variation de la température de retour des émetteurs : 40 à 22 °C.
 - Débit nominal des émetteurs : **3,2 m³/h**.
- **Caractéristiques ECS :**
 - Température d'eau froide : 10 °C.
 - Temp. de consigne de l'ECS : 50 °C.

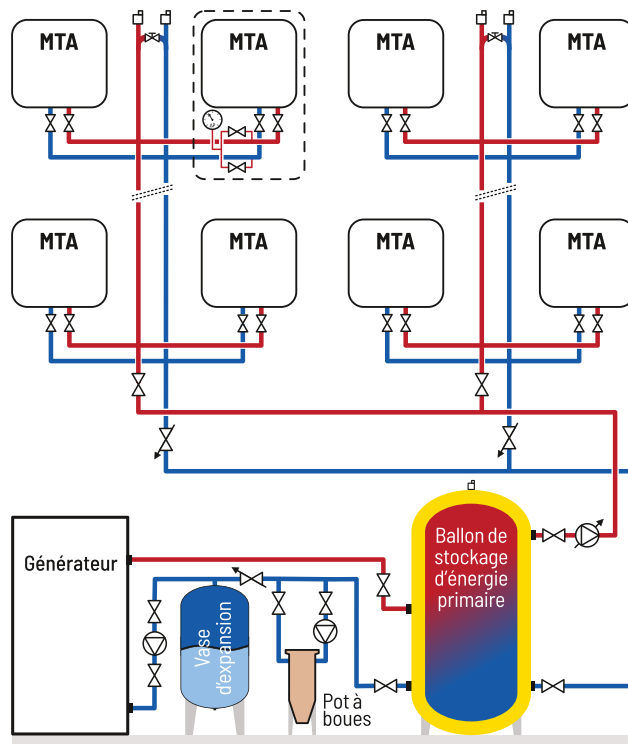


Figure 19 • Schéma de principe d'une installation de MTA équipée d'un ballon de stockage primaire.

- Température d'alimentation du primaire d'ECS : 60 °C.
- Temp. de retour du primaire d'ECS :
 - 22 °C pendant les puisages d'ECS,
 - 40 °C pendant le maintien en température de l'échangeur d'ECS.
- Débit primaire ECS foisonné : **2,4 m³/h**.

- **Caractéristiques du réseau d'alimentation primaire des MTA** le jour de la plus forte demande à la température extérieure de base, soit, le cumul des besoins de chauffage et d'ECS lors de la période de pointe de 10 minutes :
 - Débit nominal d'alimentation des MTA : 5,6 m³/h.
 - Température de retour des MTA correspondant à la température de mélange des retour chauffage et ECS : $(2,4 \times 22 + 3,2 \times 40) / 5,6 = 32,3$ °C.
 - Élévation de température du ballon primaire jusqu'à la consigne, soit : $60 - 32,3 = 27,7$ K.

Pour stocker l'énergie correspondante au débit de pointe « ECS 10 minutes », le ballon de stockage primaire doit avoir un volume efficace de :

$$(2,4 \times (10' / 60')) \times 1000 = \mathbf{400\ l}$$

Ce volume doit être considéré comme minimal.

Le concepteur dispose de deux choix pour sélectionner le volume de ce ballon, selon qu'il est équipé ou non d'une sonde.

A. Détermination du débit et de la puissance du générateur pour un volume de stockage primaire sans sonde (cf. Solution 1, p. 27).

- Considérant 400 litres minimum, le ballon sélectionné aura un volume de **500 l**.
- Le départ à température constante de 60 °C d'alimentation des MTA est garanti par la sonde départ générateur.
- Le débit nominal du circulateur de la chaudière est défini pour satisfaire, à la température extérieure de base, le débit nécessaire au chauffage des logements ainsi que le débit nécessaire au réchauffage en 30 minutes du ballon de stockage.
 - Calcul de la puissance de réchauffage du ballon primaire de 500 l en 30 min. : $(1,163 \times 0,5 \times 27,7) / (30' / 60') = \mathbf{32,2 \text{ kW}}$.
 - Calcul du débit nécessaire pour la charge du ballon : $(32,3 / 1,163) / 27,7 = \mathbf{1 \text{ m}^3/\text{h}}$.
 - Calcul du débit de chauffage pour le débit nominal chaudière : $3,2 + 1 = \mathbf{4,2 \text{ m}^3/\text{h}}$.

Ainsi, en tenant compte de la somme des puissances pour le chauffage et la recharge du ballon, une chaudière d'une puissance minimale de **108 kW** alimente, par un débit de **4,2 m³/h**, le ballon primaire sans sonde d'une capacité de **500 litres**.

Dans ce cas de figure, le volume utile du ballon chauffé en 30 minutes permet de stocker uniquement l'énergie correspondant au débit de pointe « ECS 10 minutes ».

Avantage de ce montage

Il permet de dimensionner l'installation au plus juste des besoins. Cependant, en dehors des périodes de pointe de demande d'eau chaude sanitaire, le débit du générateur étant supérieur à celui des MTA, la retour basse température de l'installation des MTA sera réchauffée et aura pour effet d'abaisser sensiblement la performance du générateur.

B. Détermination du débit et de la puissance du générateur pour un volume de stockage primaire avec sonde (cf. Solution 2, p. 28).

- L'intérêt d'une sonde dans le ballon primaire est d'y accumuler les retours à basse température pendant les arrêts de la chaudière pour lui en faire bénéficier au redémarrage.
- Pour éviter les *courts cycles* et cumuler un volume froid profitable, le volume d'eau sous la sonde, placée au milieu du ballon, correspond a minima aux deux tiers du volume au-dessus d'elle. Pour un volume de 400 l au-dessus de la sonde, le volume total serait de 670 l. **Le ballon retenu sera d'une capacité de 750 l.**
- Le débit nominal du circulateur chaudière doit satisfaire, à la température extérieure de base, le débit nécessaire au chauffage et celui du réchauffage du ballon de stockage en 30 min. *Dans cet exemple, les pertes de distribution ne sont pas prises en compte.* Aussi :
 - Considérant une puissance de réchauffage du ballon primaire en 30 min. de : $(1,163 \times 0,75 \times 27,7) / (30' / 60') = \mathbf{48,3 \text{ kW}}$.
 - Le débit de charge du ballon correspond à : $(48,3 / 1,163) / 27,7 = \mathbf{1,5 \text{ m}^3/\text{h}}$.
 - Avec le débit « chauffage », le débit nominal de la chaudière est de : $3,2 + 1,5 = \mathbf{4,7 \text{ m}^3/\text{h}}$.

Dans ce cas de figure, la chaudière affiche une puissance de **124 kW** ; elle alimente, avec un débit de **4.7 m³/h**, le ballon de **750 l** doté d'une sonde.

Avantage de ce montage

Il favorise la performance du générateur. À chaque démarrage, il bénéficie des retours à basse température de l'installation MTA situés sous le niveau de la sonde. Cependant, par rapport à la solution précédente, il requiert un générateur plus puissant.

Pour guider le lecteur, pages 27 à 29, trois solutions de raccordement du stockage primaire des MTA sont développées. Le cas des PAC ayant déjà été abordé, elles traitent uniquement des chaudières à condensation et du réseau de chaleur urbain (RCU) ●

Solution 1

Volume de stockage primaire minimal

Afin d'optimiser le coût de l'installation, le ballon de stockage d'énergie primaire est dimensionné pour stocker seulement l'énergie correspondant au « débit de pointe ECS 10 minutes ». En référence aux hypothèses précédentes (p. 25 & 26), sa capacité est de 500 litres (cf. Figure 20).

Par conséquent :

- Le générateur fonctionne avec une température de départ constante afin de maintenir en permanence une consigne fixe de 60 °C dans le ballon ; cette température correspond à la consigne de départ vers les MTA.
- Le ballon n'est pas équipé de sonde de température, puisque c'est la sonde « départ générateur » qui garantit la température d'alimentation des MTA.
- La température de départ chaudière est maintenue constante à 60 °C grâce à la modulation de son brûleur ; dans le cas d'un RCU, on module le débit primaire.
- Le générateur est raccordé sur le piquage haut du ballon.

Figure 20
Schéma de principe d'un ballon de stockage d'énergie primaire sans sonde.

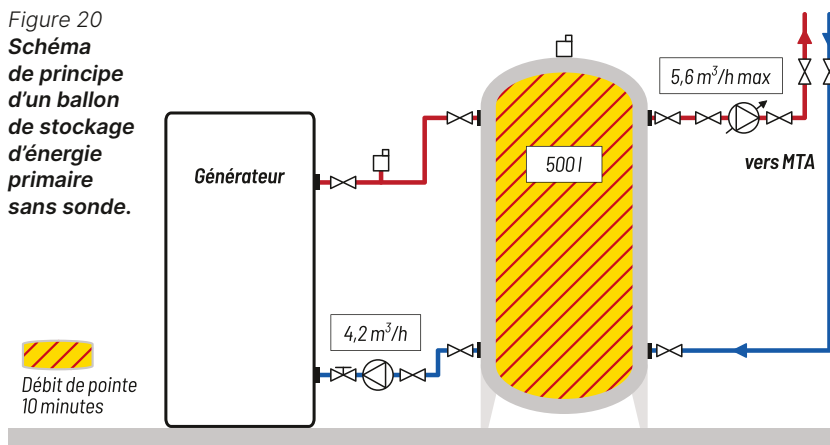
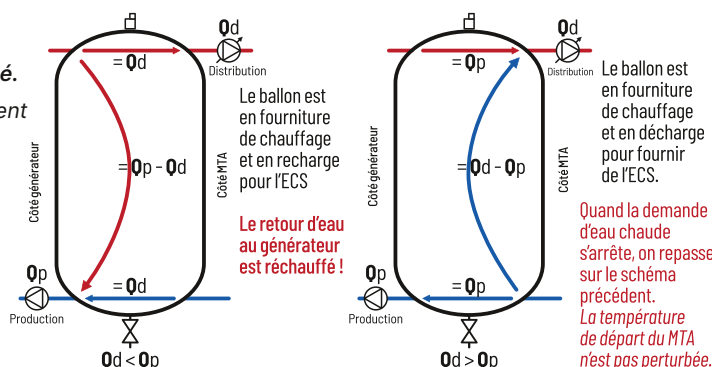


Figure 21
Montage 1 : ballon brassé.

Comportement du ballon pendant la saison de chauffe, en dehors et durant les périodes de puisage d'eau chaude sanitaire.



Conclusions

La chaudière doit maintenir une température de départ constante de 60 °C. Elle est constamment irriguée et adapte sa puissance grâce à la modulation de son brûleur : plus sa puissance est faible, meilleure sera sa performance.

Le RCU adapte sa puissance par le biais de la modulation de son débit.

Les jours les plus froids de la saison de chauffe, en cumulant les besoins de chauffage et d'ECS, le débit nominal des MTA de 5,6 m³/h sera supérieur à celui du générateur, de 4,2 m³/h. Pendant cette période, l'utilité du ballon de stockage primaire sera essentielle : il sera en mesure de fournir l'énergie équivalente au débit de pointe ECS 10 min., le générateur fournissant le complément de puissance nécessaire au chauffage du bâtiment et aux pertes de distribution et du stockage.

Pour rappel : le générateur cumule une réserve de puissance supplémentaire permettant de réchauffer le ballon primaire en 30 minutes, qui sera nécessaire à la suite du puisage du débit de pointe ECS 10 minutes.

En dehors des périodes de puisage d'ECS, le générateur aura un débit supérieur (4.2 m³/h) à celui des MTA (débit nominal chauffage le jour le plus froid de 3,2 m³/h). Ce qui entraînera, dans le ballon primaire, le réchauffage du débit de retour au générateur et aura pour effet de diminuer sensiblement sa performance (cf. Figure 21, schéma $Q_d < Q_p$) ■

À noter. Ce dimensionnement exclut la possibilité de placer une sonde dans le ballon primaire. La totalité de cette énergie stockée est nécessaire pour garantir le confort « chauffage et ECS » des logements.

Volume de stockage primaire supérieur pour une performance améliorée

Afin d'optimiser la performance d'un générateur, il faut éviter de « réchauffer » ses retours. Pour ce faire, il est recommandé de prévoir un ballon de stockage d'énergie primaire plus volumineux, de 750 l (cf. Figure 22), équipé d'une, voire deux sondes de température :

- Le volume contenu au-dessus de la sonde placée à mi-hauteur permet de stocker l'énergie correspondant au débit de pointe ECS 10 minutes, et ainsi satisfaire les besoins d'eau chaude sanitaire à tout moment.
- Le volume contenu au-dessous de cette sonde permet de stocker les retours « froids » de l'installation afin qu'au prochain démarrage du générateur, ce dernier puisse être alimenté avec la température la plus basse possible, favorisant ainsi sa performance énergétique.
- Pendant les phases d'arrêt d'un générateur, son volume d'eau interne se refroidit. Ainsi, lors du redémarrage, pour éviter d'abaisser la température de départ des MTA – à maintenir constamment à 60 °C –,

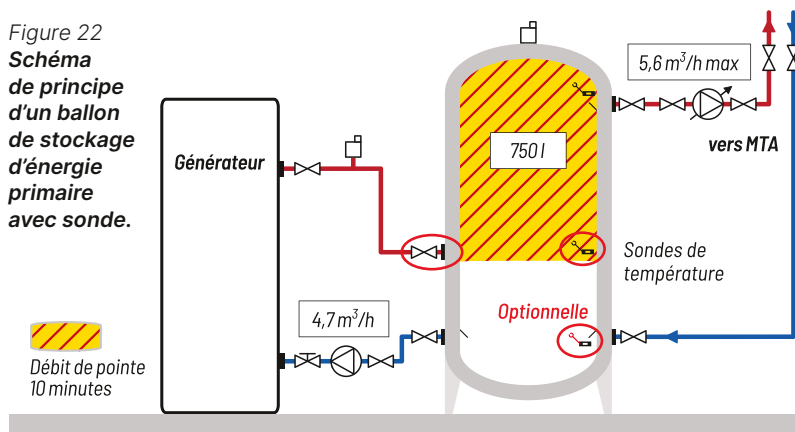
il est impératif de raccorder le départ chaudière à mi-hauteur du ballon. Ce principe est aussi valable pour les générateurs tels que les PAC qui fonctionnent sur un différentiel de température faible, de l'ordre de 5 à 10 K. Pour rappel, les MTA acceptent un différentiel de température de 40 K.

Conclusions

Cette solution permet d'améliorer les performances de l'installation. À chaque démarrage, le générateur bénéficie du volume d'eau de « retour installation MTA » stocké sous la sonde placée à mi-hauteur du ballon.

Cela implique de sélectionner un ballon d'un volume plus important (750 l au lieu de 500 l dans la Solution 1), et par conséquent de mettre en place un générateur légèrement plus puissant (124 kW au lieu de 108 kW dans la Solution 1) puisqu'il doit tenir compte de la puissance de réchauffage de ce ballon toujours calculée sur une période constante – ici de 30 minutes.

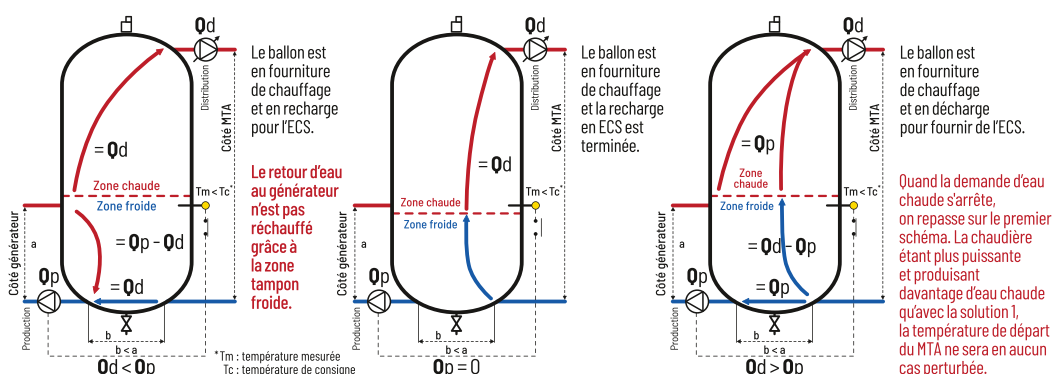
Figure 22
Schéma de principe d'un ballon de stockage d'énergie primaire avec sonde.



En outre, retenons que le « retour installation MTA », qui s'accumule dans le bas du ballon et qui « pousse » le miroir chaud vers le haut, a tendance à s'homogénéiser en température, notamment lors de l'enclenchement du circulateur de la chaudière. Ce qui augmente la température de retour au générateur et diminue sensiblement sa performance ■

Figure 23
Montage 2 : ballon stratifié.

Comportement du ballon pendant la saison de chauffe, en dehors et pendant les périodes de puisage d'eau chaude sanitaire.



Solution 3

Volume de stockage primaire minimal versus performance optimale

Dans les *Solutions 1 et 2*, le ballon de stockage d'énergie primaire abaisse la puissance d'appel du générateur. Cependant, le retour de l'installation des MTA est réchauffé avant le générateur.

Dans le cas des chaudières à condensation, pour maximiser la performance d'une installation de MTA, l'option proposée consiste à répartir la surface totale du générateur en deux échangeurs distincts. Cette solution permet de raccorder le retour « réchauffé » du ballon primaire au retour de l'échangeur principal **de la chaudière** ; et le retour des MTA, la source la plus froide de l'installation, au retour de l'échangeur secondaire **appelé condenseur**. Ainsi, la condensation sera optimale, et les fumées « sous-refroidies ».

Dans l'*annexe 2*, p. 50, le lecteur trouvera une solution équivalente à adopter en cas de raccordement à un réseau de chaleur urbain (RCU).

Ainsi, en reliant le retour d'alimentation des MTA directement **au condenseur** d'une chaudière, ce flux ne peut être réchauffé :

- que ce soit en présence du bypass nécessaire au circulateur de l'installation – prévu lorsque ce dernier nécessite d'un débit minimal d'irrigation –, sous condition que ce bypass soit « bien placé », c'est-à-dire entre le refoulement du circulateur et le retour au ballon primaire (cf. *Figure 24*) ;
- que ce soit dans le cas d'une dégradation de la stratification ou de l'homogénéisation en température de la partie basse du ballon de stockage primaire, en raison du

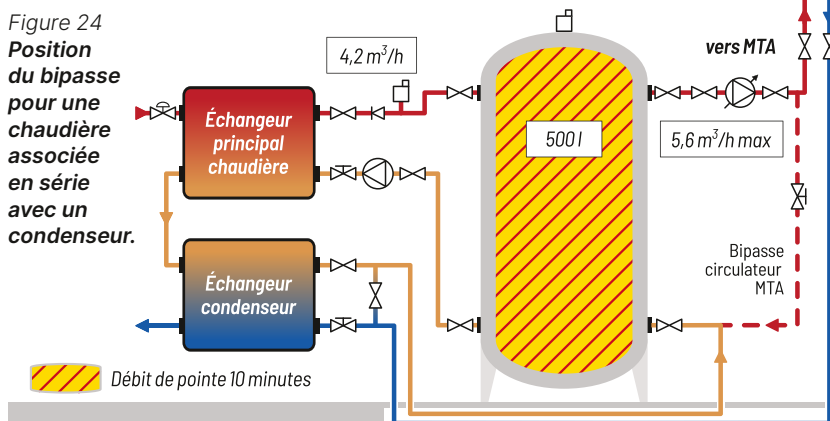
cumul du débit du générateur et de celui des retours des MTA.

