

# Audit technique des réseaux énergétiques et équilibrage hydraulique pour la BNF



La Bibliothèque nationale de France (BNF) fait partie des bâtiments emblématiques de la ville de Paris. Elle a récemment réalisé un audit de ses réseaux de chauffage et de refroidissement et programmé la mise en place de l'équilibrage hydraulique.

Par Jean Pambrun, responsable d'activités de la société Astern

Inaugurée en 1995 par le président de la République François Mitterrand, la BNF est la plus grande bibliothèque de France et l'une des plus importantes au monde. Ses activités sont réparties sur sept sites, dont le principal est la bibliothèque François-Mitterrand, ou Tolbiac, située dans le 13<sup>ème</sup> arrondissement de Paris, sur la rive gauche de la Seine. L'architecture du site de Tolbiac, composée de quatre tours symbolisant des livres ouverts, monumentale mais équilibrée et aérienne, est reconnaissable de loin. Cet établissement public à caractère administratif est l'héritier des collections royales constituées depuis la fin du Moyen Âge. Ses différentes missions couvrent notamment : la collecte du dépôt légal, la constitution et la conservation de collections via d'autres sources, leur communication au public, la constitution de catalogues de référence, la coopération avec d'autres établissements au niveau national et international, la participation à des programmes de recherche en tant qu'institution scientifique. La BNF organise également des expositions temporaires, dans les domaines de la littérature, de l'histoire ou de l'art (estampes, gravures, photographies...), des rencontres, des colloques, des conférences... Les chiffres suivants reflètent l'ampleur de l'activité :

- 15 000 000 livres,
- 390 000 journaux et périodiques,
- 15 000 000 estampes et photographies,
- 29 000 000 000 archives web (fichiers URL),
- 4 600 000 documents numérisés,
- 1 500 000 enregistrements sonores,
- 900 000 cartes et globes,
- 370 000 manuscrits,
- 385 000 mètres linéaires de rayonnages,

- 650 000 objets (médailles, monnaie...),
- 3 400 000 documents consultables au moyen de la bibliothèque numérique Gallica.

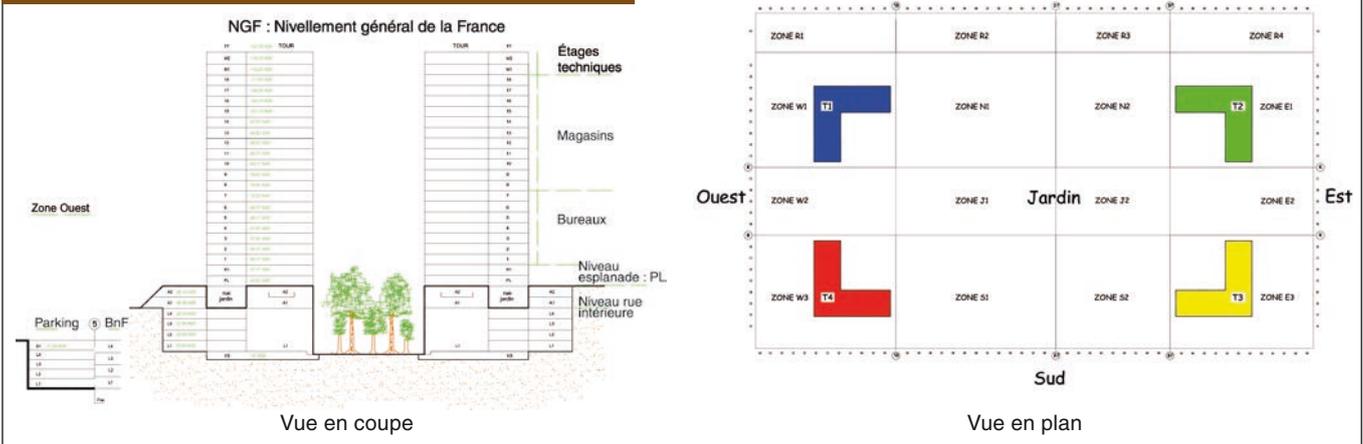
## Des équipements techniques à la dimension du site

Le site de Tolbiac, implanté sur un terrain d'une surface de 7,5 hectares, s'étend sur environ 290 000 mètres carrés de planchers. La structure du bâtiment comprend une base constituée de quatre sous-sols, le socle et deux niveaux hors sol assurant la liaison entre les quatre tours de 18 étages, hors niveaux techniques (Tour des temps, Tour des lois, Tour des nombres, Tour des lettres). Les étages inférieurs hébergent l'ensemble des services techniques et logistiques, l'accueil du public, le service d'atelier du livre, la moitié des collections ; les tours abritent les services techniques et l'autre moitié des collections. La production énergétique de ce site comprend un local technique pour la production d'eau chaude chauffage et un autre pour la production d'eau glacée.