Conclusions

Cette solution permet :

- de garantir une performance optimale bénéficiant du retour du débit des MTA, source la plus froide de l'installation, directement dans **le condenseur** sans risque de le réchauffer ;
- d'obtenir une température de fumée la plus basse, et par conséquent une condensation optimale ;
- de générer un appel de puissance continu sur la chaudière, ce qui occasionne une condensation permanente et un rendement qui augmente au fil de la saison de chauffe grâce à la modulation de puissance du brûleur et la diminution des températures de retour des MTA ;
- de minimiser le volume du stockage primaire à 500 litres grâce à un fonctionnement sans sonde ; la sonde de départ du générateur garantit la température d'alimentation à 60 °C des MTA ;
- de limiter la puissance du générateur à 108 kW, **et de maîtriser l'investissement en équipements thermiques** ;
- de bénéficier d'un raccordement hydraulique standard entre la sortie du générateur et le point haut du ballon de stockage primaire, limitant ainsi le risque d'erreur de montage à l'origine de l'inconfort des usagers ■

Figure 24
Position
du bypass
pour une
chaudière
associée
en série
avec un
condenseur.



Remarques sur la figure 24

Contrairement aux schémas des *solutions 1 et 2*, si un débit d'irrigation minimal est nécessaire au circulateur, le bypass ne doit en aucun cas être réalisé au point haut des différentes colonnes montantes d'alimentation des MTA du bâtiment. Dans ce cas, le retour au condenseur serait réchauffé. Il doit être positionné, comme sur la *figure 24*, entre le refoulement du circulateur d'alimentation des MTA et l'entrée secondaire du ballon de stockage d'énergie.

Dans ce chapitre sont évoqués les principaux aspects de la mise en œuvre des MTA, notamment les critères de choix, les règles d'installation et le nomenclature des équipements périphériques.

5.1 Conception du réseau de distribution des MTA à débit variable

La régulation des MTA par vanne à deux voies de régulation est conseillée. Ce type de régulation permet de réduire les consommations électriques et les pertes thermiques de distribution.

5.1.1 Équilibrage de l'installation

Quelle que soit l'installation, la présence d'organes d'équilibrage en pieds de colonnes est rendue obligatoire par l'article 31 du Journal Officiel du 15 août 2021 (Arrêté du 4 août 2021 relatif aux exigences de performance énergétique et environnementale des constructions de bâtiments, texte 23, page 10 ; Chapitre XII, Art. 31).

15 août 2021 JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE Texte 23 sur 66

CHAPITRE XII CHAUFFAGE ET REFRIGÉRISSMENT

Art. 31. – Les réseaux collectifs de distribution à eau de chauffage ou de refroidissement sont munis d'un organe d'équilibrage en pied de chaque colonne.
Les pompes des installations de chauffage et des installations de refroidissement sont munies de dispositifs permettant leur arrêt.

Une distribution à débit variable nécessite un soin particulier dans sa conception :

- Un découplage hydraulique peut être nécessaire pour maintenir un débit constant dans les générateurs.
- Au nominal : un équilibrage statique doit être effectué (comme pour un réseau de distribution à débit constant).
- À charge partielle : la stabilité fonctionnelle (autorité) des vannes deux voies de régulation est généralement impactée.

L'emploi de régulateur de pression différentielle (ΔP) est nécessaire en présence d'une installation à débit variable pour chaque MTA. Ce régulateur permet d'assurer le confort indépendamment des autres logements.

En chute de demande dans l'installation, la pression dynamique localement disponible augmente dans

les tronçons en demande. Cette augmentation de pression pourrait se traduire par une augmentation de la vitesse de circulation et donc du débit : les organes de régulation sont alors obligés de compenser cette surpression, au détriment de leur autorité de régulation. La conséquence est une réponse hydraulique dégradée et donc une température d'eau chaude sanitaire préparée par le MTA fluctuante.

Grâce à la mise en place de régulateur de ΔP , les vannes 2 voies de régulation « chauffage et ECS » ne seront pas soumises aux variations de pression différentielle.

Le régulateur de ΔP garantit ainsi :

- un équilibrage automatique de chaque MTA, grâce à la gestion de la pression différentielle proportionnellement à la variation de celle-ci ;
- une autorité des vannes 2 voies proche de 100 % sur toute la plage d'ouverture ;
- l'absence d'effet de « vases communicants » entre les différents MTA de l'installation.

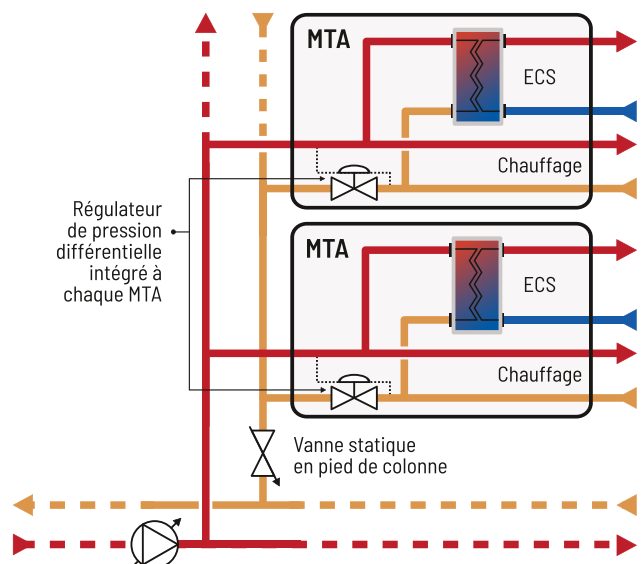


Figure 25 • Équilibrage dynamique au droit des piquages de colonne.

En privilégiant un MTA avec régulation de pression différentielle intégrée, la conception de l'installation s'en trouve simplifiée : le régulateur intégré garantissant l'indépendance hydraulique de chaque MTA,

une simple vanne d'équilibrage statique prévue en pied de chaque colonne sera suffisante. Aujourd'hui ces régulateurs sont directement intégrés, ou intégrables, aux MTA (cf. *Figure 25*).

Pour l'installation et le réglage des vannes d'équilibrage en pied de colonne, le lecteur se reportera au chapitre sur l'équilibrage et la simultanété (cf. *paragraphe 3.7.4*, page 20).

5.1.2 Maintien en température de la boucle de distribution des MTA

Pour permettre d'assurer un temps d'attente réduit de la fourniture d'eau chaude sanitaire, un débit minimal de circulation de la boucle de distribution de MTA est requis. De plus, si le circulateur n'autorise pas un débit nul dans l'installation, ce débit minimum doit au moins satisfaire aux exigences du circulateur selon le point de consigne calculé pour une installation donnée (débit – HMT).

Si l'un ou/et l'autre de ces paramètres doivent être satisfaits, il convient alors d'assurer un débit minimal dimensionné selon le paramètre le plus contraignant. Dans l'immense majorité des cas, si le circulateur nécessite un débit minimal, ce paramètre est dimensionnant (le débit du bouclage primaire doit pouvoir couvrir le débit minimal du circulateur).

Deux situations techniques sont possibles :

- **Cas d'un circulateur autorisant le débit nul :**
 - Si les MTA sont éloignés de la colonne de distribution primaire ($d > 3$ m réels de tuyauterie), il est nécessaire de maintenir en température l'alimentation primaire au plus près des MTA présents sur la colonne montante par le biais d'une solution intégrée, que ce soit avec un biseau thermostatique ou un maintien en température de l'échangeur ECS.
 - Si les MTA sont situés à proximité de la colonne de distribution primaire ($d < 3$ m réels de tuyauterie), on peut ne maintenir en température que la colonne de distribution primaire des MTA. Soit :
 - par le biais du maintien en température intégré au MTA ;

- en point haut de la colonne, par le biais d'une vanne PICV (vanne de contrôle à débit indépendant de la pression) ou d'un régulateur thermostatique (cf. *Figure 26*).

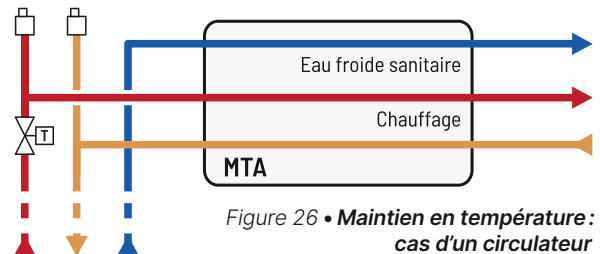


Figure 26 • Maintien en température : cas d'un circulateur autorisant un débit nul.

- **Circulateur n'autorisant pas le débit nul.** Il est nécessaire de garantir un débit minimum de circulation (cf. les *Figures 27, 28 et 29*) :
 - Si le MTA est éloigné de la colonne de distribution primaire (distance > 3 m réels de tuyauterie), il est nécessaire de maintenir en température l'alimentation primaire au plus près du MTA par le biais d'une solution intégrée : biseau thermostatique ou maintien en température de l'échangeur ECS.

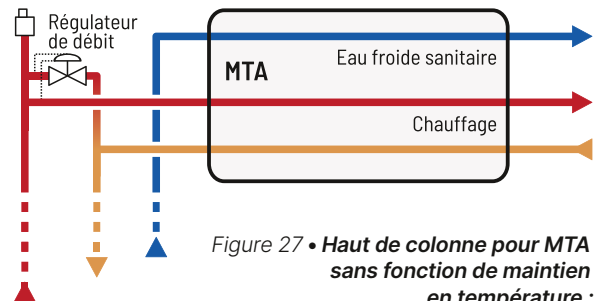


Figure 27 • Haut de colonne pour MTA sans fonction de maintien en température : avec régulateur de débit.

- Si le MTA est situé à proximité de la colonne de distribution primaire (distance < 3 m réels de tuyauterie), on peut ne maintenir en température que la colonne de distribution primaire des MTA :

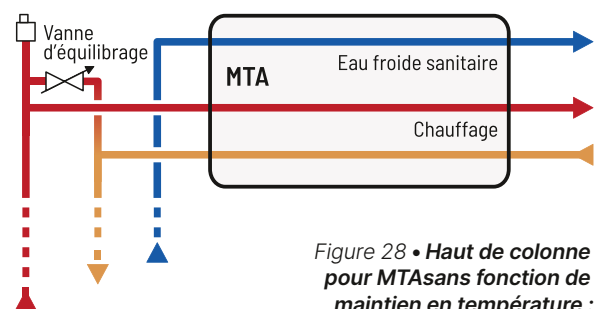


Figure 28 • Haut de colonne pour MTA sans fonction de maintien en température : avec vanne d'équilibrage.

- soit par le biais du maintien en température intégré au MTA ;
- soit, sur la colonne, par le biais d'une vanne PICV (vanne d'équilibrage indépendante de la pression) ou d'un régulateur thermostatique.

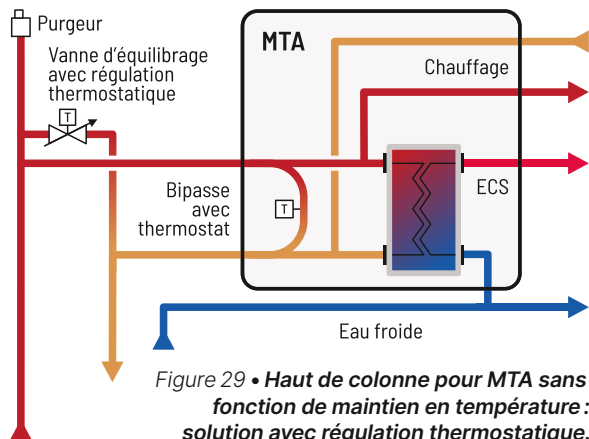


Figure 29 • Haut de colonne pour MTA sans fonction de maintien en température : solution avec régulation thermostatique.

- Dans le cas de l'utilisation du maintien en température intégré au MTA, le débit risque d'être insuffisant. Pour garantir un débit minimal pour le circulateur, un bypass de haut de colonne ou en chaufferie pourra être installé.

5.1.3 Débit de maintien en température de l'échangeur

Si l'échangeur peut être maintenu en température, le débit de maintien peut être calculé à partir de la formule suivante :

$$q_{\text{maintien}} = \frac{P}{\Delta T \times 1,163}$$

Où : P , la puissance est exprimée en kW (donnée fournie par le fabricant) ; ΔT , égal à la température d'entrée moins la température de sortie de l'échangeur ECS, est exprimé en K. Un exemple de calcul est proposé en *annexe 1*, page 40.

Le débit de bouclage (pour chacune des branches) doit être calculé par colonne en fonction :

- d'une chute de température donnée entre la température d'entrée du réseau de distribution et la température à atteindre pour le MTA le plus défavorisé ;
- des pertes thermiques des différents tronçons de canalisations.

À défaut d'un calcul détaillé, il peut être admis que le débit de bouclage représente 10 % du débit nominal.

Dans tous les cas, il faut s'assurer, quelle que soit la solution retenue, de respecter :

- le débit de maintien en température pour réduire les temps d'attente pour la production d'eau chaude sanitaire ;
- si nécessaire, un débit minimal pour le circulateur.

Il est également possible de dissocier les solutions techniques permettant d'assurer :

- un temps d'attente réduit pour la production ECS – par exemple, poser un bypass en haut de colonne ou en chaufferie avec une vanne thermostatique ; ou équiper l'échangeur d'un maintien en température ;
- d'assurer le débit minimal du circulateur – par exemple avec un bypass sur le tronçon desservant l'ensemble des colonnes.

5.2 Les réseaux

Pour faciliter l'exploitation et réduire les pertes thermiques, quelques règles simples sont à observer :

- La gaine technique doit être au plus près du MTA, idéalement dans le volume chauffé.
- Les organes (vannes d'équilibrage, purgeurs...) doivent être facilement accessibles via une trappe de visite de dimension supérieure à celle du MTA.
- Entre niveaux, il convient d'éviter les dévoiements entre les gaines techniques.
- L'accès à la gaine doit toujours être dégagé ; prévoir au moins 90 cm.
- Un écart minimal de 60 mm aux autres tuyauteries, calorifugeage inclus, est conseillé, en particulier vis-à-vis du réseau

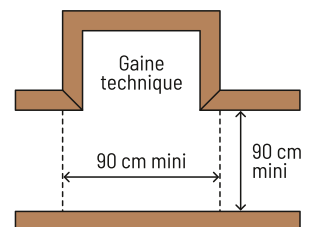


Figure 30 • Accès à la maintenance de la gaine technique.

- Si l'alimentation se situe sur le palier, la tuyauterie primaire peut être installée en faux plafond pour faciliter la pose du calorifugeage.

Le passage en dalle est vivement déconseillé pour éviter les surchauffes sur les paliers.

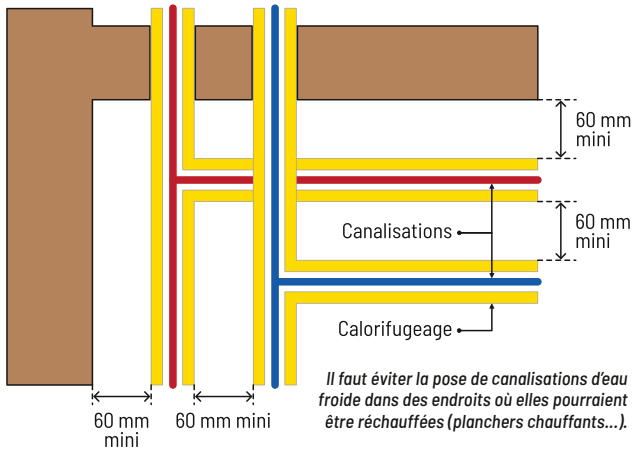


Figure 31 • Distances entre tuyauteries isolées.

5.2.1 Les tuyauteries enterrées

Comme le stipule le *Cahier de Prescriptions Techniques de mise en œuvre des systèmes de canalisations sous pression à base de tubes en matériaux de synthèse* [Cahier 2808-V2 du CSTB], les canalisations de chauffage doivent être mises en œuvre selon les prescriptions du [DTU 65.9].

5.2.2 Les tuyauteries accessibles

Nous recommandons de calorifuger les tuyauteries sur tout leur parcours au moyen d'un **isolant de classe 4**, niveau minimal requis pour répondre aux exigences de la réglementation environnementale 2020 (RE 2020).

Les vannes, la robinetterie en général ainsi que les brides et les compensateurs sont calorifugés. L'isolation des tuyauteries situées à l'extérieur, en vide sanitaire ou caniveau, et plus généralement dans les ambiances humides doit être protégée par un revêtement pare vapeur (bitumineux...), ou d'un mastic spécial multicouche appliqué sur un entoilage croisé.

5.2.3 Les passages de réseaux

Tous les passages des parois verticales s'effectuent dans des fourreaux en tube incombustible. Ils dépassent, de part et d'autre des parois, d'au moins 20 mm.

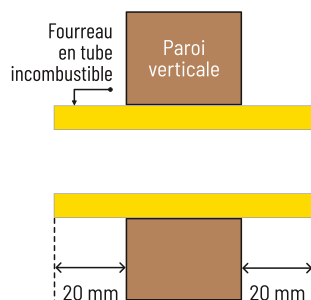


Figure 32 • Traversée d'une paroi verticale.

Pour les parois horizontales, les fourreaux sont arasés au nu du plafond et dépassent le nu du plancher –comportant son revêtement de sol– d'au moins 30 mm dans le cas d'une pièce humide, et d'au moins 10 mm dans les autres cas.

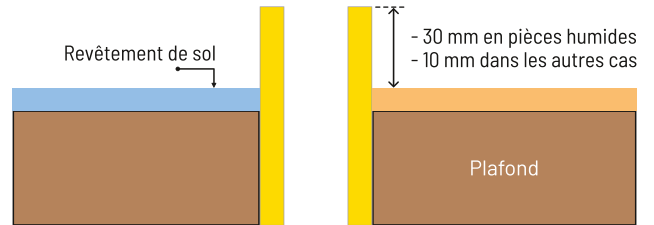


Figure 33 • Traversée d'une paroi horizontale.

Pour la traversée d'un plancher d'une pièce humide, les fourreaux sont en matériau non corrodable par l'eau et les produits de nettoyage domestique.

Le diamètre des fourreaux doit permettre la libre dilatation des tuyauteries et tous leurs déplacements résultant des conditions de pose.

Le vide entre la tuyauterie et le fourreau est bourré d'un matériau élastique et incombustible empêchant la transmission du bruit d'un local à un autre.

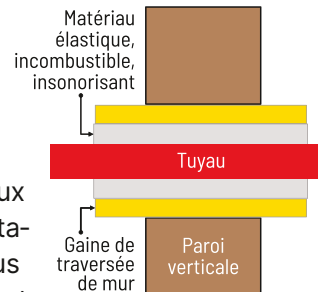


Figure 34 • Insertion d'un matériau entre la gaine et le tuyau, en paroi verticale.

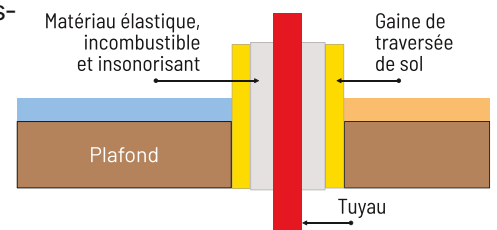


Figure 35 • Insertion d'un matériau entre la gaine et le tuyau, en paroi horizontale.

5.2.4 Anticiper les dilatations

Lorsque le tracé des tuyauteries ne permet pas le rattrapage des dilatations, celles-ci doivent être compensées par des *lyres*, de préférence d'autres dispositifs (compensateur à rotule, à soufflet, etc.).

La dilatation doit se faire sans fatigue des joints et sans bruit. Les points fixes sont prévus aux raccords des différents appareils et partout où cela est nécessaire. L'écoulement de l'eau doit se faire sans provoquer ni vibrations, ni coups de bélier.

5.3 Les accessoires hydrauliques

Les MTA sont des équipements montés sur une boucle d'eau. Pour être et rester efficace, cette boucle requiert un certain nombre de composants essentiels à la performance et au maintien de sa pérennité. La qualité de l'eau employée dans les réseaux est essentielle pour véhiculer efficacement l'énergie issue du générateur vers les émetteurs. En effet, si l'eau possède des caractéristiques initiales très performantes pour ce transfert, toute impureté solide ou gazeuse est susceptible d'en dégrader les propriétés ainsi que de contribuer à l'usure prématurée des composants constituant l'installation (vannes, pompes, canalisations...). De même, d'autres composants doivent être présents pour le réglage et le bon fonctionnement de la boucle. Ce qui figure dans la présentation ci-après constitue une approche synthétique à détailler en fonction des différents projets...