La production d'eau chaude chauffage (ECC) utilise prioritairement les circuits de récupération de chaleur de deux groupes de production d'eau glacée (puissance unitaire 2 500 kW), ce qui permet d'utiliser la chaleur fatale de ce système et, en appoint, un échangeur thermique (puissance 4 130 kW) dont le primaire est raccordé sur le réseau urbain parisien CPCU (**figure 2**). En pratique, lors d'une demande de chauffage, un seul groupe d'eau glacée est en fonctionnement en raison de la diminution saisonnière du besoin de refroidissement.

La production d'eau glacée de la BNF est actuellement réalisée au moyen de quatre groupes frigorifiques représentant une puissance totale d'environ 16 MW : 2 groupes à vis avec

Figure 1. Vues du site Tolbiac (ou F. Mitterrand) de la BNF



Structure bâtiment.



Les réseaux en galerie technique.

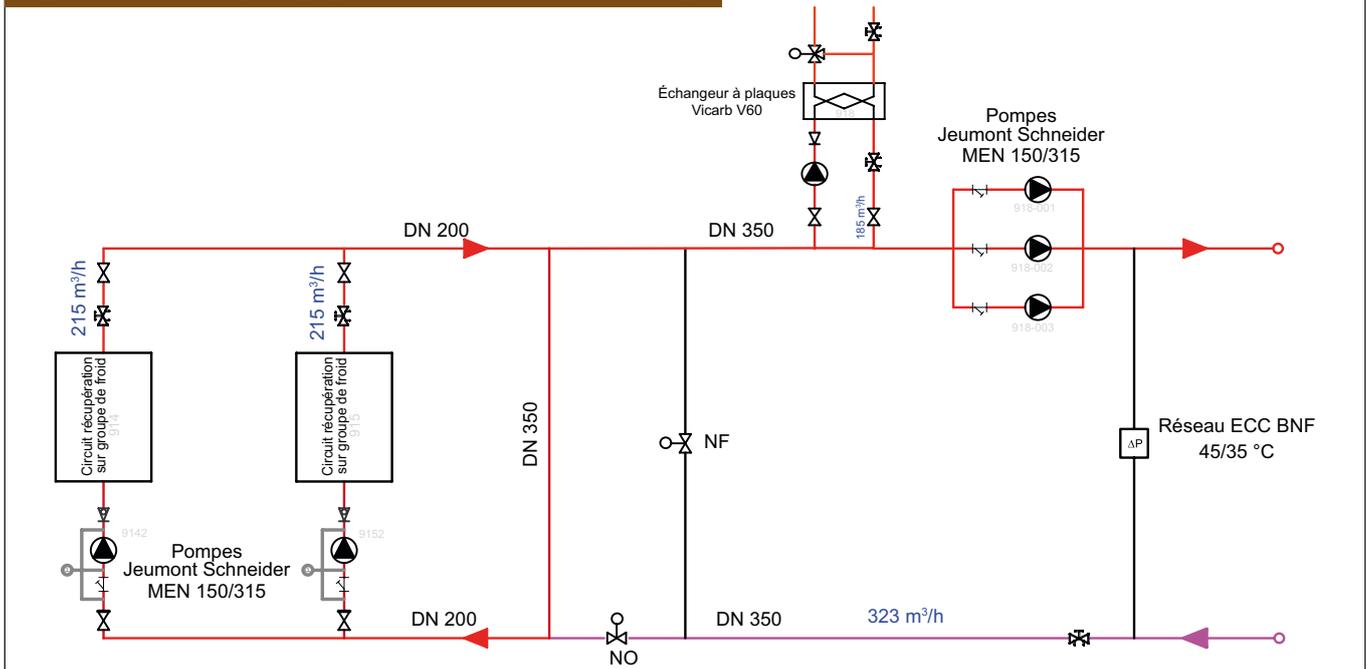
récupération d'énergie sur le condenseur (puissance unitaire froid de 2,4 MW à 2,8 MW) et deux groupes centrifuges (puissance unitaire froid de 5,2 MW). Comme indiqué plus haut, les deux groupes à vis intègrent des circuits de récupération de chaleur permettant d'assurer environ 75 % du besoin annuel de production d'eau chaude chauffage, le complément étant pourvu par l'échangeur raccordé sur le réseau CPCU.

Par ailleurs, depuis 2016, la BNF a conclu un accord avec le gestionnaire de réseau urbain Climespace qui se traduit par le raccordement des installations à ce réseau (**figure 3**) avec pour finalité, en fonction de la situation, les scénarios alternatifs suivants :

- Utilisation de l'énergie Climespace par les installations de la BNF (Climespace en secours de la BNF).
- Reversement de l'énergie produite par les installations de la BNF dans le réseau urbain (BNF en secours de Climespace).
- Production de froid avec récupération de la chaleur fatale des installations de la BNF.

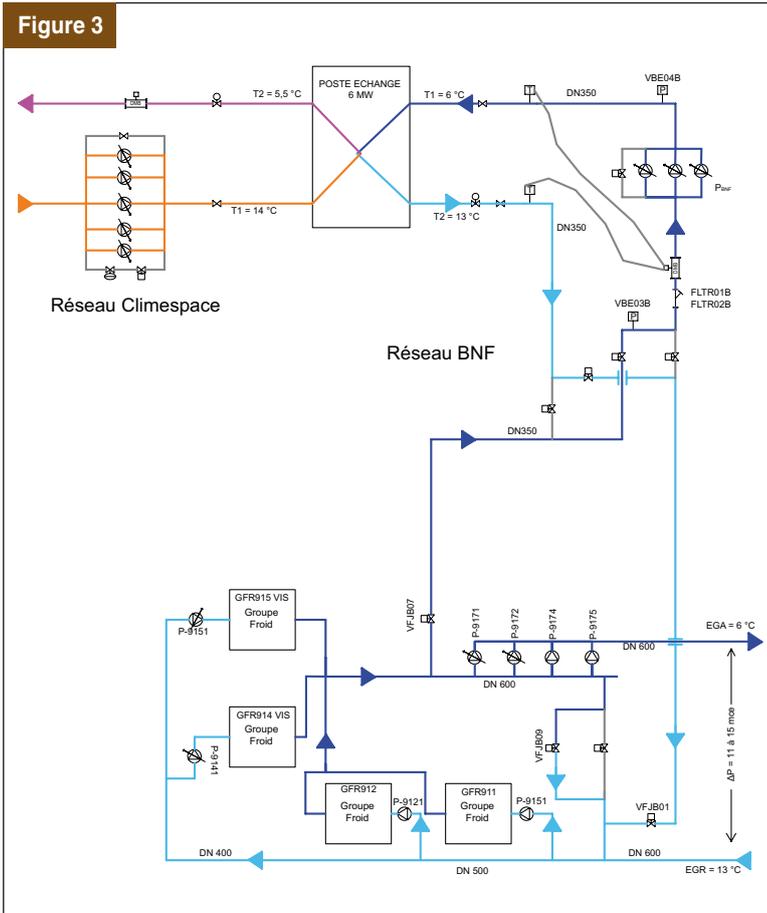
Cette évolution présente l'intérêt pour les deux entités, d'une mutualisation sécurisée de la production d'eau glacée, et

Figure 2. Schéma de principe production d'eau chaude chauffage



Local technique production chauffage.

Figure 3



Local technique production eau glacée.

également pour Climespace d'une implantation géographique dans ce secteur géographique du 13<sup>ème</sup> arrondissement de Paris.