Comme pour toute installation à eau chaude centralisée, on veillera à installer des fonctions essentielles pour diminuer les risques. La liste qui suit constitue une proposition technique minimale.

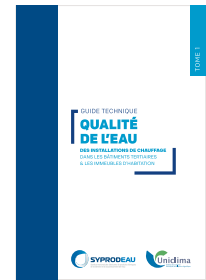
5.3.1 Pour le dispositif de remplissage (Automatique ou non)

- Montage obligatoire d'un dispositif antipollution adapté (disconnecteur...) devant protéger le réseau d'eau de ville de tout retour de l'installation. Référence : *Arrêté du 10/09/2021 Chapitre III, relatif à la protection des réseaux d'adduction & de distribution d'eau destinée à la consommation humaine contre les pollutions par retours d'eau.*
- Un compteur volumétrique pour mesurer les appoints et ainsi, en complément de la mesure elle-même, pouvoir diagnostiquer un éventuel dysfonctionnement mis en lumière par un appoint trop important. (fuite, défaillance du vase d'expansion...).
- *Optionnel* : un filtre équipé d'un bipasse.
- *Optionnel* : un adoucisseur.
- Il est important d'afficher, dans le local technique, un schéma de l'alimentation avec les équipements.

Le lecteur consultera aussi le guide technique « *Qualité de l'eau des installations de chauffage dans les*

bâtiments tertiaires & les immeubles d'habitation », publié en deux tomes en 2020 par le Syprodeau et Uniclimate, ainsi que les recommandations des fabricants.

↪ Cliquez sur l'image ou flashez le QR code.



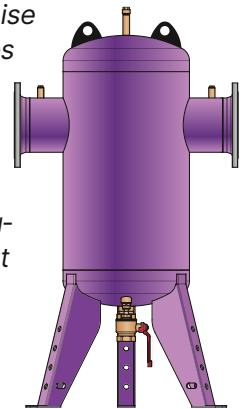
5.3.2 Les fonctions à installer sur la boucle

1. En local technique

- Un dispositif de rétention des boues.

✳ **Dimensionnement nécessaire.**

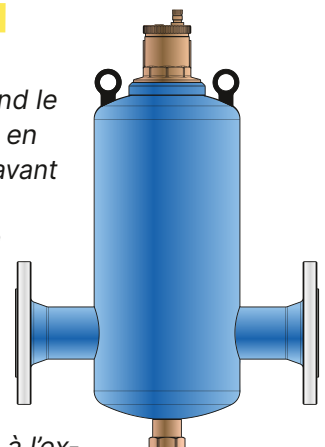
Essentiel pour éviter la remise en circulation des impuretés qui par leur accumulation peuvent provoquer des corrosions sous dépôt, des défaillances par blocage ou des usures prématurées. Ces dispositifs peuvent être équipés de barreaux magnétiques qui captent les particules ferreuses en circulation.



- Un dispositif de dégazage actif des gaz dissous dans l'eau.

✳ **Dimensionnement nécessaire.**

Ici, le concepteur prend le problème à la source en venant dégazer l'eau avant que les gaz dissous n'entrent en circulation dans l'installation et ne génèrent des désordres (corrosion, bruits...). Ces dispositifs créent une pression propice à l'extraction des gaz dissous. Ils constituent une solution technique propre à empêcher la prolifération des gaz. Car, les purgeurs seuls, même bien placés sur les circuits hydrauliques, ne peuvent évacuer que les gaz sous forme de bulles déjà formées; ils sont sans effet sur les micro-bulles.



- Des purgeurs automatiques qui, en complément des appareils ci-dessus, ont la charge d'évacuer les gaz non dissous.

- Un ou des vases d'expansion statiques.

✳ Dimensionnement nécessaire.

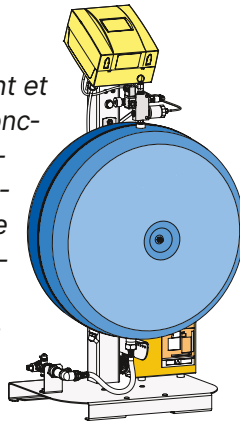
Correctement dimensionnés (pression de gonflage et volume), ils sont gages du bon maintien de la pression dans l'installation.

OU

- Un dispositif de maintien automatique de la pression.

✳ Dimensionnement nécessaire.

Il peut parfois être intéressant et plus efficace de gérer cette fonction avec des vases d'expansion automatique à compresseur. C'est essentiellement le cas sur les installations importantes où la défaillance est fortement pénalisante au regard de l'usage (grand collectif, éco-quartier...).



2. Sur le réseau de distribution...

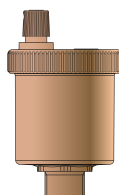
- Choix et dimensionnement des canalisations.

✳ Dimensionnement nécessaire.

Éléments souvent négligés, leur dimensionnement est essentiel pour limiter les vitesses, donc les effets des pertes de charges, tout en assurant la distribution souhaitée. On privilégiera des canalisations résistantes à la corrosion, pérennisant l'installation. Celles-ci seront isolées thermiquement en classe 4, et suivant la réglementation en vigueur et les dispositions particulières de l'installation (passages en faux plafond dans les circulations par exemple).

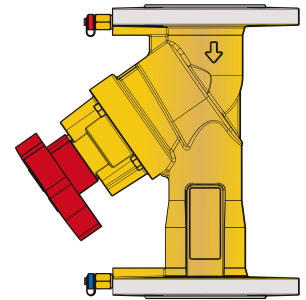
- Purgeurs automatiques.

Ils sont placés en tous points hauts et toutes zones propices à collecter les gaz non dissous.



- Équilibrage en pied de colonne.

Se référer au paragraphe 3.7.4.

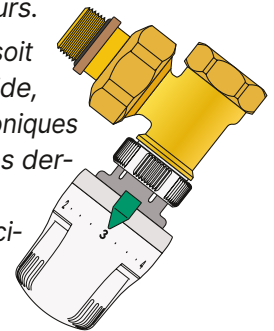


- Le contrôle terminal.

En aval de la distribution MTA, il faut alimenter et piloter les émetteurs. Souvent, ce sont des radiateurs à eau chaude réglés avec des robinets thermostatiques. Ces derniers sont composés d'un corps thermostatique (vanne) et d'une tête (actionneur).

▸ Les corps. Idéalement à Kv réglable, ils simplifient le réglage du strict débit du besoin des radiateurs.

▸ Les têtes. Elles seront soit à sonde intégrée (liquide, gaz ou cire), soit électroniques et programmables. Ces dernières présentent des avantages tels que précision, programmation et économie d'énergie.



- Manchette témoin.

✳ Organe optionnel.

Il s'agit d'un morceau de canalisation placé entre deux vannes d'arrêt et pourvu de raccords démontables.

▸ Ces manchettes servent à apprécier la corrosion éventuelle et à estimer l'état général et les dégradations possibles du réseau, de même que d'autres phénomènes comme l'embouage.

▸ Elles sont placées dans des zones stratégiques et représentatives du circuit hydraulique. Surtout, elles doivent être accessibles pour une surveillance simple et efficace ●

Les schémas présentés dans ces pages 34 et 35 ont été réalisés à partir d'illustrations figurant dans les documentations technico-commerciales d'industriels, ceux participant à la rédaction de ce guide ainsi que IMI.

BIBLIOGRAPHIE : OUVRAGES, DOCUMENTS, RÉGLEMENTATION & NORMES

- [AICVF] *E.C.S. L'eau chaude sanitaire dans les bâtiments résidentiels et tertiaires, conception et calcul des installations*. Collection des guides de l'AICVF, première édition. Éditions PYC Livres, 1991 (épuisé).
- [Arrêté 2005] *Arrêté du 30 novembre 2005 modifiant l'arrêté du 23 juin 1978 relatif aux installations fixes destinées au chauffage et à l'alimentation en eau chaude sanitaire des bâtiments d'habitation, des locaux de travail ou des locaux recevant du public.*
- [Arrêté 2010] *Arrêté du 3 septembre 2010 relatif aux compteurs d'énergie thermique.*
- [Arrêté 2012] *Arrêté du 27 août 2012 relatif à la répartition des frais de chauffage dans les immeubles collectifs à usage principal d'habitation.*
- [Cahier 2808_V2] *Cahier des prescriptions techniques communes de mise en œuvre, Systèmes de canalisations sous pression à base de tubes en matériaux de synthèse : tubes en couronnes et en barres*. CSTB, Cahier 2808_V2, par le Groupe spécialisé n°14, nov. 2011.
- [CCTG] *Cahier des Clauses Techniques Générales (CCTG) – Marchés publics de travaux d'installation de génie climatique*, N°2015, Commission centrale des marchés (abrogé le 1^{er} juillet 2012).
- [Circulaire 2007] *Circulaire interministérielle DGS/SD7A/DSC/DGUHC/DGE/DPPR/126, publié au Bulletin officiel du ministère de la Santé du 3 avril 2007, relative à la mise en œuvre de l'arrêté du 30 novembre 2005 modifiant l'arrêté du 23 juin 1978 relatif aux installations fixes destinées au chauffage et à l'alimentation en eau chaude sanitaire des bâtiments d'habitation, des locaux de travail ou des locaux recevant du public.*
- [Code énergie 2015-1] *Code de l'énergie, livre II, titre IV, section 2, sous section 2, Décret n°2015-1823 du 30 décembre 2015.*
- [Code énergie 2015-2] *Code de l'énergie, livre II, titre IV, titre IV section 2, sous section 1, Décret n°2015-1823 du 30 décembre 2015.*
- [Décret 2001] *Décret n°2001-387 du 3 mai 2001 relatif au contrôle des instruments de mesure.*
- [Décret 2003] *Décret n°2003-408 du 28 avril 2003 pris en application de l'article 93 de la loi n°2000-1208 du 13 décembre 2000 et relatif à l'individualisation des contrats de fourniture d'eau.*
- [Décret 2007] *Décret n°2007-796 du 10 mai 2007 relatif au comptage de la fourniture d'eau froide dans les immeubles à usage principal d'habitation et modifiant le code de la construction et de l'habitation.*
- [DTU 65.14] *NF DTU 65.14 Travaux de bâtiment – Exécution de planchers chauffants à eau chaude*. Partie 1 : cahier des clauses techniques – Dalles désolidarisées isolées. Partie 2 : cahier des clauses techniques – Autres dalles que les dalles désolidarisées isolées. Partie 3 : cahier des clauses spéciales – Dalles désolidarisées isolées et autres dalles. Référence commerciale des parties 1, 2 et 3 du DTU 65.14 – DTU 65.14 – Travaux de bâtiment, septembre 2006.
- [DTU 65.9] *NF P52-304, DTU 65.9 – Travaux de bâtiment – Installations de transport de chaleur ou de froid et d'eau chaude sanitaire entre productions de chaleur ou de froid et bâtiments*. Partie 1 : cahier des clauses techniques. Partie 2 : cahier des clauses spéciales (référence commerciale des parties 1 et 2), octobre 2000.
- [EN 1264] *Collection des normes NF EN 1264 Systèmes de surfaces chauffantes et rafraîchissantes hydrauliques intégrées.*
- [EN 12831-1] *NF EN 12831 Systèmes de chauffage dans les bâtiments*. Méthode de calcul des déperditions calorifiques de base, mars 2004.
- [EN 12831-3] *PR NF EN 12831-3 Systèmes de chauffage et systèmes de refroidissement à eau dans les bâtiments*. Méthode de calcul des déperditions calorifiques de base – Partie 3 : charge thermique des systèmes de production d'eau chaude sanitaire, caractérisation des besoins, janvier 2015.
- [Guide RAGE hydraulique] *Guide « Circuits hydrauliques, composants et règles de conception »*, programme d'accompagnement des professionnels Règles de l'Art Grenelle de l'Environnement 2012, septembre 2015.
- [NF P52-612/CN] *NF P52-612/CN Systèmes de chauffage dans les bâtiments*. Méthode de calcul des déperditions calorifiques de base. Complément national à la norme NF EN 12831 – Valeurs par défaut pour les calculs des articles 6 à 9, décembre 2010.
- [NF_DTU_60.11] *NF DTU 60.11 Travaux de bâtiment. Règles de calcul des installations de plomberie sanitaire et d'eaux pluviales*. Partie 1-1 : réseaux d'alimentation d'eau froide et chaude sanitaire. Partie 1-2 : conception et dimensionnement des réseaux bouclés, août 2013.
- [RT 2005] *Réglementation thermique 2005.*
- [RT 2012] *Réglementation thermique 2012.*
- [RE 2020] *Réglementation environnementale RE 2020.*
- [SOCOL] *Bibliothèque de schémas de principe - Pour l'eau chaude solaire collective performante et durable, par SOCOL*, fichier PDF, 2016.
- [SYPRODEAU / UNICLIMA] *Qualité de l'eau des installations de chauffage dans les bâtiments tertiaires & les immeubles d'habitation*. Tome 1, Édition Syprodeau, juillet 2020. Disponible en téléchargement sur Calameo.
- [TitreV_MTA] *Arrêté du 12 décembre 2014 relatif à l'agrément de la demande de titre V relative à la prise en compte des modules d'appartement dans la réglementation thermique 2012.*
- [TitreV_AUER] *Arrêté du 27 janvier 2015 relatif à l'agrément de la demande de titre V relative à la prise en compte du système « Logix » dans la réglementation thermique 2012.*
- [Pertes de charges] *Tables et diagrammes, Pertes de charge hydrauliques*, par Marco et Mario Doninelli, version française par Jérôme Carlier et Roland Meskel, Cahier Caleffi, avril 2006. Disponible en téléchargement sur caleffi.com/fr.

PARTENAIRES & SOUTIENS

Cette version mise à jour du « Guide technique pour la mise en œuvre des modules thermiques d'alimentation » a été réalisée avec le concours des équipes techniques des industriels cités dans cette page.

Le lecteur est invité à cliquer sur les logos ou flasher le QR code associé pour découvrir les solutions techniques proposées afin de compléter ses informations.



Avec l'accompagnement de :



ÉTUDE DE CAS : CALCUL D'UNE INSTALLATION DANS UN COLLECTIF R+8 DOTÉ DE TROIS COLONNES TECHNIQUES

1. La présentation du projet

Dans cette annexe, nous expliquons *pas à pas* la conception d'une installation permettant de produire le chauffage et l'eau chaude sanitaire d'un immeuble de 27 logements. Ces logements sont répartis en trois colonnes techniques, et chacun est équipé d'un module thermique d'alimentation (MTA) (cf. Figures 36 et 37).

La présentation en quinze étapes indique les données indispensables à prendre en compte et montre l'ensemble des calculs nécessaires ainsi que leur organisation afin de garantir le confort attendu par les occupants. Cette étude de cas met aussi en avant les choix que le technicien doit faire pour optimiser le fonctionnement hydraulique et thermique de l'installation.

2. Les données sur l'ouvrage

2.1 Installation

Cette installation est composée :

- d'un chauffage par radiateur ;
- de canalisations en tubes multicouche.

Les conditions d'exploitation sont :

- une température minimale de 20 °C dans les gaines techniques ;
- une température minimale de 15 °C dans la chaufferie ;
- une arrivée d'eau froide d'une température minimale de 10 °C.

2.2 L'équipement d'un logement

Chaque logement est conçu avec les caractéristiques suivantes :

- une puissance de chauffage de 3 kW,
- un régime de chauffage de 65 °C à l'aller et 45 °C au retour (écart : 20 K),
- un volume total d'eau dans le circuit de chauffage de 60 litres,
- une perte de charge de 0,1 bar,
- un débit d'eau chaude sanitaire (ECS) de 12 litres par minute à 48 °C.

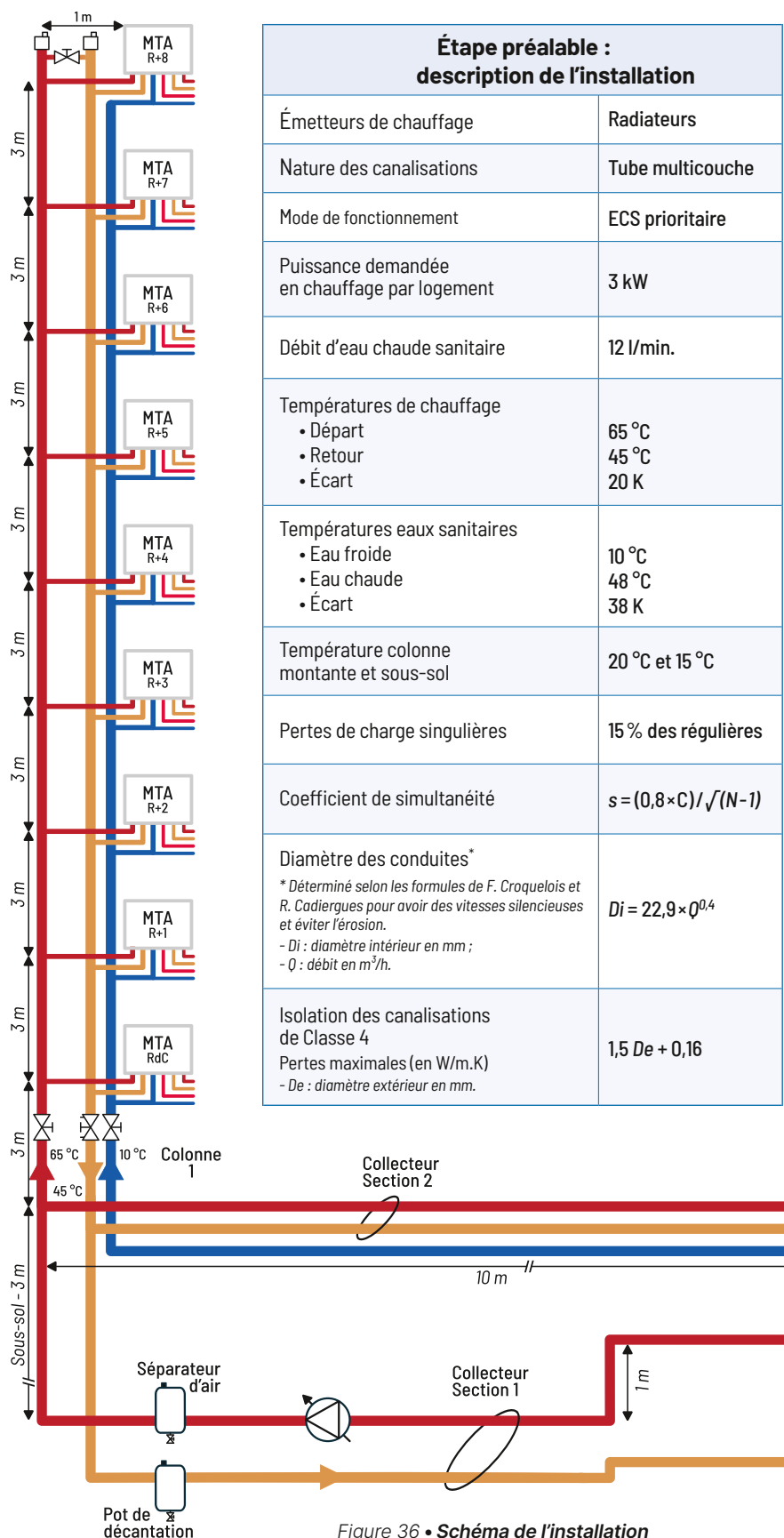
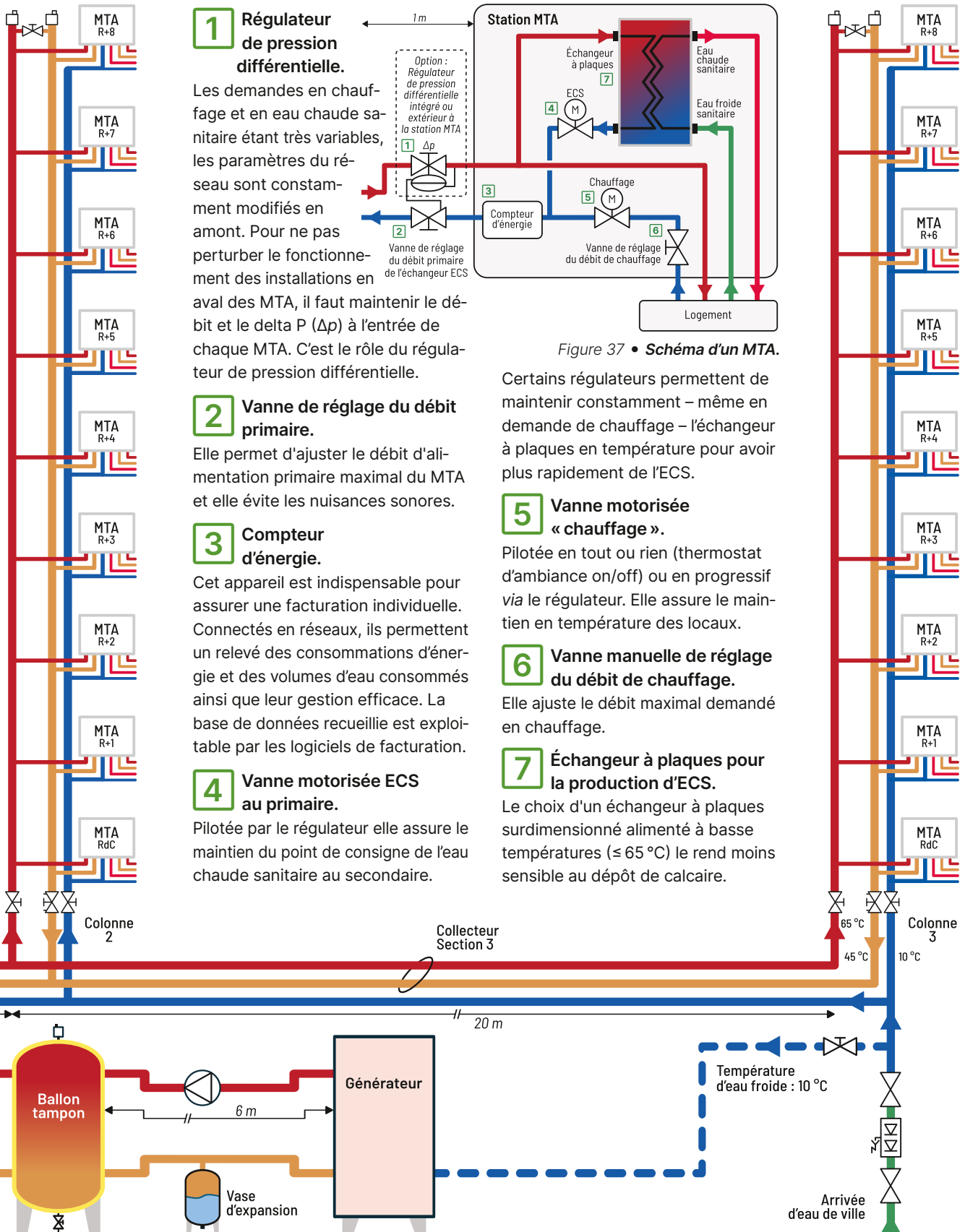