Les distributions de chauffage et de refroidissement sont assurées par les différents réseaux suivants :

- réseau eau glacée 6 °C/13 °C (réseau primaire général socle) ;
- 4 réseaux eau glacée 8 °C/14 °C (réseaux secondaires verticaux des tours).
- réseau eau chaude 45 °C/35 °C (réseau primaire général socle) ;
- 4 réseaux eau glacée 42 °C/32 °C (réseaux secondaires verticaux des tours).

Les unités terminales se composent principalement de :

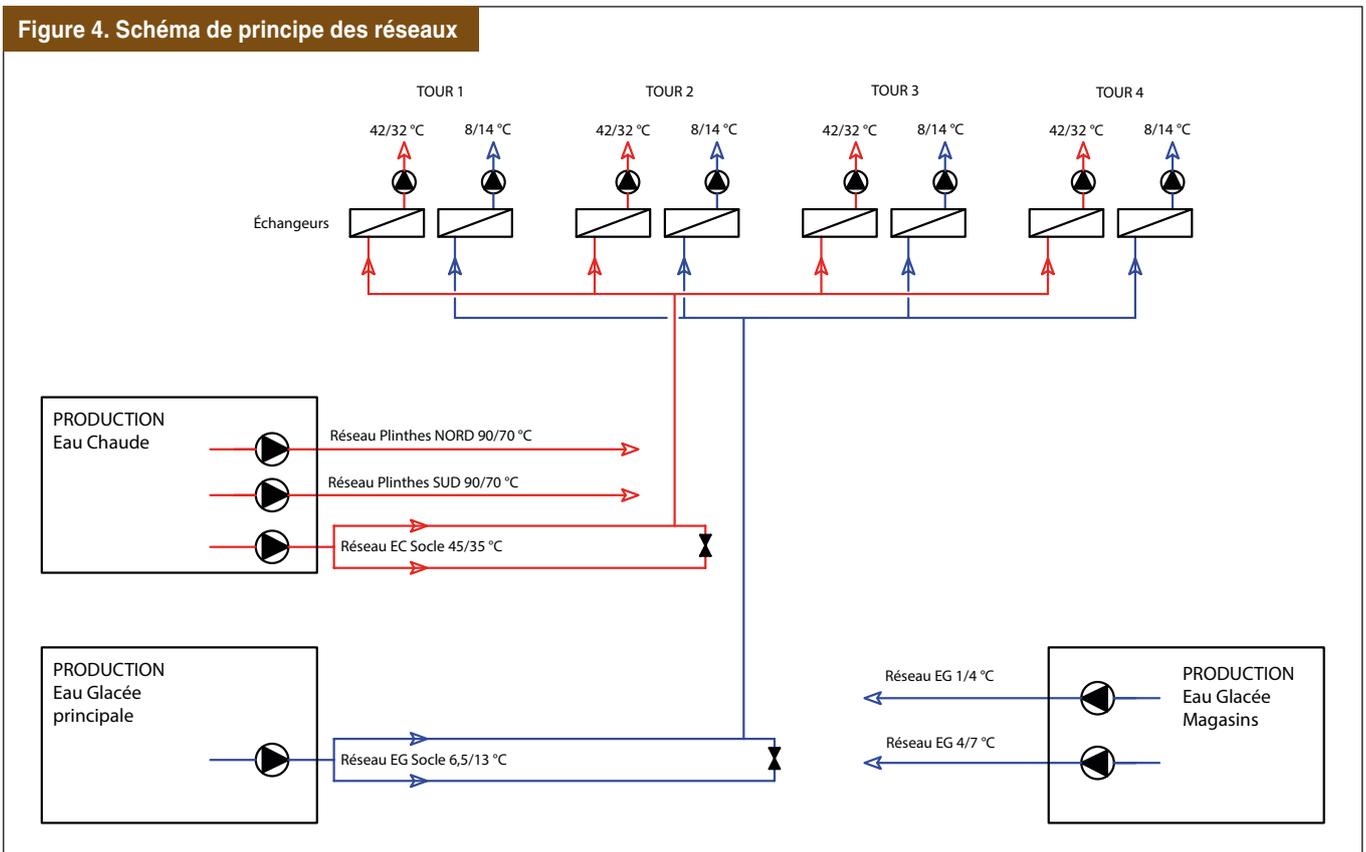
- 135 centrales de traitement d'air ;
- 200 armoires de climatisation des magasins de conservation ;
- 1 280 ventilo-convecteurs ;
- 750 boîtes de détente.

Dans le principe, les réseaux primaires eau chaude (45/35 °C) et eau glacée (6/13 °C) transitent au niveau du 2<sup>ème</sup> sous-sol et alimentent des échangeurs dans des sous-stations situées aux pieds des quatre tours. L'ensemble des CTA sont raccordées sur les réseaux primaires ; les circuits secondaires des échangeurs alimentent l'ensemble des terminaux des tours.

Des réseaux plus spécifiques sont également mis en œuvre sur ce site à partir des productions :

- réseau eau chaude 90 °C/70 °C pour alimentation de plinthes chauffantes le long des façades vitrées des déambulateurs ;
- réseau eau glacée 1 °C/4 °C pour les magasins «Audiovisuel» ;
- réseau eau glacée 4 °C/7 °C pour les magasins du socle.

Figure 4. Schéma de principe des réseaux



**Un audit pour optimiser le fonctionnement**

Depuis plusieurs années, les services techniques qui assurent la gestion de ce site font face à différents problèmes qui se traduisent par des difficultés pour obtenir des conditions de températures satisfaisantes dans les différents secteurs et locaux de cet ensemble de bâtiments. Cette situation trouve ses origines en partie dans le vieillissement des installations, également dans les évolutions et modifications apportées au fur à mesure des années et qui ont parfois induit des perturbations de fonctionnement. La dimension imposante du site et des réseaux énergétiques (les collecteurs primaires d'eau chaude chauffage et d'eau glacée qui cheminent en sous-sol ont

chacun une longueur évaluée à plus de 10 km !) amplifie également la difficulté d'établir et maintenir un fonctionnement convenable. La prise en compte de ces difficultés au fur à mesure des années a finalement conduit les responsables de la gestion des installations à décider de la réalisation d'un audit complet, avec notamment pour objectif la mise en œuvre d'un équilibrage hydraulique adapté, et la diminution des coûts de pompage.

Au terme d'un appel d'offres spécifique, la société Asterm a été retenue sur la base d'un projet adapté au contexte de la BNF. Cette entreprise était d'ailleurs par le passé intervenue pour des missions d'assistance technique de type commissionnement sur différents projets, tels que l'adaptation de la production d'eau chaude chauffage à partir des récupérateurs sur les groupes d'eau glacée et le raccordement de la production de froid au réseau urbain Climespace, avec des possibilités d'inversion de cycle : utilisation de l'énergie mise à disposition sur le réseau Climespace par les installations de la BNF, ou à l'inverse, reversement de la production locale de froid de la BNF dans le réseau urbain (**figure 3**).

La mission s'est déroulée en deux phases distinctes, identifiées comme suit :