Figure 36 • Schéma de l'installation

3. Concevoir une installation performante

Les principaux composants d'un module thermique d'alimentation



1 Régulateur de pression différentielle.
 Les demandes en chauffage et en eau chaude sanitaire étant très variables, les paramètres du réseau sont constamment modifiés en amont. Pour ne pas perturber le fonctionnement des installations en aval des MTA, il faut maintenir le débit et le delta P (Δp) à l'entrée de chaque MTA. C'est le rôle du régulateur de pression différentielle.

2 Vanne de réglage du débit primaire.
 Elle permet d'ajuster le débit d'alimentation primaire maximal du MTA et elle évite les nuisances sonores.

3 Compteur d'énergie.
 Cet appareil est indispensable pour assurer une facturation individuelle. Connectés en réseaux, ils permettent un relevé des consommations d'énergie et des volumes d'eau consommés ainsi que leur gestion efficace. La base de données recueillie est exploitable par les logiciels de facturation.

4 Vanne motorisée ECS au primaire.
 Pilotée par le régulateur elle assure le maintien du point de consigne de l'eau chaude sanitaire au secondaire.

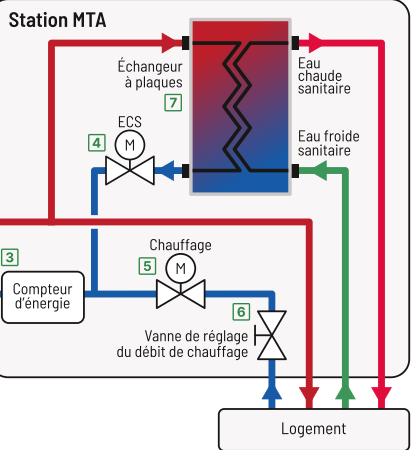


Figure 37 • Schéma d'un MTA.

Certains régulateurs permettent de maintenir constamment – même en demande de chauffage – l'échangeur à plaques en température pour avoir plus rapidement de l'ECS.

5 Vanne motorisée « chauffage ».
 Pilotée en tout ou rien (thermostat d'ambiance on/off) ou en progressif via le régulateur. Elle assure le maintien en température des locaux.

6 Vanne manuelle de réglage du débit de chauffage.
 Elle ajuste le débit maximal demandé en chauffage.

7 Échangeur à plaques pour la production d'ECS.
 Le choix d'un échangeur à plaques surdimensionné alimenté à basse températures ($\leq 65^\circ\text{C}$) le rend moins sensible au dépôt de calcaire.

Étape 1 – Fonctionnement du MTA en mode « eau chaude sanitaire prioritaire »

Les données contenues dans le tableau ci-contre permettent de déterminer les caractéristiques de fonctionnement du module thermique d'alimentation en mode ECS prioritaire.

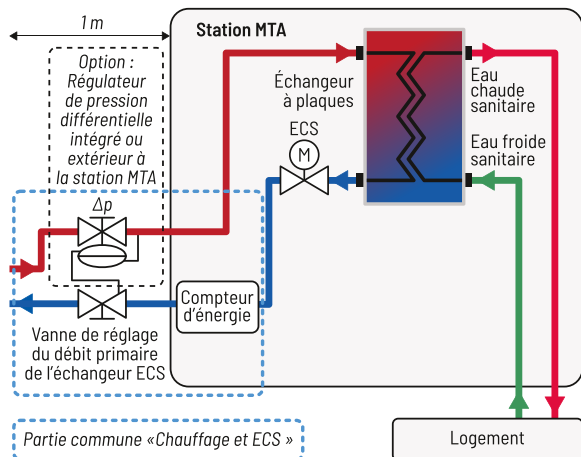


Figure 38 • Schéma du MTA en mode ECS

Pour fournir 12 l/min. d'eau à 48°C, il faut une puissance de 32 kW avec un débit au primaire 0,68 m³/h à 65°C. La perte de charge pour ce débit et cette température est de 0,49 bar.

Les formules utilisées

$$P = Q \cdot \Delta T \cdot 1,163$$

$$Q = K_v \sqrt{\Delta p}$$

$$\Delta p = \frac{Q^2}{K_v^2} \quad K_v = \frac{Q}{\sqrt{\Delta p}}$$

avec Q en m³/h ; K_v en m³/h ;
Δp en bar ; P en kW.

Données de la station MTA en mode « fourniture d'ECS » au logement

Températures :	
• À l'arrivée au primaire de l'échangeur	65 °C
• Au retour du primaire de l'échangeur (info constructeur)	15 °C
• Eau froide sanitaire	10 °C
• Eau chaude sanitaire	48 °C
Débit (Q) :	
• Demandé au secondaire de l'échangeur ECS, 12 l/min, soit 0,012 × 60	0,72 m ³ /h
• Au primaire de l'échangeur ECS (information constructeur)	0,68 m ³ /h
Pertes de charge du circuit primaire (Δp) :	
• Régulateur de pression différentielle (information constructeur K _v = 3,02 m ³ /h)	0,05 bar
• Primaire de l'échangeur ECS (information constructeur K _v = 1,50 m ³ /h)	0,20 bar
• Vanne motorisée ECS (information constructeur K _v = 3,00 m ³ /h)	0,05 bar
• Compteur d'énergie (information constructeur K _v = 2,40 m ³ /h)	0,08 bar
• Vanne de réglage du débit (information constructeur K _v = 2,05 m ³ /h)	0,11 bar
Total des pertes de charge du circuit primaire	0,49 bar
Pertes de charge du circuit secondaire (Δp)	
• Secondaire de l'échangeur ECS (information constructeur K _v = 1,10 m ³ /h)	0,43 bar
Puissance de l'échangeur :	
• Calculée : 0,72 × (48-10) × 1,16 = 31,74 kW, arrondi à	32 kW
• Sélectionnée (d'après catalogue constructeur)	40 kW

Étape 2 – Fonctionnement du MTA en mode « Chauffage »

Cette étape détermine les caractéristiques de fonctionnement du MTA en mode chauffage.

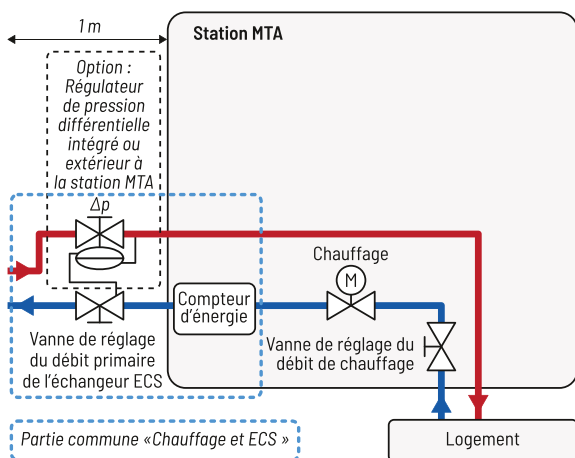


Figure 39 • Schéma du MTA en mode chauffage

Pour répondre aux paramètres d'installation, pour une puissance installée de 3 kW par logement, le débit en chauffage est de 0,131 m³/h.

Données de la station MTA en mode « Chauffage » du logement

Températures et masse volumique de l'eau :	
• Départ chauffage	65 °C
• Retour chauffage	45 °C
• Écart départ-retour (ΔT = 65 - 45)	20 K
• Masse volumique de l'eau à 55 °C = (65 + 45) / 2	0,986 kg/l
Logement :	
• Puissance demandée en chauffage	3 kW
• Débit du circuit de chauffage - Q = P / (0,986 × ΔT × 1,163)	0,131 m ³ /h
Pertes de charge du circuit chauffage du logement (Δp)	
• Régulateur de pression différentielle (* K _v = 3,02 m ³ /h)	0,021 mCE
• Vanne motorisée chauffage (* K _v = 3,00 m ³ /h)	0,021 mCE
• Compteur d'énergie (* K _v = 2,40 m ³ /h)	0,003 mCE
• Vanne de réglage du débit ECS (* K _v = 2,05 m ³ /h)	0,004 mCE
Total «partie commune» avec l'ECS	0,011 mCE
• Circuit de chauffage dans le logement - infos par BET**	0,100 bar
Circuit chauffage sans la vanne de réglage	0,111 bar
* Informations fournies par le constructeur ; ** Bureau d'études thermiques.	
Les pertes de charge dans le circuit chauffage sont inférieures aux pertes de charge du circuit ECS. Sans équilibrage, le débit dans le circuit chauffage serait trop important. Il faut donc rajouter une perte de charge au circuit chauffage pour avoir la même que celle du circuit ECS.	
• Vanne de réglage du débit de chauffage (0,490 - 0,111)	0,379 bar
Total des pertes de charge du circuit chauffage	0,490 bar

Étape 3 – Calculer le diamètre des canalisations

Il est maintenant possible de déterminer le diamètre de la tuyauterie qui relie le MTA à la colonne montante pour le débit demandé par le MTA en mode ECS prioritaire. Dans cet exemple, tous les MTA sont

raccordés avec ce diamètre. Le tableau ci-dessous présente le détail des calculs. *Le second tableau est dynamique et permet de saisir des valeurs spécifiques* pour calculer différentes hypothèses.*

Débit primaire ¹ en demande d'ECS (m ³ /h) <i>Q</i>	Diamètres (en mm)			Longueur (en m) Aller & retour	Perte de charge ⁴ (en mmCE)		Vitesse (en m/s)	Températures ⁵ (en °C)			Pertes thermiques ⁶ Isol. Classe 4 (W/m.K)		Débit de compensation ⁷ (en l/h)
	intérieur théorique ²	réel commercialisé ³			Tube multicouche	des fluides		ambiante	unitaires	totales			
		inter.	ext DE								unitaire	totale	
0,680	19,6	20	26	2 m	23	46	0,602	65	15	20	0,199	7,96	0,14

Tableau 5 • Calcul des canalisations.

Notes. 1- La valeur est donnée dans le tableau de l'étape 1, rubrique « Débit ». 2- La formule de calcul est : $Di = 22,9 \times Q^{0,4}$, dite « formule empirique de Croquelois et Cadiergues » proposée par Ch. Cardonnel ; elle permet de calculer des vitesses silencieuses et d'éviter l'érosion des tubes. 3- Le lecteur se reportera aux tableaux des pages 20/21 du guide. 4- Les pertes de charges figurent dans les abaques des fabricants des conduites. 5- Ces informations sont contenues dans les tableaux des pages 38 & 40. 6- La formule de calcul est : $1,5 \times De + 0,16$. 7- La formule de calcul est : $Q = P / (\Delta T \times 1,163)$.

Débit primaire ¹ en demande d'ECS (m ³ /h) <i>Q</i>	Diamètres (en mm)			Longueur (en m) Aller & retour	Perte de charge ⁴ (en mmCE)		Vitesse (en m/s)	Températures ⁵ (en °C)			Pertes thermiques ⁶ Isol. Classe 4 (W/m.K)		Débit de compensation ⁷ (en l/h)
	intérieur théorique ²	réel commercialisé ³			unitaire	totale		des fluides	ambiante	unitaires	totales		
		inter.	ext DE									Départ	

* Saisir les données nécessaires au calcul dans les cellules en jaune & gras.

Tableau 5bis • Calcul des canalisations, version dynamique.

Étape 4 – Calculer la simultanéité

Cette étape permet de déterminer la simultanéité, c'est-à-dire le nombre de logements *théoriquement* en demande d'eau chaude sanitaire. Le coefficient de simultanéité « s » est calculé selon la formule :

$s = 0,8.C/\sqrt{N-1}$, ou « N » est le nombre de logements équipés d'un MTA. Dans le tableau, C est égal à 1. Le lecteur dispose aussi d'un outil *ad-hoc* pour affiner le calcul du coefficient s.

Nbre logts N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Coef. s	1	0,8	0,57	0,46	0,4	0,36	0,33	0,3	0,28	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22	0,21	0,21	0,2	0,19	0,19	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16
N × s	1	1,6	1,7	1,85	2	2,15	2,29	2,42	2,55	2,67	2,78	2,89	3	3,11	3,21	3,3	3,4	3,49	3,58	3,67	3,76	3,84	3,92	4	4,08	4,16	4,24
Logts ECS	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5

Calcul de simultanéité • Saisir le nombre de logements de l'immeuble et le facteur de correction retenu...

1 • Nbre de logts N : 2 • Facteur de correction : 3 • Coefficient s : 4 • « Logts × coef s » : 5 • Logts en mode ECS :

Tableau 6 & 6 bis • Calcul de la simultanéité, en versions simple et dynamique.

Le résultat de « Logements × Coefficient de simultanéité » donne le nombre de logements en demande d'ECS.

Compte tenu de l'indisponibilité du mode « chauffage » en mode « priorité ECS », il peut être arrondi à l'unité supérieure ou non.

Dans le cas de figure étudié :

- 3 logements pour 1 colonne seront en demande théorique ECS ;
- 4 logements pour 2 colonnes seront en demande théorique ECS ;
- 5 logements pour 3 colonnes seront en demande théorique ECS...

Étape 5 – Calculer les diamètres provisoires

Les MTA fonctionnent en mode ECS prioritaire. Cette étape détermine les diamètres provisoires des sections de colonnes montantes et du collecteur **en partant du haut de la colonne**. Ils sont calculés avec

la formule de Cadiergues/Cardonnel/Croquelois pour avoir des vitesses silencieuses et éviter l'érosion des conduites, soit : $D_i = 22,9 \times Q^{0,4}$, avec D_i , le diamètre intérieur en mm, et Q , le débit en m^3/h .

Calcul des diamètres provisoires	Fonctionnement des MTA	MTA en demande (en m^3/h)		Débit dans la section (en m^3/h)	Diamètre de la section (en mm)		
		ECS 0,680	Chauffage 0,131		théorique	intérieur réel	extérieur réel
Étages		Type de canalisation retenu : Multicouche					
R+8	3 en ECS 6 en Chauffage	0,68		0,68	19,6	20	26
R+7		0,68		1,36	25,9	26	32
R+6		0,68		2,04	30,5	33	40
R+5			0,131	2,17	31,2	33	40
R+4			0,131	2,30	32,0	33	40
R+3			0,131	2,44	32,7	33	40
R+2			0,131	2,57	33,4	33	40
R+1			0,131	2,70	34,1	42	50
RdC			0,131	2,83	34,7	42	50
Chaufferie		Type de canalisation retenu : Multicouche					
Collecteur 3	3 ECS, 6 Chauff.	2,04	0,790	2,83	34,7	42	50
Collecteur 2	4 ECS, 14 Chauff.	2,72	1,844	4,56	42,0	42	50
Collecteur 1	5 ECS, 22 Chauff.	3,40	2,897	6,30	47,8	51	63

Tableau 7 • Calcul des diamètres provisoires des canalisations.

Étape 6 – Calculer les bouclages

Cette étape précise les bouclages pour maintenir la température au primaire nécessaire à la production d'ECS.

Calcul des bouclages	Section		Pertes thermiques du circuit de bouclage			
	Longueur aller + retour Temp. en gaine tech : 20 °C Temp. en chaufferie : 10 °C	Diamètre extérieur réel	Chauffage : 65 °C Chute : 3 K Haut de colonne : 63,5 °C	Colonne 3	Colonne 2	Colonne 1
Étages						
R+8	6 m	26 mm	0,199 W/m.K	54 W	54 W	54 W
R+7	6 m	32 mm	0,208 W/m.K	56 W	56 W	56 W
R+6	6 m	40 mm	0,220 W/m.K	59 W	59 W	59 W
R+5	6 m	40 mm	0,220 W/m.K	59 W	59 W	59 W
R+4	6 m	40 mm	0,220 W/m.K	59 W	59 W	59 W
R+3	6 m	40 mm	0,220 W/m.K	59 W	59 W	59 W
R+2	6 m	40 mm	0,220 W/m.K	59 W	59 W	59 W
R+1	6 m	50 mm	0,235 W/m.K	63 W	63 W	63 W
RdC	6 m	50 mm	0,235 W/m.K	63 W	63 W	63 W
Chaufferie						
Collecteur 3	40 m	50 mm	0,235 W/m.K	517 W		
Collecteur 2	20 m	50 mm	0,235 W/m.K		259 W	
Collecteur 1	28 m	63 mm	0,255 W/m.K			392 W
Totaux par colonne >				1 051 W	792 W	926 W
Débit dans le bypass en haut de colonne >				0,302 m^3/h	0,228 m^3/h	0,266 m^3/h
Plage de travail mini / maxi (d'après données fabricant) >				26,50 kpa / 400 kpa		
Préconisation de vanne PICV >				DN 15 - 1/2		

Les canalisations sont revêtues d'une isolation de Classe 4.

Les pertes maximales (en W/m.K) sont calculées selon la formule : $1,5 D_e + 0,16$, où D_e est le diamètre extérieur.

Le calcul des pertes thermiques des éléments de section tiennent compte :

- des déperditions unitaires maximales ;
- de la différence de température entre celle de l'eau de chauffage et l'ambiance intérieure de la gaine ;
- du linéaire de la section.

Ainsi, pour le **collecteur 3** : $0,235 \times (65 - 10) \times 40 = 517 \text{ W}$.

Tableau 8 • Calcul des bouclages.

La vanne d'équilibrage automatique indépendante de la pression (PICV) permet de contrôler le débit d'un circuit pour qu'il soit constant indépendamment des variations de pression différentielle du circuit.

Le dispositif peut être schématisé comme suit :

- P_1 = pression amont ;
- P_2 = pression intermédiaire ;
- P_3 = pression aval ;
- $(P_1 - P_3) = \Delta p$ total vanne.

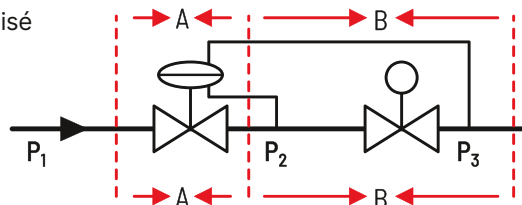


Figure 40 • Schéma d'installation d'une vanne PICV.

Étape 7 – Calculer les diamètres définitifs

Cette étape détermine les diamètres définitifs qui intègrent les débits de bouclage.

Diamètres définitifs	Fonctionnement des MTA	Bouclage haut de colonne le plus élevé	MTA en demande		Débit dans la section *	Diamètre de la section (en mm)			Section Longueur A+R	Pertes de charge	
			ECS 0,68 m ³ /h	Chauffage 0,131 m ³ /h		intérieur théorique	intérieur réel	extérieur réel		par mètre (en mmCE/M)	totales (en mmCE)
Étages											
Type de canalisation retenu : Multicouche											
R+8	3 en ECS 6 en Chauffage	0,302 m ³ /h	0,68 m ³ /h		0,98 m ³ /h	22,7	26	32	6 m	12,0	72
R+7		0,68 m ³ /h		1,66 m ³ /h	28,1	33	40	6 m	9,5	57	
R+6		0,68 m ³ /h		2,34 m ³ /h	32,2	33	40	6 m	18,0	108	
R+5				0,131 m ³ /h	2,47 m ³ /h	32,9	33	40	6 m	21,0	126
R+4				0,131 m ³ /h	2,61 m ³ /h	33,6	33	40	6 m	22,0	132
R+3				0,131 m ³ /h	2,74 m ³ /h	34,3	42	50	6 m	8,0	48
R+2				0,131 m ³ /h	2,87 m ³ /h	34,9	42	50	6 m	8,1	49
R+1				0,131 m ³ /h	3,00 m ³ /h	35,5	42	50	6 m	9,5	57
RdC				0,131 m ³ /h	3,13 m ³ /h	36,2	42	50	6 m	11,0	66
Chaufferie											
Cumul des bouclages											
Type de canalisation retenu : Multicouche											
Collecteur 3	3 ECS, 6 Chauff.	0,302 m ³ /h	2,040 m ³ /h	0,790 m ³ /h	3,13 m ³ /h	36,2	42	50	40 m	11,0	440
Collecteur 2	4 ECS, 14 Chauff.	0,530 m ³ /h	2,72 m ³ /h	1,844 m ³ /h	5,09 m ³ /h	43,9	51	63	20 m	11,0	220
Collecteur 1	5 ECS, 22 Chauff.	0,796 m ³ /h	3,40 m ³ /h	2,897 m ³ /h	7,09 m ³ /h	50,1	51	63	28 m	17,0	476

* Depuis le MTA du dernier niveau (R+8) jusqu'au rez-de-chaussée, les débits s'additionnent d'abord ligne par ligne, puis, à chaque niveau, s'ajoutent à ceux cumulés du niveau supérieur.

Tableau 9 • Calcul des diamètres définitifs des canalisations.

Étape 8 – Vérifier le débit minimal du circulateur à vitesse variable

Si le circulateur nécessite un débit minimal d'irrigation, cette étape permet de vérifier qu'il correspond aux valeurs de bouclage. Si le débit de bouclage dépasse le minimum admissible de fonctionnement, il n'est pas nécessaire de l'augmenter.

La colonne de droite permet au lecteur de valider d'autres hypothèses ; les données doivent être saisies dans l'ordre indiqué. Un résultat de débit négatif, en rouge, signale un choix inadapté.

Bouclages	Colonne	1	0,266 m ³ /h	¹
	Colonne	2	0,228 m ³ /h	²
	Colonne	3	0,302 m ³ /h	³
Total des bouclages			0,796 m ³ /h	
Débits du circulateur	Maximum	100 %	7,090 m ³ /h	⁴
	Minimum	10 %	0,709 m ³ /h	
Le débit de bouclage est plus grand de			0,087 m ³ /h	

Tableau 10 • Vérification du débit minimal du circulateur.

Étape 9 – Choisir les vannes d'équilibrage manuel en pied de colonne

Les résultats de ces calculs servent à sélectionner les vannes d'équilibrage manuel en fonction de leur débit, de leur autorité (Kv) et de leur perte de charge. Les abaques des fabricants constituent à ce titre un outil de référence. Il est recommandé d'opter pour un modèle dont le réglage se situe en milieu de course pour simplifier l'ajustement.

Colonne	Débit de bouclage	Débit maximal chauffage + ECS	Vanne d'équilibrage manuel en pied de colonne			
			Débit maximal	1"1/2	Kv	Perte de charge*
1	0,266 m ³ /h	2,832 m ³ /h	3,098 m ³ /h	DN 40	8,58 m ³ /h	1 304 mmCE
2	0,228 m ³ /h	2,832 m ³ /h	3,060 m ³ /h	DN 40	8,58 m ³ /h	1 272 mmCE
3	0,302 m ³ /h	2,832 m ³ /h	3,134 m ³ /h	DN 40	8,58 m ³ /h	1 334 mm CE

* La formule de calcul appliquée est :
(Débit maximal² / Kv²) × 10 000.

Tableau 11 • Caractéristiques des vannes de pied de colonne.

Étape 10 – Déterminer la perte de charge du circuit le plus résistant et le débit maximal

Cette étape a pour objet de déterminer la perte de charge du circuit le plus résistant ainsi que la section du circuit hydraulique présentant le débit maximal. Les techniciens utiliseront les abaques des fabricants pour déterminer la perte de charge des conduites.

Circuit le plus résistant	Débit dans la section (en m ³ /h)	Diamètre de la section (en mm)			Section Longueur A+R	Pertes de charge		Pertes de charge maximales (en mmCE)			
		intérieur		extérieur réel		par mètre (en mmCE/M)	totales (en mmCE)	Colonne 1	Colonne 2	Colonne 3	
		théorique	réel								
MTA >>								4 900	4 900	4 900	4 900
Liaison MTA - colonne montante >					2 m	23,0	46	46	46	46	
R+8	0,68	19,6	26	32	6 m	12,0	72	72	72	72	
R+7	1,36	25,9	33	40	6 m	9,5	57	57	57	57	
R+6	2,04	30,5	33	40	6 m	18,0	108	108	108	108	
R+5	2,17	31,2	33	40	6 m	21,0	126	126	126	126	
R+4	2,30	32,0	33	40	6 m	22,0	132	132	132	132	
R+3	2,44	32,5	42	50	6 m	8,0	48	48	48	48	
R+2	2,57	33,4	42	50	6 m	8,1	49	49	49	49	
R+1	2,70	34,1	42	50	6 m	9,5	57	57	57	57	
RdC	2,83	34,7	42	50	6 m	11,0	66	66	66	66	
Vannes d'équilibrage manuel en pied de colonne >								1 304	1 272	1 334	
Collecteur 3	3,13	36,2	42	50	40 m	11,0	440			440	
Collecteur 2	5,09	43,9	51	63	20 m	11,0	170	170		170	
Collecteur 1	7,09	50,1	51	63	28 m	17,0	476	476	476	476	
Total des pertes de charge régulières >>								7 441	7 579	8 081	
Pourcentage des pertes de charge singulières* >							15 %	1 116	1 137	1 212	
Total des pertes de charge >>								8 557	8 715	9 293	

* Ce pourcentage peut atteindre 20 % avec certaines références de canalisations sur le marché.

Tableau 12 • Calcul de la perte de charge du circuit le plus résistant.

Étape 11 – Calculer la puissance du générateur sans ballon tampon

Cette étape tient compte des données présentées dans les tableaux de calculs précédents, notamment aux étapes 1, 2 et 6.

Puissance foisonnée		Puissance unitaire	Nombre	Total	Cumul
MTA en mode...	chauffage	3 kW	22	66 kW	231 kW
	ECS	33 kW	5	165 kW	
Bouclages	Colonne 1	0,926 kW	1	0,926 kW	2,769 kW
	Colonne 2	0,792 kW	1	0,792 kW	
	Colonne 3	1,051 kW	1	1,051 kW	
Les bouclages en pourcentage de la puissance des MTA >					1,20 %
Puissance du générateur sans ballon tampon >					234 kW

Tableau 13-1 • Calcul de la puissance du générateur sans ballon tampon.

Pour un calcul spécifique, le lecteur trouvera à l'étape 4 de cette annexe le calculateur pour déterminer, d'après le nombre total de MTA dans le bâtiment et en tenant compte du calcul de simultanéité, le nombre respectivement en mode « chauffage » et en mode « ECS ».

Puissance foisonnée		Puissance unitaire	Nombre	Total	Cumul
MTA en mode...	chauffage				
	ECS				
Bouclages	Colonne 1				
	Colonne 2				
	Colonne 3				
Les bouclages en pourcentage de la puissance des MTA >					
Puissance du générateur sans ballon tampon >					

Tableau 13-2 • Calcul dynamique de la puissance du générateur sans ballon tampon.

Étape 12 – Calculer le volume du ballon tampon pour réduire la puissance du générateur

Le calcul théorique $(5 \times 0,68 \times (10 / 60) \times 1000) / 0,9$ indique le volume maximal d'eau qu'il faut fournir à 65°C pendant 10 minutes pour alimenter le primaire des cinq MTA en demande d'eau chaude sanitaire.

Le volume du ballon commercialisé le plus proche du résultat de 630 l est un modèle de 800 l. La colonne de droite permet au lecteur de tester ses hypothèses.

* Les chiffres indiquent l'ordre de saisie.

** Cette valeur dépend de l'isolation du ballon. Elle sera fournie par le fabricant.

Le « Cr » a tendance à disparaître pour être remplacé par le coefficient « Ua ».

Calcul du volume du ballon tampon			
Nombre de MTA en demande d'ECS		5	1*
Températures	de stockage	65 °C	2
	du local où est le ballon tampon	10 °C	3
Débits	Débit primaire MTA	0,680 m ³ /h	4
	Débit primaire total	3,400 m ³ /h	
Durée de la pointe		10 min.	5
Rendement du ballon		0,9	6
Volumes	Volume théorique	630 l	
	Volume réel commercialisé	800 l	7
Constante de refroidissement** (Cr en Wh/l/K/24h)		0,0746	
Total des pertes		137 Wh	

Tableau 14 • Calcul du volume du ballon tampon et des pertes de chaleur.

Étape 13 – Déterminer la température de retour au primaire

Ce calcul utilise la formule de la loi des mélanges :

$$\frac{(\text{Vol. 1} \times T_1) + (\text{Vol. 2} \times T_2)}{\text{Vol. 1.} + \text{Vol. 2}}$$

Cette étape reprend des données calculées aux étapes 1, 2 et 7.

Température de retour au primaire		MTA en mode...		Bouclage	Total
		ECS	chauffage		
Nombre de MTA		5	22		27
Puissances	Puissance installée par MTA	33 kW	3 kW		
	Puissance totale	165 kW	66 kW	2,769 kW	234 kW
Débits	Débit primaire par MTA	0,680 m ³ /h	0,132 m ³ /h		
	Débit primaire total	3,400 m ³ /h	2,893 m ³ /h	0,796 m ³ /h	7,089 m ³ /h
Températures	T° théorique de départ au primaire	65 °C	65 °C	65 °C	
	T° théorique de retour au primaire	15 °C	45 °C	62 °C	
	Température de retour foisonnée	24 °C	49 °C	-	32 °C

Tableau 15 • Calcul de la température foisonnée de retour au primaire.

Ce second tableau permet au lecteur de poser ses hypothèses et d'estimer une température de retour au primaire.

Saisir les données dans les cellules en gras, à fond jaune.

Température de retour au primaire		MTA en mode...		Bouclage	Total
		ECS	chauffage		
Nombre de MTA					
Puissances	Puissance installée par MTA				
	Puissance totale				
Débits	Débit primaire par MTA				
	Débit primaire total				
Températures	T° théorique de départ au primaire				
	T° théorique de retour au primaire				
	Température de retour foisonnée				

Tableau 15bis • Calcul dynamique de la température foisonnée de retour au primaire.

Étape 14 – Déterminer la puissance de recharge fournie par le générateur

Cette étape permet de déterminer la puissance de recharge du ballon pour couvrir la pointe de consommation d'eau chaude sanitaire de 10 minutes. La formule appliquée est :

$$P = Q \times \Delta T \times 1,163$$

Le lecteur testera ses hypothèses dans la colonne de droite.

Puissance de recharge fournie par le générateur		
Volume du ballon	800 l	
Températures	de départ	65 °C
	de retour foisonnée	33 °C
	ΔT départ - retour	32 K
Cp eau (chaleur volumique de l'eau en kWh/m ³ .K)	1,163	
Temps de recharge	30 min.	
Puissance de recharge	60 kW	

Tableau 16 • Calcul de la puissance de recharge du ballon pour couvrir la pointe ECS.

Étape 15 – Déterminer les pertes de charge et les pertes thermiques de la liaison entre le générateur et le ballon

Cette étape a pour objet de déterminer des pertes thermiques et de charge des conduites qui relient le générateur au ballon tampon.

Les pertes maximales unitaires sont calculées selon la formule :

$$Pertes = 1,5 \cdot De + 0,16$$

où **De** est le diamètre extérieur de la canalisation en *mètre*.

Les pertes thermiques totales ($P_{th\ tot}$) sont calculées selon la formule :

$$P_{th\ tot} = P_{th/m} \times (((T_{dep} + T_{ret})/2) - T_{loc\ th}) \times L_{canal\ AR}$$

où $P_{th/m}$ est la perte thermique par mètre de canalisation ; T_{dep} , la température de départ ; T_{ret} , la température de retour ; $T_{loc\ th}$, la température d'ambiance du local technique ; $L_{canal\ AR}$, la longueur aller et retour de la liaison du générateur au ballon.

Dans cet exemple, les pertes thermiques totales de **119,34 W** sont le résultat de :

$$0,255 \times (((65 + 33) / 2) - 10) \times 12.$$

Pertes thermiques et de charge des conduites entre le générateur et le ballon tampon			
Caractéristiques	débit	7,089 m ³ /h	
	diamètre int./ext. (en mm ; multicouche)	51/63	
	longueur aller & retour	12 m	
Températures	de départ générateur	65 °C	
	de retour générateur	33 °C	
	du local où se trouve la conduite	10 °C	
Pertes thermiques	par mètre	0,255 W/m.K	
	totale	119,34 W	
Pertes de charge	régulières	par mètre	17 mmCE/m
		totales	204 mmCE
	singulières	en % des régulières	15 %
		totales	31 mmCE
	totales de la conduite		235 mmCE
	du générateur (pour rappel)		1 020 mmCE

Tableau 17 • Calcul des pertes thermiques et de charge des conduites entre générateur et ballon tampon.

À noter. Il est indispensable de prendre en compte les abaques des fabricants pour confirmer la perte de charge des conduites. L'isolation des canalisations est de Classe 4.

Le lecteur testera ses hypothèses dans la colonne de droite en saisissant ses données dans les cellules à fond blanc.

Synthèse des calculs de conception

A- Définir la puissance des générateurs

Puissance des générateurs		Nombre de MTA		Puissance unitaire	Puissance du générateur	
		avec ballon	sans ballon		avec ballon	sans ballon
MTA	en chauffage	27	22	3 kW	81 kW	66 kW
	en ECS		5	33 kW		165 kW
Bouclages	Colonne 1	1	1	0,926 kW	0,926 kW	0,926 kW
	Colonne 2	1	1	0,792 kW	0,792 kW	0,792 kW
	Colonne 3	1	1	1,051 kW	1,051 kW	1,051 kW
Puissance de recharge du ballon de 800 l		1		60 kW	60 kW	0 kW
Pertes thermiques	du ballon	1		0,137 kW	0,137 kW	
	des conduites ajoutées	1		0,119 kW	0,119 kW	
Total					144 kW	234 kW
Baisse de puissance avec l'installation d'un ballon de 800 litres					90 kW	38,39 %

Tableau 18 • Calcul de la puissance des générateurs.

B- Choisir un circulateur

Le circulateur à vitesse variable sera sélectionné avec ces caractéristiques et réglé en mode Δp constante.

* Les pertes de charge du générateur sont fournies par le constructeur.

Circulateurs		Installation avec ballon		... sans ballon
		vitesse variable	vitesse fixe	vitesse variable
Pertes de charge	du générateur *		1020 mmCE	1020 mmCE
	entre le générateur et les MTA			9 293 mmCE
	entre le générateur et le ballon		235 mmCE	
	entre le ballon et les MTA	9 293 mmCE		
Total		9 293 mmCE	1 255 mmCE	10 133 mmCE
Débit maximal du circulateur		7,09 m³/h	7,09 m³/h	7,09 m³/h

Tableau 19 • Les critères de choix des circulateurs.

C- Calculer la vitesse maximum dans les conduits

Vitesse maxi dans les conduites	MTA en demande de		Débit maxi	Diamètre intérieur des conduites	Débits et vitesses maxi						
	ECS	chauffage			Colonne 1		Colonne 2		Colonne 3		
	0,68 m ³ /h	0,131 m ³ /h			Débit	Vitesse	Débit	Vitesse	Débit	Vitesse	
Bouclage vanne PICV en 3/4"				15 mm	0,266 m ³ /h	0,418 m/s	0,228 m ³ /h	0,359 m/s	0,302 m ³ /h	0,475 m/s	
Niveaux	R+8	0,68 m ³ /h	0,68 m ³ /h	26 mm	0,946 m ³ /h	0,495 m/s	0,908 m ³ /h	0,475 m/s	0,982 m ³ /h	0,514 m/s	
	R+7	0,68 m ³ /h	1,36 m ³ /h	33 mm	1,626 m ³ /h	0,528 m/s	1,588 m ³ /h	0,519 m/s	1,662 m ³ /h	0,540 m/s	
	R+6	0,68 m ³ /h	2,04 m ³ /h	33 mm	2,306 m ³ /h	0,749 m/s	2,268 m ³ /h	0,737 m/s	2,342 m ³ /h	0,761 m/s	
	R+5		0,131 m ³ /h	2,17 m ³ /h	33 mm	2,437 m ³ /h	0,792 m/s	2,399 m ³ /h	0,780 m/s	2,473 m ³ /h	0,804 m/s
	R+4		0,131 m ³ /h	2,30 m ³ /h	33 mm	2,568 m ³ /h	0,835 m/s	2,530 m ³ /h	0,822 m/s	2,604 m ³ /h	0,846 m/s
	R+3		0,131 m ³ /h	2,43 m ³ /h	42 mm	2,699 m ³ /h	0,541 m/s	2,661 m ³ /h	0,534 m/s	2,735 m ³ /h	0,549 m/s
	R+2		0,131 m ³ /h	2,56 m ³ /h	42 mm	2,830 m ³ /h	0,568 m/s	2,792 m ³ /h	0,560 m/s	2,866 m ³ /h	0,575 m/s
	R+1		0,131 m ³ /h	2,70 m ³ /h	42 mm	2,962 m ³ /h	0,594 m/s	2,924 m ³ /h	0,586 m/s	2,988 m ³ /h	0,601 m/s
	RdC		0,131 m ³ /h	2,83 m ³ /h	42 mm	3,093 m ³ /h	0,620 m/s	3,055 m ³ /h	0,613 m/s	3,129 m ³ /h	0,628 m/s
Chaufferie	Coll. 3			42 mm					3,129 m ³ /h	0,628 m/s	
	Coll. 2	+ 1 ECS, 8 Chauffage, Bouclage 3	2,031 m ³ /h	51 mm			5,086 m ³ /h	0,692 m/s			
	Coll. 1	+ 2 ECS, 16 Chauffage, Boucl. 3 & 2	3,988 m ³ /h	51 mm	7,081 m ³ /h	0,620 m/s					
Liaisons	Ballon	Vitesse	0,963 m/s	7,081 m ³ /h	51 mm						
	MTA	Vitesse	0,602 m/s	0,68 m ³ /h	20 mm						

Tableau 20 • Calcul de la vitesse maximale dans les tuyaux.