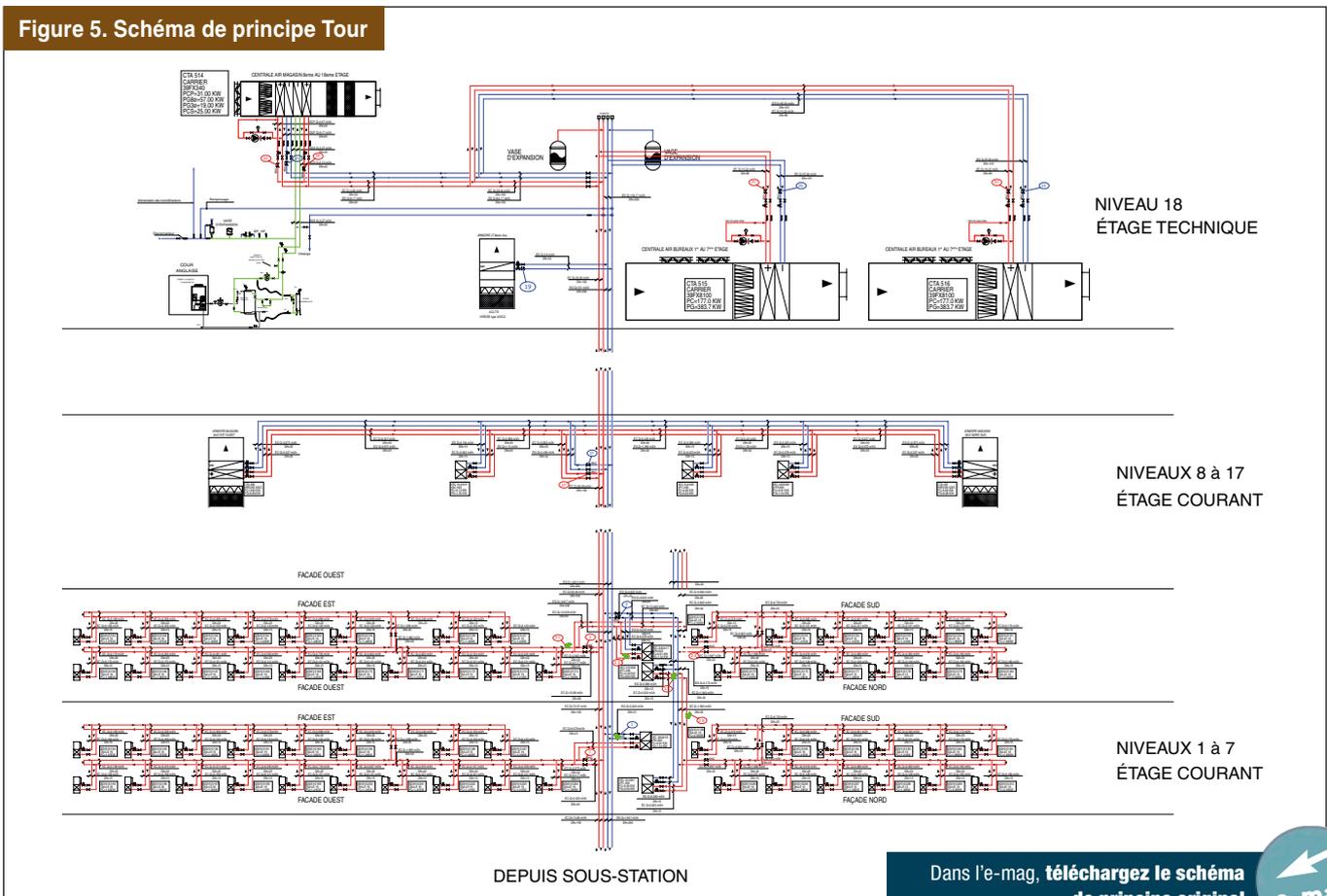
- Phase 1 : relevé contradictoire des réseaux et des équipements, mise à jour des plans.
- Phase 2 : analyse technique, bilan thermique et frigorifique, étude hydraulique.

Durant la première phase, l'intervention a consisté en un travail de fond indispensable pour connaître parfaitement les installations : un relevé exhaustif des réseaux et des équipements a été mis en œuvre. Pour ce faire, les nombreux plans disponibles sur le site dans une armoire à plans informatique ont été utilisés ; ils ont été systématiquement contrôlés contradictoirement, et actualisés lorsque cela s'est avéré nécessaire. Chaque



Sous-station en pied de tour.

Figure 5. Schéma de principe Tour



Réseaux eau chaude chauffage et eau glacée des Tours.

Dans l'e-mag, téléchargez le schéma de principe original 



## La remise à niveau nécessaire des organes de réglage

En rapport avec l'analyse technique, l'équilibrage hydraulique a été particulièrement considéré. Actuellement, les réseaux comportent des vannes d'équilibrage «statiques» au niveau des raccordements des CTA et des branches de ventilo-convecteurs. Les principales critiques qui ont pu être soulevées concernent l'insuffisance de ces organes de réglage pour permettre un réglage optimisé, et l'inadaptation au fonctionnement des réseaux. Par exemple dans le cas des centrales de traitement d'air, celles-ci fonctionnent à débit variable et les vannes d'équilibrage, de type statique, ne conviennent pas à ce mode de fonctionnement (la caractéristique «d'autorité hydraulique» d'une vanne d'équilibrage statique se dégrade jusqu'à s'annuler dès que le débit diminue).

Par ailleurs, l'état général des organes n'est pas satisfaisant (mécanismes bloqués, prises de pressions bouchées...).