D- Calculer le volume d'eau dans l'installation

Volume d'eau de l'installation		Description des conduites			Volume en eau (en litre)	
Nombre de colonnes	3	Diamètres		Longueur aller retour	par colonne	Total
		intérieur	extérieur			
Nombre de MTA	27					
par log ^t pour le chauffage	60 l					1620 l
par MTA	3 l					81 l
par liaison MTA sur colonne	0,63 l	20 mm	26 mm	2 m		17 l
Niveaux	R+8	26 mm	32 mm	6 m	3,18 l	10 l
	R+7	33 mm	40 mm	6 m	5,13 l	15 l
	R+6	33 mm	40 mm	6 m	5,13 l	15 l
	R+5	33 mm	40 mm	6 m	5,13 l	15 l
	R+4	33 mm	40 mm	6 m	5,13 l	15 l
	R+3	42 mm	50 mm	6 m	8,31 l	25 l
	R+2	42 mm	50 mm	6 m	8,31 l	25 l
	R+1	42 mm	50 mm	6 m	8,31 l	25 l
RdC	42 mm	50 mm	6 m	8,31 l	25 l	
Chaufferie sans ballon	Collecteur 3	42 mm	50 mm	40 m		55 l
	Collecteur 2	51 mm	63 mm	20 m		41 l
	Collecteur 1	51 mm	63 mm	28 m		57 l
	Générateur					10 l
Volume en eau de l'installation sans ballon tampon						2 052 l
Chaufferie avec ballon	Liaison ballon	51 mm	63 mm	12 m		25 l
	Ballon tampon					800 l
Volume en eau de l'installation avec ballon tampon						2 877 l

Rappel. La formule de calcul de la contenance en eau d'une canalisation est :

$$Vol = (Di/2)^2 \times \pi \times l$$

où Di , le diamètre intérieur, est exprimé en mètre ; l , la longueur, est exprimée en mètre ; Vol , le volume, en litre.

Ces calculs sont proposés en version dynamique dans l'annexe 8.

Tableau 21 • Calcul du volume d'eau dans l'installation.

E- Calculer le volume du vase d'expansion

Vase d'expansion				Type d'installation sans ballon		Type d'installation avec ballon	
				sans ballon	avec ballon	sans ballon	avec ballon
10 °C	Température de l'eau de remplissage	Coef. de dilatation	0,0003				
65 °C	Température maxi dans l'installation		0,0198				
Volume d'eau	Total	V		2 052 litres	2 877 l		
	en expansion	Ve	$V \times Coef$	40 l	56 l		
Pression statique, hauteur de l'installation		Ps	10 mètres	1 bar			
Pression	d'ouverture (tarage de la soupape de sûreté)	Pts		3 bar			
	de fermeture de la soupape de sûreté	$Pmax$	$Pts \times 85 \%$	2.55 bar			
Vase	Pression de gonflage à froid	Pg	$Ps + 0.3 \text{ bar}$	1,3 bar			
	Rendement	η	$\frac{(Pmax + 1) - (Pg + 1)}{Pmax + 1}$	0,35			
Pression de remplissage en eau de l'installation		Pr	$Pg + 0.2 \text{ bar}$	1,5 bar			
Volume du vase	Théorique	Vvt	$Ve \times (Pmax + 1) \times (Pr + 1)$	147 l	206 l		
	Pratique (vase commercialisé)	Vvp	$(Pg + 1) \times ((Pmax + 1) - (Pr + 1))$	200 l	250 l		

Tableau 22 • Calcul du vase d'expansion.

Par sécurité, le vase de 200 litres a été sélectionné, le volume de 150 l étant trop proche du résultat de 147 l.

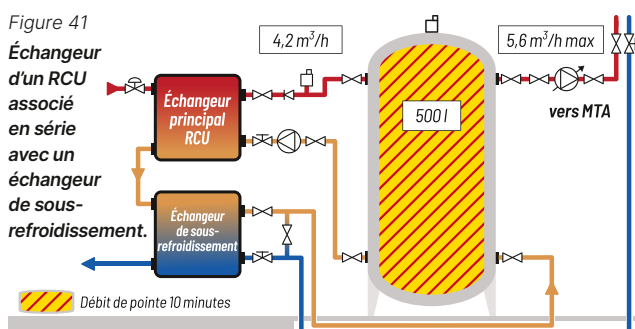
Remarque : Le vase d'expansion doit être contrôlé régulièrement (au moins une fois par an). Ce contrôle doit être réalisé lorsque le vase est déconnecté de l'installation. L'isolement du vase d'expansion par une vanne d'arrêt est autorisé en France. Afin d'éviter des manœuvres par une personne non qualifiée la poignée de manœuvre peut être retirée ou scellée par un fil plombé. Les champs de saisie permettent au lecteur de tester ses hypothèses.

OPTIMISER LA TEMPÉRATURE DE RETOUR PRIMAIRE D'UN RCU ALIMENTANT UNE INSTALLATION DE MTA

Les exploitants de réseaux de chaleur urbain demandent aux gestionnaires des installations thermiques d'immeubles des retours froids. Solution : le sous-refroidissement.

La Solution 3 du Chapitre 4 « Quel ballon de stockage d'énergie primaire pour une installation de MTA ? », page 29, peut s'appliquer au cas du réseau de chauffage urbain (RCU). Ce, dans le but d'abaisser fortement sa température de retour et ainsi optimiser sa performance.

Pour maximiser la performance d'une installation de MTA alimenté par un RCU, il est possible de mettre en place deux échangeurs de chauffage urbain raccordés en série comme présenté sur la figure 41.



Ce principe permet de raccorder :

- le retour « réchauffé » du ballon primaire au retour de l'échangeur principal RCU,
- le retour des MTA, qui est la source la plus froide de l'installation, au retour de l'échangeur de sous-refroidissement.

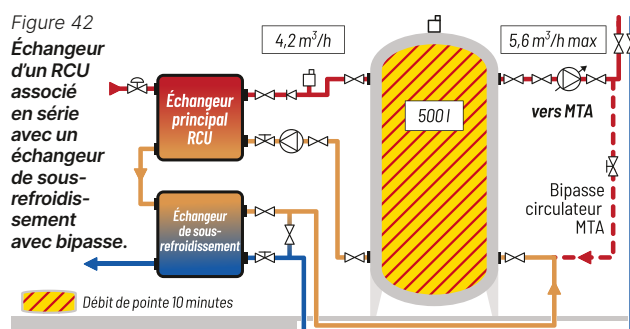
Ainsi, la température de retour primaire du RCU sera la plus basse et la performance optimale. C'est une solution à retenir pour répondre plus facilement aux exigences d'un RCU basse température alimenté par des PAC et dont la température moyenne annuelle de retour ne doit généralement pas dépasser les 35 °C, sous peine de pénalités.

Pour résumer, en raccordant le retour d'alimentation des MTA à l'échangeur de sous-refroidissement, il n'aura aucune chance d'être réchauffé :

Précisions relatives au schéma 42

Si un débit d'irrigation minimum est nécessaire au circulateur d'alimentation des MTA, le bypass ne doit en aucun cas être réalisé au point haut des différentes colonnes montantes où sont raccordés les MTA du bâtiment. Dans ce cas, le retour à l'échangeur de sous-refroidissement du RCU serait réchauffé. Il doit être positionné, comme sur le schéma 43, entre le refoulement du circulateur d'alimentation des MTA et l'entrée secondaire du ballon de stockage d'énergie.

- ce, même en présence d'un bypass nécessaire au circulateur de l'installation, prévu lorsque ce dernier nécessite d'un débit minimum d'irrigation, à condition qu'il soit placé entre le refoulement du circulateur et le retour au ballon primaire (cf. Figure 42) ;
- et même dans le cas d'une dégradation de la stratification ou de l'homogénéisation en température de la partie basse du ballon de stockage primaire, en présence du cumul du



débit de l'arrivée eau chaude de l'échangeur principal RCU et de celui de retour des MTA.




Conclusions





Cette solution permet :

- de garantir une performance optimale bénéficiant du retour direct des MTA, source la plus froide de l'installation, directement dans l'échangeur de sous-refroidissement ;
- de minimiser le volume du stockage primaire (500 l contre 750 l pour l'exemple étudié dans la Solution 2 du Chapitre 4) grâce au fonctionnement sans sonde, puisque la température départ de l'échangeur principal RCU est maintenue constante pour satisfaire en continu la température d'alimentation des MTA ;
- de limiter la puissance d'appel – 108 kW au lieu de 124 kW dans l'exemple du Chapitre 4 – et de réduire l'abonnement souscrit au RCU ;
- de raccorder l'échangeur principal RCU et le point haut du ballon de stockage de manière standard, limitant ainsi les risques d'erreurs de montage sur le terrain qui génèrent de l'inconfort côté clients ■




TEMPÉRATURE ET DURETÉ DE L'EAU FROIDE EN FRANCE




Ces valeurs sont données à titre indicatif et leur usage est sous la responsabilité du bureau d'études chargé du dimensionnement. Nous attirons l'attention sur la grande variabilité locale du TH (titre hydrotimétrique) de l'eau et ses conséquences sur l'entartrage des échangeurs à plaques pour la production d'ECS.

Région	Ville altitude (m), département			Température indicative de l'eau froide (en °C)			Dureté de l'eau TH (en °f), à vérifier en mairie			
	Localité	Altit.	Département	Mini janvier	Maxi août	Moyenne annuelle	7 à 15 Douce	15 à 30 Plutôt dure	30 à 40 Dure	
Auvergne- Rhône-Alpes 	Ambérieu-en-Bugey	250	01 - Ain	6,0	14,2	10,1		25 à 35		
	Vichy-Charmeil	249	03 - Allier	6,0	14,3	10,1	15			
			07 - Ardèche	Demander les informations en mairie						
	Aurillac	639	15 - Cantal	5,4	13,7	9,5	15			
	Montélimar - Ancone	73	26 - Drôme	8,6	16,9	12,7		25 à 35		
	Grenoble - St-Geoirs	384	38 - Isère	5,6	13,8	9,7		25 à 35		
	Saint-Étienne - Bouthéon	400	42 - Loire	5,5	13,8	9,6	15			
	Le Puy-en-Velay - Loudes	833	43 - Haute-Loire	5,0	13,2	9,1	15			
	Clermont-Ferrant - Aulnat	331	63 - Puy-de-Dôme	5,8	14	9,9	15			
	Lyon - Bron	198	69 - Rhône	6,1	14,3	10,2	15 à 25			
	Bourg-Saint-Maurice	865	73 - Savoie	3,2	11,4	7,3			35	
	Chambéry - Aix-les-Bains	235		6,1	14,3	10,2			35	
		74 - Haute-Savoie	Demander les informations en mairie							
Bourgogne Franche Comté 	Dijon-Longvic	219	21 - Côte-d'Or	6,1	14,4	10,2	15 à 25			
	Besançon-Thise	307	25 - Doubs	5,8	14,1	9,9	15 à 25			
			39 - Jura	Demander les informations en mairie						
	Château-Chinon	536	58 - Nièvre	5,2	13,1	9,3	15			
	Nevers-Marzy	175		6,3	14,4	10,2	15			
	Luxeuil - Saint-Sauveur	271	70 - Haute-Saône	5,0	13,2	9,1	15			
	Mâcon-Charnay	216	71 - Saône-et-Loire	6,1	14,4	10,2	15 à 25			
	Paray-le-Monial - St-Yan	242		6,1	14,3	10,3	15 à 25			
	Auxerre	207	89 - Yonne	6,2	14,4	10,3		25 à 35		
		90 - Territoire -de-Belfort	Demander les informations en mairie							
Bretagne 	Île de Bréhat	9	22 - Côte-d'Armor	9,3	14,5	11,7	15			
	Rostrenen	152		7,2	13	10	15			
	Saint-Brieuc - Armor	136		6,9	15,1	11	15			
	Brest-Guipavas	94		7,0	15,3	11,1	15			
	Île de Batz	27	29 - Finistère	9,3	14,5	11,7	15			
	Ouessant-Stiff	59		6,8	15	10,9	15			
	Pointe de Penmarch	17		7,3	15,5	11,4	15			
	Quimper-pluguffan	92		7,1	15,3	11,2	15			
	Cancale	50	35 - Ile-et-Vilaine	7,2	15,5	11,3	15			
	Dinard - Saint-Malo	58		7,2	15,4	11,3	15			
	Rennes - Saint-Jacques	36		8,1	14,7	11,3	15			
	Lorient - Lann Bihoué	42	56 - Morbihan	7,2	15,5	11,3	15			
	Ploemeur	36		6,7	15	10,8	15			

Région	Ville altitude (m), département			Température indicative de l'eau froide (en °C)			Dureté de l'eau TH (en °f), à vérifier en mairie			
	Localité	Altit.	Département	Mini janvier	Maxi août	Moyenne annuelle	7 à 15 Douce	15 à 30 Plutôt dure	30 à 40 Dure	
Centre-Val de Loire 	Bourges	161	18 - Cher	6,3	14,6	10,4		15 à 25		
	Chartres - Champhol	155	28 - Eure-et-Loir	6,4	14,6	10,5		15 à 25		
	Châteauroux - Déols	155	36 - Indre	6,3	14,6	10,4		15 à 25		
	Tours - Saint-Symphorien	112	37 - Indre-et-Loire	7,0	15,2	11,1		15 à 25		
			41 - Loir-et-Cher	Demander les informations en mairie						
	Orléans-Bricy	125	45 - Loiret	6,5	14,7	10,6			25 à 35	
Corse 	Ajaccio - Campo-Dell'Oro	4	2A - Corse-du-Sud	10,4	18,6	14,5		15		
	Bonifacio - Cap Pertusato	109		10,0	18,2	14,1		15		
	Figari	22		9,8	18	13,9		15		
	Solenzara	17		10,3	18,5	14,4		15		
	Bastia - Poretta	10	2B - Haute-Corse	10,3	18,6	14,4		15		
	Calvi - Ste-Catherine	57		10,2	18,4	14,3		15		
	Cap Corse - Ersa	104		10,0	18,2	14,1		15		
Grand Est 	Charleville-Mézières	149	08 - Ardennes	5,4	13,6	9,5		15 à 25		
	Troyes - Barberey	112	10 - Aube	5,5	13,7	9,6		15 à 25		
	Reims - Champagne	91	51 - Marne	5,6	13,8	9,7		15 à 25		
	Langres	467	52 - Haute-Marne	4,7	13,3	9,1		15 à 25		
	Saint-Dizier - Robinson	139		5,4	13,6	9,5		15 à 25		
	Nancy - Essey	212	54 - Meurthe-et-M ^{lle}	5,6	13,4	9,3		15 à 25		
			56 - Meuse	Demander les informations en mairie						
	Metz - Frescaty	190	57 - Moselle	5,0	13,2	9,1			35	
	Strasbourg - Entzheim	150	67 - Bas-Rhin	5,4	13,6	9,5		15 à 25		
	Colmar - Meyenheim	207	68 - Haut-Rhin	5,1	13,4	9,2		15 à 25		
	Mulhouse - Bâle	263		5,0	13,2	9,1		15 à 25		
			88 - Vosges	Demander les informations en mairie						
	Hauts-de-France 	Saint-Quentin - Roupy	98	02 - Aisne	5,5	13,8	9,6			25 à 35
Dunkerque		11	59 - Nord	6,3	14,5	10,4			35	
Lille - Lesquin		47		6,2	13,7	9,9			35	
Beauvais - Tille		89	60 - Oise	5,5	13,7	9,6			35	
Boulogne		73	62 - Pas-de-Calais	6,1	14,4	10,2			35	
Le Touquet - Paris-Plage		5		9,3	17,6	13,4			35	
Abbeville		5		80 - Somme	5,6	13,8	9,7			25 à 35

TEMPÉRATURE ET DURETÉ DE L'EAU FROIDE EN FRANCE – SUITE

Région	Ville altitude (m), département			Température indicative de l'eau froide (en °C)			Dureté de l'eau TH (en °f), à vérifier en mairie		
	Localité	Altit.	Département	Mini janvier	Maxi août	Moyenne annuelle	7 à 15 Douce	15 à 30 Plutôt dure	30 à 40 Dure
 Région Île-de-France	Paris		75 - Paris	Demander les informations en mairie					
	Melun - Villaroche	91	77 - Seine-et-Marne	6,6	14,8	10,7		25 à 35	
	Paris - Trappes	167	78 - Yvelines	6,3	14,5	10,4			
	Versailles	133		6,3	14,6	10,4			
	Villacoublay - Vélizy	174		6,3	14,5	10,4			
			91 - Essonne	Demander les informations en mairie					
			92 - Hauts-de-Seine	Demander les informations en mairie					
	Paris Le Bourget	52	93 - Seine-St-Denis	7,0	14,7	10,9		15 à 25	
			94 - Val-de-Marne	Demander les informations en mairie					
	Roissy	108	95 - Val-d'Oise	6,5	14,7	10,6		15 à 25	
 RÉGION NORMANDIE	Caen - Carpiquet	64	14 - Calvados	5,7	13,9	9,8		25 à 35	
	Évreux- Fauville	138	27 - Eure	5,4	13,6	9,5		15 à 25	
	Cherbourg - Maupertus	135	50 - Manche	6,9	15,1	11		15	
	Pointe de la Hague	3		7,3	15,6	11,4		15	
	Alençon - Valframbert	144	61 - Orne	6,4	14,6	10,5		15 à 25	
	Dieppe	33	76 - Seine-Maritime	6,3	14,5	10,4			25 à 35
	Le Havre - Cap de la Hève	100		6,0	14,3	10,1			25 à 35
	Rouen - Boos	151		5,3	13,6	9,4			25 à 35
 RÉGION Nouvelle-Aquitaine	Cognac - Châteaubernard	30	16 - Charente	7,8	16	11,9		15 à 25	
	La Rochelle - Aérodrome	22	17 - Charente-Maritime	8,4	16,6	12,5			25 à 35
	Oléron	5		7,8	16,0	11,9			25 à 35
			19 - Corrèze	Demander les informations en mairie					
			23 - Creuze	Demander les informations en mairie					
	Bergerac - Roumanière	51	24 - Dordogne	7,7	15,9	11,8			25 à 35
	Salon	131		9,7	17,9	13,8			25 à 35
	Arcachon	10	33 - Gironde	8,3	16,5	12,4		15 à 25	
	Bordeaux - Mérignac	47		7,7	15,9	11,8		15 à 25	
	Cazeaux - La Teste de Buch	23		9,5	16,5	12,9		15 à 25	
	Biscarosse	33	40 - Landes	8,3	16,5	12,4		15 à 25	
	Mont-de-Marsan	59		7,7	15,9	11,8		15 à 25	
	Agen - La Garenne	59	47 - Lot-et-Garonne	7,7	15,9	11,8		15	
	Biarritz - Anglet	69	64 - Pyrénées-Atlantique	10,6	16,7	13,5		15	
	Pau - Uzein	183		8,2	16,5	12,3		15	
	S ^t -Jean-de-Luz - P ^{te} Socoa	24		9,2	17,4	13,3		15	
	Niort - Souché	59	79 - Deux-Sèvres	7,7	15,9	11,8		15 à 25	
	Poitiers - Biard	117	86 - Vienne	6,5	14,7	10,6		15 à 25	
	Limoges - Bellegarde	402	87 - Haute-Vienne	5,9	14,2	10,0		15	