La réflexion établie à l'issue de cette analyse globale a amené à des préconisations spécifiques pour l'ensemble des circuits et équipements.

Il a été proposé :

- L'installation de vannes indépendantes de la pression, combinant les fonctions d'équilibrage et de régulation pour les circuits des batteries des CTA, pour les armoires de climatisation.
- L'installation de régulateurs de pression différentielle en tête des branches des circuits de ventilo-convecteurs.
- Le maintien des vannes d'équilibrage existantes en pied de colonnes, principalement pour des mesures de contrôle.
- Le remplacement des robinetteries de radiateurs par des modèles de type autoéquilibrant.



Centrale de traitement d'air.

## Un programme de travaux pour les années à venir

Les préconisations établies dans le cadre de la prestation d'audit ont été validées au cours de réunions techniques auxquelles

Vanne TA Fusion      Vanne TA Compact      Régulateur Stap

Les vannes TA Fusion et TA Compact combinent les fonctions de régulation et d'équilibrage indépendamment de la pression. Le coefficient KVS peut être ajusté sans déformation de la caractéristique de régulation «Egal Pourcentage», ce qui permet d'assurer une autorité hydraulique optimale en permanence. Les régulateurs Stap permettent de contrôler la pression différentielle en tête d'un circuit. Ces équipements disposent également des fonctions indispensables de mesure et de diagnostic : débit, pression, température, hauteur manométrique, et éventuellement de comptage.

ont participé les personnels concernés. Des adaptations ont été prises en compte lorsque cela a pu s'avérer nécessaire. En ce qui concerne la mise en œuvre, celle-ci n'est pas envisageable de manière globale, en raison de la quantité d'équipements à installer, de l'ampleur des travaux nécessaires et bien sûr du budget correspondant. La solution retenue pour mener à bien le projet dans sa globalité est une programmation sur plusieurs années.

Monsieur Mathé, responsable de ce projet au sein de la cellule technique, commente les résultats : «Le projet d'évolution de nos installations nous est apparu indispensable il y a déjà plusieurs années. Et nous sommes satisfaits d'avoir pu aboutir à la réalisation d'un audit global. L'exécution des travaux préconisés va devoir s'étaler sur plusieurs années, mais le cadre est parfaitement défini». Dans les années à venir, la démarche de réhabilitation sera donc mise en œuvre selon une planification régulière. Il est par exemple prévu, lors de travaux concernant les installations (remplacement de ventilo-convecteurs...), d'intégrer dans les cahiers des charges les préconisations du dossier technique établies lors de l'audit. Les documents délivrés (plans des installations, schémas, bilans thermiques, notes de calculs...) seront également mis à jour systématiquement de manière à maintenir un référentiel documentaire actualisé.

En complément, et dans le prolongement de cette prestation, un diagnostic de réseaux aérodynamiques sur des installations de référence a été réalisé afin d'envisager l'optimisation de la diffusion d'air dans les locaux traités par les centrales de traitement d'air. ■

LA LIBRAIRIE  
TECHNIQUE  
du bâtiment  
PERFORMANT

## Conduit collectif pour chaudières étanches fonctionnant sous pression 3CEp

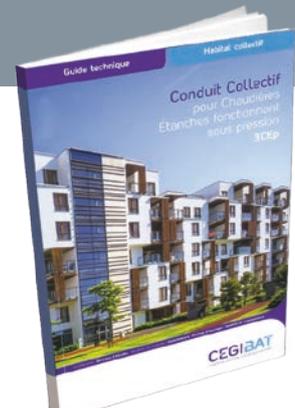
### CEGIBAT

Ce guide très illustré explique le principe de fonctionnement du conduit 3CEp. Il détaille ses éléments constitutifs, précise la méthode de dimensionnement, ainsi que les spécificités liées à la mise en œuvre, à la mise en service et à la maintenance.

Frais de livraison - France métropolitaine*	
1 ouvrage	+ 5 €
2 ouvrages	+ 9 €
3 ouvrages	0,01 €

**30 € TTC**  
Hors frais de livraison

Commandez directement sur notre site ou adressez-nous votre règlement



Les Éditions Parisiennes - 6, passage Tenaille - 75014 Paris - [www.librairietechnique.com](http://www.librairietechnique.com)