Région	Ville altitude (m), département			Température indicative de l'eau froide (en °C)			Dureté de l'eau TH (en °f), à vérifier en mairie			
	Localité	Altit.	Département	Mini janvier	Maxi août	Moyenne annuelle	7 à 15 Douce	15 à 30 Plutôt dure	30 à 40 Dure	
 La Région Occitanie Pyrénées - Méditerranée	Saint Giron - Antichan	411	09 - Ariège	7,5	15,7	13,5	15 à 25			
	Carcassonne - Salvaza	126	11 - Aude	9,4	17,7	13,5		25 à 35		
	Millau	715	12 - Aveyron	5	13,2	9,1	15			
	Nîmes - Courbessac	59	30 - Gard	9,7	17,9	13,8	15 à 25			
	Toulouse - Blagnac	152	31 - Haute-Garonne	8,4	16,6	12,5	15 à 25			
	Auch - Lamothe	121	32 - Gers	7,4	15,7	11,5	15 à 25			
	Montpellier - Fréjonques	3	34 - Hérault	9,9	18,1	14		25 à 35		
	Cahors - Lalbenque	278	46 - Lot	7	15,2	11,1	15 à 25			
	Gourdon	259		8,3	15,9	12,2	15 à 25			
	Florac	549	48 - Lozère	2,3	10,5	6,4	15			
	Pic-du-Midi	2876	65 - Haute-Pyrénées	1,0	1,1	1,0	15			
	Tarbes - Ossun - Lourdes	360		7,7	15,9	11,8	15			
	Odeillo	1590	66 - Pyrénées-Orientales	6	12,9	9,1	15 à 25			
	Perpignan - Rivesaltes	42		9,7	18	13,8	15 à 25			
	Albi - Le Sequestre	172	81 - Tarn	8,3	16,5	12,4	15			
		82 - Tarn-et-Garonne	Demander les informations en mairie							
 Région PAYS DE LA LOIRE	Nantes - Atlantique	26	44 - Loire-Atlantique	7,8	16	11,9	15 à 25			
	Saint-Nazaire - Montoir	3		8,4	16,6	12,5	15 à 25			
	Angers - Beaucozé	50	49 - Maine-et-Loire	6,7	14,9	10,8	15			
			53 - Mayenne	Demander les informations en mairie						
	Le Mans - Arnage	51	72 - Sarthe	6,7	14,9	10,8	15 à 25			
	La Roche/Yon - Les Ajoncs	90	85 - Vendée	7,6	15,8	11,7	15 à 25			
 RÉGION SUD PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR			04 - Alpes-de-Haute-Provence	Demander les informations en mairie						
	Embrun	871	05 - Haute-Alpes	4,1	12,3	8,2			35	
	Briançonnet	1040	06 - Alpes-Maritimes	7,3	15,6	11,4		25 à 35		
	Cannes-Mandelieu	2		10,3	18,6	14,4		25 à 35		
	Nice - Côte d'Azur	4		10,4	18,6	14,5		25 à 35		
	Marseille - Marignane	5	13 - Bouches-du-Rhône	10,4	18,6	14,5	15 à 25			
	Hyères - La Palyvestre	2	83 - Var	9,9	18,2	14,0		25 à 35		
	Le Luc - Cagnet-des-Maures	80		9,6	17,8	13,7		25 à 35		
	Toulon - La Mitre	24		10,3	18,5	14,4		25 à 35		
	Carpentras	99		8,5	16,7	12,6		25 à 35		
	Mont-Ventoux	1912		84 - Vaucluse	3,2	11,5	7,3		25 à 35	
	Orange - Caritat	53	8,7		16,9	12,8		25 à 35		

ABAQUE « PUISSANCE ECS / DÉBIT ECS »

Quel débit d'eau chaude sanitaire selon le niveau de confort demandé et l'équipement d'un local ?

Confort standard										
Équipement sanitaire	1 évier, 1 lavabo, 1 baignoire ou 1 douche			1 évier, 1 lavabo, 1 baignoire, 1 douche			1 évier, 1 lavabo, 2 baignoires, 1 douche			
Puissance, en kW	25,1			29,3			33,5			
Température d'ECS, en °C	40	45	50	40	45	50	40	45	50	
Débit, en litre										
Température minimale d'eau froide, en °C	1	554	491	441	646	573	514	739	655	588
	2	568	502	450	663	586	525	758	670	600
	3	584	515	459	681	600	536	779	686	613
	4	600	527	469	700	615	548	800	703	626
	5	617	540	480	720	630	560	823	720	640
	6	635	554	491	741	646	573	848	739	655
	7	654	568	502	764	663	586	873	758	670
	8	675	584	514	788	681	600	901	779	686
	9	696	600	527	813	700	615	930	800	703
	10	720	617	540	840	720	630	961	823	720
	11	745	635	554	869	741	646	994	848	739
	12	771	654	568	900	764	663	1029	873	758
	13	800	675	584	933	788	681	1067	901	779
	14	830	696	600	969	813	700	1108	930	800
	15	864	720	617	1008	840	720	1153	961	823
	16	900	745	635	1050	869	741	1201	994	848
	17	939	771	654	1096	900	764	1253	1029	873
	18	981	800	675	1146	933	788	1310	1067	901
	19	1028	830	696	1200	969	813	1372	1108	930
	20	1080	864	720	1260	1008	840	1441	1153	961
	21	1136	900	745	1327	1050	869	1517	1201	994
	22	1200	939	771	1400	1096	900	1601	1253	1029
	23	1270	981	800	1483	1146	933	1695	1310	1067
	24	1349	1028	864	1575	1200	969	1801	1372	1108
	25	1439	1080	868	1680	1260	1008	1921	1441	1153

Les valeurs indiquées dépendent du niveau de confort, de l'équipement sanitaire, de la puissance installée, de la température au point de puisage et de la température de l'eau de ville. *En litre par heure par local.*

Confort élevé										
Équipement sanitaire	1 évier, 1 lavabo, 1 baignoire ou 1 douche			1 évier, 1 lavabo, 1 baignoire, 1 douche			1 évier, 1 lavabo, 2 baignoires, 1 douche			
Puissance, en kW	33,5			41,9			46			
Température d'ECS, en °C	40	45	50	40	45	50	40	45	50	
Débit, en litre										
Température minimale d'eau froide, en °C	1	739	655	588	924	819	739	1015	899	808
	2	758	670	600	949	838	751	1041	920	824
	3	779	686	613	974	858	767	1069	942	842
	4	800	703	626	1001	879	784	1099	965	860
	5	823	720	640	1030	901	801	1131	989	879
	6	848	739	655	1060	924	819	1164	1015	899
	7	873	758	670	1092	949	838	1199	1041	920
	8	901	779	686	1126	974	858	1237	1069	942
	9	930	800	703	1163	1001	879	1276	1099	965
	10	961	823	720	1201	1030	901	1319	1131	989
	11	994	848	739	1243	1060	924	1319	1164	1015
	12	1029	873	758	1287	1092	949	1413	1199	1041
	13	1067	901	779	1335	1126	974	1466	1237	1069
	14	1108	930	800	1386	1163	1001	1522	1276	1099
	15	1153	961	823	1442	1201	1030	1583	1319	1131
	16	1201	994	848	1502	1243	1060	1649	1364	1164
	17	1253	1029	873	1567	1287	1092	1720	1413	1199
	18	1310	1067	901	1638	1335	1126	1799	1466	1237
	19	1372	1108	930	1716	1386	1163	1884	1522	1276
	20	1441	1153	961	1802	1442	1201	1978	1583	1319
	21	1517	1201	994	1897	1502	1243	2088	1649	1364
	22	1601	1253	1029	2002	1567	1287	2198	1720	1413
	23	1695	1310	1067	2120	1638	1335	2328	1799	1466
	24	1801	1372	1108	2253	1716	1386	2473	1884	1522
	25	1921	1441	1153	2403	1802	1442	2638	1978	1583

DÉMARCHES ÉLÉMENTAIRES POUR ÉVALUER LE COEFFICIENT « U_A » D'UN ÉCHANGEUR À PLAQUES

Ces approches se basent soit sur le résultat de mesures de débits et de températures au primaire et au secondaire, soit sur des choix de conception définis par le bureau d'études.

1. Calcul du polynôme permettant de caractériser l'échangeur à plaques d'un MTA - Méthode 1

L'échangeur d'un MTA est généralement du type *méthodique* et caractérisé par un coefficient d'échange U_a (en W/K) estimé en fonction de la puissance d'échange (en kW) et de la différence de température entre le primaire et l'eau sanitaire (ΔT en K).

Ce calcul s'applique dans le cadre de la RT 2012 ou de la RE 2020. Le coefficient U_a est résulte du polynôme :

$$U_a = a.P_{ECS}^2 + b.P_{ECS} + c$$

avec : P_{ECS}, la puissance échangée en kW, selon la formule : $1,163 \times Q_{ECS} \times (\theta_{ECS} - \theta_{EFS})$; a, b et c⁹, les coefficients du polynôme; Q_{ECS}, le débit d'eau chaude en m³/h; θ_{ECS} et θ_{EFS}, les températures d'eaux chaude et froide sanitaires, en °C.

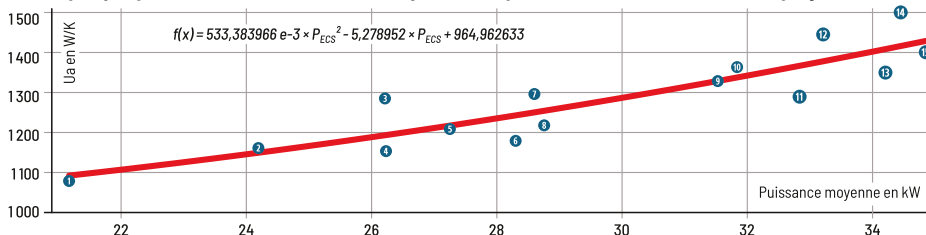
Pour le calculer, les opérateurs

mesurent les débits et températures aux bornes de l'échangeur à plaques. La synthèse, « *Calculs pour déterminer le coefficient d'échange U_a de chaque mesure* », fournit les valeurs U_a unitaires. Reprises avec les *puissances moyennes* dans un calcul matriciel, elles servent à déterminer les *coefficients a, b* et *c* d'après une courbe polynomiale qui modélise le comportement de l'échangeur.

1 • Tableau de saisie des mesures et des calculs des puissances et coefficients de rendement « U_a » unitaires

N° de la mesure	Primaire, « côté chauffage »				Secondaire, « côté ECS »					Calculs pour déterminer le coefficient d'échange U _a de chaque mesure					
	Mesures				Mesures					Écart ³ %	P _{mo} ⁴ kW	ΔT ₁ ⁵ K	ΔT ₂ ⁶ K	ΔT log ⁷ K	Coef. U _a ⁸ W/K
	Débit (Q) l/h	Temp ^o départ °C	Temp ^o retour °C	Calcul P _{prim} ¹ kW	Débit (Q) en l/min. en m ³ /h	Temp ^o ECS °C	Temp ^o EFS °C	Calcul P _{sec} ² kW							
1	701,91	59,92	34,55	20,71	9,04	0,54	44,42	10,13	21,63	-4,4	21,17	15,50	24,42	19,62	1078,84
2	697,50	59,82	30,78	23,56	12,35	0,74	38,87	10,06	24,83	-5,4	24,19	20,95	20,72	20,83	1161,16
3	1001,97	60,52	37,93	26,32	10,36	0,62	46,14	10,03	26,10	0,8	26,21	14,38	27,90	20,40	1285,10
4	695,95	64,85	33,11	25,69	11,04	0,66	43,58	8,83	26,77	-4,2	26,23	21,27	24,28	22,74	1153,39
5	795,04	64,59	35,64	26,77	10,82	0,65	45,71	8,98	27,73	-3,6	27,25	18,88	26,66	22,55	1208,60
6	698,66	69,56	34,65	28,37	10,99	0,66	46,50	9,68	28,24	0,5	28,30	23,06	24,97	24,00	1179,10
7	1002,49	64,62	40,39	28,25	10,31	0,62	49,60	9,36	28,95	-2,5	28,60	15,02	31,03	22,07	1296,14
8	803,62	68,19	37,53	28,66	10,52	0,63	48,64	9,33	28,86	-0,7	28,76	19,55	28,20	23,61	1217,88
9	895,96	66,16	36,08	31,34	12,86	0,77	44,96	9,62	31,71	-1,2	31,53	21,20	26,46	23,73	1328,46
10	995,32	65,33	38,01	31,62	12,31	0,74	46,62	9,31	32,05	-1,3	31,84	18,71	28,70	23,35	1363,46
11	798,55	70,41	34,85	33,03	12,92	0,78	45,27	9,06	32,65	1,1	32,84	25,14	25,79	25,46	1289,50
12	1056,18	61,11	34,75	32,38	16,08	0,96	40,06	9,72	34,04	-5,1	33,21	21,05	25,03	22,98	1445,06
13	894,57	70,23	37,18	34,38	12,87	0,77	47,23	9,34	34,03	1,0	34,21	23,00	27,84	25,34	1349,73
14	1130,97	61,13	34,71	34,75	16,13	0,97	40,07	9,73	34,15	1,7	34,45	21,06	24,98	22,96	1500,16
15	994,17	68,56	38,23	35,07	13,02	0,78	47,37	9,25	34,63	1,2	34,38	21,19	28,98	24,88	1400,64

2 • Graphique permettant de déterminer l'équation d'après une courbe de tendance polynomiale



- 1- $1,163 \times \text{débit primaire} \times (\text{température de départ primaire} - \text{temp. de retour prim.}) / 1000$.
 2- $1,163 \times \text{débit ECS} \times (\text{temp. ECS} - \text{temp. EFS})$.
 3- $(\text{Puissance prim.} - \text{puiss. sec.}) / \text{puiss. prim.}$

- 4- $(\text{Puissance primaire} + \text{puiss. sec.}) / 2$
 5- ΔT_1 : différence de températures entre celles de l'entrée primaire et de la sortie ECS.

- 6- ΔT_2 : différence de températures entre celles de la sortie primaire et de l'entrée EFS.
 7- $(\Delta T_1 - \Delta T_2) / \log N (\Delta T_1 - \Delta T_2)$.
 8- $(1000 \times \text{Puissance moyenne}) / \Delta T_{\log}$.

3 • Résultats obtenus avec un tableur

Coefficient a : $533,383966 \times 10^{-3}$

Coefficient b : $-5,278952150012$

Coefficient c : $964,9726329708$

R², coefficient de détermination¹⁰ : $0,7922$

2. Calcul du polynôme permettant de caractériser l'échangeur à plaques d'un MTA - Méthode 2

Le groupe de travail qui a rédigé ce Guide MTA propose une alternative à l'outil précédent pour calculer les coefficients a, b et c. Cette méthode est établie d'après les besoins d'eau chaude sanitaire d'un logement, tel que décrit au *chapitre 3.2, en page 16* du guide. À savoir : des débits d'eau chaude de 12 ou 16 l/min, soit 720 ou 960 l/h sur la base d'une température d'eau froide à choisir (ici, une valeur

moyenne de 10 °C) et des températures d'eau chaude sanitaire de 40 à 55 °C. La figure ci-dessous¹¹ reproduit le calcul avec un tableur.

Cette proposition repose sur un calcul des coefficients a, b et c d'après les critères du concepteur (*débit de puisage, températures de départ primaire et de puisage*), et les données du fournisseur d'échangeurs : **débit primaire** et **température de retour primaire**¹². Cette méthode a pour intérêt de préparer le calcul du coefficient Ua sur une large plage de puissances ECS de l'échangeur à plaques.

4 • Tableau de saisie des mesures et des calculs des puissances et coefficients de rendement « Ua » unitaires

Débit de puisage ECS (l/h)	Température d'eau froide (°C)	Température de puisage (°C)	Puissance ECS secondaire (kW)	Température de départ primaire (°C)	Débit primaire ¹² (l/h)	Température de retour primaire ¹² (°C)	Coefficient Ua secondaire - ECS (W/K)
720	10	40	25,121	55	1000	33,4	1330
				60	900	36,0	1098
				65	800	38,0	949
				70	700	39,1	850
				75	600	39,0	787
				80	500	36,8	762
				90	450	42,0	623
Calcul : 1,163 × Débit de puisage × (temp. ECS - Temp. EFS)				55	1000	29,8	2 043
720	10	45	29,308	60	900	32,0	1 604
				65	800	33,5	1 350
				70	700	34,0	1 196
				75	600	33,0	1 112
				80	500	29,6	1 103
				90	450	34,0	877
				720	10	50	33,494
60	900	28,0	2 461				
65	800	29,0	1 979				
70	700	28,9	1 724				
75	600	27,0	1 615				
80	500	22,4	1 681				
90	450	26,0	1 279				
720	10	55	37,681	60	900	24,0	4 311
				60	800	24,5	4 223
				65	700	23,7	3 204
				70	600	21,0	2 922
				75	500	15,2	3 430
				80	450	18,0	2 526

5 • Résultats obtenus avec un tableur

Coefficient a :

$$1,4029541437 \times 10^{-5}$$

Coefficient b :

$$-0,683670737829$$

Coefficient c :

$$9\ 254,3522325901$$

6 • Estimation du rendement (Ua) sur une plage de puissance ECS de 15 à 60 kW

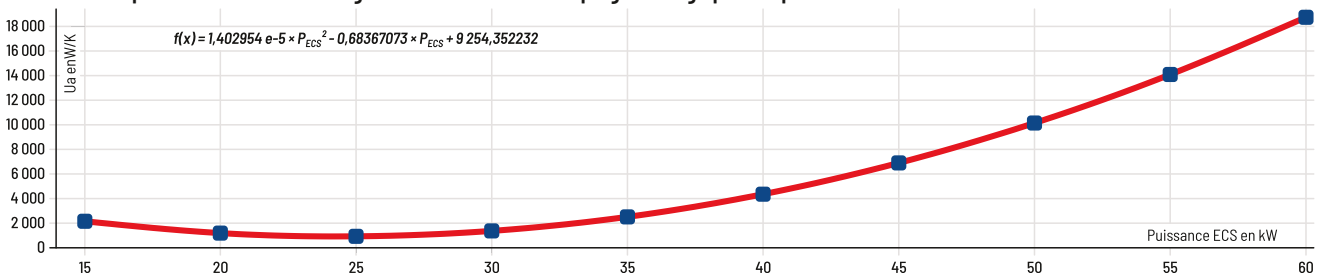
Rappel de la formule :

$$Ua = a.P_{ECS}^2 + b.P_{ECS} + c$$

Ces calculs et leur présentation graphique permettent d'apprécier la performance de l'échangeur à plaques.

P _{ECS} (kW)	Ua (W/K)
15	2 156
20	1 193
25	931
30	1 371
35	2 512
40	4 355
45	6 899
50	10 145
55	14 092
60	18 741

7 • Courbe de performance de l'échangeur sur la totalité de sa plage d'usage pour la production d'eau chaude sanitaire



9- Les coefficients a, b, c sont obtenus à partir d'une régression du deuxième ordre basée sur les données des fabricants.

10- R², le coefficient de détermination de la régression quadratique, doit être proche de 1.
11- L'utilisateur choisira le débit de puisage et

la température d'EFS pour son besoin.
12- Débits primaires et températures de retour primaire sont fournis par le fabricant.

EXPLOITER LE COEFFICIENT U_a : CALCULER LA PUISSANCE ÉCHANGÉE EN FONCTION DE LA PUISSANCE SOUHAITÉE

Sur la base des quatre niveaux de confort standard, cette fiche a pour objet de répondre le plus précisément possible au besoin d'eau chaude sanitaire dans un logement.

Cette méthode repose sur les critères utilisés dans l'exemple précédent : des débits d'ECS de 12 ou 16 l/min (720 ou 960 l/h), sur la base d'une température moyenne d'eau froide de 10 °C et des températures d'eau chaude sanitaire de 40 ou 50 °C. L'échangeur ECS du MTA fonctionne en *échange méthodique*, à contre-courant et en fonction :

- de la température de départ primaire ;
- de la température d'eau froide ;

- du coefficient U_a ;
- de la puissance souhaitée.

Ce qui conduit à déterminer le **débit primaire** et la **température de retour primaire** en mode ECS. Pour être précis, le calcul du débit minimal primaire repose sur une *itération*, c'est-à-dire dix reprises successives du calcul pour parvenir au ratio « puissance échangée sur puissance réelle » *le plus proche possible de 1*. Évaluer votre choix dans ce tableau.

Résolution du calcul de la puissance échangée en fonction de la puissance souhaitée dans un échangeur méthodique

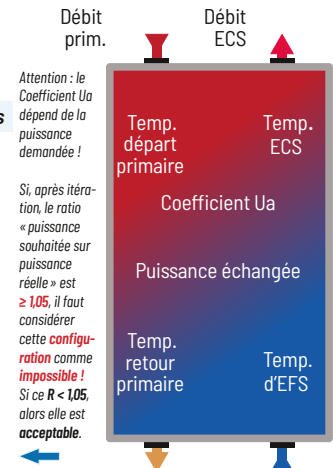
Données élémentaires (à saisir dans les cases jaunes)

Pour afficher les résultats ou rafraîchir les valeurs saisies, « passer » sur la case « Coefficient U_a ».

Température de départ primaire (°C)	<input type="text"/>	Temp. d'eau froide, au secondaire (EFS - °C)	<input type="text"/>	Température d'ECS, au secondaire (°C)	<input type="text"/>
Débit d'eau chaude sanitaire (l/min)	<input type="text"/>	Coefficient U_a (d'après constructeur - W/K)	<input type="text"/>	Chaleur spécifique de l'eau (Wh/m ³ .K)	1163

Calcul par itération du débit primaire et de la température de retour primaire

Débit d'eau chaude sanitaire (m ³ /h)										
Puissance échangée souhaitée (W)										
Les 10 pas du calcul par itération	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Résultats
Débit primaire minimal (m³/h)										
R - ratio débit ECS vs débit prim. mini										
NUT (nombre d'unités de transfert)										
A - Exp(-NUT(1-R))										
Efficacité d'échange										
Puissance maximale (W)										
Puissance échangée (W)										
Température de retour primaire (°C)										
Temp. de retour secondaire - ECS (°C)										
Ratio puiss. souhaitée / puiss. réelle										



Le test sur les quatre niveaux de confort classiques permet de constater que plus la puissance ECS augmente, plus le débit d'eau primaire croît - du simple au double -, de même que la température de retour primaire, ce, dans les mêmes proportions.

CALCULER LE COEFFICIENT U_a EN FONCTION DU BESOIN

Cette partie aborde le calcul simplifié du coefficient U_a demandé par la RE 2020.

Rappel : le coefficient d'efficacité U_a , applicable aux échangeurs à plaques, s'exprime à l'aide des coefficients **a**, **b** et **c** selon la formule :

$$U_a = a.P_{ECS}^2 + b.P_{ECS} + c$$

Où : U_a est exprimé en W/K ; P_{ECS} , en W.

Les coefficients *par défaut* sont :

- **a** = -9,5502 10⁻⁷ (W⁻¹.K⁻¹)
- **b** = 0,07943663 (K⁻¹)
- **c** = -407,54714 (W/K)

Pour connaître les caractéristiques du MTA, les concepteurs se rapprocheront du fabricant d'échangeurs pour obtenir les valeurs précises a, b et c. ■

Simulations de calcul du coefficient d'échange U_a d'un échangeur à plaques ECS pour MTA

1 • Calcul d'après les coefficients a, b et c par défaut

Saisir la puissance en mode ECS :
(Saisir une puissance comprise entre 20 et 50 kW)

P_{ECS} = U_a =

2 • Calcul d'après les données du fabricant

Coefficient **a** = × 10^x, & x =

Coefficient **b** = Coefficient **c** =

Débit de puisage (en litres par heure) =

Temp. ECS = Temp. EFS =

U_a =

ESTIMER LE VOLUME D'EAU D'UNE INSTALLATION ET SES PERTES THERMIQUES

Ce calculateur donne la possibilité d'additionner les volumes d'eau d'une installation thermique alimentée par trois types de canalisations diversement calorifugées.

Types de canalisation	Extérieur		Intérieur		Extérieur		Intérieur		Extérieur		Intérieur	
	Diamètres		Températures		Températures		Températures		Températures		Températures	
	Départ		Départ		Départ		Départ		Départ		Départ	
	Retour		Retour		Retour		Retour		Retour		Retour	
¹ que traverse la conduite	Ambiante ¹		Ambiante		Ambiante		Ambiante		Ambiante		Ambiante	
Caractéristiques	Longueur (en m)	Classe ² d'isolation	Pertes thermiques	Volume en eau	Longueur (en m)	Classe d'isolation	Pertes thermiques	Volume en eau	Longueur (en m)	Classe d'isolation	Pertes thermiques	Volume en eau
² Pour répondre à la RE 2020, retenir une isolation minimale de classe 4 . La classe 0 s'applique à toute canalisation non isolée.												
Totaux												
Volume théorique en eau de l'installation au primaire	1 - Volume total des conduites		2 - Volume total d'eau dans les logements		3 - Volume total d'eau des MTA							
	4 - Volume d'eau du générateur		5 - Volume d'eau du ballon		TOTAL							
	TOTAL des pertes thermiques des canalisations											

Ce second calculateur des volumes d'eau seuls reprend le tableau présenté dans la synthèse de l'annexe 1.

Volume d'eau de l'installation...		Description des conduites		Volume en eau (en litre)	
Nombre de colonnes (3 max.)		Diamètre intérieur (en mm)	Longueur aller & retour (en m)	par colonne	Total
Nombre de MTA dans l'immeuble					
... par logement pour le chauffage (en l)					
... par MTA (en l)					
... par liaison MTA sur colonne (en l)					
Niveaux (6 max.)	R+5				
	R+4				
	R+3				
	R+2				
	R+1				
	RdC				
Chaufferie sans ballon	Collecteur 1				
	Collecteur 2				
	Collecteur 3				
	Générateur				
Volume en eau de l'installation sans ballon tampon					
Chaufferie avec ballon	Liaison ballon				
	Ballon tampon				
Volume en eau de l'installation avec ballon tampon					

LES FORMULES DE CALCUL À L'ÉPREUVE DES PROJETS...

Les techniciens utiliseront utilement ces « calculateurs » pour effectuer des approches de leurs projets d'installation de modules thermique d'alimentation.

Calcul du débit d'eau chaude pour alimenter un émetteur de chauffage

Référence : pages 14 et 32.

$$Q_v = \frac{P}{\rho \times 1,163 \times \Delta T}$$

Où : Q_v est exprimé en m^3/h ; P en kW ; ρ , la masse volumique – ou densité – de l'eau, en kg/l et ΔT en K.

Simulation de calcul du débit d'eau de chauffage

Puissance de l'émetteur (en kW) $P =$
 Température de départ (en °C) de retour
 Delta T (ΔT) retenu (en K) $\text{Masse volumique (en kg/m}^3\text{)}$
 Débit d'eau chaude nécessaire pour l'émetteur (en m^3/h) $Q_v =$

Calcul du débit d'eau chaude sanitaire d'un appartement

Référence : page 16.

$$q_{ECS\text{ appt}} = \frac{P_{ECS\text{ appt}}}{4,185 \times (T_{ECS\text{ appt}} - T_{ef})} \times 3600$$

Où : $q_{ECS\text{ appt}}$ est exprimé en litre par heure (l/h) ; et $P_{ECS\text{ appt}}$ est exprimé en kilowatt (kW).

Simulation de calcul du débit d'ECS

Puissance ECS de l'appartement (en kW) $P_{ECS\text{ appt}} =$
 Consigne ECS de l'appartement (en °C) $T_{ECS\text{ appt}} =$
 Température de l'eau froide (en °C) $T_{ef} =$
 Débit ECS de l'appartement (en l/h) $q_{ECS\text{ appt}} =$

Calcul du coefficient de simultanéité « s »

Référence : page 18.

$$s = \frac{0,8 C}{\sqrt{N-1}}$$

Où : N est le nombre de MTA installés et C , le facteur de correction, à l'appréciation du concepteur.

Simulation de calcul du coefficient s

Nombre de MTA installés $N =$
 Facteur de correction de confort retenu (entre 0,1 et 3) $C =$
 Coefficient de simultanéité $s =$

Calcul de la masse volumique de l'eau

Cette notion est appelée en page 14 et 32.

La masse volumique de l'eau exprime la densité d'un volume d'eau, soit $\rho = m/V$. Elle dépend de sa température. La valeur la plus élevée est proche de 1 kg par litre à 4 °C. Le calcul utilisé a été défini par l'IAPWS (International Association for the Properties of Water and Steam) en 1995 ; il est appliqué depuis 1997. Il s'appuie sur un polynôme du 8^è degré.

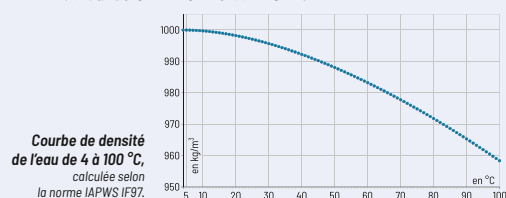
La précédente formule de calcul reposait sur les coefficients de Kell, définis en 1975. Ce calculateur fournit les deux résultats sur la base de ces formules.

Calcul de la masse volumique de l'eau à la pression atmosphérique, de 4 à 100 °C

Température (à 0,1 °C)

Masse volumique (en kg/m^3)
 Calcul selon les coefficients de Kell (1975)

Masse volumique (en kg/m^3)
 Calcul selon la norme IAPWS IF97



Calcul du volume tampon d'une installation

Référence : page 21.

$$V_{\text{tampon}} = \frac{q_{\text{primaire ECS aptt moy}} \times N \times s \times \text{durée}_{\text{pointe}}}{\eta_{\text{ballon}}}$$

Où : V_{tampon} est le volume tampon exprimé en m^3 ; $q_{\text{primaire ECS aptt moy}}$ le débit d'ECS moyen par appartement en m^3/h ; N , le nombre de MTA ; s , le coefficient de simultanéité, t_{pointe} , le temps de la pointe ECS en heure ; η_{ballon} , le rendement de stratification du ballon.

Calcul de la puissance à fournir pour la recharge d'un ballon

Référence : page 22.

$$P_{\text{ECS stockage}} = \frac{V_{\text{tampon}} C_{p \text{ eau}} \Delta T_{\text{moyen}}}{t_{\text{recharge}}}$$

Où : t_{recharge} est le temps de recharge en minutes ; $C_{p \text{ eau}}$ la capacité calorifique volumique de l'eau, soit $1,163 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$; et ΔT_{moyen} , la différence de température moyenne au niveau du réseau de distribution primaire des MTA défini avec :

$$\Delta T_{\text{moyen}} = \frac{N s q_{\text{primaire ECS aptt}} \Delta T_{\text{ECS}} + q_{\text{ch}} \Delta T_{\text{ch}}}{N s q_{\text{primaire ECS aptt}} + q_{\text{ch}}}$$

Où : $\Delta T_{\text{ECS}} = T_{\text{primaire}} - T_{\text{retour ECS}}$;

et $\Delta T_{\text{ch}} = T_{\text{primaire}} - T_{\text{retour ch}}$

Calcul de la puissance foisonnée ; cas d'installations de MTA avec et sans ballon

Référence : page 19.

MTA sans ballon :

$$P_{\text{foisonnée}} = (N \times (1-s) \times P_{\text{ch moy}}) + (N \times s \times P_{\text{ECS moy}}) + \sum \text{pertes th}$$

MTA avec ballon :

$$P_{\text{foisonnée}} = (N \times P_{\text{ch moy}}) + P_{\text{recharge ballon}} + \sum \text{pertes th}$$

Où : N , le nbre de MTA ; s , le coef. de simultanéité ; $P_{\text{ECS moy}}$ la puissance ECS par appart. ; $P_{\text{ch moy}}$ la puissance de chauffage par appart. ; $P_{\text{recharge ballon}}$ la puissance de recharge du ballon ; $\sum \text{pertes th}$ la somme des pertes thermiques de l'installation ($\approx 4\%$ de la puissance de chauffage des MTA).

Simulation de calcul du volume du ballon tampon

Nombre de MTA installés	$N =$
Coefficient de simultanéité après application du facteur de correction C	$C = s =$
Puissance ECS moyenne des appartements (en kW)	$P_{\text{ECS aptt}} =$
Température ECS dans les appartements (en °C)	$T_{\text{ECS aptt}} =$
Température de l'eau froide	$T_{\text{ef}} =$
Débit ECS moyen des appartements (en l/h)	$q_{\text{ECS aptt}} =$
Durée de la pointe ECS (en min.)	$t_{\text{pointe}} =$
Rendement de stratification du ballon	$\eta_{\text{ballon}} =$
Volume du ballon tampon (en m^3)	$V_{\text{tampon}} =$

63

Simulation du calcul de la puissance de recharge du ballon

Cette simulation demande au préalable d'effectuer la précédente.

1 • Calcul des delta T des circuits d'ECS et de chauffage

ECS	$T_{\text{primaire}} =$	$T_{\text{retour ECS}} =$	$\Delta T_{\text{ECS}} =$
Chauffage	$T_{\text{primaire}} =$	$T_{\text{retour ch}} =$	$\Delta T_{\text{ch}} =$

2 • Calcul du débit de chauffage de l'immeuble

Puissance moyenne de chauffage / MTA	$P_{\text{ch}} =$
Nombre de MTA dans l'immeuble	$N =$
Débit de chauffage de l'immeuble (en m^3/h)	$q_{\text{ch}} =$

3 • Calcul du delta t moyen (K)

$$\Delta T_{\text{moyen}} =$$

4 • Calcul de la puissance à fournir pour la recharge du ballon

Volume du ballon tampon (m^3)	$V_{\text{tampon}} =$
Temps de recharge (en min.)	$t_{\text{recharge}} =$

Puissance nécessaire pour la recharge du ballon (en kW) $P_{\text{ECS stockage}} =$

Calcul rapide de la puissance foisonnée

Important ! Pour calculer l'option « Avec ballon », le lecteur utilise les deux calculs précédents dans cette page pour estimer la puissance nécessaire à la recharge du ballon. **À noter :** les valeurs N , C , $P_{\text{ECS aptt}}$ et $P_{\text{ch moy}}$ doivent être **identiques dans les trois calculs.**

Nombre de MTA installés	$N =$
Coefficient de simultanéité après facteur de correction	$C = s =$
Puissance ECS moyenne par appartement (en kW)	$P_{\text{ECS aptt}} =$
Puiss. moy. de chauffage par appartement (en kW)	$P_{\text{ch moy}} =$
	Sans ballon Avec ballon
Puissance foisonnée (en kW)	$P_{\text{foisonnée}} \approx$

POUR CONCLURE...

Au terme de ce développement théorique et opérationnel, les rédacteurs de ce guide souhaitent affirmer plusieurs ambitions.

La première consiste à inscrire le module thermique d'alimentation (MTA) comme un équipement de référence, appelé à devenir une solution courante et pleinement intégrée aux pratiques, aussi bien dans les opérations neuves que dans les projets de rénovation. Par sa conception et ses performances, il répond aux exigences actuelles de maîtrise énergétique, de qualité d'exploitation et de pérennité des installations.

Les gestionnaires de réseaux de chaleur urbains et les exploitants d'installations collectives constituent les premiers acteurs concernés par cette évolution. Pour ces professionnels, le MTA représente un levier d'optimisation du fonctionnement global des systèmes de distribution thermique, contribuant à la valorisation durable de la chaleur livrée et à la sécurisation des investissements réalisés.

Le travail collectif conduit par les représentants des différents fournisseurs de MTA s'est également attaché à favoriser le partage et la diffusion des connaissances vers l'ensemble des acteurs de la construction. L'ambition est de permettre une appropriation complète de ces solutions, tant en conception qu'en exploitation. Les annexes du guide, élaborées sous forme de fiches pratiques, participent directement à cet objectif en proposant des outils opérationnels destinés aux maîtres d'œuvre, bureaux d'études et exploitants de patrimoines immobiliers.

Le guide met ainsi à disposition de tous un ensemble de moyens leur permettant d'objectiver et de structurer leurs choix techniques, notamment dans le cadre des exigences réglementaires applicables aux constructions neuves et aux opérations de rénovation énergétique. Ils faciliteront l'intégration du MTA dans une approche globale de performance des systèmes.

Enfin, cette nouvelle édition du *Guide MTA* témoigne de l'engagement conjoint des industriels participants, réunis autour de principes techniques partagés et d'une volonté commune de clarification des pratiques. Cette convergence contribue à renforcer la confiance indispensable au déploiement d'une technologie appelée à occuper une place croissante dans les systèmes énergétiques collectifs. Elle a également bénéficié de l'appui constant des organisations professionnelles et des acteurs de la prescription pendant son élaboration. Autant de signes qui témoignent de perspectives favorables ●

Guide technique de mise en œuvre des modules thermiques d'alimentation

Version 2 • 2026

- Principes,
- Conception,
- Dimensionnement,
- Solutions techniques...

Depuis les années 50-60, dates du début du chauffage urbain dans les pays du nord de l'Europe, la solution de l'exploitation de la chaleur distribuée avec des modules thermiques d'alimentation a fait ses preuves.

Les arguments de ces MTA tombent sous l'évidence : l'énergie – qu'elle soit d'origine fossile ou renouvelable – est utilisée de la manière la plus efficace et optimisée qui soit. Les installations sont simplifiées, et, à la mutualisation de la chaleur s'ajoute le constat collectif de la qualité du confort.

En 2016, sous l'impulsion de Roland Meskel, professeur à l'Université de Lyon 1, et avec la participation du Costic, industriels, bureaux d'études et entreprises du génie climatique se sont rassemblés pour rédiger un premier guide technique pour développer cette technologie en France.

Depuis cette date, de nombreuses expériences ont été rassemblées par toutes les parties prenantes. En outre, il faut désormais répondre aux enjeux réglementaires plus contraignants. Aussi, cette communauté d'auteurs a souhaité préciser et reformuler ses arguments.

Cette seconde édition du « *Guide de mise en œuvre des modules thermiques d'alimentation* » propose une approche plus riche, plus pratique et plus technique.

Le lecteur – qu'il soit installateur, technicien, maître d'œuvre, maître d'ouvrage... – y trouvera les informations élémentaires pour aborder son projet et son chantier.

Aux développements théoriques s'ajoutent des présentations pratiques ainsi que quelques outils de calcul qui lui permettront de s'assurer de son choix technique.

Réalisé par les sociétés ATLANTIC, CALEFFI, DANFOSS, DE DIETRICH, FLAMCO-COMAP, GIACOMINI, OVENTROP, RESIDEO, STG & VIESSMANN.

Soutenu par les syndicats ACR, EVOLIS et UNICLIMA, les associations AICVF et ÉNERGIES & AVENIR, ainsi que le COSTIC, Centre scientifique et technique des industries climatique.

Publié par Syndicat ACR
11-17, rue de l'Amiral Hamelin
75783 Paris Cedex 16
© ACR - 2026